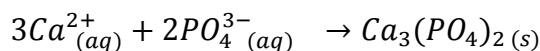


تتبع تحول كيميائي Suivi d'une transformation chimique

I- التقدم للأقصى لتفاعل كيميائي

1- تجربة :

نضيف إلى حجم $V_1 = 20\text{mL}$ من محلول S_1 لنترات الكالسيوم ($\text{Ca}^{2+}_{aq} + 2\text{NO}_3^{-}_{aq}$) تركيزه $C_1 = 0.2\text{ mol/L}$,
حجما $V_2 = 15\text{mL}$ من محلول S_2 لفوسفات الصوديوم ($3\text{Na}^{+}_{aq} + \text{PO}_4^{3-}_{aq}$) تركيزه $C_2 = 0.2\text{ mol/L}$.
يحدث تفاعل و يتكون راسب أبيض هو فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
معادلة التفاعل :



2- الجدول الوصفي :

كمية مادة أيونات الكالسيوم البدئية: $n_i(\text{Ca}^{2+}) = C_1.V_1 = 4.10^{-3}\text{ mol} = 4\text{ mmol}$
كمية مادة أيونات الفوسفات البدئية: $n_i(\text{PO}_4^{3-}) = C_2.V_2 = 3.10^{-3}\text{ mol} = 3\text{ mmol}$

العلاقة بين كميات المدة المتفاعلة وكمية المادة الناتجة هي:

$$\frac{n(\text{Ca}^{2+})}{3} = \frac{n(\text{PO}_4^{3-})}{2} = \frac{n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{3} = x$$

يسمى x تقدم التفاعل و يسمح بتحديد كميات المادة للمتفاعلات و النواتج.
الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

معادلة التفاعل				
$3\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{PO}_4^{3-}_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(s)$			كميات المادة ب (mmol)	
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	0	4	3
الحالة البدئية	0	0	4	3
خلال التحول	x	x	$4 - 3x$	$3 - 2x$
الحالة النهائية	$x_{\max}$	$x_{\max}$	$4 - 3x_{\max}$	$3 - 2x_{\max}$

3- التقدم الأقصى والمتفاعل المحد :

تعريف :

نسمي المتفاعل المحد، المتفاعل الذي يختفي أولا و يسبب بذلك في توقف التفاعل و يأخذ x عند نهاية التفاعل قيمته القصوى، تسمى التقدم الأقصى $x_{\max}$.

تطبيق :

نعتبر أيونات الكالسيوم المتفاعل المحد يكون: $4 - 3x_{1\max} = 0$ و بذلك: $x_{1\max} = 1.33\text{ mmol}$
نعتبر أيونات الفوسفات المتفاعل المحد يكون: $3 - 2x_{2\max} = 0$ و بذلك: $x_{2\max} = 1.5\text{ mmol}$
يوافق التقدم الأقصى أصغر قيمة و بذلك $x_{\max} = 1.33\text{ mmol}$ و المتفاعل المحد هو: Ca^{2+} .

4-الخليط الستوكيومترى :

تعريف :

يكون الخليط البدئي التفاعلي استوكيومترى، إذا كانت كميات مادة المتفاعلات متوفرة حسب المعاملات الستوكيومترية لمعادلة التفاعل، تختفي في هذه الحالة جميع المتفاعلات عند نهاية التفاعل.

تطبيق :

حدد V' حجم محلول فوسفات الصوديوم اللازم إضافته ليكون الخليط السابق ستوكيومترى.

$$\frac{n_i(Ca^{2+})}{3} = \frac{n_i'(PO_4^{3-})}{2} = x_{\max}$$

$$n_i' = 2 x_{\max} = 2.66 \text{ mmol} \quad \text{و منه:} \quad n_i' - 2 x_{\max} = 0$$

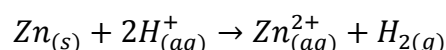
الحجم اللازم V' هو:

$$n_i' = c_2 \cdot V' \Rightarrow V' = \frac{n_i'}{c_2} \Rightarrow V' = \frac{2.66}{0.2} = 13.3 \text{ mL}$$

II-تحديد ضغط الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي

1-تجربة :

ندخل في حوجة حجمها $V = 500 \text{ mL}$, تحتوي على 10 mL من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$, كتلة $m = 0.2 \text{ g}$ من مسحوق الزنك . نغلق الحوجة أثناء التفاعل و نقيس الضغط داخلها. الضغط البدئي في الحوجة هو الضغط الجوي $P_0 = 1025 \text{ hPa}$.
معادلة التفاعل:



$$n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{0.2}{65.4} = 3.10^{-3} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة الزنك البدئية:}$$

$$n_i(H^+) = C \cdot V = 2 \times 10.10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة } H^+ \text{ البدئية:}$$

أ-الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

معادلة التفاعل				مقدمة التفاعل	
$Zn_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$				حالة المجموعة	
كميات المادة ب (mmol)				تقدم التفاعل	
3	20	0	0	0	الحالة البدئية
$3 - x$	$20 - 2x$	x	x	x	خلال التحول
$3 - x_{\max}$	$20 - 2x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	الحالة النهائية

ب-تحديد المتفاعل المحد والتقدم الأقصى :

ليكن Zn هو المتفاعل المحد فإن : $n_f(Zn) = 3 - x_{\max}(Zn) = 0$ أي : $x_{\max}(Zn) = 3 \text{ mmol}$
ليكن H^+ هو المتفاعل المحد فإن : $n_f(H^+) = 20 - 2x_{\max}(H^+) = 0$ أي : $x_{\max}(H^+) = 10 \text{ mmol}$
بما أن : $x_{\max}(Zn) < x_{\max}(H^+)$ فإن المتفاعل المحد هو Zn والتقدم الأقصى هو $x_{\max} = 3 \text{ mmol}$

ج-استنتاج $V_f(H_2)$ الحجم النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين :

لدينا :

$$V_f(H_2) = n_f(H_2) \cdot V_m = x_{max} \cdot V_m \Rightarrow V_f(H_2) = 3 \cdot 10^{-3} \times 24 = 7,2 \cdot 10^{-2} L = 72 mL$$

د-حصيلة المادة في الحالة النهائية :

$$n_f(Zn^{2+}) = n_f(H_2) = x_{max} = 3 mmol \quad , \quad n_f(H^+) = 20 - 2x_{max} = 14 mmol \quad , \quad n_f(Zn) = 0$$

2-تحديد ضغط الغاز الناتج عن التجربة في الحالة النهائية :

$$V(H_2) = 500 - 10 = 490 mL = 490 \cdot 10^{-6} m^3 : \text{ يشغل غاز } H_2 \text{ الحجم المتبقي من الحوجة ويساوي}$$

معادلة الحالة للغازات الكاملة تكتب :

$$P \cdot V(H_2) = n_f(H_2) \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n_f(H_2) \cdot R \cdot T}{V(H_2)} \Rightarrow P(H_2) = \frac{3 \cdot 10^{-3} \times 8,314 \times (20 + 273)}{490 \cdot 10^{-6}} = 14914 Pa$$

الضغط النهائي داخل الحوجة هو :

$$P_f = P(H_2) + P_{atm} = 14914 + 1038 \cdot 10^2 hPa = 118714 Pa$$