

## التفاعلات الكيميائية

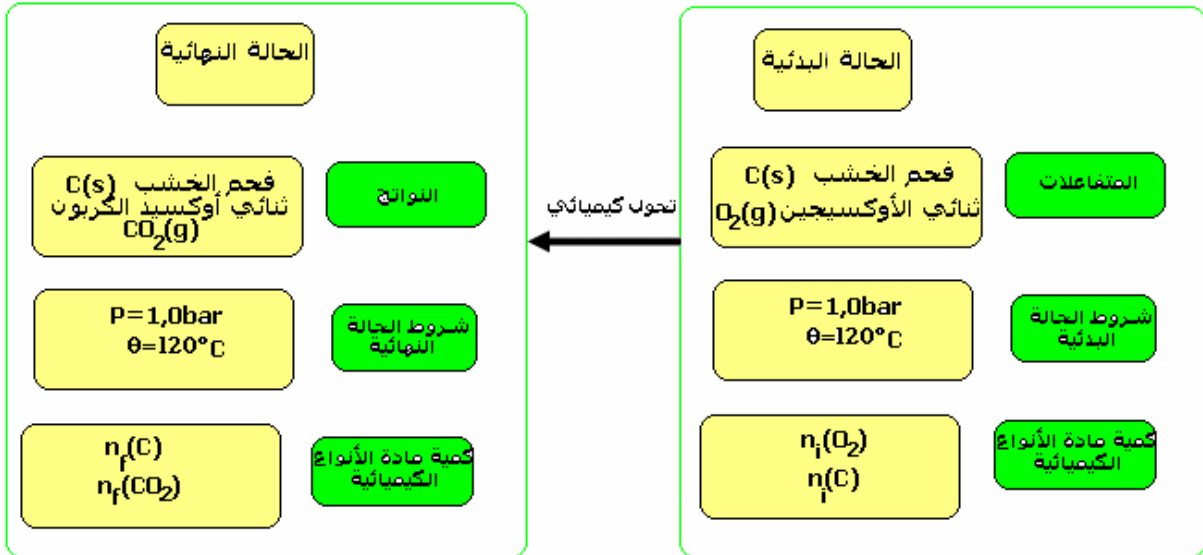
### I - التحول الكيميائي لمجموعة

#### 1 - تعريف

أثناء تحول كيميائي تظهر أنواع كيميائية جديدة في نفس الوقت تختفي أنواع كيميائية أخرى ، وفق ظروف معينة .  
نسمي الأنواع الكيميائية التي تختفي كلياً أو جزئياً : المتفاعلات  
نسمي الأنواع الكيميائية الجديدة التي تظهر : النواتج  
ونسمي مجموع الأنواع الكيميائية من متفاعلات ونواتج والأنواع الأخرى التي تشارك في التحول : مجموعة كيميائية .  
مثال : احتراق الكربون في غاز ثنائي الأوكسجين  
حدد متفاعلات ونواتج هذا التحول ؟

#### 2 - الحالة البدئية والحالة النهائية

نسمي الحالة البدئية لمجموعة كيميائية : الحالة التي تكون عليها المجموعة عند انطلاق التحول .  
نسمي الحالة النهائية لمجموعة كيميائية : الحالة التي تكون عليها المجموعة عند انتهاء التحول .  
وللتعبير عن حالة المجموعة الكيميائية يتم تحديد :  
\* المقادير الفيزيائية التي تحدد ظروف الحالة كالضغط ودرجة الحرارة .  
\* طبيعة الأنواع الكيميائية المتواجدة : سائلة (  $l$  ) ، صلبة (  $S$  ) ، غازية (  $g$  ) مركب أيوني في محلول (  $aq$  ) ....  
\* كمية مادة كل نوع كيميائي من المجموعة .



مثال : احتراق الكربون في غاز ثنائي الأوكسجين .

### II - التفاعل الكيميائي

#### 1 - تعريف

نمثل كل تحول كيميائي بنموذج مبسط يسمى تفاعل كيميائي فهو يمكن ، مكروكوبيا ، من إبراز تطور المجموعة الكيميائية  
مثال : تفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات الحديد II .  
يحدث تفاعل كيميائي بين أيونات الهيدروكسيد OH<sup>-</sup> مع أيونات النحاس II (Cu<sup>2+</sup>) فينتج عنه هيدروكسيد النحاس II (Cu(OH)<sub>2</sub>) .

#### 2 - انحفاظ المادة في التفاعلات الكيميائية

قانون لافوزييه Lavoisier

إن مجموع كتل المتفاعلات المختفية أثناء التفاعل الكيميائي يساوي مجموع كتل المواد الناتجة عن التفاعل .  
بما أن المادة تتكون من ذرات يمكن أن نعتبر قانون لافوزييه كالتالي :  
تنحفظ الذرات خلال التفاعل الكيميائي .

#### 3 - المعادلات الكيميائية

المعادلة الكيميائية هي الكتابة الرمزية للتفاعل الكيميائي .  
كتابة معادلة كيميائية يجب أن :  
- نمثل كل نوع كيميائي بصيغته الكيميائية

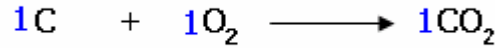
- وضع صيغ المتفاعلات على اليسار وصيغ النواتج على اليمين  
- نمثل سهمًا يتجه من اليسار نحو اليمين لتمثيل منحى التحول الكيميائي  
يمكن إضافة معلومات أخرى عن التفاعل مثل الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج و الشروط الفيزيائية الخ ...

#### 4 - موازنة المعادلة الكيميائية - المعاملات التناسبية

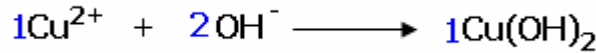
عند كتابة معادلة كيميائية لتفاعل كيميائي يجب الحرص على تطبيق انحفاظ المادة أي أن يكون عدد ذرات كل عنصر كيميائي في الطرف الأيسر يساوي عدد ذرات العنصر نفسه في الطرف الأيمن من المعادلة ، ونحصل على معادلة كيميائية متوازنة .  
إذا كانت المعادلة الكيميائية تتضمن أيونات يجب التحقق من انحفاظ الشحنة الكهربائية بين طرفي المعادلة .

**مثال :**

احتراق الكربون في الأوكسجين (1)



**مثال :** تفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات النحاس II (2)



المعاملات (1،1،1) في المعادلة (1) و المعاملات (1،2،1) في المعادلة (2) تمثل المعاملات التناسبية للتفاعل الكيميائي . وتعني على المستوى الميكروسكوبي ، أن مول واحد من الكربون يتفاعل مع مول واحد من غاز ثنائي الأوكسجين ليعطي مولا واحدا من غاز ثنائي أوكسيد الكربون . وهي تمثل نسب وجود كل نوع كيميائي ينتمي للمجموعة الكيميائية . نفس الشيء على المستوى الميكروسكوبي .

#### 5 - العلاقة بين كمية المادة لنوع كيميائي والمعاملات التناسبية



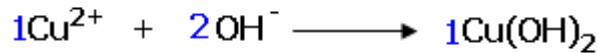
أي أن هناك تناسب بين المعاملات التناسبية وكمية مادة كل نوع كيميائي .  
$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$$

#### III - حصيلة المادة

##### 1 - مفهوم تقدم تفاعل كيميائي

لنتبع تطور كميات مادة كل الأنواع الكيميائية نستعمل مفهومًا كيميائيًا يطلق عليه اسم : تقدم التفاعل *avancement de la reaction* ، ونرمز له بـ  $x$  . ونقوم بإنجاز جدول وصفي خاص بالتفاعل يتم فيه تحديد كمية مادة كل نوع كيميائي بدلالة "التقدم  $x$ "

مثال : تفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات النحاس II



عند بداية التفاعل وقبل انطلاقه لدينا 3mol من أيونات النحاس II و 2mol من أيونات الهيدروكسيد عند انطلاق التفاعل وفي لحظة معينة حصلنا على  $x$ mol من هيدروكسيد النحاس II . ما هي كمية مادة أيونات النحاس المتبقية في هذه الحالة ؟

حسب المعاملات التناسبية  $n(Cu^{2+}) = 3 - x$  وذلك حسب المعاملات التناسبية .

##### 2 - استعمال مفهوم تقدم التفاعل

يستعمل مفهوم تقدم التفاعل لتحديد كمية مادة الأنواع الكيميائية للمجموعة في حالتها النهائية بمعرفة كميات مادة هذه الأنواع في الحالة البدئية وهذا ما يسمى بحصيلة المادة .

##### أ - الحالة النهائية

عندما يتوقف التفاعل الكيميائي نقول أن المجموعة توجد في الحالة النهائية .  
نعتبر أن المجموعة في حالتها النهائية عندما تختفي كلها ، على الأقل ، أحد المتفاعلات .

##### ب - متفاعل محدد (limitant) و متفاعل وفير (en excès)

عندما يستهلك أحد المتفاعلات كلها ، فينتج عنه توقف التفاعل الكيميائي رغم توفر المتفاعلات الأخرى ، يسمى هذا المتفاعل بمتفاعل محدد . والمتفاعلات المتبقية في الحالة النهائية تسمى متفاعلات وفيرة .

### ج - التقدم الأقصى Avancement maximal

يكون التطور منعدما في الحالة البدئية ، وخلال التفاعل الكيميائي يزداد التطور حتى بلوغ الحالة النهائية ، أي عندما يستهلك كليا المتفاعل المحد في الحالة النهائية ، نقول إن التقدم أقصى ، ونرمز له ب  $x_{max}$  .  
لتحديد التقدم الأقصى ننشئ الجدول التالي :

$1\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow 1\text{Cu(OH)}_2$					المعادلة ليميائية
كميات المادة (mol)			التقدم (mol)	حالة المجموعة	
3	2	0	0	حالة بدئية	
$3 - x$	$2 - 2x$	$x$	$x$	أثناء التفاعل	
$3 - x_{max}$	$2 - 2x_{max}$	$x_{max}$	$x_{max}$	حالة نهائية	

نبحث عن التقدم الأقصى  $x_{max}$  في الحالة التي لدينا نضع افتراضين :

\* المتفاعل المحد هو  $\text{Cu}^{2+}$   $n(\text{Cu}^{2+})_f = 0$  أي أن  $x_{max} = 3\text{mol}$   $\Leftrightarrow 3 - x_{max} = 0$  ومنه نستنتج أن  $n(\text{OH}^-) = -1\text{mol}$  وهذا غير ممكن إذن ف  $\text{Cu}^{2+}$  ليست بالمتفاعل المحد .

\* المتفاعل المحد هو  $\text{OH}^-$   $n(\text{OH}^-)_f = 0$  أي أن  $x_{max} = 1\text{mol}$  ونستنتج أن  $n(\text{Cu}^{2+})_f = 2\text{mol}$  فهو متفاعل وفير وبالتالي فالتقدم الأقصى

$$x_{max} = 1\text{mol}$$

ملحوظة :

في حالة ما إذا كان التركيب البدئي تناسبيا فإن كل المتفاعلات تختفي كليا في آن واحد :

$$n(\text{Cu}^{2+})_f = n(\text{OH}^-)_f = 0 \text{ أي أن } n(\text{Cu}^{2+})_i - x_{max} = n(\text{OH}^-)_i - 2x_{max} = 0 \text{ ومنه نستنتج أن}$$

$$\frac{n(\text{Cu}^{2+})_i}{1} = \frac{n(\text{OH}^-)_i}{2} = x_{max}$$

خلاصة : من خلال الدراسة توصلنا إلى أن  $x_{max} = 1\text{mol}$  حيث يصبح الجدول :

$1\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow 1\text{Cu(OH)}_2$					المعادلة ليميائية
كميات المادة (mol)			التقدم (mol)	حالة المجموعة	
3	2	0	0	حالة بدئية	
$3 - x$	$2 - 2x$	$x$	$x$	أثناء التفاعل	
2	0	1	$x_{max} = 1$	حالة نهائية	

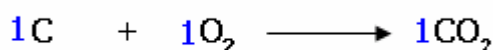
#### IV - تمارين تطبيقية

##### تمرين 1

- 1 - أكتب معادلة احتراق الكربون في غاز ثنائي الأوكسجين
- 2 - نحرق 1,3mol من الكربون في 4,0mol من غاز ثنائي الأوكسجين .  
أ - أنجز جدولاً لتطور التفاعل الحاصل بين الكربون وغاز ثنائي الأوكسجين متضمناً الحالة البدئية والحالة خلال التفاعل والحالة النهائية .  
ب - أحسب كمية مادة كل من الكربون وغاز ثنائي الأوكسجين وغاز ثنائي أوكسيد الكربون عندما يأخذ التقدم القيمة  $x=0,20\text{mol}$  .
- 3 - تكون قيمة التقدم الأقصى هي  $x_{\text{max}}=1,3\text{mol}$  ، أحسب كمية مادة كل متفاعل متبق في الحالة النهائية ، واستنتج المتفاعل المحد .

##### حل التمرين 1

1 - المعادلة الكيميائية للتفاعل :



2 - أجدول تطور التفاعل الحاصل بين الكربون وغاز ثنائي الأوكسجين :

المعادلة الكيميائية				
كميات المادة (mol)		التقدم (mol)		حالة المجموعة
1,3	4	0	0	حالة بدئية
1,3 - x	4 - x	x	x	أثناء التفاعل
1,3 - x <sub>max</sub>	4 - x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>	حالة نهائية

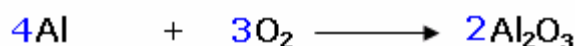
- ب - حساب كمية مادة كل من الكربون وغاز ثنائي الأوكسجين وغاز ثنائي أوكسيد الكربون عندما يأخذ التقدم القيمة  $x=0,20\text{mol}$  :  
حسب الجدول أعلاه :  $x = 0,20\text{mol}$  أي أن  $n(\text{C}) = 1,3 - 0,20 = 1,10\text{mol}$  و  $n(\text{O}_2) = 4 - 0,20 = 3,80\text{mol}$  و  $n(\text{CO}_2) = 0,20\text{mol}$
- ج - قيمة التقدم الأقصى هي  $x_{\text{max}} = 1,3\text{mol}$   
حسب الجدول المتفعل المتبقي بعد نهاية التفاعل هو غاز ثنائي الأوكسجين  $n(\text{O}_2) = 4 - 1,3 = 2,7\text{mol}$  أما بالنسب للكربون فيسختفي كلياً  $n(\text{C}) = 0\text{mol}$  أي أن الكربون هو المتفاعل المحد .

##### تمرين 2

- يحترق الألومنيوم في ثنائي الأوكسجين ، فينتج عنه أوكسيد الألومنيوم  $\text{Al}_2\text{O}_3$  .
- 1 - أكتب المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل ووازنها .
  - 2 - ندخل 0,54g من الألومنيوم في قارورة تحتوي على 1,44l من غاز ثنائي الأوكسجين .  
أ - أحسب كمية مادة المتفاعلات في الحالة البدئية ،  
ب - أحسب التقدم الأقصى  $x_{\text{max}}$  للتفاعل .  
ج - استنتج حصة المادة في الحالة النهائية .
  - 3 - مثل مبيانياً تغير كميات مادة الألومنيوم ومادة غاز ثنائي الأوكسجين بدلالة التقدم  $x$  على نفس أنظمة المحورين .  
واستنتج مبيانياً قيمة التقدم الأقصى  $x_{\text{max}}$  .

##### حل التمرين 2

1 معادلة التفاعل وموازنتها



2 أ حساب كمية مادة المتفاعلات البدئية :

$$n(\text{O}_2)_i = \frac{v(\text{O}_2)}{V_m} = 0,06 \text{ mol} \text{ وكمية مادة غاز ثنائي الأوكسجين البدئية } n(\text{Al})_i = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = 0,02 \text{ mol}$$

نحدد التقدم الأقصى هو أصغر حاصل قسمة كمية المادة البدئية لكل متفاعل على عدده النسبي .

$$x_{\max} = 0,005 \text{ mol} \text{ إذن } n(\text{O}_2)_i = \frac{n(\text{O}_2)_i}{3} = 0,02 \text{ mol} \text{ و } \frac{n(\text{Al})_i}{4} = 0,005 \text{ mol}$$

ب - حصيلة المادة في الحالة النهائية :

المعادلة ليميائية				
كميات المادة (mol)		التقدم (mol)		حالة المجموعة
$4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$				
0,02	0,06		0	حالة بدئية
$0,02 - 4x$	$0,06 - 3x$	$2x$	$x$	أثناء التفاعل
0	0,045	$2x_{\max} = 0,01$	$x_{\max} = 0,005$	حالة نهائية

3 - التمثيل المبيان  $n(\text{O}_2) = g(x)$  و  $n(\text{Al}) = f(x)$  بحيث أن  $n(\text{O}_2) = 0,06 - 3x$  و  $n(\text{Al}) = 0,02 - 4x$

