

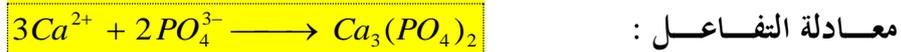
تتبع تحول كيميائي

Suivi d'une transformation chimique

(I) التقدم الأقصى لتفاعل كيميائي.

(1) تجربة.

نضيف إلى حجم $V_1 = 20 \text{ mL}$ من محلول S_1 لنترات الكالسيوم $(Ca^{2+}_{aq} + 2NO_3^-_{aq})$ تركيزه $C_1 = 0.2 \text{ mol/L}$, حجما $V_2 = 15 \text{ mL}$ من محلول S_2 لفوسفات الصوديوم $(3Na^+_{aq} + PO_4^{3-}_{aq})$ تركيزه $C_2 = 0.2 \text{ mol/L}$. يحدث تفاعل و يتكون راسب أبيض هو فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$.



(2) الجدول الوصفي. Le tableau descriptif

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

العلاقة بين كميات المادة المتفاعلة وكمية المادة الناتجة هي:

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

يسمى x تقدم التفاعل و يسمح بتحديد كميات المادة للمتفاعلات و النواتج.

معادلة التفاعل				
$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2$			التقدم	الحالة
$n(Ca^{2+})$	$n(PO_4^{3-})$	$n(Ca_3(PO_4)_2)$	0	البدئية
4	3	0		
$4 - 3x$	$3 - 2x$	x	x	خلال التحويل
$4 - 3x_{\max}$	$3 - 2x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	النهائية

(3) التقدم الأقصى و المتفاعل المحد. Avancement maximal Réactif limitant.

* 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:

باعتبار أيونات الكالسيوم المتفاعل المحد يكون: $4 - 3x_{1\max} = 0$ و بذلك: $x_{1\max} = 1.33 \text{ mmol}$

باعتبار 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. Le mélange stoechiométrique

* 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: لنحسب حجم محلول فوسفات الصوديوم اللازم إضافته ليكون الخليط السابق ستوكيومتريا.

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

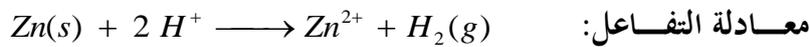
بذلك: $n_i' - 2 x_{\max} = 0$ و منه: $n_i' = 2 x_{\max} = 2.66 \text{ mmol}$

الحجم اللازم V' هو: $V' = \frac{n_i'}{C} = 13.3 \text{ mL}$

(II) تحديد التقدم الأقصى من خلال ضغط غاز.

* تجربة:

ندخل في حوجلة، تحتوي على 20 mL من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $C = 5 \text{ mol/L}$ ، قطعة من فلز الزنك كتلتها $m = 0.11 \text{ g}$. نغلق الحوجلة أثناء التفاعل و نقيس الضغط داخلها. الضغط البدئي في الحوجلة هو الضغط الجوي $P_0 = 1025 \text{ hPa}$ و الضغط فيها عند نهاية التفاعل هو $P_f = 1062 \text{ hPa}$.



كمية مادة الزنك البدئية: $n_i(Zn) = \frac{m}{M} = 0.11/65.4 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

كمية مادة H^+ البدئية: $n_i(H^+) = C \cdot V = 0.1 \text{ mol}$

* الجدول الوصفي للتفاعل:

$Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{2+} + H_2$				معادلة التفاعل	
$n(Zn)$	$n(H^+)$	$n(Zn^{2+})$	$n(H_2)$	التقدم	الحالة
$1.7 \cdot 10^{-3}$	0.1	0	0	0	البدئية
$1.7 \cdot 10^{-3} - x$	$0.1 - 2x$	x	x	x	خلال التفاعل
$1.7 \cdot 10^{-3} - x_{\max}$	$0.1 - 2x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	x_{\max}	النهائية

تحديد التقدم الأقصى x_{\max} :

و حسب معادلة الحالة للغازات الكاملة: $n(H_2) = x_{\max}$

كمية مادة الهواء البدئية في الحوجلة. $P_0 \cdot V = n_0 \cdot R \cdot T$

و $P_f \cdot V = n_f \cdot R \cdot T$ بحيث: $n_f = n_0 + n(H_2) = n_0 + x_{\max}$

وبذلك: $\Delta P = P_f - P_0 = x_{\max} \cdot \frac{R \cdot T}{V}$

في ظروف التجربة يحتل الغاز المتكون حجما $V = 1.1 \text{ L}$ عند درجة الحرارة $T = 293 \text{ K}$.

بذلك: $x_{\max} = \frac{\Delta P \cdot V}{R \cdot T} =$