

Problemi di stechiometria

La **stechiometria** studia i rapporti ponderali tra gli elementi presenti in un composto e le relazioni ponderali tra i reagenti e i prodotti in una reazione chimica.

La stechiometria consente di calcolare le quantità delle sostanze reagenti o dei prodotti di una reazione a partire dalle **equazioni chimiche bilanciate**, nelle quali sono evidenziati i **coefficienti stechiometrici**, ossia quei numeri che precedono nell'equazione bilanciata le formule dei diversi composti, indicando così il numero di moli di ciascuna specie chimica nella reazione. Tenendo presenti le relazioni che legano il **numero di moli** e la massa delle sostanze (in grammi), è possibile con calcoli relativamente semplici stabilire le quantità di reagenti da impiegare o prevedere le quantità di prodotti che si possono ottenere.

Vediamo alcuni esempi.

1. Calcoli mole-mole

- **Obiettivo:** noto il numero di moli di un composto, ricavare il numero di moli delle altre sostanze che partecipano alla reazione.
- **Svolgimento:** in tutti i calcoli stechiometrici si deve partire dall'**equazione chimica bilanciata**, che indica, come una ricetta di cucina, le proporzioni tra gli ingredienti, ovvero le proporzioni tra le moli di tutte le sostanze presenti. Se conosciamo il numero di moli di una delle sostanze possiamo ricavare il numero di moli di tutte le altre sostanze con una semplice **proporzione**.



Proporzioni

Per chi non ricordasse come si scrivono le proporzioni forniamo due suggerimenti:

1) impostare la proporzione rispettando l'ordine delle sostanze da confrontare (idrogeno sta a acido cloridrico come idrogeno sta ad acido cloridrico: mai invertire l'ordine! Scrivere idrogeno sta ad acido cloridrico come acido cloridrico sta a idrogeno è sbagliato!)

2) ricordare che il prodotto dei medi (i due numeri vicini al segno =) è uguale al prodotto degli estremi (gli altri due numeri, entrambi distanti dal segno =), per cui collegando idealmente (o anche realmente con una matita) tra loro i due medi con una linea curva e, sempre con una linea curva, i due estremi, l'incognita x si ricava moltiplicando i due numeri così collegati e dividendo per il numero collegato alla x :

nell'esempio i due medi sono due numeri (2 e 2,5) e si moltiplicano, mentre uno dei due estremi (numero 1) è collegato alla x , per cui il risultato del prodotto dei medi va diviso per 1.

Esempio

Con 2,5 moli di H_2 quante moli di HCl si ottengono? E quante moli di Cl_2 vengono impiegate?

Svolgimento

a. Scriviamo l'equazione chimica:



b. Bilanciamola:



- c. Dall'equazione ricaviamo le proporzioni tra le moli di ciascuna delle sostanze: una mole (numero sottinteso) di idrogeno reagisce con una mole (numero sottinteso) di cloro per formare due moli di acido cloridrico.
- d. Impostiamo la proporzione tenendo conto dell'unico dato che fornisce il problema, cioè che abbiamo 2,5 moli di idrogeno:

1 mole di idrogeno sta a due moli di acido cloridrico
come 2,5 moli di idrogeno sta a x moli di acido cloridrico

$$1 : 2 = 2,5 : x$$

da cui

$$x = \frac{2 \cdot 2,5}{1} = 5$$

Provate ora da soli.

1. Per ottenere 0,3 moli di idrossido ferrico, quante moli di cloruro ferrico e di idrossido di ammonio occorrono? L'equazione chimica (bilanciata) è la seguente:



2. Quante moli di ossigeno si sviluppano dalla seguente reazione, se impiego 0,5 moli di clorato di potassio?



2. Calcoli mole-massa

- **Obiettivo:** noto il numero di moli di un composto, ricavare la massa in grammi delle altre sostanze che partecipano alla reazione.
- **Svolgimento:** note le moli di un composto, ricaviamo prima (dall'equazione chimica bilanciata), con una proporzione, il numero di moli delle altre sostanze. Successivamente, calcoliamo la massa molare **MM** e applichiamo la formula che consente di convertire il numero di moli **n** in massa in grammi **m**:

$$m = n \cdot \text{MM}$$

Esempio

Calcolare quanti grammi di acqua si formano facendo reagire 3,7 moli di ossigeno con l'idrogeno.

Svolgimento

- a. Unico dato fornito dal problema, le moli di ossigeno (3,7 mol)
 b. Scriviamo l'equazione bilanciata:



- c. Applichiamo la proporzione: 1 mole di ossigeno sta a 2 moli di acqua come 3,7 moli di ossigeno stanno a x moli di acqua:

$$1 : 2 = 3,7 : x \quad x = \frac{2 \cdot 3,7}{1} = 7,4 \text{ mol di acqua}$$

- d. Ottenute le moli di acqua, le convertiamo in grammi, ma prima dobbiamo calcolare la massa molare dell'acqua, sommando le masse atomiche degli atomi costituenti (2 di idrogeno e 1 di ossigeno) esprimendo il risultato in grammi (g/mol):

$$\begin{array}{r} \text{MM} (\text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{H}_2 \quad 1,008 \cdot 2 = \quad 2,016 + \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 16 \quad = \\ \hline \text{Totale (MM in g/mol):} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 18,016 \text{ g/mol} \end{array}$$

(arrotondato a 18,02 g/mol di acqua)

- e. Applichiamo la formula per convertire le moli in grammi:

$$m = n \cdot \text{MM}$$

$$m \text{ di acqua} = 7,4 \cdot 18,02 = 133,35 \text{ g}$$

3. Calcoli massa-massa

- **Obiettivo:** nota la massa in grammi di un composto, ricavare la massa in grammi delle altre sostanze che partecipano alla reazione.
- **Svolgimento:** dalla massa di un composto, calcoliamo prima la sua massa molare (somma delle masse atomiche in g/mol), poi ricaviamo il numero di moli corrispondente, applicando la formula inversa a quella dell'esercizio precedente:

$$n = \frac{m}{MM}$$

Il risultato ottenuto (in moli) ci permette di proseguire come nell'esercizio precedente.

Esempio

Calcolare quanti grammi di acqua si formano facendo reagire 3,2 g di ossigeno con l'idrogeno.

Svolgimento

- a. Calcoliamo la massa molare dell'ossigeno:

$$MM(O_2) = 16 \cdot 2 = 32 \text{ g/mol}$$

- b. Convertiamo in moli la massa in grammi dell'ossigeno (3,2 g): $n = m/MM$:

$$n(O_2) = \frac{3,2}{32} = 0,1 \text{ mol}$$

- c. Con l'equazione chimica bilanciata, applichiamo la proporzione per trovare il numero di moli di acqua:



1 mole di ossigeno sta a 2 moli di acqua come 0,1 moli di ossigeno sta a x moli di acqua

$$1 : 2 = 0,1 : x \quad x(n(H_2O)) = \frac{2 \cdot 0,1}{1} = 0,2 \text{ mol di acqua}$$

- d. Convertiamo ora le moli di acqua (n) in massa (m) di acqua grammi, applicando la formula corrispondente:

$$m = n \cdot MM$$

$$m(H_2O) = 0,2 \cdot 18,02 = 3,604 \text{ g di acqua}$$

4. Calcoli da volume soluzione a concentrazione nota (molarità)

Spesso le reazioni chimiche si effettuano utilizzando composti in soluzione a concentrazione (molarità) nota: rispetto ai problemi precedenti occorre prima calcolare il numero di moli presenti nel volume di soluzione utilizzato, successivamente si procede come l'esercizio 1, se è richiesto il numero di moli delle altre sostanze, o come l'esercizio 2, se dobbiamo trovare la massa in grammi.

Esempio

Calcolare quanti grammi di acqua si formano facendo reagire con l'acido cloridrico 10 mL di una soluzione 0,1 M di idrossido di sodio.

Svolgimento

Dobbiamo ricavare quante moli di idrossido di sodio sono contenute in 10 mL di una soluzione 0,1 M, poi si procede come l'esercizio 2.

Una soluzione 0,1 M contiene 0,1 moli in un litro. Dobbiamo fare una semplice proporzione: se 1 litro di soluzione contiene 0,1 moli, 10 mL (ossia 0,01 L) di soluzione contengono x moli di idrossido di sodio:

$$1 : 0,1 = 0,01 : x$$

$$x = \frac{0,1 \cdot 0,01}{1} = 0,001 \text{ moli di idrossido di sodio}$$

Si procede poi come l'esercizio 2: si calcolano le moli di acqua partendo dall'equazione chimica:



Non è neanche necessario fare la proporzione, perché in questo caso da una mole di NaOH si forma una mole di acqua, per cui da 0,001 moli di NaOH si formano 0,001 moli di acqua (la proporzione sarebbe stata:

$$1 : 1 = 0,001 : x \quad \text{con} \quad x = 1 \cdot 0,001/1 = 0,001)$$

Dalle moli si passa poi ai grammi applicando la formula:

$$m = n \cdot MM$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,001 \cdot 18,02 = 0,018 \text{ g di acqua}$$

5) Calcoli da volume di un gas a densità nota o note pressione e volume

Anche in questi casi si tratta di trovare la massa del gas in grammi (se è nota la densità) oppure il numero di moli (note temperatura e pressione), applicando l'equazione generale dei gas ideali.

Una volta calcolata la massa in grammi o il numero di moli siamo di fronte a uno dei problemi precedenti.