تتبع تحول كيميائي

I - التحول الكيميائي – التفاعل الكيميائي -

1) التحول الكيميائي :

- التحولات الكيميائية هي تحولات تطرأ بين أنواع كيميائية –تختفي كليا أو جزئيا – في ظروف معينة تسمى بالمتفاعلات وتؤدي إلى تكون أنواع كيميائية جديدة تسمى بالنواتج .
- نسمي المجموعة الكيميائية : مجموع الأنواع الكيميائية المتواجدة في وسط التفاعل .

ملحوظة : خلال التحول الكيميائي قد نجد أحيانا بعض الأنواع الكيميائية لا يطرأ عليها أي تحول ، تسمى بأنواع كيميائية غير نشيطة.

2) الحالة البدئية - حالة التحول والحالة النهائية :

- الحالة البدئية : هي حالة المجموعة الكيميائية قبل انطلاق التحول.
- الحالة التحول : هي حالة المجموعة الكيميائية في لحظة معينة خلال التحول.
- الحالة النهائية : هي حالة المجموعة الكيميائية عند انتهاء التحول.

3) التفاعل الكيميائي ومعادلته :

التفاعل الكيميائي هو نموذج وصفي للتحول الكيميائي على المستوى الماكروسكوبي.
المعادلة الكيميائية هي كتابة رمزية لتفاعل كيميائي
في المعادلة الكيميائية: - يمثل كل نوع كيميائي بصيغته الكيميائية .

- نستعمل سهما موجها من اليمين إلى اليسار لتمثيل منحى التفاعل الكيميائي.
- توضع صيغ المتفاعلات على اليسار وصيغ النواتج يمين السهم .
- ويجب أن تكون المعادلة الكيميائية متوازنة . وبصفة عامة تكتب معادلة التفاعل كما يلي:

$$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$$

A و B المتفاعلات . و C و D نواتج التفاعل .

α و β و γ و δ أعداد صحيحة تسمى المعاملات الستوكيومترية .

II- تقدم التفاعل - الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

1) تقدم التفاعل :

لتتبع تطور كميات مادة الأنواع الكيميائية المشاركة في التفاعل الكيميائي نستعمل تقدم التفاعل الذي يُرمز إليه ب : x ويُعبر عنه بالمول . وهو يمثل كمية مادة المتفاعلات المختفية و كمية مادة النواتج المُكونة حسب المعاملات الستوكيومترية.

2) جدول تقدم التفاعل :

لتتبع تطور التفاعل نشئ جدول وصفي باستعمال تقدم التفاعل يسمى: جدول تقدم التفاعل .
و بصفة عامة لرسم جدول تقدم تفاعل معين يجب كتابة معادلة التوازن مرتوازنة. ثم رسم الجدول بالطريقة التالية :

معادلة التفاعل	αA +	βB →	γC +	δD
الحالات	التقدم	كميات المادة بالمول		
الحالة البدئية	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
حالة التحول	x	$n_i(A)-\alpha.x$	$n_i(B)-\beta.x$	$\gamma.x$	$\delta.x$
الحالة النهائية	x_f	$n_i(A)-\alpha.x_f$	$n_i(B)-\beta.x_f$	$\gamma.x_f$	$\delta.x_f$

3) التقدم الأقصى :

أ) تعريف :

نسمي التقدم الأقصى الذي يُرمز إليه ب: x_{max} : تقدم التفاعل الذي يوافق الاختفاء الكلي للمتفاعل المحد .

ب) تطبيق رقم 1 :

يحترق الحديد Fe الصلب في غاز ثنائي الأوكسجين O_2 وينتج عن هذا التفاعل أكسيد الحديد المغناطيسي الصلب Fe_3O_4.

1) اكتب معادلة التفاعل ووازنها.
2) ارسم جدول تقدم التفاعل بالنسبة لخليط بدئي مكون من $3mol$ من الحديد و $4mol$ من O_2 .
3) حدد التقدم الأقصى والمتفاعل المحد .

---

1) معادلة التفاعل : $3Fe_{(s)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow Fe_3O_{4\,(s)}$

2) جدول تقدم التفاعل :

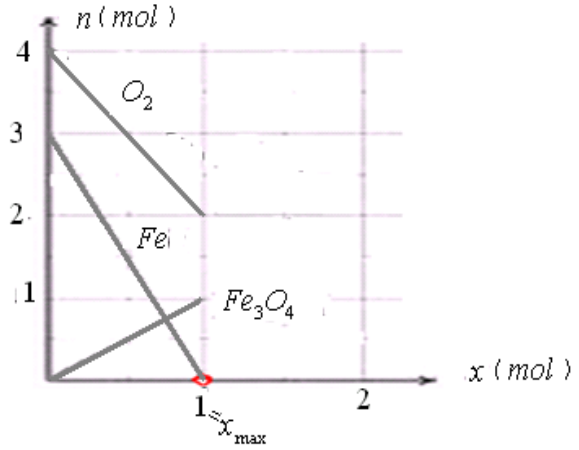
معادلة التفاعل	$3\,Fe$	+	$2\,O_2$	------>	Fe_3O_4
الحالات	كمية المادة ب : mol				
الحالة البدئية	3		4		0
حالة التحول	$3-3x$		$4-2x$		x
الحالة النهائية	$3-3x_{max}$		$4-2x_{max}$		x_{max}
	$3-3\times1=0$		$4-2\times1=2$		1

3) **إذا افترضنا أن Fe هو المحد :** $3-3x_{max}=0 \Rightarrow 3x_{max}=3$ **أي :** $x_{max}=1mol$

إذا افترضنا أن O_2 هو المحد : $4-2x_{max}=0 \Rightarrow 2x_{max}=4$ **أي :** $x_{max}=2mol$

بما أن : $1mol$ **أصغر من** $2mol$ **فإن التقدم الأقصى لهذا التفاعل :** $x_{max}=1mol$ **وبالتالي المتفاعل المحد هو :** Fe .

التفسير المبياني : نحصل عليه بتمثيل كمية مادة المتفاعلات المتبقية خلال التحول بدلالة تقدم التفاعل .
وكمية مادة النواتج المتكونة خلال التحول بدلالة تقدم التفاعل.



يجب عدم تمديد الخطوط بعد x_{max} **لأن التفاعل يتوقف عند هذه القيمة ويصبح تركيب الخليط في نهاية التفاعل كما يلي :**

$n_f(Fe)=0$ المتبقية **و :** $n_f(O_2)=2mol$ المتبقية **و :** $n_f(Fe_3O_4)=1mol$ المتكون

ملحوظة : إذا انطلقنا في البداية من خليط مكون من $6mol$ **من** Fe **و** $4mol$ **من** O_2 **نجد نفس** $x_{max}=2mol$
في هذه الحالة المتفاعلين كلاهما محد .نقول أن الخليط البدئي ستوكيومتري .

ج) تطبيق رقم 2 :

علما الاحتراق الكامل لغاز البنتان C_5H_{12} **في غاز ثنائي الأوكسجين** O_2 **يؤدي لتكون ثاني أكسيد الكربون** CO_2 **والماء .**

1) **اكتب معادلة هذا التفاعل ووازنها .**
2) **ارسم جدول تقدم عند استعمال** $10mol$ **من** C_5H_{12} **و** $40mol$ **من** O_2 **. ثم حدد التقدم الأقصى .**
3) **ارسم المنحنى المعبر عن التفسير المبياني لهذا التحول .**

---

1) **معادلة التفاعل :** $C_5H_{12}{}_{(g)}+8O_2{}_{(g)} \rightarrow 5CO_2{}_{(g)}+6H_2O{}_{(g)}$

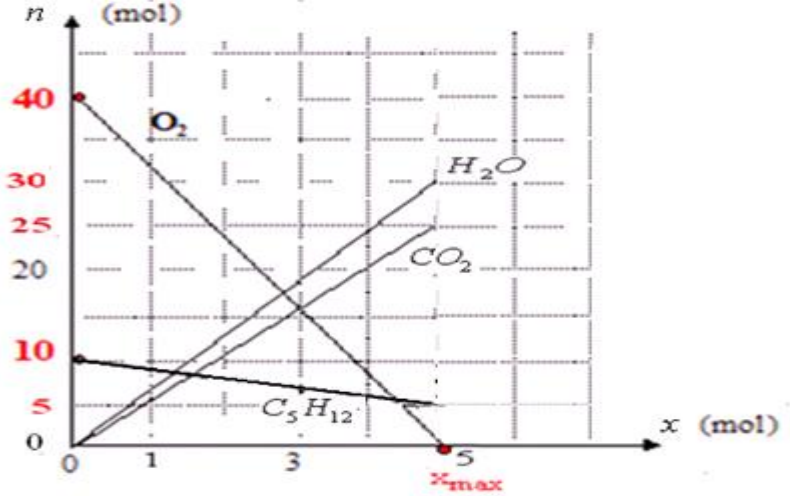
2) **جدول تقدم التفاعل :**

معادلة التفاعل	C_5H_{12}	+	$8\,O_2$	---->	$5\,CO_2$	+	$6\,H_2O$	
الحالات	كمية المادة ب : mol							
الحالة البدئية	10		40		0		0	0
حالة التحول	10-x		40-8x		5x		6x	x
الحالة النهائية	$10-x_{max}$		$40-8x_{max}$		$5x_{max}$		$6x_{max}$	x_{max}
	$10-5=5$		$40-8\times5=0$		$5\times5=25$		$6\times5=30$	5

3) **إذا افترضنا أن** C_5H_{12} **هو المحد :** $10-x_{max}=0 \Rightarrow x_{max}=10$

إذا افترضنا أن O_2 **هو المحد :** $40-8x_{max}=0 \Rightarrow 8x_{max}=40$ **أي :** $x_{max}=5mol$

بما أن : $5mol$ **أصغر من** $10mol$ **فإن التقدم الأقصى لهذا التفاعل :** $x_{max}=5mol$ **وبالتالي المتفاعل المحد هو :** O_2 .



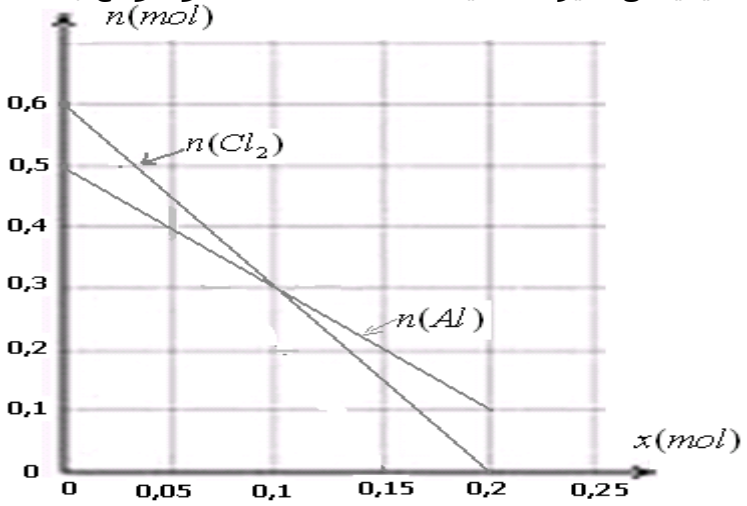
يجب عدم تمديد الخطوط بعد x_{max} لأن التفاعل يتوقف عند هذه القيمة ويصبح تركيب الخليط في نهاية التفاعل كما يلي :

$n_f(H_2O) = 30mol$ و : $n_f(CO_2) = 25mol$ و : $n_f(C_5H_{12}) = 5mol$ و $n_f(CO_2) = 25mol$.

د) تطبيق رقم 3 :

يتفاعل الألومينيوم Al مع غاز ثنائي الكلور Cl_2 فينتج عنه كلورور الألومينيوم $AlCl_3$. معادلة التفاعل تكتب كما يلي : $Al + Cl_2 \rightarrow AlCl_3$

نعطي المنحنى المبياني الذي يمثل تغيرات كميات مادة المتفاعلات والنواتج بدلالة تقدم التفاعل .



1) وازن المعادلة ثم أنشئ جدول تقدم التفاعل .
2) حدد التقدم الأقصى والمتفاعل المحد.
3) مثل على المبيان تغيرات كلورور الألومينيوم و أعط تركيب الخليط عند نهاية التفاعل .

معادلة التفاعل	$2Al$ +	$3\ Cl_2 \rightarrow$	$2\ AlCl_3$	
الحالات	كميات المادة بالمول			التقدم
الحالة البدئية	0	0,6	0,5	0
حالة التحول	$2.x$	$0,6-3.x$	$0,5-2.x$	x
الحالة النهائية	$2.x_{max}$	$0,6-3.x_{max}$	$0,5-2.x_{max}$	x_{max}
	0,4	0	0,1	0,2

III : تحديد ضغط غاز ناتج عن تفاعل كيميائي

1) تجربة :

عند الظروف التجريبية التالية : درجة الحرارة $\theta = 20^oC$ و تحت الضغط الجوي $P_{atm} = 1013\,hPa$ ندخل كتلة $m = 32,7mg$ من مسحوق الزنك في حوجلة حجمها $500mL$ ثم نضيف إليها حجما $V = 10mL$ من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $c = 0,5mol/L$.

فيحدث داخل الحوجلة التفاعل التالي : $Zn_{(q)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2\,(aq)}$

2) توقع ضغط الغاز الناتج عن التجربة .

يمكن توقع الضغط النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين الناتج عن هذا التفاعل باستعمال طريقتين :

- إما تجريبيا باستعمال جهاز قياس الضغط .
- أو نظريا باستعمال جدول تقدم التفاعل.

الطريقة الأولى :

نسجل الضغط النهائي P_f **عند انتهاء انطلاق ضغط غاز ثنائي الهيدروجين بحيث يشير الجهاز إلى القيمة** $P_f = 1038\,hPa$.

الطريقة الثانية :

كمية مادة الزنك البدئية : $n_o(Zn) = \dfrac{m}{M} = \dfrac{32,7.10^{-3}}{65,4} = 0,5m.mol$

كمية مادة H^+ **البدئية :** $n_o(H^+) = c.V = 0,5 \times 10.10^{-3} = 5m.mol$

ننشئ جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل		Zn +	$2H^+$	$\rightarrow Zn^{2+}$ +	H_2
الحالات	التقدم	كميات المادة ب $(m.mol)$			
الحالة البدئية	0	0		5	0,5
حالة التحول	x	x	x	$5-2.x$	$0,5-x$
الحالة النهائية	x_{max}	x_{max}	x_{max}	$5-2.x_{max}$	$0,5-x_{max}$
	0,5	0,5	0,5	4	0

إذا افترضنا أن Zn **هو المحد :** $0,5 - x_{max} = 0 \Leftarrow x_{max} = 0,5m.mol$.

إذا افترضنا أن H^+ **هو المحد :** $5 - 2.x_{max} = 0 \Leftarrow x_{max} = 2,5m.mol$.

بما أن : $0,5m.mol$ **أصغر من** $2,5m.mol$ **فإن التقدم الأقصى لهذا التفاعل :** $x_{max} = 0,5mol$ **وبالتالي المتفاعل المحد هو :** Zn .

من خلال جدول تقدم التفاعل : كمية مادة غاز H_2 **الناتج عند نهاية التفاعل :** $n(H_2) = x_{max} = 0,5mol$

بتطبيق علاقة الغازات الكاملة على غاز H_2 **الذي يشغل الحجم المتبقى في الحوجلة :** $V(H_2) = 500 - 10 = 490\,mL = 460.10^{-6}\,m^3$.

$P_{(H_2)}.V_{(H_2)} = n_{(H_2)}.R.T$ **ومنه :** $P_{(H_2)}. = \dfrac{n_{(H_2)}.R.T}{V_{(H_2)}} = \dfrac{0,5 \times 10^{-3} \times 8,314 \times 293}{490 \times 10^{-6}} = 2485,7Pa \approx 25hPa$

والضغط النهائي داخل الحوجلة : $P_f = P_{(H_2)} + P_{atm} = 25 + 1013 = 1038\,hPa$ **وهي توافق النتيجة المحصل عليها تجريبيا.**

التوجيهات المتعلقة بالدرس :

تطبيقات لتتبع تحول كيميائي.

- تطور مجموعة خلال تحول كيميائي: التقدم والجدول الوصفي للتطور وحصيلة المادة.

المحتوى	أنشطة مقترحة	معارف ومهارات
- تطبيقات لتتبع تحول كيميائي • تطور مجموعة خلال تحول كيميائي. • التقدم والجدول الوصفي وحصيلة المادة.	• إنجاز، تحول كيميائي يتكون خلاله ناتج في الحالة الغازية. • إنجاز، كلما أمكن، روائز تعرف المتفاعلات والنواتج. • قياس، عند درجة حرارة ثابتة، حجم غاز (الضغط معروف) أو ضغط غاز (الحجم معروف). • استعمال مانومتر مطلق أو فرقي لقياس تغير الضغط خلال التحول. • حساب كمية مادة غازية. • انجاز تجربة هجوم الأدوات باستعمال معدات مستعد	• وصف تطور كميات المادة في مجموعة كيميائية خلال تحول بدلالة تقدم التفاعل. • تحديد المتفاعل المحد انطلاقا من معرفة معادلة التفاعل وكميات المادة البدئية للمتفاعلات. • توقع الحجم النهائي (الضغط معروف) أو الضغط النهائي (الحجم معروف) لمجموعة تنتج كمية المادة المناز عند درجة حرارة ثابتة T.

التجارب	الأهداف
- تتبع تحول كيميائي بواسطة قياس الضغط.	• قياس تغير ضغط غاز ناتج بدلالة حجم المتفاعل المضاف • تتبع تطور كميات مادة المتفاعلات والنواتج.