تتبع تحول كيميائي
Suivi d'une transformation chimique

I –التقدم اللأقصى لتفاعل كيميائي

1-تجربة :

نضيف إلى حجم $V_1 = 20mL$ من محلول S_1 لنترات الكالسيوم $(Ca^{2+}_{aq} + 2NO^{-}_{3\,aq})$ تركيزه $C_1 = 0.2\ mol/L$,
حجما $V_2 = 15mL$ من محلول S_2 لفوسفات الصوديوم $(3Na^{+}_{aq} + PO^{3-}_{4\,aq})$ تركيزه $C_2 = 0.2\ mol/L$.
يحدث تفاعل و يتكون راسب أبيض هو فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$.
معادلة التفاعل :

$$3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4\,(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2\,(s)}$$

2-الجدول الوصفي :

كمية مادة أيونات الكالسيوم البدئية: $n_i(Ca^{2+}) = C_1.V_1 = 4.10^{-3}\ mol = 4\ mmol$
كمية مادة أيونات الفوسفات البدئية: $n_i(PO_4^{3-}) = C_2.V_2 = 3.10^{-3}\ mol = 3\ mmol$

العلاقة بين كميات المدة المتفاعلة وكمية المادة الناتجة هي:

$$\frac{n(Ca^{2+})}{3} = \frac{n(PO_4^{2-})}{2} = \frac{n(Ca_3(PO_4)_2)}{3} = x$$

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

معادلة التفاعل				
$3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4\,(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2\,(s)}$				
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 أولا و يسبب بذلك في توقف التفاعل و يأخذ x عند نهاية التفاعل قيمته القصوية, تسمى التقدم الأقصى x_{max}.

تطبيق :

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

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

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

الحجم اللازم V' هو:

$$n'_i = c_2.V' \Rightarrow V' = \frac{n'_i}{c_2} \Rightarrow V' = \frac{2{,}66}{0{,}2} = 13{,}3\ mL$$

II –تحديد ضغط الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي

1-تجربة :

ندخل في حوجلة حجمها $V = 500\ mL$, تحتوي على $10\ mL$ من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $C = 2\ mol.L^{-1}$, كتلة $m = 0{,}2\ g$ من مسحوق الزنك . نغلق الحوجلة أثناء التفاعل و نقيس الضغط داخلها.

الضغط البدئي في الحوجلة هو الضغط الجوي $P_0 = 1025\ hPa$.

معادلة التفاعل:

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

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

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

أ-الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$				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: $x_{max}(Zn) = 3\ mmol$

ليكن H^+هو المتفاعل المحد فإن : $n_f(H^+) = 20 - 2x_{max}(H^+) = 0$ أي: $x_{max}(H^+) = 10\ mmol$

بما أن : $x_{max}(Zn) < x_{max}(H^+)$ فإن المتفاعل المحد هو Zn والتقدم الاقصى هو $x_{max} = 3\ mmol$

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

لدينا :

$$V_f(H_2) = n_f(H_2).V_m = x_{max}.V_m \Rightarrow V_f(H_2) = 3.10^{-3} \times 24 = 7{,}2.10^{-2}\ L = 72\ mL$$

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 النهاية :

يشغل غاز H_2 الحجم المتبقي من الحوجلة ويساوي : $V(H_2) = 500 - 10 = 490\ mL = 490.10^{-6}\ m^3$

معادلة الحالة للغزات الكاملة تكتب :

$$P.V(H_2) = n_f(H_2).R.T \Rightarrow P = \frac{n_f(H_2).R.T}{V(H_2)} \Rightarrow P(H_2) = \frac{3.10^{-3} \times 8{,}314 \times (20 + 273)}{490.10^{-6}} = 14914\ Pa$$

الضغط النهائي داخل الحوجلة هو :

$$P_f = P(H_2) + P_{atm} = 14914 + 1038.10^2\ hPa = 118714\ Pa$$