

المحور الثالث :
تحويلات المادة

الوحدة 9
8 س

التفاعلات الكيميائية

Les Réactions chimiques



1- التحول الكيميائي لمجموعة :

1-1- نشاط:

نصب حجما معينا من محلول نترات الفضة $(Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)})$ العديم اللون في الدورق ، ثم نضع به قطعة من خراطة النحاس $Cu_{(s)}$. بعد مدة يظهر اللون الأزرق و يتوضع جسم صلب لامع على النحاس المغمور .
نأخذ قليلا من رشاحة المحلول في أنبوب اختبار (أ) ونضيف إليه بعض قطرات من محلول الصودا $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ فيتكون راسب أزرق (ب) .

أ- حدد الأنواع الكيميائية الموجودة في الدورق قبل انطلاق التحول .
تتكون المجموعة الكيميائية في الحالة البدئية من محلول نترات الفضة

$(Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)})$ و النحاس $Cu_{(s)}$.

ب- ما طبيعة الجسم الصلب اللامع الذي يظهر على خراطة النحاس المغمور ؟
الجسم الصلب اللامع الذي يظهر على خراطة النحاس المغمور هو فلز الفضة

$Ag_{(s)}$.

ج- ما هو الأيون الذي تم إبرازه بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم ؟

الازرقاق التدريجي للمحلول يدل على تكون الأيونات $Cu^{2+}_{(aq)}$ وهو ما يؤكد تكون راسب أزرق هو هيدروكسيد النحاس II عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم .

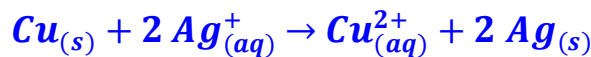
د- ما هي الأنواع الكيميائية التي تحولت ؟

تحولت المتفاعلات $Ag^+_{(aq)}$ و $Cu_{(s)}$ إلى النواتج $Ag_{(s)}$ و $Cu^{2+}_{(aq)}$.

ه- ما هي الأنواع الكيميائية التي لم تشارك في التحول ؟

لم تشارك أيونات $NO_3^-_{(aq)}$ في التحول لأنها أيونات غير نشيطة .

و- اكتب المعادلة الكيميائية المقرونة بهذا التحول .



2-1- التحول الكيميائي :

أثناء تحول كيميائي ما ، تظهر أنواع كيميائية جديدة تسمى نواتج ، في حين تختفي أنواع كيميائية أخرى تسمى متفاعلات ، وذلك عند توفر ظروف معينة .

تسمى مجموعة الأنواع الكيميائية المتكونة من المتفاعلات والنواتج والأنواع الكيميائية الأخرى التي لا تشارك (غير النشيطة) في التحول : مجموعة كيميائية .

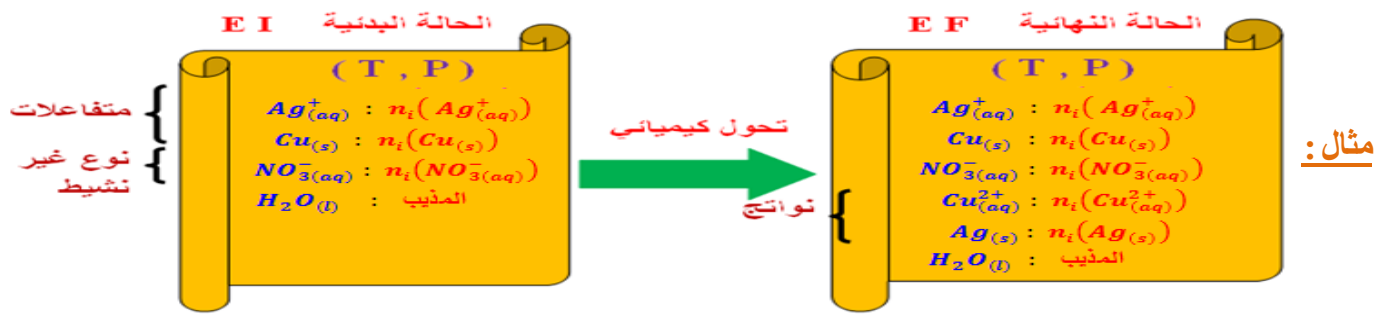
توصف حالة مجموعة كيميائية بتحديد :

■ الطبيعة والحالة (صلب s - سائل l - غاز g - مميّه aq) وكميات المادة للأنواع الكيميائية المكونة للمجموعة .

■ درجة الحرارة T و الضغط P للمجموعة .

عند مزج مختلف الأنواع الكيميائية المكونة للمجموعة الكيميائية نقول إن المجموعة في الحالة البدئية ، فينطلق التحول الكيميائي باختفاء المتفاعلات وظهور النواتج ، فنقول إن المجموعة تتطور . وعند توقف تطور المجموعة ، نقول إن المجموعة في الحالة النهائية .

التحول الكيميائي هو مرور المجموعة الكيميائية من الحالة البدئية إلى الحالة النهائية .



1-3- التفاعل الكيميائي :

التفاعل الكيميائي هو نموذج وصفي للتحويل الكيميائي يشار فيه فقط إلى المتفاعلات والنواتج ونسب مشاركتها ، ويتم التعبير عنه بكتابة رمزية تسمى **المعادلة الكيميائية** .

خلال التفاعل الكيميائي **تتحفظ** العناصر الكيميائية **نوعا** و **عددا** (انحفاظ الكتلة) وتتحفظ **الشحنة الكهربائية الإجمالية** . ويعبر عن هذا الانحفاظ **بموازنة** المعادلة الكيميائية من خلال إضافة أعداد صحيحة تسمى **المعاملات التناسبية** .

بصفة عامة ، تكتب المعادلة الكيميائية كالتالي : $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$

حيث A و B و C و D الأنواع الكيميائية و الأعداد α و β و γ و δ المعاملات التناسبية .

مثال : $Zn_{(s)} + 2 H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ و $Cu_{(s)} + 2 Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Ag_{(s)}$

2- حصيلة المادة :

1-2- تقدم التفاعل :

أثناء تحول ، تتناسب تغيرات كميات المادة للمتفاعلات والنواتج مع مقدار يسمى **تقدم التفاعل** ونرمز له بالحرف x ونعبر عنه بالوحدة mol . ثابتة التناسب هي **معامل التناسب** للمتفاعل أو النواتج .

مثال : نعتبر التحول الكيميائي $Cu_{(s)} + 2 Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Ag_{(s)}$

خلال التحول تستهلك $x mol$ من $Cu_{(s)}$ و $2x mol$ من $Ag^+_{(aq)}$ وتتكون $x mol$ من $Cu^{2+}_{(aq)}$ و $2x mol$ من $Ag_{(s)}$.

2-2- الجدول الوصفي للتفاعل :

لنتبع تطور كميات المادة للأنواع الكيميائية المتفاعلة و الناتجة ، نقوم بإنشاء جدول وصفي خاص بالتفاعل ، حيث يتم تحديد كمية المادة لكل نوع كيميائي بدلالة **تقدم التفاعل** x .
تصل المجموعة الكيميائية إلى حالتها النهائية بانقضاء كمية المادة لأحد المتفاعلات على الأقل ، ويسمى هذا المتفاعل **المتفاعل المحد** . ويأخذ تقدم التفاعل x قيمته القصوى التي تسمى **التقدم الأقصى** x_{max} .

$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$				معادلة التفاعل	
كميات المادة (mol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0	0	الحالة البدئية
$n_i(A) - \alpha x$	$n_i(B) - \beta x$	γx	δx	x	خلال التحول
$n_i(A) - \alpha x_{max}$	$n_i(B) - \beta x_{max}$	γx_{max}	δx_{max}	x_{max}	الحالة النهائية

مثال :

$Cu_{(s)} + 2 Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Ag_{(s)}$				معادلة التفاعل	
كميات المادة (mol)				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
2	2	0	0	0	الحالة البدئية
$2 - x$	$2 - 2x$	x	$2x$	x	خلال التحول
$2 - x_{max}$	$2 - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$	x_{max}	الحالة النهائية

❖ إذا كان $Cu_{(s)}$ هو المتفاعل المحد فإن $n_f(Cu_{(s)}) = 2 - x_{max}(Cu_{(s)}) = 0$

أي $x_{max}(Cu_{(s)}) = 2 \text{ mol}$

❖ إذا كان $Ag^+_{(aq)}$ هو المتفاعل المحد فإن $n_f(Ag^+_{(aq)}) = 2 - 2x_{max}(Ag^+_{(aq)}) = 0$

أي $x_{max}(Ag^+_{(aq)}) = \frac{2}{2} = 1 \text{ mol}$

بما أن $x_{max}(Ag^+_{(aq)}) < x_{max}(Cu)$ فإن المتفاعل المحد هو $Ag^+_{(aq)}$ والتقدم الأقصى هو $x_{max} = 1 \text{ mol}$.
ملحوظة: تمكن معرفة التقدم الأقصى من تحديد كميات المادة لكل التفاعلات والنواتج في الحالة النهائية ، وهذا ما يسمى **حصة المادة**.
فمثلا : حصة المادة للتفاعل السابق هي تركيب الخليط عند الحالة النهائية .

معادلة التفاعل				حصة المادة	
$Cu_{(s)}$	$+ 2 Ag^+_{(aq)}$	$\rightarrow$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Ag_{(s)}$	$x_{max} = 1 \text{ mol}$	
1 mol	0 mol		1 mol	2 mol	

2-3- الخليط الستوكيومترى (التناسبي):

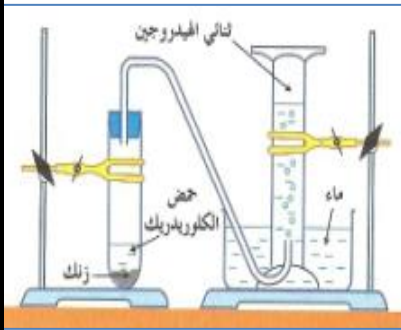
يكون الخليط استوكيومترى إذا كانت كميات المادة البدئية للتفاعلات متوفرة حسب المعاملات التناسبية للتفاعلات في المعادلة فتختفي التفاعلات كلها في الحالة النهائية .
بالنسبة للتفاعل التالي $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$ يجب تحقق الشرط التالي لتسمية الخليط

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

استوكيومترى

2-4- تطبيق:

نضع كتلة $m = 0,2 \text{ g}$ من مسحوق الزنك في أنبوب اختبار ثم نغلقه مباشرة بعد إضافة $V = 10 \text{ mL}$ من حمض الكلوريدريك $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$.
عند انتهاء التفاعل ، نسجل الحجم النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين المتكون
 $V_f(H_2) = 74 \text{ mL}$. نعطي: $V_M = 24 \text{ L.ml}^{-1}$.
أ- أنشئ الجدول الوصفي لتطور التحول الكيميائي .



$$n_i(H^+_{(aq)}) = C.V = 2 \times 10 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \text{ و } n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn_{(s)})} = \frac{0,2}{65,4} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \text{ لدينا}$$

معادلة التفاعل				حالة المجموعة	
$Zn_{(s)}$	$+ 2 H^+_{(aq)}$	$\rightarrow$	$Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$	تقدم التفاعل	
كميات المادة (mmol)					
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- حدد المتفاعل المحد و احسب التقدم الأقصى .

❖ إذا كان $Zn_{(s)}$ هو المتفاعل المحد فإن $n_f(Zn_{(s)}) = 3 - x_{max}(Zn_{(s)}) = 0$

أي $x_{max}(Zn_{(s)}) = 3 \text{ mmol}$

❖ إذا كان $H^+_{(aq)}$ هو المتفاعل المحد فإن $n_f(H^+_{(aq)}) = 20 - 2x_{max}(H^+_{(aq)}) = 0$

أي $x_{max}(H^+_{(aq)}) = \frac{20}{2} = 10 \text{ mmol}$

بما أن $x_{max}(Zn) < x_{max}(H^+_{(aq)})$ فإن المتفاعل المحد هو $Zn_{(s)}$ والتقدم الأقصى هو $x_{max} = 3 \text{ mmol}$.
ج- استنتج الحجم النهائي المتوقع لغاز ثنائي الهيدروجين وقارنها مع القيمة المحصل عليها تجريبيا .
لدينا $V_f(H_2) = n_f(H_2) \cdot V_M = x_{max} \cdot V_M = 3 \cdot 10^{-3} \times 24 = 72 \text{ mL}$ نلاحظ أن القيمة المتوقعة توافق تقريبا القيمة التجريبية .