

عِرْفَتُ نَكْلَلَةً وَ تَمَارِينَ

المادة و تحولاتها

المقاربة الكمية لتفاعل كيميائي

11

الشعبة : جذع مشترك
علوم و تكنولوجيا

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2016/2015

02

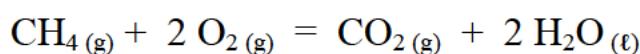
المحتوى المفاهيمي :

الدراسة الكمية لتطور جملة كيميائية

تقدم التفاعل وجدول التقدم

• مفهوم تقدم التفاعل :

من أجل متابعة تحول كيميائي لجملة في المستوى العياني من حالة ابتدائية إلى نهائية يقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية " IUPAC " وسيلة تدعى تقدم التفاعل x (مقدراً بالمول (mol) والذي يمكن توضيحه كالتالي :
- نعتبر التحول الكيميائي المتمثل في احتراق الميثان بغاز الأكسجين و المندمج بالمعادلة الكيميائية التالية :



من هذه المعادلة يمكن قول ما يلي :

- على المستوى المجهري :

لو حدث التفاعل مرة : يختفي 1 جزء من CH_4 ، 2 جزء من O_2 ، ليتشكل 1 جزء من CO_2 ، 2 جزء من الماء .

لو حدث التفاعل 2 مرة : يختفي 2 جزء من CH_4 ، 4 جزء من O_2 ، ليتشكل 2 جزء من CO_2 ، 4 جزء من الماء .

لو حدث التفاعل 3 مرة : يختفي 3 جزء من CH_4 ، 6 جزء من O_2 ، ليتشكل 3 جزء من CO_2 ، 6 جزء من الماء .

- على المستوى العياني :

لو حدث التفاعل N_A مرة : يختفي (N_A) جزء من CH_4 ، $(2N_A)$ جزء من O_2 ، ليتشكل (N_A) جزء من CO_2 ، $(2N_A)$ جزء من الماء .

- أو : يختفي (1 mol) جزئ من CH_4 ، (2 mol) جزئ من O_2 ليتشكل (1 mol) جزئ من CO_2 ، (2 mol) جزئ من الماء .
 - لو حدث التفاعل (2 N_A) مرة : يختفي (2 mol) جزئ من CH_4 ، (4 mol) جزئ من O_2 ليتشكل (2 mol) جزئ من CO_2 ، (4 mol) جزئ من الماء .
 - لو حدث التفاعل (3 N_A) مرة : يختفي (3 mol) جزئ من CH_4 ، (6 mol) جزئ من O_2 ليتشكل (3 mol) جزئ من CO_2 ، (6 mol) جزئ من الماء .
-



- لو حدث التفاعل ($x N_A$) مرة : يختفي ($x \text{ mol}$) جزئ من O_2 ، ليتشكل ($x \text{ mol}$) جزئ من CO_2 ، ($x \text{ mol}$) جزئ من الماء .

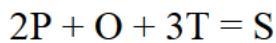
يدعى المقدار x تقدم التفاعل

و هو يمثل عدد مرات حدوث التفاعل السابق مقدرا بـ (أفوندرو مره) أو بالمول (mol) و يستعمل في المستوى العياني فقط .

نشاط (1) :

المحتوى : مقاربة مفهوم تقدم التفاعل و جدول التقدم

لتحضير أكلة (S) تحتاج إلى 2 حبة بطاطا (P) ، 1 حبة بصل (O) ، 3 حبة طماطم (T) ، يمكن نمذجة هذه العملية بالمعادلة التالية :



تحضر هذه الأكلة في محل يعمل من الساعة 10 صباحا إلى الساعة الرابعة مساءا ، و يوجد داخل هذا المحل صندوق بطاطا ، صندوق بصل ، صندوق طماطم حيث يحتوي كل صندوق على 30 حبة .

1- باعتبار x هو عدد مرات حدوث العملية المعبر عنه بالمعادلة السابقة في كل لحظة ، و هو نفسه عدد الأكلات المحضرة في نفس اللحظة ، أكمل الجدول التالي الذي يدعى جدول التقدم و الذي يعبر عن عدد الأكلات x المحضرة و عدد حبات الخضر (بطاطا ، بطل ، طماطم) المتبقية في كل لحظة . أكمل هذا الجدول .

اللحظة	التقدم	عدد الأكلات المحضرة و حبات الخضار المتبقية			
		2P	O	3T	= S
10 صباحا (لحظة ابتدائية)	$x = 0$	30	30	30	0
لحظة كيفية	x				
4 مساءا (لحظة نهائية)	X_f				

- 2- ما هو العدد الأعظمي X_{\max} لعدد الأكلات التي يمكن تحضيرها .
- 3- ما هو عدد الأكلات المحضررة على الساعة الرابعة مساءا (نهاية عملية تحضير الأكلات) إذا توقف عملية تحضير الأكلات بسبب نفاذ الطماطم ، قارن هذا العدد بالعدد الأعظمي X_{\max} ، مازا تستنتج ؟
- 4- ما هو عدد الأكلات المحضررة على الساعة الرابعة مساءا عندما تبقى 20 حبة بطاطا ، قارن هذا العدد بالعدد الأعظمي X_{\max} ، مازا تستنتج ؟
- 5- كم يجب أن يكون عدد حبات البطاطا و عدد حبات البصل في الصندوق حتى لا يتبقى أي من الخضر على الساعة الرابعة مساءا (نهاية عملية تحضير الأكلات) علما أن عدد حبات الطماطم في الحالة الابتدائية (10 صباحا) هو $n_0(T) = 30$.

تحليل النشاط:**1- إكمال الجدول :**

اللحظة	القدم	عدد الأكلات المحضررة و حبات الخضار المتبقية						
		2P	+	O	+	3T	=	S
10 صباحا (لحظة ابتدائية)	$x = 0$	30		30		30		0
لحظة كيفية	x	$30 - 2x$		$30 - x$		$30 - 3x$		x
4 مساءا (لحظة نهاية)	x_f	$30 - 2x_f$		$30 - x_f$		$30 - 3x_f$		x_f

2- العدد الأعظمي X_{\max} لعدد الأكلات التي يمكن تحضيرها :

- إذا نفذت البطاطا يكون :

$$30 - 2x = 0 \rightarrow x = 15$$

- إذا نفذ البصل يكون :

$$30 - x = 0 \rightarrow x = 30$$

- إذا نفذت الطماطم يكون :

$$30 - 3x = 0 \rightarrow x = 10$$

هذا يعني أن الطماطم تنفذ قبل نفاذ البطل و البطاطا و بالتالي لا يمكن تحضير أكثر من 10 أكلات ، إذن العدد الأعظمي لعدد الأكلات التي يمكن تحضيرها هو $X_{\max} = 10$.

3- عدد الأكلات المحضررة على الساعة الرابعة مساءا (نهاية تحضير الأكلات) إذا نفذت الطماطم :

من جدول التقدم ، عندما تنفذ الطماطم يكون :

$$30 - 3x_f = 0 \rightarrow x_f = 10$$

- نلاحظ أن $x_f = X_{\max}$ أي أن التقدم النهائي يكون مساوي للتقدم الأعظمي عندما تتوقف عملية تحضير الأكلات بنفاد أحد الخضر .

4- عدد الأكلات المحضررة على الساعة الرابعة مساءا عندما تبقى 12 حبة بطاطا :

- نحسب قيمة التقدم x (عدد الأكلات المحضررة) عندما تبقى 12 حبة بطاطا .

- من جدول التقدم ، عندما تبقى 12 حبة طماطم على الساعة الرابعة مساءا يكون :

$$30 - 3x_f = 12 \rightarrow 3x_f = 30 - 12 = 18 \rightarrow x_f = 6$$

- نلاحظ في هذه الحالة أن $X_f < X_{\max}$.

. نستنتج أنه عندما لا ينفذ أي من الخضر يكون التقدم النهائي أقل من التقدم الأعظمي $X_f < X_{\max}$.

5- عدد حبات البطاطا و عدد حبات البصل في الصندوق حتى لا يتبقى أي من الخضر :

باعتبار N_{0P} عدد حبات البطاطا الإبتدائية ، N_{0O} عدد حبات البصل الإبتدائية ، N_{0T} و بما أن عدد حبات الطماطم هو 30 يكون جدول التقدم كما يلي في هذه الحالة :

اللحظة	التقدم	عدد الأكلات المحضررة و حبات الخضار المتبقية			
		2P	O	3T	= S
10 صباحا	$x = 0$	N_{0P}	N_{0O}	30	0
لحظة كيفية	x	$N_{0P} - 2x$	$N_{0O} - x$	$30 - 3x$	x
4 مساء	X_f	$N_{0P} - 2X_f$	$N_{0O} - X_f$	$30 - 3X_f$	X_f

- عندما تختفي كلية الطماطم يكون :

$$30 - 3X_f = 0 \rightarrow X_f = 10$$

- ولكي تختفي كلية البطاطا يجب أن يكون :

$$N_{0P} - 2X_f = 0 \rightarrow N_{0P} = 2X_f = 2 \cdot 10 = 20$$

- ولكي يختفي كلية البصل يجب أن يكون :

$$N_{0O} - X_f = 0 \rightarrow N_{0O} = X_f = 10$$

إذن ولكي لا يتبقى أحد من الخضار عند أخذ 30 حبة طماطم يجب أن يكون عدد حبات البطاطا هو 20 و عدد حبات البصل هو 10 .

• جدول التقدم والنهاية:

- جدول التقدم هو عبارة عن جدول وصفي للجملة يمكن خلاله تناول الحصيلة الكمية من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية ، مرورا بحالة انتقالية لحظية كما موضح في المثال التالي :

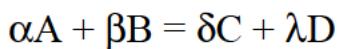
حالة الجملة	القدم x (mol)	$N_{2(g)}$	$+ 3 H_{2(g)}$	$\rightarrow 2 NH_{3(g)}$
الحالة الابتدائية $t = 0$	0	1	4	0
الحالة الانتقالية t	x	$1 - x$	$4 - 3x$	$2x$
الحالة النهائية t_f	X_f	$1 - X_f$	$4 - 3X_f$	$2X_f$

- يعبر جدول التقدم على كميات المادة لأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة الكيميائية (متفاعلات و نواتج) في لحظة معينة من التحول الكيميائي .

- يسمى العدد الأعظمي لمرات حدوث التفاعل مقدر بأفوقادرو مرة (أو بالمول) بالتقدم الأعظمي ، يرمز له بـ X_{\max} ، و يسمى المتفاعل الذي اختفى كلية و الذي كان سبب في توقف تطور التفاعل بالمتفاعل المحد .

- إذا توقف تطور التفاعل بسبب اختفاء كلي لأحد المتفاعلات يكون التقدم النهائي X_f مساوي للتقدم الأعظمي X_{\max} و يقال عن هذا التفاعل أنه تام ، بينما إذا لم يختفي أحد من المتفاعلات كلية عندما يتوقف تطور التفاعل يكون التقدم النهائي X_f أقل من التقدم الأعظمي X_{\max} ، و يقال عن هذا التفاعل أنه غير تام ، يمكن اختصار هذا القول فيما يلي :

- تفاعل تام $\leftarrow X_f = X_{max}$.
- تفاعل غير تام $\leftarrow X_f < X_{max}$.
- إذا اختفت كل المتفاعلات كلها في نهاية التفاعل يقال عن التفاعل أنه في الشروط stoichiometric .
- في التفاعل المنذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



يمكن إثبات أن هذا التحول الكيميائي المنذج بهذا التفاعل يكون في الشروط stoichiometric إذا تحقق :

$$\frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

التمرين (1):

نخن سلما من الحديد Fe حتى الإحمرار ، ثم ندخله بسرعة داخل قارورة تحتوي على غاز الكلور Cl_2 ، نلاحظ شكل دخان يميز كلور الحديد الثلاثي $FeCl_3$.

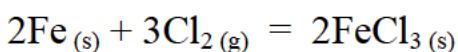
- 1- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنذج لهذا التحول الكيميائي .
- 2- نعتبر الجملة الكيميائية تتكون في الحالة الابتدائية من g 44.8 من الحديد ، و L 20.16 من غاز الكلور Cl_2 مقاس في الشرطين النظاميين .

- أ- أحسب كمية مادة كل من الحديد و غاز الكلور في الحالة الابتدائية .
- ب- بين إن كان هذا التحول الكيميائي في الشروط stoichiometric أم لا .
- ج- مثل جدول تقدم التفاعل لهذا التحول الكيميائي ، ثم عين التقدم النهائي و المتفاعل المد ان وجد .
- 3- ما هي الأنواع الكيميائية المتواجد في الجملة الكيميائية عند نهاية التفاعل . أحسب كتلها .
- 4- مثل البيانات $n(Fe) = f_1(x)$ ، $n(Cl_2) = f_2(x)$.

- 5- نعتبر الجملة الكيميائية السابقة تتكون في الحالة الابتدائية (t=0) من 0.2 mol من الحديد ، و n mol من غاز الكلور . عين قيمة n حتى يكون التفاعل في الشروط stoichiometric .
يعطى : $M(Cl) = 35.5 \text{ g/mol}$ ، $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$

الأهمية :

1- معادلة التفاعل :



2- أ- كمية مادة Fe ، Cl_2 في الحالة الابتدائية :

$$n_0(Fe) = \frac{m}{M} = \frac{44.8}{56} = 0.8 \text{ mol}$$

$$n_0(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_M} = \frac{20.16}{22.4} = 0.9 \text{ mol}$$

- ب- إثبات أن التحول في الشروط stoichiometric أم لا :
يكون التحول الكيميائي المنذج بالمعادلة السابقة في الشروط stoichiometric إذا تحقق :

$$\frac{n_0(Fe)}{2} = \frac{n_0(Cl_2)}{3}$$

مما سبق :

$$\bullet n_0(\text{Fe}) = 0.8 \text{ mol} \rightarrow \frac{n_0(\text{Fe})}{2} = 0.4 \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{Cl}_2) = 0.9 \text{ mol} \rightarrow \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3} = 0.3 \text{ mol}$$

نلاحظ : $\frac{n_0(\text{Fe})}{2} \neq \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3}$ ، إذن التفاعل الممندج بالمعادلة السابقة ليس في الشروط stoichiometric.

جـ- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2\text{Fe}_{(s)}$	$3\text{Cl}_{2(g)}$	$= 2\text{FeCl}_3$
ابتدائية	$x = 0$	0.8	0.9	0
انتقالية	x	$0.8 - 2x$	$0.9 - 3x$	$2x$
نهائية	x_f	$0.8 - 2x_f$	$0.9 - 3x_f$	$2x_f$

• التقدم النهائي :

- إذا اخفي Fe كلياً :

$$0.8 - 2x = 0 \rightarrow x = 0.4 \text{ mol}$$

- إذا اخفي Cl_2 كلياً :

$$0.9 - 3x = 0 \rightarrow x = 0.3 \text{ mol}$$

إذن $x_{\text{max}} = x_f = 0.3 \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو Cl_2 .

3- الأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة و كتلتها :

الأنواع الكيميائية :

▪ كلور الحديد الثلاثي FeCl_3 الناتج.

▪ الحديد Fe المتبقى من التفاعل.

الكتل :

▪ من جدول التقدم كمية مادة كلور الحديد الثلاثي الناتج في نهاية التفاعل هو :

$$x_f(\text{FeCl}_3) = 2x_f = 2 \cdot 0.3 = 0.6 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{FeCl}_3) = \frac{m_f(\text{FeCl}_3)}{M} \rightarrow m_f(\text{FeCl}_3) = n_f(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3)$$

$$\bullet M(\text{FeCl}_3) = 25 + (3 \cdot 35.5) = 162.5 \text{ g/mol}$$

$$m_f(\text{FeCl}_3) = 0.6 \times 162.5 = 97.5 \text{ g}$$

▪ من جدول التقدم أيضاً يكون كمية مادة الحديد الناتج في نهاية التفاعل هو :

$$n_f(\text{Fe}) = 0.8 - 2x_f = 0.8 - (2 \cdot 0.3) = 0.2 \text{ mol}$$

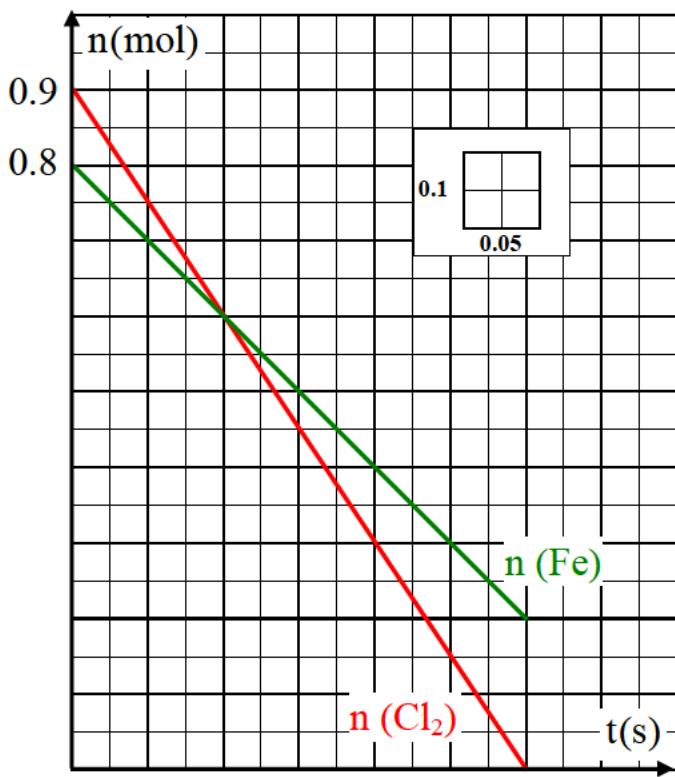
$$n_f(\text{Fe}) = \frac{m_f(\text{Fe})}{M} \rightarrow m_f(\text{Fe}) = n_f(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe})$$

$$m_f(\text{Fe}) = 0.2 \cdot 56 = 11.2 \text{ g}$$

4- البيانات :

من جدول التقدم : $n(\text{Cl}_2) = 0.9 - 3x$ ، $n(\text{Fe}) = 0.8 - 2x$ ومنه يكون الجدول :

$x \text{ (mol)}$	0	0.1	0.2	0.3
$n(\text{Fe}) \text{ mol}$	0.8	0.6	0.4	0.2
$n(\text{Cl}_2) \text{ mol}$	0.9	0.6	0.3	0



5- قيمة n حتى يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية :

حالة الجملة	التقدم	$2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{Cl}_{2(g)} = 2\text{FeCl}_{3}$		
ابتدائية	$x = 0$	0.2	n	0
انتقالية	x	$0.8 - 2x$	$n - 3x$	$2x$
نهائية	x_f	$0.8 - 2x_f$	$n - 3x_f$	$2x_f$

التفاعل في الشروط الستوكيومترية لذا يكون :

$$0.2 - 2x_f = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$n - 3x_f = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

من العلاقة (1) : $x_f = 0.1 \text{ mol}$ بالتعويض في العلاقة (2) :

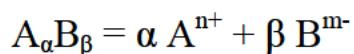
$$n - (3 \cdot 0.1) = 0$$

$$n - 0.3 = 0 \rightarrow n = 0.3 \text{ mol}$$

• التراكيز المولية لمحلول شوارد

• التركيز المولى لمحلول شوارد

نعتبر نوع كيميائي من الشكل $A_{\alpha}B_{\beta}$ ، ينحل في حجم V من الماء المقطر ، التفاعل الكيميائي المندرج لهذا الانحلال يعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية :



إذا كانت n_0 هي كمية المادة لنوع الكيميائي $A_\alpha B_\beta$ المنحلة في حجم V من الماء المقطر يعبر عن التركيز المولى للمحلول الناتج بالعبارة :

$$C = \frac{n_0}{V}$$

- يعرف التركيز المولى للمحلول الناتج بالشوارد $[A^{n+}]$ ، $[B^{m-}]$ و الذي يرمز له على الترتيب بـ $[A^{n+}]$ ، $[B^{m-}]$ بالعلاقة :

$$[A^{n+}] = \frac{n(A^{n+})}{V} , [B^{m-}] = \frac{n(B^{m-})}{V}$$

حين $n(A^{n+})$ ، $n(B^{m-})$ هي كمية المادة لكل من A^{n+} و B^{m-} في المحلول الناتج .

• العلاقة بين التركيز المولى للمحلول بالتركيز المولى للمحلول بشوارده :

نمثل جدول التقدم لتفاعل المندمج لانحلال النوع الكيميائي $A_\alpha B_\beta$ في الماء المقطر (تحول السابق) .

الحالة	التقدم	$A_\alpha B_\beta = \alpha A^{n+} + \beta B^{m-}$		
ابتدائية	$x = 0$	n_0	0	0
انتقالية	X	$n_0 - X$	αX	βX
نهائية	X_f	$n_0 - X_f$	αX_f	βX_f

- لدينا :

- $C = \frac{n_0}{V}$
- $[A^{n+}] = \frac{n(A^{n+})}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \frac{\alpha X_f}{V}$
- $[B^{m-}] = \frac{n(B^{m-})}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \frac{\beta X_f}{V}$

من جدول التقدم و في حالة أن التفاعل تام بمعنى النوع الكيميائي $A_\alpha B_\beta$ انحل كلبا في الماء يكون : $n_0 - X_f = 0 \rightarrow X_f = n_0$

لتصبح :

$$[A^{n+}] = \frac{\alpha X_f}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \frac{\alpha n_0}{V} = \alpha \frac{n_0}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \alpha C$$

$$[B^{m-}] = \frac{\beta X_f}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \frac{\beta n_0}{V} = \beta \frac{n_0}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \beta C$$

نتيجة :

في محلول مائي (لا يكون وسط تفاعلي) تركيزه المولي C و صيغة الشاردية $(\alpha A^{n+} + \beta B^{m-})$ يكون :

$$[A^{n+}] = \alpha C, [B^{m-}] = \beta C$$

كما يكون أيضاً : $\frac{[A^{n+}]}{[B^{m-}]} = \frac{\alpha C}{\beta C} = \frac{\alpha}{\beta}$ و منه يكون :

$$[A^{n+}] = \frac{\alpha}{\beta} [B^{m-}]$$

مثال 1:

- لدينا محلول كبريتات الحديد الثلاثي ($2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$) ، تركيزه المولي $C = 0.2 \text{ mol/L}$ ، في هذا محلول يكون :

$$[Fe^{3+}] = 2C = 2 \cdot 0.2 = 0.4 \text{ mol/L}$$

$$[SO_4^{2-}] = 3C = 3 \cdot 0.2 = 0.6 \text{ mol/L}$$

و يكون أيضاً :

$$[Fe^{+3}] = \frac{2}{3} [SO_4^{-2}]$$

- محلول حمض كلور الهيدروجين ($H_3O^+ + Cl^-$) ، في هذا محلول يكون : $C = 0.5 \text{ mol/L}$ ، تركيزه المولي $(H_3O^+ + Cl^-)$ مساوي لـ C :

$$[H_3O^+] = C = 0.5 \text{ mol/L}$$

و يكون أيضاً :

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = C$$

مثال 2:

- لدينا محلول حمض الكبريت ($2H_3O^+ + SO_4^{2-}$) ، تركيزه المولي بالشوارد H_3O^+ مساوي لـ 10^{-2} mol/L .

- أوجد التركيز المولي C للمحلول ، وكذلك تركيز المحلول بالشوارد SO_4^{2-} .

الجواب:

من صيغة المحلول الشاردية يكون : $[H_3O^+] = 2C$ ومنه :

$$[H_3O^+] = 2C \rightarrow C = \frac{[H_3O^+]}{2} = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[SO_4^{2-}] = C = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

التمرين (2):

لدينا محلول من كبرات النحاس ($\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}$) ذو اللون الأزرق حجمه 600 mL ، تركيزه المولي $C = 0.6 \text{ mol/L}$ ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم Al كتلتها $m = 13.5 \text{ g}$. نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي لللون الأزرق . التحول الكيميائي الحادث منذج بالمعادلة :

$$2\text{Al}_{(s)} + 3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} = 2\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3\text{Cu}_{(s)}$$

- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأزرق .
 - 2- أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل .
 - 3- أوجد مقدار التقدم النهائي x_f محدداً المتفاعلات المد .
 - 4- اعتماداً على جدول التقدم أوجد في نهاية التفاعل :
 - أ- كتلة النحاس المترسبة .
 - ب- كتلة الألمنيوم المتبقية .
 - ج- كتلة الألمنيوم المتفاعلة .
 - د- تركيز محلول الناتج بالشوارد Al^{3+} . - 5- عند ترشيح محلول الناتج و تبخيره نحصل على نوع كيمياء . ما اسمه و ما هي صيغته الجزيئية (الإحصائية) .
- يعطى : $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Cu}) = 63.5 \text{ g/mol}$

الأجوبة :

1- يدل اختفاء اللون الأزرق على اختفاء كلي لشوارد النحاس Cu^{2+} (أصل هذا اللون) .

2- جدول التقدم :

حالات الجملة	التقدم	$2\text{Al}_{(s)} + 3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} = 2\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3\text{Cu}_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	0.5	0.36	0	0
انتقالية	x	$0.5 - 2x$	$0.36 - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	x_f	$0.58 - 2x_f$	$0.36 - 3x_f$	$2x_f$	$3x_f$

$$n_0(\text{Cu}^{2+}) = [\text{Cu}^{2+}]V = CV = 0.6 \cdot 0.6 = 0.6 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M} = \frac{13.5}{27} = 0.5 \text{ mol}$$

3- مقدار التقدم النهائي و المتفاعلات المد :

- إذا اختفى Al كلياً :

$$0.5 - 2x = 0 \rightarrow x = 0.25$$

- إذا اختفى Cu^{2+} كلياً :

$$0.36 - 3x = 0 \rightarrow x = 0.12 \text{ mol}$$

إذن $n_0(\text{Al}) = x_f = 0.12 \text{ mol}$ و المتفاعلات المد هو Cu^{2+} .

4- أ- كتلة النحاس المترسبة :

من جدول التقدم كمية مادة النحاس المترسبة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Cu}) = 3x_f = 3 \cdot 0.12 = 0.36 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(\text{Cu}) = \frac{m_f(\text{Cu})}{M} \rightarrow m_f(\text{Cu}) = n_f(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu})$$

$$m_f(\text{Cu}) = 0.36 \cdot 63.5 = 22.86 \text{ g}$$

بـ- كتلة الألمنيوم المتبقية :

من جدول التقدم كمية مادة الألمنيوم المتبقية في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}) = 0.5 - 2x_f = 0.5 - (2 \cdot 0.12) = 0.26 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{Al}) = \frac{m_f(\text{Al})}{M} \rightarrow m_f(\text{Al}) = n_f(\text{Al}) \cdot M(\text{Al})$$

$$m_f(\text{Al}) = 0.26 \cdot 27 = 7.02 \text{ g}$$

جـ- كتلة الألمنيوم المتفاعلة :

من جدول التقدم كمية مادة الألمنيوم المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}) = 2x_f = 2 \cdot 0.12 = 0.24 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(\text{Al}) = \frac{m_f(\text{Al})}{M} \rightarrow m_f(\text{Al}) = n_f(\text{Al}) \cdot M(\text{Al})$$

$$m_f(\text{Al}) = 0.24 \cdot 27 = 6.48 \text{ g}$$

دـ- تركيز المحلول الناتج بالشوارد $\left[\text{Al}^{3+} \right]_f$ في نهاية التفاعل :

$$\left[\text{Al}^{3+} \right]_f = \frac{n_f(\text{Al}^{3+})}{V} \quad (V = 600 \text{ mL} = 0.6 \text{ L})$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم المتشكلة عند نهاية التفاعل هي : $n_f(\text{Al}^{3+}) = 2x_f$ و منه :

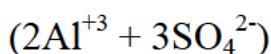
$$n_f(\text{Al}) = 2 \cdot 0.12 = 0.24 \text{ mol}$$

بالتعميض في عبارة $\left[\text{Al}^{3+} \right]_f$ نجد :

$$\left[\text{Al}^{3+} \right]_f = \frac{0.24}{0.6} = 0.4 \text{ mol/L}$$

هـ- اسم و صيغة المحلول الناتج :

المحلول الناتج يحتوي على شوارد الألمنيوم Al^{3+} الناتجة عن التفاعل و شوراد الكبريتات SO_4^{2-} التي لم تدخل في التفاعل و عليه اسم المحلول الناتج هو كبريتات الألمنيوم صيغته الشاردية :



و صيغته الإحصائية :

