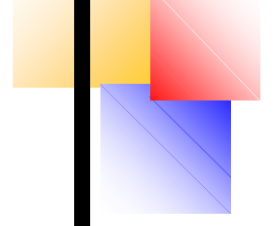


سلاسل المنجد - دروس و تمارين



1AS
جدع مشترك علوم وتكنولوجيا

السلسلة 1-08-1

المقاربة الكمية لتفاعل كيميائي

عرض نظري و تمارين

يمكن تحميل نسخة من هذا الملف من الموقع :

www.sites.google.com/site/faresfergani

للمزيد (عرض نظري مفصل - تمارين - فيديوهات)
يرجى زيارتنا على صفحة الوحدة في الموقع الإلكتروني

لكي يصلك جديد الموقع تابع صفحة الفيسبوك التالية :

الأستاذ فرقاني فارس أستاذ العلوم الفيزيائية Fergani Fares

الأستاذ فرقاني فارس

ثانوية مولود قاسم نابت بلقاسم - الخروب - قسنطينة

fares_fergani@yahoo.fr

الإصدار : أبريل / 2022

العلوم
الفيزيائية

العلم الفيزيائي

المقاربة الكمية لتفاعل كيميائي

إعداد الأستاذ فرقاني فارس
ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم - الخروب - قسنطينة
www.sites.google.com/site/faresfergani

السلسلة 1-08-01

عرض نظري و تمارين

1- الحملة الكيميائية و التحول الكيميائي

• الجملة الكيميائية :

- الجملة الكيميائية هي مزيج من أنواع كيميائية ، و من أجل وصف حالة جملة كيميائية في السلم العياني يجب الإشارة إلى :
- طبيعة و مكونات مختلف الأنواع الكيميائية الموجودة .
 - كمية المادة لكل نوع .
 - حالاتها الفيزيائية صلب (S) ، سائل (l) ، غاز (g) أو محلول مائي (aq) .
 - درجة الحرارة T و الضغط P خاصة في حالة الغازات .
 - لون المتفاعلات .

• مثال :

محلول كبريتات النحاس هي جملة كيميائية تتكون من : شوارد النحاس $Cu^{+2}_{(aq)}$ ذات اللون الأزرق ، شوارد الكبريتات $SO_4^{-2}_{(aq)}$ عديمة اللون ، جزيئات الماء $H_2O_{(l)}$ عديمة اللون .

• التحول الكيميائي :

- نقول أنه حدث تحول كيميائي في جملة كيميائية ما ، إذا حدث تغير في حالة هذه الجملة ، كاختفاء أنواع كيميائية و ظهور أنواع كيميائية جديدة .

• التفاعل الكيميائي :

- التفاعل الكيميائي هو نموذج للتحول الكيميائي يتم على المستوى المجهرى ، أي يتم بين أفراد الأنواع الكيميائية ، كارتباط فرد كيميائي (ذرة ، جزيء ، شاردة ...) أو أكثر لنوع كيميائي ، مع فرد كيميائي أو أكثر لنوع كيميائي آخر قصد تشكيل فرد كيميائي جديد لنوع كيميائي آخر .

• معادلة التفاعل الكيميائي :

- يعبر عن التفاعل الكيميائي بمعادلة تسمى **معادلة التفاعل الكيميائي**، و التي تتكون من طرفين:
الطرف الأول:

يكون على اليسار و فيه تكتب رموز و صيغ الأفراد الكيميائية المختلفة خلال التفاعل الكيميائي و التي تسمى **متفاعلات**.

الطرف الثاني :

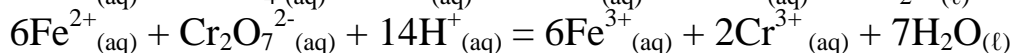
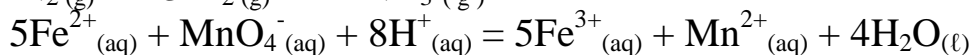
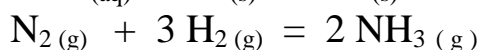
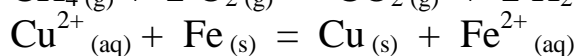
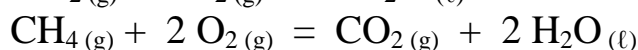
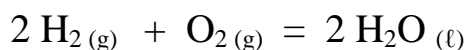
- يكون على اليمين و فيه تكتب رموز و صيغ الأفراد الكيميائية المتشكلة خلال التفاعل الكيميائي و التي تسمى **نواتج**.

وبين الطرفين الأول و الثاني يوضع رمز تساوي (=) و اصطلاحا تكون جهة التفاعل من الطرف الأول (اليسار) إلى الطرف الثاني (اليمين).

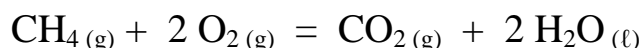
- تضاف إلى رموز و صيغ المتفاعلات و النواتج رموز أخرى صغيرة تدل على طبيعة النوع الكيميائي و هي :
(s ← صلب) ، (l ← سائل) ، (g ← غاز) ، (aq ← شاردة أو محلول).

- لكي يتحقق ما يسمى بمبدأ إنحفاظ العنصر الكيميائي (عدد ذرات كل عنصر قبل التفاعل الكيميائي مساوي لعدد ذرات نفس العنصر بعد التفاعل الكيميائي) ، و مبدأ انحفاظ الشحنة (مجموع شحن الأفراد الكيميائية المتفاعلة مساوي لمجموع شحن الأفراد الكيميائية الناتجة) ، توضع أمام صيغ و رموز الأنواع الكيميائية معاملات (أرقام) تدعى **المعاملات الستوكيومترية** ، بحيث تكون هذه المعاملات أصغر عدد طبيعي ممكن، ونحصل بذلك على الشكل النهائي لمعادلة التفاعل الكيميائي .

أمثلة:

**2- 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 " IUAPC " وسيلة تدعى تقدم التفاعل X (مقدرا بالمول mol) والذي يمكن توضيحه كالتالي :
- نعتبر التحول الكيميائي المتمثل في احتراق الميثان بغاز الأكسجين و النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



من هذه المعادلة يمكن قول ما يلي :

- على المستوى المجهرى :

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

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

- لو حدث التفاعل 3 مرة : يختفي 3 جزئ من CH_4 ، 6 جزئ من O_2 ، ليتشكل 3 جزئ من CO_2 ، 6 جزئ من الماء .
- على المستوى العياني :
- لو حدث التفاعل N_A مرة : يختفي (N_A) جزئ من CH_4 ، $(2N_A)$ جزئ من O_2 ، ليتشكل (N_A) جزئ من CO_2 ، $(2N_A)$ جزئ 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 CH_4 ، $(2x \text{ mol})$ جزئ من O_2 ، ليتشكل $(x \text{ mol})$ جزئ من CO_2 ، $(2x \text{ mol})$ جزئ من الماء .

يدعى المقدار x تقدم التفاعل

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

• جدول التقدم و التقدم الأعظمي X_{\max} :

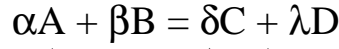
- جدول التقدم هو عبارة عن جدول وصفي للجملة يمكن خلاله تناول الحصيلة الكمية من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية ، مروراً بحالة انتقالية لحظية كما موضح في المثال التالي :

حالة الجملة	التقدم x (mol)	$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$		
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 للأنواع 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 كلياً و الذي كان سبب في توقف تطور التفاعل بالمتفاعل المحدد .

- إذا توقف تطور التفاعل بسبب اختفاء كلي لأحد المتفاعلات يكون التقدم النهائي x_f مساوي للتقدم الأعظمي x_{max} ويقال عن هذا التفاعل أنه تام .
 - إذا اختفت كل المتفاعلات كلياً في نهاية التفاعل يقال عن التفاعل أنه في الشروط الستوكيومترية .
 - في التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



يمكن إثبات أن هذا التحول الكيميائي المنمذج بهذا التفاعل يكون في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :

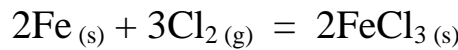
$$\frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

التمرين (1) : (التمرين : 001 في بنك التمارين على الموقع) (*)

- نسخن سلكاً من الحديد Fe حتى الإحمرار ، ثم ندخله بسرعة داخل قارورة تحتوي على غاز الكلور Cl_2 ، نلاحظ تشكل دخان يميز كلور الحديد الثلاثي $FeCl_3$.
 1- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول الكيميائي .
 2- نعتبر الجملة الكيميائية تتكون في الحالة الابتدائية من 44.8 g من الحديد ، و 20.16 L من غاز الكلور Cl_2 مقاس في الشرطين النظاميين .
 أ- أحسب كمية مادة كل من الحديد Fe و غاز الكلور Cl_2 في الحالة الابتدائية .
 ب- بين إن كان هذا التحول الكيميائي في الشروط الستوكيومترية أم لا .
 ج- مثل جدول تقدم التفاعل لهذا التحول الكيميائي ، ثم عين التقدم الأعظمي x_{max} و المتفاعل المحد إن وجد .
 3- ما هي الأنواع الكيميائية المتواجد في الجملة الكيميائية عند نهاية التفاعل . أحسب كتلتها ثم أحسب حجم غاز الكلور Cl_2 المتفاعل عند نهاية التفاعل في الشرطين النظاميين .
 4- مثل في نفس البيان المنحنيين : $n(Fe) = f_1(x)$ ، $n(Cl_2) = f_2(x)$.

الأجوبة :

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 الستوكيومترية أم لا :

يكون التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة السابقة في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :

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

مما سبق :

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

$$\bullet \frac{n_0(Cl_2)}{3} = \frac{0.9}{3} = 0.3 \text{ mol}$$

نلاحظ : $\frac{n_0(\text{Fe})}{2} \neq \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3}$ ، إذن التفاعل المنمذج بالمعادلة السابقة ليس في الشروط الستوكيومترية .
ج- جدول التقدم :

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

• التقدم الأعظمي :

- إذا اختفى Fe كلياً :

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

- إذا اختفى Cl_2 كلياً :

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

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

3- الأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة و كتلتها :

الأنواع الكيميائية :

▪ كلور الحديد الثلاثي FeCl_3 الناتج .

▪ الحديد Fe المتبقي من التفاعل .

الكتل :

▪ كتلة FeCl_3 الناتج في نهاية التفاعل :

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

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

لدينا :

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

و منه :

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

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

▪ كتلة Fe المتبقي في نهاية التفاعل :

- من جدول التقدم كمية مادة الحديد الناتج في نهاية التفاعل هو :

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

لدينا :

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

و منه :

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

- حجم غاز الكلور Cl_2 في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة Cl_2 المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Cl}_2) = 3 x_{\max} = 3 \cdot 0.3 = 0.9 \text{ mol}$$

لدينا :

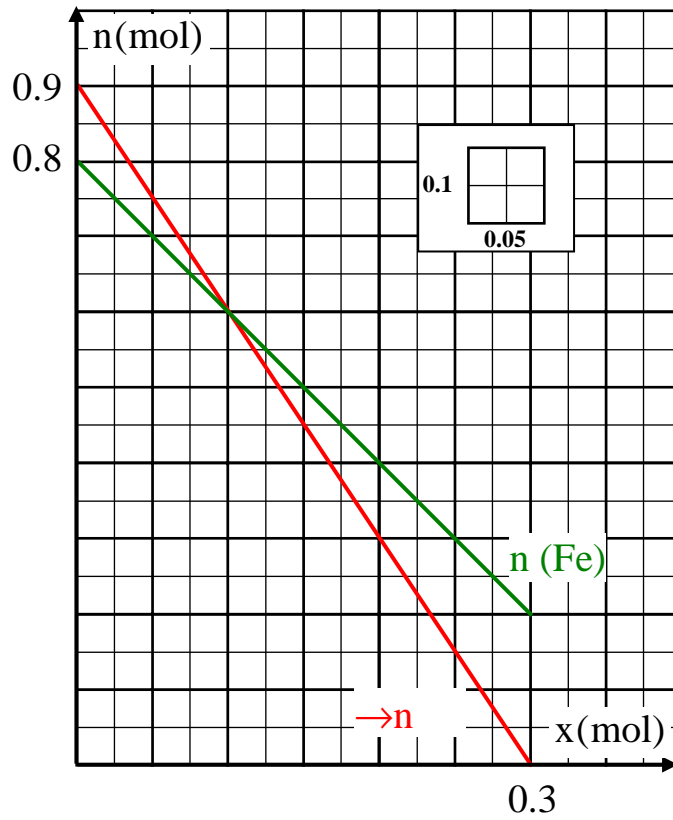
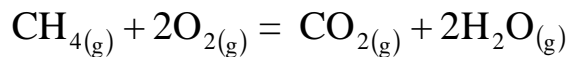
$$n_f(\text{Cl}_2) = \frac{V_f(\text{Cl}_2)}{V_M} \rightarrow V_f(\text{Cl}_2) = n_f(\text{Cl}_2) \cdot V_M$$

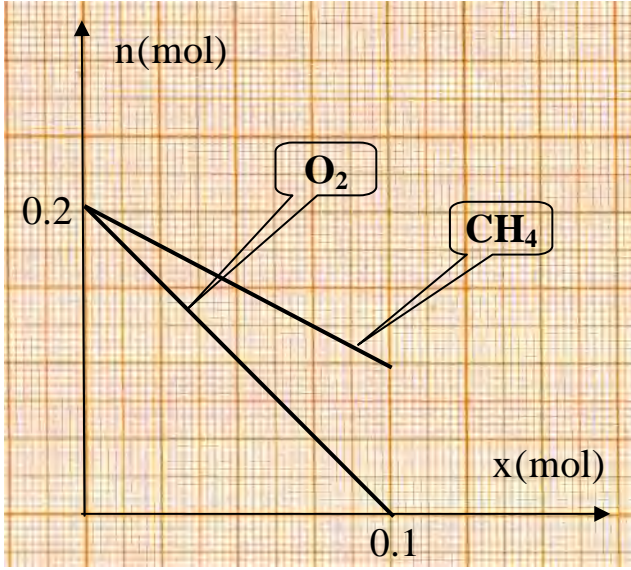
و منه :

$$V_f(\text{Cl}_2) = 0.9 \cdot 22.4 = 20.16 \text{ L}$$

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

x (mol)	0	0.1	0.2	0.3
n(Fe) mol	0.8	0.6	0.4	0.2
n(Cl ₂) mol	0.9	0.6	0.3	0

**التمرين (2) :** (التمرين : 006 في بنك التمارين على الموقع) (*)ينمذج احتراق غاز الميثان CH_4 بالأكسجين O_2 بالمعادلة التالية:- المنحنيين $n(\text{CH}_4) = f(x)$ و $n(\text{O}_2) = g(x)$ التاليين يمثلان على الترتيب تغيرات كمية مادة غاز الميثان CH_4 و كمية مادة غاز ثنائي الأكسجين O_2 بدلالة تقدّم التفاعل x .



أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .

2- اعتماداً على البيان :

أ- عين كميتي المادة الابتدائية لكل من الميثان CH_4 و ثنائي الأوكسجين O_2 .

ب- حدد المتفاعل المحد إن وجد ثم عين التقدم الأعظمي x_{max} .

3- اعتماداً على جدول التقدم أوجد في نهاية التفاعل :

أ- كتلة الماء الناتج H_2O .

ب- حجم CO_2 الناتج في نهاية التفاعل مقاس في الشرطين النظاميين .

يعطى : $M(C) = 16 \text{ g/mol}$ ، $M(H) = 1 \text{ g/mol}$

الأجوبة :

1- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	CH_4	+	$2O_2$	=	CO_2	+	$2H_2O$
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(CH_4)$		$n_0(O_2)$		0		0
انتقالية	x	$n_0(CH_4) - x$		$n_0(O_2) - 2x$		x		$2x$
نهائية	x_{max}	$n_0(CH_4) - x_{max}$		$n_0(O_2) - 2x_{max}$		x_{max}		$2x_{max}$

2- أ- كميتي المادة الابتدائية لكل من الميثان CH_4 و ثنائي الأوكسجين O_2 :

من البيان :

$$n_0(CH_4) = n_0(O_2) = 0.2 \text{ mol}$$

ب- المتفاعل المحد و التقدم الأعظمي x_{max} :

نلاحظ أن ثنائي الأوكسجين O_2 اختفى كلياً قبل غاز الميثان CH_4 و عليه :

▪ المتفاعل المحد هو CH_4 .

▪ التقدم الأعظمي : $x_{max} = 0.1 \text{ mol}$.

3- أ- كتلة الماء الناتج في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة الماء الناتج في نهاية التفاعل :

$$n_f(H_2O) = 2 x_{max} = 2 \cdot 0.1 = 0.2 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(H_2O) = \frac{m_f(H_2O)}{M} \rightarrow m_f(H_2O) = M \cdot n_f(H_2O)$$

و منه :

$$M(H_2O) = (2 \cdot 1) + 16 = 18 \text{ g/mol}$$

$$m_f(H_2O) = 0.2 \cdot 18 = 3.6 \text{ g}$$

ب- حجم CO_2 الناتج في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة CO_2 الناتجة في نهاية التفاعل :

$$n_f(CO_2) = x_{max} = 0.1 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_M} \rightarrow V(\text{CO}_2) = n_f(\text{CO}_2) \cdot V_M$$

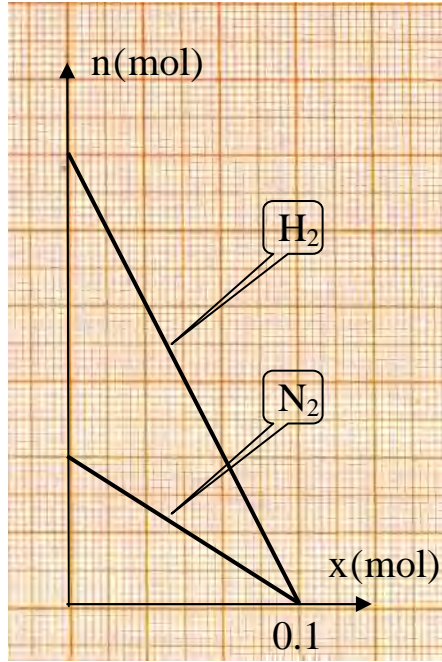
و منه :

$$V(\text{CO}_2) = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ L}$$

التمرين (3) : (التمرين : 002 في بنك التمارين على الموقع) (*)

يمثل الشكل التالي منحنىي تغيرات $n(\text{H}_2)$ و $n(\text{N}_2)$ بدلالة تقدم التفاعل x ، خلال التحول الكيميائي الحادث عند مزج حجمين من غازي الأزوت N_2 و الهيدروجين H_2 في الشرطين النظاميين ، لينتج اثر ذلك غاز النشادر NH_3 في شروط معينة .

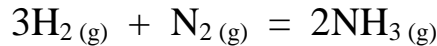
- 1- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحول .
- 2- مثل جدول تقدم التفاعل .



- 3- هل يوجد متفاعل محد ؟ برر إجابتك .
- 4- عين قيمة التقدم الأعظمي x_{\max} ثم استنتج كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .
- 5- استنتج سلم الرسم لمحور كمية المادة $n(x)$.
- 6- جد ما يلي :
 - أ- حجم غازي الهيدروجين و الأزوت N_2 قبل حدوث التفاعل (الحالة الابتدائية) .
 - ب- حجم غاز النشادر NH_3 الناتج في نهاية التفاعل .
 - ج- كتلة غاز الهيدروجين المتفاعلة في نهاية التفاعل .
- 7- مثل المنحنى البياني $n(\text{NH}_3) = f(x)$. يعطى : $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$. يعطى : $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ، $V_M = 22,4 \text{ L/mol}$.

الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :



2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	3H_2	+	N_2	=	2NH_3
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2)$		$n_0(\text{N}_2)$		0
انتقالية	x	$n_0(\text{H}_2) - 3x$		$n_0(\text{N}_2) - x$		$2x$
نهائية	x_{\max}	$n_0(\text{H}_2) - 3x_{\max}$		$n_0(\text{N}_2) - x_{\max}$		$2 x_{\max}$

3- لا يوجد متفاعل محد لأن كل من H_2 و N_2 اختفى كلياً عند نهاية التفاعل و ذلك اعتماداً على الوثيقة ، بمعنى أن التحول الكيميائي الحادث في شروط ستوكيومترية .

4- التقدم الأعظمي x_{\max} و كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات :- من البيان : $x_{\max} = 0,1 \text{ mol}$.- بما أن غاز ثنائي الهيدروجين H_2 اختفى كلياً في نهاية التفاعل يكون من جدول التقدم :

$$n_0(\text{H}_2) - 3x_{\max} = 0 \rightarrow n_0(\text{H}_2) = 3x_{\max} = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ mol}$$

- بما أن غاز الأزوت N_2 اختفى كلياً في نهاية التفاعل يكون من جدول التقدم :

$$n_0(N_2) - x_{\max} = 0 \rightarrow n_0(N_2) = x_{\max} = 0,1 \text{ mol}$$

5- سلم الرسم لمحور كميات المادة :

القيمة $n_0(N_2) = 0.1 \text{ mol}$ تقابلها في البيان (2cm) و عليه :

$$\begin{cases} 2 \text{ cm} \rightarrow 0.1 \text{ mol} \\ 1 \text{ cm} \rightarrow X \text{ mol} \end{cases}$$

و منه :

$$X = \frac{1 \cdot 0,1}{2} = 0.05 \text{ mol}$$

إذن سلم الرسم لمحور كميات المادة هو : 1 cm \rightarrow 0.05 mol

6-أ- حجمي غازي H_2 ، N_2 قبل حدوث التفاعل :

$$\bullet n_0(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M} \rightarrow V_0(H_2) = n_0(H_2) \cdot V_M$$

$$V_0(H_2) = 0.3 \cdot 22.4 = 6.72 \text{ L}$$

$$\bullet n_0(N_2) = \frac{V(N_2)}{V_M} \rightarrow V_0(N_2) = n_0(N_2) \cdot V_M$$

$$V_0(N_2) = 0.1 \cdot 22.4 = 2.24 \text{ L}$$

ب- حجم غاز النشادر NH_3 في نهاية التفاعل :

عند نهاية التفاعل و اعتماداً على جدول التقدم ، كمية مادة NH_3 الناتجة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(NH_3) = 2 x_{\max} = 2 \cdot 0.1 = 0.2 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_f(NH_3) = \frac{V_f(NH_3)}{V_M} \rightarrow V_f(NH_3) = n_f(NH_3) \cdot V_M$$

$$V_f(NH_3) = 0.2 \cdot 22.4 = 4.48 \text{ L}$$

ج- كتلة غاز الهيدروجين المتفاعلة في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم ، كمية مادة H_2 المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(H_2) = 3x_{\max} = 3 \cdot 0.1 = 0.3 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_f(H_2) = \frac{m_f(H_2)}{M(H_2)} \rightarrow m_f(H_2) = n_f(H_2) \cdot M(H_2)$$

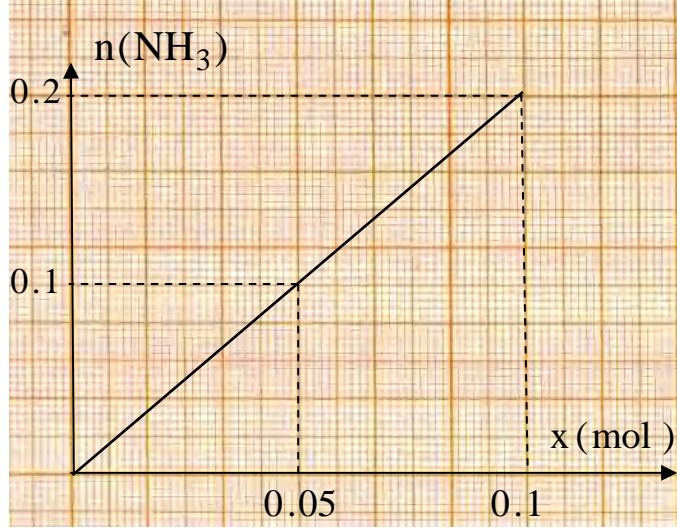
$$\bullet M(H_2) = 2 \cdot 1 = 2 \text{ g/mol}$$

$$\bullet m_f(H_2) = 0.3 \cdot 2 = 0.6 \text{ g}$$

7- المنحنى $n(NH_3) = f(x)$:

x (mol)	0	0.05	0.1
$n(NH_3) = 2x$	0	0.1	0.2

و منه المنحنى البياني $n(\text{NH}_3) = f(x)$ يكون كما يلي :



3- التراكيز المولية لمحلول بشوارده

• التركيز المولي لمحلول بشوارده :

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



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

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

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

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

حين $n(A^{n+})$ ، $n(B^{m-})$ هي كمية مادة كل A^{n+} و B^{m-} في المحلول الناتج .
- في محلول مائي شاردني (لا يكون وسط تفاعلي) تركيزه المولي C و صيغة الشاردية $(\alpha A^{n+} + \beta B^{m-})$ يكون :

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

مثال :

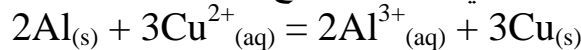
- لدينا محلول كبريتات الحديد الثلاثي ($2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$) ، تركيزه المولي $C = 0.2 \text{ mol/L}$ ، في هذا المحلول يكون :

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

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

التمرين (4) : (التمرين : 004 في بنك التمارين على الموقع) (*)

لدينا محلول من كبريتات النحاس ($Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}$) 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 للون الأزرق . التحول الكيميائي الحادث منمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأزرق .
- 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .
- 3- جد قيمة التقدم الأعظمي x_{max} و حدد المتفاعل المحد .
- 4- اعتماداً على جدول التقدم ، جد ما يلي في الحالة النهائية :
 - أ- كتلة النحاس Cu المترسبة .
 - ب- كتلة الألمنيوم Al المتبقية .
 - ج- كتلة الألمنيوم Al المتفاعلة .
 - د- تركيز المحلول الناتج بالشوارد Al^{3+} .
- 5- عند ترشيح المحلول الناتج و تبخيره نحصل على نوع كيميائي . ما اسمه ؟ و ما هي صيغته الجزيئية ؟
يعطى : $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$ ، $M(Cu) = 63,5 \text{ g/mol}$.

رموز بعض الشوارد و أسمائها			
الشاردة	اسمها	الشاردة	اسمها
Na^+	الصوديوم	Cl^-	الكلور
Al^{3+}	الألمنيوم	NO_3^-	النترات
Fe^{2+}	الحديد الثنائي	SO_4^{2-}	الكبريتات

الأجوبة :

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

حالة الجملة	التقدم	$2Al_{(s)} + 3Cu^{2+}_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(s)} + 3Cu_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	0,5	0,36	0	0
انتقالية	x	$0,5 - 2x$	$0,36 - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	x_{max}	$0,5 - 2x_{max}$	$0,36 - 3x_{max}$	$2x_{max}$	$3x_{max}$

$$n_0(Cu^{2+}) = CV = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ mol}$$

$$n_0(Al) = \frac{m(Al)}{M} = \frac{13,5}{27} = 0,5 \text{ mol}$$

3- مقدار التقدم الأعظمي x_{max} و المتفاعل المحد :
- بفرض أن متفاعل Al :

$$0,5 - 2x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 0,25$$

- بفرض أن Cu^{2+} متفاعل محد :

$$0,36 - 3 x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 0,12 \text{ mol}$$

إذن $x_{max} = 0,12 \text{ mol}$ و المتفاعل المحد هو Cu^{2+} .

4- أ- كتلة النحاس المترسبة :

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

$$n_f(Cu) = 3x_{max} = 3 \cdot 0,12 = 0,36 \text{ mol}$$

و منه :

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

$$m_f(Cu) = 0,36 \cdot 63,5 = 22,86 \text{ g}$$

ب- كتلة الألمنيوم المتبقية :

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

$$n_f(Al) = 0,5 - 2x_{max} = 0,5 - (2 \cdot 0,12) = 0,26 \text{ mol}$$

$$n_f(Al) = \frac{m_f(Al)}{M} \rightarrow m_f(Al) = n_f(Al) \cdot M(Al) \rightarrow m_f(Al) = 0,26 \cdot 27 = 7,02 \text{ g}$$

ج- كتلة الألمنيوم المتفاعلة :

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

$$n_f(Al) = 2x_{max} = 2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(Al) = \frac{m_f(Al)}{M} \rightarrow m_f(Al) = n_f(Al) \cdot M(Al) \rightarrow m_f(Al) = 0,24 \cdot 27 = 6,48 \text{ g}$$

د- تركيز المحلول الناتج بالشوارد $[Al^{3+}]_f$ في نهاية التفاعل :

$$[Al^{3+}]_f = \frac{n_f(Al^{3+})}{V} \quad (V = 600 \text{ mL} = 0,6 \text{ L})$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم المتشكلة عند نهاية التفاعل هي :

$$n_f(Al^{3+}) = 2x_{max} = 2 \cdot 0,12 = 0,24 \text{ mol}$$

إذن :

$$[Al^{3+}]_f = \frac{0,24}{0,6} = 0,4 \text{ mol/L}$$

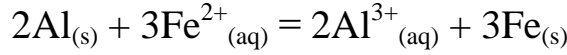
هـ- اسم و صيغة المحلول الناتج :

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

و صيغته الإحصائية : $Al_2(SO_4)_3$

التمرين (5) : (التمرين : 007 في بنك التمارين على الموقع) (**)

لدينا محلول من كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$ حجمه 200 mL ، تركيزه المولي C_0 ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم Al كتلتها m_0 . نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي للون الأخضر كما نلاحظ أيضا اختفاء كلي لقطعة الألمنيوم Al و تشكل راسب نزنه بعد ترشيح المحلول الناتج فنجد $m = 6,72$ g . التحول الكيميائي الحادث منمذج بالمعادلة :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأخضر .
 - 2- أنشئ جدولاً لتقدم التفاعل .
 - 3- هل التفاعل الجادث في شروط ستوكيومترية ؟ أوجد قيمة التقدم الأعظمي X_{max} .
 - 4- اعتماداً على جدول التقدم ، جد :
 - أ- كتلة الألمنيوم Al الابتدائية m_0 .
 - ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .
 - ج- تركيز المحول الناتج بالشوارد Al^{3+} و بالشوارد SO_4^{2-} في نهاية التفاعل .
- يعطى : $M(Al) = 27$ g/mol ، $M(Fe) = 56$ g/mol .

الأجوبة :

1- يدل اختفاء اللون الأخضر على اختفاء كلي لشوارد الحديد الثنائي Fe^{2+} أصل هذا اللون .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2Al_{(s)} + 3Fe^{2+}_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Fe_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(Al)$	$n_0(Fe^{2+})$	0	0
انتقالية	x	$n_0(Al) - 2x$	$n_0(Fe^{2+}) - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	X_{max}	$n_0(Al) - 2x_{max}$	$n_0(Fe^{2+}) - 3x_{max}$	$2x_{max}$	$3x_{max}$

3- المتفاعل المحد :

- كل من المتفاعلين Al و Fe^{2+} اختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه التفاعل الحادث في شروط ستوكيومترية .

• التقدم الأعظمي X_{max} :

النوع الكيميائي الذي قمنا بترشيحه هو النوع الكيميائي المترسب في نهاية التفاعل و هو الحديد (علماً أن الألمنيوم تفاعل كلياً و لا يوجد في نهاية التفاعل) و عليه كتلة الحديد المترسبة في نهاية التفاعل هي $m_f(Fe) = 6,72$ g و لدينا :

$$n_f(Fe) = \frac{m_f(Fe)}{M(Fe)} = \frac{6,72}{56} = 0,12 \text{ mol}$$

من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل يكون :

$$n_f(Fe) = 3x_{max} \rightarrow x_{max} = \frac{n_f(Fe)}{3} \rightarrow x_{max} =$$

$$\frac{0,12}{3} = 0,04 \text{ mol}$$

4- أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية :

الألمنيوم إختفى كلياً في نهاية التفاعل و عليه يكون :

$$n_0(Al) - 2x_{max} = 0 \rightarrow n_0(Al) = 2x_{max} = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m_0(\text{Al})}{M(\text{Al})} \rightarrow m_0(\text{Al}) = n_0(\text{Al}) \cdot M \rightarrow m_0(\text{Al}) = 0,08 \cdot 27 = 2,16 \text{ g}$$

ب- التركيز المولي C_0 لمحلول كبريتات الحديد الثنائي :

بما أن شوارد الحديد الثنائي اختفت كلياً في نهاية التفاعل يكون :

$$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 3x_{\max} = 0 \rightarrow n_0(\text{Fe}^{2+}) = 3 x_{\max} = 3 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Fe}^{2+}) = C_0 V \rightarrow C_0 = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{V} \rightarrow C_0 = \frac{0,12}{0,2} = 0,6 \text{ mol/L}$$

ج- التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد Al^{3+} ، SO_4^{2-} :

$$\bullet [\text{Al}^{3+}] = \frac{n_f(\text{Al}^{3+})}{V}$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم الناتجة عند نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}^{3+}) = 2x_{\max} = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ mol}$$

- حجم المحلول أثناء التحول الكيميائي لا يتغير و يبقى على حاله كما كان في الحالة الابتدائية أي $V = 0,2 \text{ L}$ ومنه :

$$[\text{Al}^{3+}]_f = \frac{0,08}{0,2} = 0,4 \text{ mol/L}$$

$$\bullet [\text{SO}_4^{2-}]_f = \frac{n_f(\text{SO}_4^{2-})}{V}$$

شوارد SO_4^{2-} لم تدخل إلى التفاعل و عليه فإن كمية مادة SO_4^{2-} في نهاية التفاعل هي نفسها كمية مادة SO_4^{2-} في الحالة الابتدائية و عليه يكون :

$$n_f(\text{SO}_4^{2-}) = n_0(\text{SO}_4^{2-}) = C_0 V = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ mol}$$

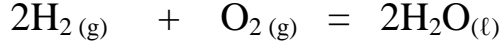
إذن :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_f = \frac{0,12}{0,2} = 0,6 \text{ mol/L}$$

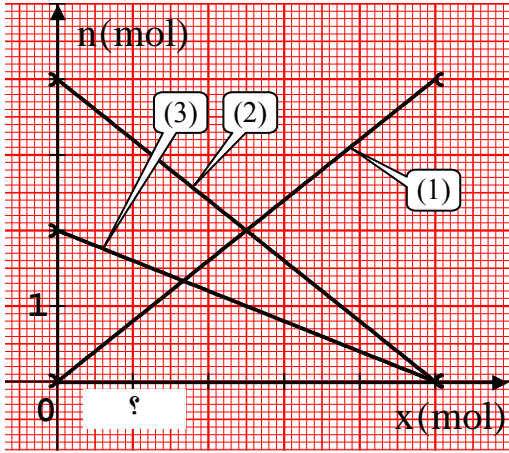
4- تمارين متنوعة

التمرين (6) : (التمرين : 008 في بنك التمارين على الموقع) (**)

يمكن تشكيل الماء انطلاقا من غازي الأوكسجين و الهيدروجين وفق التحول الكيميائي النمذج المعادلة الكيميائية التالية :



الشكل التالي يمثل المنحنيات البيانية الموافقة لتغيرات كمية مادة الأنواع الكيميائية المشكلة للجلمة الكيميائية :



1- أحد المنحنيين (1) ، (2) يمثل تغيرات كمية مادة غاز الهيدروجين (H_2) بدلالة الزمن و الثاني يمثل تغيرات كمية مادة الماء H_2O بدلالة الزمن ، عين المنحنى الموافق لكل نوع كيميائي . مع التعليل ، استنتج ماذا يمثل المنحنى (3)

2- حدد التركيب المولي للمزيج الابتدائي .

3- أنجز جدولاً لتقدم التفاعل .

4- هل يوجد متفاعل محدد ؟ علل .

5- أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} ، ثم استنتج سلم الرسم الناقص البيان .

6- أحسب في نهاية التفاعل :

أ- كتلة الماء الناتج .

ب- حجم غاز الأوكسجين المتفاعل في الشرطين النظاميين .

7- أوجد التركيب المولي للأنواع الكيميائية المتواجدة في الجلمة الكيميائية من أجل تقدم $x = 0.5 \text{ mol}$.

8- اعتماداً على جدول التقدم حدد قيمة التقدم x التي من أجلها تتساوى كمية مادة غاز ثنائي الهيدروجين (H_2) مع كمية مادة غاز ثنائي الأوكسجين (O_2) . تأكد من هذه القيمة بيانياً .

الأجوبة :

1- المنحنى الموافق لكل نوع كيميائي :

- غاز الهيدروجين H_2 متفاعل و الماء H_2O ناتج ، و بالتالي تتناقص كمية مادة غاز الهيدروجين H_2 و تزايد كمية مادة H_2O ، و عليه :

المنحنى (1) ← $n(\text{H}_2\text{O})$

المنحنى (2) ← $n(\text{H}_2)$

- يمثل المنحنى (3) تغيرات $n(\text{O}_2)$ بدلالة تقدم التفاعل x

2- التركيب المولي للمزيج الابتدائي :

من البيان :

▪ $n_0(\text{H}_2) = 4 \text{ mol}$

▪ $n_0(\text{O}_2) = 2 \text{ mol}$

3- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	2H_2	+	O_2	=	$2\text{H}_2\text{O}$
ابتدائية	$x = 0$	4		2		0
انتقالية	x	$4 - 2x$		$2 - x$		$2x$
نهائية	x_{max}	$4 - 2x_{\text{max}}$		$2 - x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$

4- كل من المتفاعلين H_2 ، O_2 اختفى كلياً في نهاية التفاعل ، إذن لا يوجد متفاعل محدد ، أي أن التفاعل في شروط ستوكيومترية .

5- التقدم الأعظمي :

طريقة (1) :

H_2 اختفى كلياً في نهاية التفاعل و منه من جدول التقدم يكون :

$$4 - 2x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 2 \text{ mol}$$

طريقة (2) :

O_2 اختفى كلياً في نهاية التفاعل و منه من جدول التقدم يكون :

$$2 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = 2 \text{ mol}$$

سلم الرسم التاقص :

القيمة $x_{\max} = 2 \text{ mol}$ توافق في البيان 5 cm و عليه :

$$\begin{cases} 5 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ mol} \\ 1 \text{ cm} \rightarrow X \end{cases}$$

$$X = \frac{1 \cdot 2}{5} = 0.4$$

إذن سلم الرسم هو :

$$1 \text{ cm} \rightarrow 0.4 \text{ mol}$$

6- أ- كتلة H_2O الناتج في نهاية التفاعل :

- من جدول التقدم كمية مادة H_2O الناتج في نهاية التفاعل :

$$n_f(H_2O) = 2x_{\max} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(H_2O) = \frac{m_f(H_2O)}{M} \rightarrow m_f(H_2O) = n_f(H_2O) \cdot M$$

و منه :

$$\bullet M(H_2O) = (2 \cdot 1) + 16 = 18 \text{ g/mol}$$

$$\bullet m_f(H_2O) = 4 \cdot 18 = 72 \text{ g}$$

ب- حجم O_2 المتفاعل في نهاية التفاعل :

- من جدول التقدم كمية مادة O_2 المتفاعلة في نهاية التفاعل :

$$n_f(O_2) = x_{\max} = 2 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(O_2) = \frac{V(CO_2)}{V_M} \rightarrow V(CO_2) = n_f(O_2) \cdot V_M$$

و منه :

$$V(CO_2) = 2 \cdot 22.4 = 44.8 \text{ L}$$

7- التركيب المولي للأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة الكيميائية من أجل $x = 0,5 \text{ mol}$:
بالاعتماد على جدول التقدم :

- $n(\text{H}_2) = 4 - 2x = 4 - (2 \cdot 0,5) = 3 \text{ mol}$
- $n(\text{O}_2) = 2 - x = 2 - 0,5 = 1,5 \text{ mol}$
- $n(\text{H}_2\text{O}) = 2x = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ mol}$

8- قيمة x التي يكون فيها $n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O})$:
من جدول التقدم :

- $n(\text{H}_2) = 4 - 2x$
- $n(\text{H}_2\text{O}) = 2x$

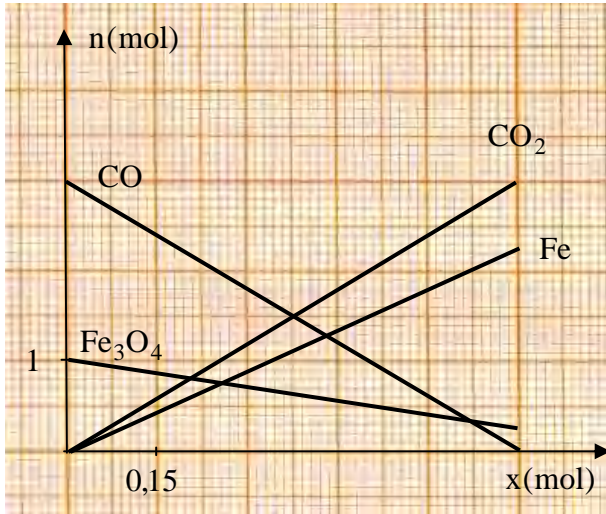
$$n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow 4 - 2x = 2x$$

$$4 = 4x \rightarrow x = 1 \text{ mol}$$

و هي توافق نقطة تقاطع المنحنيين $n(\text{H}_2) = f_1(x)$ ، $n(\text{H}_2\text{O}) = f_2(x)$.

التمرين (7) : (التمرين : 023 في بنك التمارين على الموقع) (**)

من بين التفاعلات الكيميائية التي يمكن أن تحدث في الفرن العالي هي تأثير أكسيد الحديد المغناطيسي $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ على أحادي أكسيد الكربون $\text{CO}(\text{g})$ ، كما ينتج عن هذا التفاعل الحديد Fe وثاني أكسيد الكربون CO_2 . الشكل المقابل يعطي منحنيات تغيرات كمية مادة المتفاعلات والنواتج بدلالة التقدم x .



- 1- اكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث .
- 2- قارن بين العدد الستوكيومتري لكل نوع كيميائي بمعامل توجيهه المستقيم بالقيمة الموجبة الذي يمثل كمية مادته .
- 3- مثل جدول تقدم التفاعل .
- 4- باستعمال البيان أوجد :
أ- المتفاعل المحد .
ب- التقدم الأعظمي x_{max} .
ج- كمية المادة الابتدائية للمتفاعلات .

- 5- اعتمادا على جدول التقدم أوجد :
أ- التركيب المولي للجملة الكيميائية في الحالة النهائية .
ب- كمية مادة المتفاعل الموجود بزيادة التي يجب استعمالها لكي يكون المزيج الابتدائي ستوكيومتري .

الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :



2- المقارنة بين العدد الستوكيومتري لكل نوع كيميائي ومعامل توجيهه للمستقيم الذي يمثل كمية مادته :

- $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow a = \frac{0,75}{5 \cdot 0,15} = 1$

- $\text{CO} \rightarrow a = \frac{3}{5 \cdot 0,15} = 4$

$$\bullet \text{Fe} \rightarrow a = \frac{2,25}{5.0,15} = 3$$

$$\bullet \text{CO}_2 \rightarrow a = \frac{3}{5.0,15} = 4$$

نلاحظ أن العدد الستوكيومترى لكل نوع كيميائي مساوي لمعامل التوجيه الذي يمثل كمية مادته
3- جدول التقييم :

الحالة	التقييم	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4 \text{CO} = 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$			
ابتدائية	$x=0$	$n_0(\text{CO})$	0	0	0
انتقالية	x	$n_0(\text{CO}) - x$	$3x$	$3x$	$4x$
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{CO}) - x_{max}$	$3x_{max}$	$3x_{max}$	$4x_{max}$

4-4- المتفاعل المحدد :
من البيان نلاحظ أن أكسيد الكربون CO هو المتفاعل المحدد يكتفي كلياً أولاً وعليه هو المتفاعل المحدد ب- التقييم الأعظمي x_{max} :

من البيان أيضاً ومن خلال المستقيم الذي يمثل المتفاعل المحدد تكون ؟

$$x_{max} = 0,2 \times 3,75 = 0,75 \text{ mol}$$

ج- كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات
من البيان مباشرة

$$\bullet n_0(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1 \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(\text{CO}) = 3 \text{ mol}$$

5-4- التركيب المولي للحملة الكيميائية في الحالة النهائية :
اعتماداً على جدول التقييم :

$$\bullet n_f(\text{Fe}_3\text{O}_4) = n_0(\text{Fe}_3\text{O}_4) - x_{max} = 1 - 0,75 = 0,25 \text{ mol}$$

$$\bullet n_f(\text{CO}) = n_0(\text{CO}) - 4x_{max} = 3 - (4 \times 0,75) = 0$$

$$\bullet n_f(\text{Fe}) = 3x_{max} = 3 \times 0,75 = 2,25 \text{ mol}$$

$$\bullet n_f(\text{CO}_2) = 4x_{max} = 4 \times 0,75 = 3 \text{ mol}$$

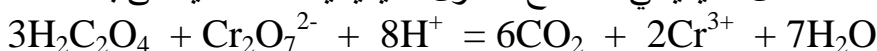
ب- كمية مادة المتفاعل الموجود بزيادة حتى يكون المزيج الاستوائي

ستوكيومترى :
كمية مادة المتفاعل المحد الابتدائية هي $n_0(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0.25 \text{ mol}$

$$\frac{0.25}{1} = \frac{n_0(\text{CO})}{4} \rightarrow n_0(\text{CO}) = 4 \times 0.25 = 1 \text{ mol}$$

التمرين (8) : (التمرين : 017 في بنك التمارين على الموقع) (**)

نمزج في اللحظة $t = 0 \text{ s}$ حتما $V_1 = 60 \text{ mL}$ من محلول حمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$ تركيزه المولي C_1 مجهول مع حجم $V_2 = 40 \text{ mL}$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $(2\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}))$ تركيزه المولي $C_2 = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ ، التفاعل الكيميائي المنمذج للتحويل الكيميائي الحادث يعطى بالمعادلة الكيميائية التالية :



1- أحسب الكمية الابتدائية لشوارد البيكرومات $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$:

2- أكمل جدول تقدم التفاعل الحادث التالي :

الحالة	التقدم	$3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ = 6\text{CO}_2 + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$					
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	3 : 5	0	0	3 : 5
انتقالية	x						
نهائية	x_{max}						

3- إذا علمت أن التركيز المولي للشوارد Cr^{3+} في نهاية التفاعل هو $[\text{Cr}^{3+}]_f = 4.10^{-2} \text{ mol/L}$ ، أحسب التقدم الأعظمي x_{max} .

4- بين أن المتفاعل المحد هو حمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ علما أن H^+ بوفرة .

5- أوجد التركيز المولي الابتدائي لمحلول حمض الأوكساليك C_1 .

6- أحسب في نهاية التفاعل حجم غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 الناتج في الشرطين النظاميين و كذا تركيزه المولي في المزيج .

الأجوبة :

1- حساب $n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$:

$$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = C_2 V_2 = 0.2 \cdot 0.04 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ = 6\text{CO}_2 + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$					
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	3 : 5	0	0	3 : 5
انتقالية	x	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x$		6x	2x	
نهائية	x_{max}	$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x_{\text{max}}$	$n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_{\text{max}}$		6x _{max}	2x _{max}	

3- قيمة x_{max} :

$$[\text{Cr}^{3+}]_f = \frac{n_f(\text{Cr}^{3+})}{V_1 + V_2}$$

من جدول التقدم : $n_f(\text{Cr}^{3+}) = 2x_{\max}$ و منه :

$$[\text{Cr}^{3+}]_f = \frac{2x_{\max}}{V_1 + V_2} \rightarrow x_{\max} = \frac{[\text{Cr}^{3+}]_f (V_1 + V_2)}{2}$$

$$x_{\max} = \frac{4 \cdot 10^{-2} (0.06 + 0.04)}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4- إثبات أن حمض الأوكساليك $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ هو المتفاعل المحد :
نحسب $n_f(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ بالاعتماد على جدول التقدم :

$$n_f(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) - x_{\max}$$

$$n_f(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 8 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

نلاحظ أن $n_f(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \neq 0$ ، نستنتج أن المتفاعل المحد هو $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

5- قيمة C_1 :

بما أن $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ متفاعل محد يكون بالاعتماد على جدول التقدم :

$$n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) - 3x_{\max} = 0$$

$$C_1 V_1 - 3x_{\max} = 0 \rightarrow C_1 = \frac{3x_{\max}}{V_1} \rightarrow C_1 = \frac{3(2 \cdot 10^{-3})}{60 \cdot 10^{-3}} = 0.1 \text{ mol/L}$$

6- حجم CO_2 الناتج في نهاية التفاعل :

- من جدول التقدم :

$$n_f(\text{CO}_2) = 6x_{\max} = 6 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_M} \rightarrow V(\text{CO}_2) = V_M \cdot n_f(\text{CO}_2)$$

و منه :

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \approx 0.27 \text{ L}$$

■ تركيز CO_2 في المزيج :

$$[\text{CO}_2]_f = \frac{n_f(\text{CO}_2)}{V_1 + V_2}$$

وجدنا سابقا $n_f(\text{CO}_2) = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ و منه :

$$[\text{CO}_2]_f = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{0.06 + 0.04} = 0.12 \text{ mol/L}$$

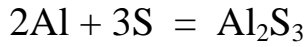
التمرين (9) : (التمرين : 026 في بنك التمارين على الموقع) (**)



1- بعض النظارات تحتوي على الزجاج الفوتوكرومي و هو عبارة زجاج يكون معتم في الضوء و أوضح في الظلام ، هذه الظاهرة راجعة لتفاعلات كيميائية . خلال أول تفاعل تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية يعطي كلور الفضة AgCl معدن الفضة Ag و غاز الكلور Cl_2 ، فيصبح الزجاج الذي يحتوي على كلور الفضة معتما ، خلال تفاعل ثاني لما تنقص شدة الضوء ، يتفاعل الكلور مع كلور النحاس I (موجود في الزجاج) و الذي صيغته

CuCl لإعطاء كلور النحاس II ذو الصيغة $CuCl_2$. في تفاعل ثالث عندما يضعف الإشعاع فوق البنفسجي ، كلور النحاس II يتفاعل مع الفضة المعدنية لإعطاء كلور الفضة و كلور النحاس I . الزجاج يصبح أبيض .
- أكتب معادلات هذه التفاعلات الثلاثة .

2- نعتبر التفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



أ- مثل جدول تقدم التفاعل .

ب- نمزج في اللحظة $t = 0$ من الألمنيوم مع $n_1 \text{ mol}$ من الكبريت S ، نحصل في نهاية التفاعل على 30 mol من كبريتات الألمنيوم Al_2S_3 ، إذا علمت أن التفاعل في شروط ستوكيومترية ، أحسب :

■ التقدم الأعظمي X_{max} .

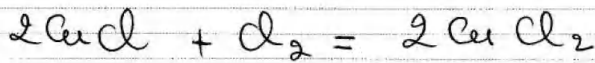
■ كمية كل من مادة الألمنيوم Al و الكبريت S التي ينبغي استعمالها .

ج- مزيج آخر نستعمل كتلة $g = 43.2$ من الألمنيوم و $m_0(S)$ من الكبريت ، أحسب قيمة $m_0(S)$ حتى يكون التفاعل في شروط ستوكيومترية .

يعطى : $M(Al) = 27.0 \text{ g/mol}$ ، $M(S) = 32 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- معادلات التفاعل :



2- أ- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$2Al + 3S = Al_2S_3$		
ابتدائية	$x=0$	$n_0(Al)$	$n_0(S)$	0
انتقالية	x	$n_0(Al) - 2x$	$n_0(S) - 3x$	x
نهائية	x_{max}	$n_0(Al) - 2x_m$	$n_0(S) - 3x_m$	x_{max}

ب- التقدم الأعظمي :

كمية مادة Al_2S_3 الناتجة هي $n_p(Al_2S_3) = 30 \text{ mol}$ ومن جدول التقدم

$$n_p(Al_2S_3) = x_{max} \rightarrow x_{max} = n_p(Al_2S_3) = 30 \text{ mol}$$

- كمية مادة S اللازمة استعمالها :

بما أن التفاعل في شروط ستوكيومترية يجب أن يكون :

$$n_0(Al) - 2x_{max} = 0 \rightarrow n_0(Al) = 2x_{max} = 2 \times 30 = 60 \text{ mol}$$

$$n_0(S) - 3x_{max} = 0 \rightarrow n_0(S) = 3x_{max} = 3 \times 30 = 90 \text{ mol}$$

- كمية مادة Al ، S اللازمة استعمالها :
بما أن التفاعل في شروط ستوكيومترية يجب أن يكون :

$$\bullet n_0(Al) - 2x_{max} = 0 \rightarrow n_0(Al) = 2x_{max} = 2 \times 30 = 60 \text{ mol}$$

$$\bullet n_0(S) - 3x_{max} = 0 \rightarrow n_0(S) = 3x_{max} = 3 \times 30 = 90 \text{ mol}$$

→ كتلة الكبريت m_0 حتى يكون التفاعل في شروط ستوكيومترية

حتى يكون التفاعل في شروط ستوكيومترية يجب أن يتحقق :

$$\frac{n_0(Al)}{2} = \frac{n_0(S)}{3} \rightarrow \frac{\frac{m_0(Al)}{M(Al)}}{2} = \frac{\frac{m_0(S)}{M(S)}}{3} \rightarrow \frac{m_0(Al)}{2M(Al)} = \frac{m_0(S)}{3M(S)}$$

$$m_0(S) = \frac{3M(S) \times m_0(Al)}{2M(Al)} = \frac{3 \times 32 \times 43,2}{2 \times 27} = 76,8 \text{ g}$$

**** الأستاذ : فرقاني فارس ****

ثانوية مولود قاسم نايت بلقاسم

الخراب - قسنطينة

Fares_Fergani@yahoo.Fr

نرجو إبلاغنا عن طريق البريد الإلكتروني بأي خلل في الدروس أو التمارين و حلولها .
وشكرا مسبقا

لتحميل نسخة من هذا الملف و للمزيد . أدخل موقع الأستاذ :

www.sites.google.com/site/faresfergani