I calcoli stechiometrici con reagenti in soluzione

In una equazione chimica i coefficienti stechiometrici rappresentano i rapporti minimi tra le quantità di sostanza (espressa in moli) di reagenti e prodotti. Ciò consente di risolvere problemi semplici di stechiometria come quello seguente.

Supponiamo di dover calcolare il volume di soluzione di acido cloridrico avente concentrazione 2,5 mol/L necessario per trasformare completamente 10 g di carbonato di calcio.

Sotto all'equazione chimica che descrive la reazione è stato costruito uno schema che illustra la risoluzione del problema.

$$2\,HCl(aq) + CaCO_3(s) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

$V_{soluzione} = ?$ 10 g

Si calcola infine il volume di soluzione necessario per la reazione con la relazione $V = n/C$

$$V = \frac{0{,}20\ \text{mol}}{2{,}5\ \text{mol/L}} = 0{,}080\ \text{L} = 80\ \text{mL}$$

Inizialmente si calcola la quantità chimica di carbonato di calcio con la relazione $n = m/MM$

$$n = \frac{10\ \text{g}}{100{,}09\ \text{g/mol}} = 0{,}10\ \text{mol}$$

$PM_{CaCO_3} = 100{,}09$ u

Dai coefficienti stechiometrici si deduce che le moli di HCl necessarie per la reazione sono il doppio di quelle di $CaCO_3$: $n_{HCl} = 0{,}20$ mol

Pertanto il risultato del problema è il dato evidenziato in rosso: $V_{soluzione} = 80$ mL

Come risolvere un problema complesso di stechiometria

Un oggetto di metallo che ha massa $m = 12{,}65$ g e che contiene il 77,5% di zinco viene fatto reagire con 200 mL di soluzione acquosa di acido cloridrico con concentrazione 2,50 mol/L. La reazione avviene a temperatura ambiente (22 °C) e alla pressione atmosferica (100 kPa) e forma un prodotto gassoso, l'idrogeno:

$$Zn(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + ZnCl_2(aq)$$

Vogliamo calcolare il volume di idrogeno prodotto.

Analisi

Per risolvere il problema occorre avere ben chiaro il percorso da seguire:

- per poter calcolare il volume di idrogeno nelle condizioni di temperatura e pressione indicate occorre utilizzare l'equazione generale dei gas (5), per cui occorre conoscere le moli di idrogeno (4).
- per poter calcolare le moli di idrogeno occorre conoscere le moli dei reagenti e sapere, sulla base dell'equazione, qual è il reagente limitante, cioè il reagente che si trasforma completamente (3).
- le moli dei reagenti si ricavano trasformando i dati relativi alle quantità date dei due reagenti (1 e 2).

Risoluzione

1) Calcolo delle moli del reagente solido (zinco)

L'oggetto è una lega in cui lo zinco è presente al 77,5% e pertanto occorre ricavare la massa del solo zinco:

a) $m_{Zn} = \dfrac{m_{oggetto} \cdot 77{,}5}{100} = \dfrac{12{,}65\ g \cdot 77{,}5}{100} = 9{,}80\ g$

b) $n_{Zn} = \dfrac{m}{MM} = \dfrac{9{,}80\ g}{65{,}39\ g/mol} = \mathbf{0{,}150\ mol\ di\ zinco}$

2) Calcolo delle moli del reagente in soluzione (cloruro di idrogeno)

$n_{HCl} = V_{soluzione} \cdot C = 0{,}200\ L \cdot 2{,}50\ mol/L = \mathbf{0{,}500\ mol\ di\ HCl}$

3) Individuazione del reagente limitante

$$\underset{0{,}150\ mol}{\mathbf{(1)}\ Zn(s)} + \underset{0{,}500\ mol}{\mathbf{2}\ HCl(aq)} \rightarrow H_2(g) + ZnCl_2(aq)$$

In base ai coefficienti stechiometrici, le moli di HCl devono essere il doppio di quelle di Zn. Si osserva invece che le moli di HCl sono più del doppio e pertanto quando si esaurisce lo zinco la reazione si interrompe. Il **reagente limitante** è proprio lo zinco.

4) Calcolo delle moli di idrogeno

In base ai coefficienti stechiometrici, possiamo concludere che dalla trasformazione di 0,150 mol di zinco si ottengono 0,150 mol di idrogeno:

$$\underset{0{,}150\ mol}{\mathbf{(1)}\ Zn(s)} + \mathbf{2}\ HCl(aq) \rightarrow \underset{0{,}150\ mol}{\mathbf{(1)}\ H_2(g)} + ZnCl_2(aq)$$

5) Calcolo del volume di idrogeno

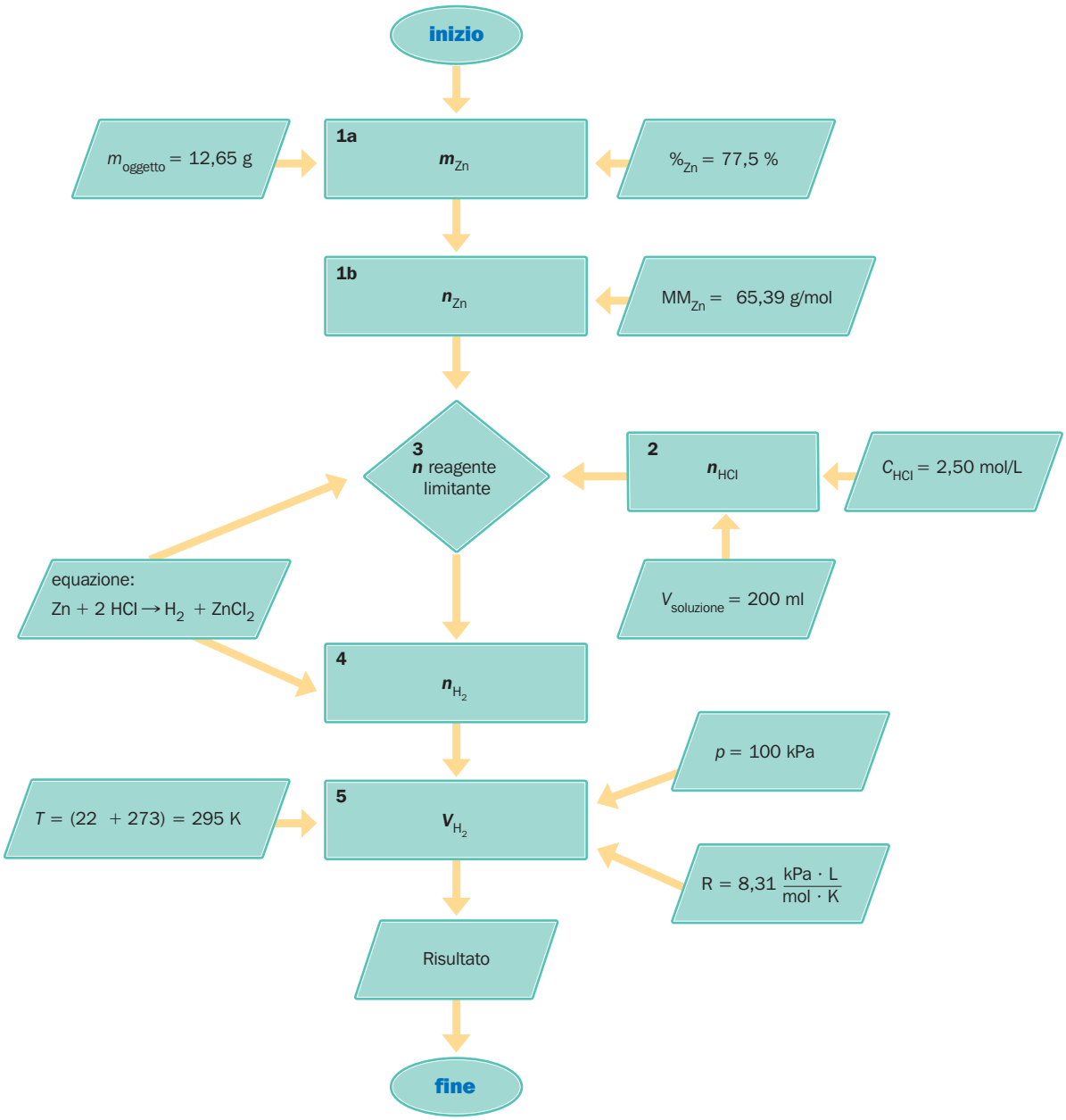
Per calcolare il volume di idrogeno usiamo l'equazione generale dei gas scritta in modo da esplicitare il volume:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$$

Occorre ricordare che nell'equazione di stato la temperatura deve essere espressa in kelvin:

$$V = \frac{0{,}150\ mol \cdot 295\ K \cdot 8{,}31\ kPa \cdot L/mol \cdot K}{100\ kPa} = 3{,}68\ L\ di\ H_2$$

La soluzione del problema può essere ottenuta anche seguendo il diagramma di flusso nella pagina seguente.


inizio
$m_{oggetto}$ = 12,65 g
1a
m_{Zn}
$\%_{Zn}$ = 77,5 %
1b
n_{Zn}
MM_{Zn} = 65,39 g/mol
3
n reagente limitante
2
n_{HCl}
C_{HCl} = 2,50 mol/L
equazione:
$Zn + 2\ HCl \rightarrow H_2 + ZnCl_2$
$V_{soluzione}$ = 200 ml
4
n_{H_2}
p = 100 kPa
T = (22 + 273) = 295 K
5
V_{H_2}
$R = 8{,}31\ \frac{kPa \cdot L}{mol \cdot K}$
Risultato
fine