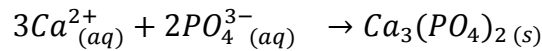


## تتبع تحول كيميائي Suivi d'une transformation chimique

### I- التقدم للأقصى لتفاعل كيميائي

#### 1- تجربة :

نضيف إلى حجم  $V_1 = 20\text{mL}$  من محلول  $S_1$  لنترات الكالسيوم ( $\text{Ca}_{aq}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ ) تركيزه  $C_1 = 0.2 \text{ mol/L}$ ،  
جمما  $V_2 = 15\text{mL}$  من محلول  $S_2$  لفوسفات الصوديوم ( $3\text{Na}_{aq}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ ) 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 المادة 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 :

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

### 3- التقدم الأقصى والمتفاعل المحد :

#### تعريف :

نسمي المتفاعل المحد، المتفاعل الذي يختفي أولاً 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:  $\text{Ca}^{2+}$ .

#### 4- الخليط الستوكيومتري :

تعريف :

يكون الخليط البدئي التفاعلي استوكيومتريا، 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 ستوكيومتريا.

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

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

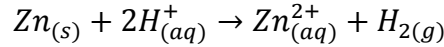
الحجم اللازم  $V'$  هو:

$$n_i' = c_2 \cdot V' \Rightarrow V' = \frac{n_i'}{c_2} \Rightarrow V' = \frac{2,66}{0,2} = 13,3 \text{ mL}$$

#### II- تحديد ضغط الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي

1- تجربة :

ندخل في حوجة حجمها  $V = 500 \text{ mL}$ ، تحتوي على  $10 \text{ mL}$  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:



$$n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{0,2}{65,4} = 3.10^{-3} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة الزنك البدئية:}$$

$$n_i(H^+) = C \cdot V = 2 \times 10 \cdot 10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة } H^+ \text{ البدئية:}$$

أ-الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

$Zn_{(s)} + 2H_{(aq)}^+ \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + H_{2(g)}$				معادلة التفاعل	
كميات المادة ب (mmol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
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 الاقصى 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 :

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

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

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

معادلة الحالة للغازات الكاملة تكتب :

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

الضغط النهائي داخل الحوجلة هو :

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