

## التفاعلات الكيميائية

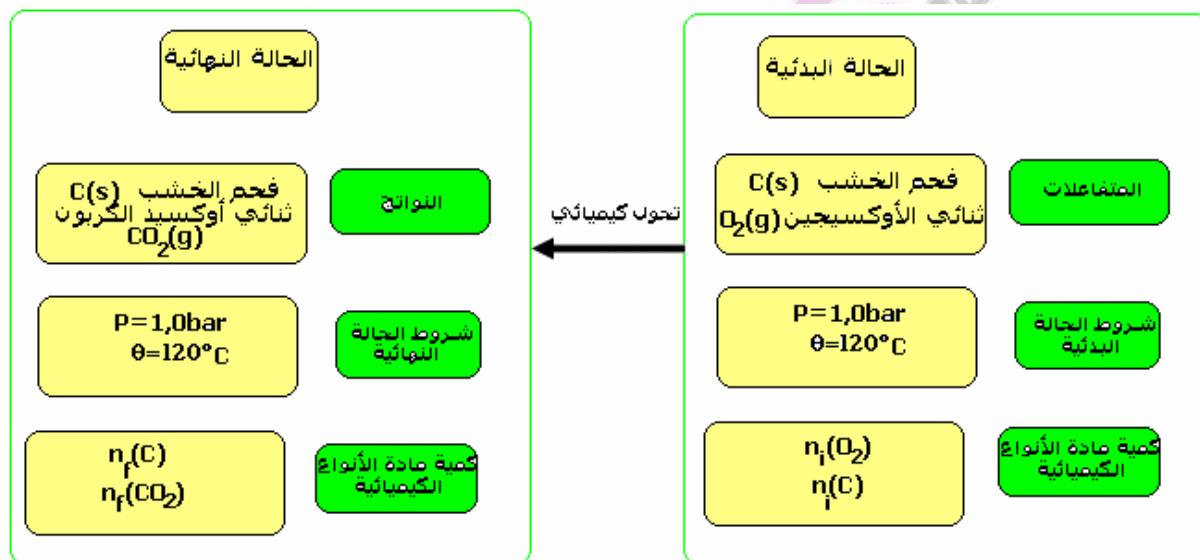
### I - التحول الكيميائي لمجموعة

#### 1 - تعريف

أثناء تحول كيميائي تظهر أنواع كيميائية جديدة في نفس الوقت تختفي أنواع كيميائية أخرى ، وفق ظروف معينة .  
 نسمى الأنواع الكيميائية التي تختفي كلها أو جزئيا : المتفاعلات  
 نسمى الأنواع الكيميائية الجديدة التي تظهر : النواتج  
 ونسمى مجموع الأنواع الكيميائية من متفاعلات ونواتج وأنواع الأخرى التي تشارك في التحول : مجموعة كيميائية .  
 مثل : احتراق الكربون في غاز ثاني الأوكسجين  
 حدد متفاعلات ونواتج هذا التحول ؟

#### 2 - الحالة البدئية والحالة النهائية

نسمى الحالة البدئية لمجموعة كيميائية : الحالة التي تكون عليها المجموعة عند انطلاق التحول .  
 نسمى 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 ( $\ell$ ) ، صلبة (S) ، غازية (g) مركب أيوني في محلول (aq) ....  
 \* كمية مادة كل نوع كيميائي من المجموعة .



مثال : احتراق الكربون في غاز ثاني الأوكسجين .

### II - التفاعل الكيميائي

#### 1 - تعريف

نمثل كل تحول كيميائي بنموذج مبسط يسمى تفاعل كيميائي فهو يمكن ، مكروسكوبيا ، من إبراز تطور المجموعة الكيميائية  
 مثل : تفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات الحديد II .  
 يحدث تفاعل كيميائي بين أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  مع أيونات النحاس II ( $\text{Cu}^{2+}$ ) فينتج عنه هيدروكسيد النحاس II ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ).

#### 2 - انحفاظ المادة في التفاعلات الكيميائية

قانون لافوزيه Lavoisier  
 إن مجموع كتل المتفاعلات المختلفة أثناء التفاعل الكيميائي يساوي مجموع كتل المواد الناتجة عن التفاعل .  
 بما أن المادة تتكون من ذرات يمكن أن نعتبر قانون لافوزيه كالتالي :  
 تحفظ الذرات خلال التفاعل الكيميائي .

#### 3 - المعدلات الكيميائية

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

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

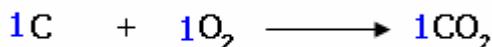
#### 4 - موازنة المعادلة الكيميائية - المعاملات النسبية

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 .

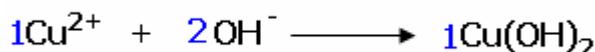
إذا كانت المعادلة الكيميائية تتضمن أيونات يجب التحقق من انحفاظ الشحنة الكهربائية بين طرفي المعادلة .

**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 النسبية للتفاعل الكيميائي . وتعني على المستوى المكروسكوبى ، أن مول واحدا من الكربون يتفاعل مع مول واحد من غاز ثاني الأوكسجين ليعطي مولا واحدا من غاز ثاني أوكسيد الكربون . وهي تمثل نسب وجود كل نوع كيميائي يتبع للمجموعة الكيميائية . نفس الشيء على المستوى الميكروسكوبى .

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

بصفة عامة : نعتبر التفاعل التالي

$$a\text{A} + b\text{B} \longrightarrow c\text{C} + d\text{D}$$

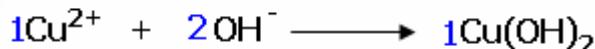
$$\frac{n(\text{A})}{a} = \frac{n(\text{B})}{b} = \frac{n(\text{C})}{c} = \frac{n(\text{D})}{d}$$

#### III - حصيلة المادة

##### 1 - مفهوم تقدم تفاعل كيميائي

لتتبع تطور كميات مادة كل الأنواع الكيميائية نستعمل مفهوما كميائيا يطلق عليه اسم : تقدم التفاعل advancement de la reaction ، ونرمز له ب x . ونقوم بإنجاز جدول وصفي خاص بالتفاعل يتم فيه تحديد كمية مادة كل نوع كيميائي بدالة "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 xmol من هيدروكسيد النحاس II . ما هي كمية مادة أيونات النحاس المتبقية في هذه الحالة ؟

حسب المعاملات النسبية  $x = 3 - (\text{Cu}^{2+})$  وذلك حسب المعاملات النسبية .

#### 2 - استعمال مفهوم تقدم التفاعل

يستعمل مفهوم تقدم التفاعل لتحديد كمية مادة الأنواع الكيميائية للمجموعة في حالتها النهائية بمعرفة كميات مادة هذه الأنواع في الحالـة الـنهـائـية وهذا ما يسمى بـ حصـيلـةـ المـادـةـ .

##### أ - الحالـةـ الـنهـائـيةـ

عندما يتوقف التفاعل الكيميائي نقول أن المجموعة توجد في الحالـةـ الـنهـائـيةـ .  
نعتبر أن المجموعة في حالتها النهائية عندما تخفي كلـاـ ، على الأقلـ ، أحدـ المـتـفـاعـلـاتـ .

#### ب - مـتـفـاعـلـ مـحدـ (limitant) و مـتـفـاعـلـ وـفـيرـ (en excès)

عندما يستهلك أحد المتفاعلات كلـاـ ، فينتـجـ عنهـ تـوقـفـ التـفـاعـلـ الكـيـمـيـائـيـ رغمـ توـفـرـ المـتـفـاعـلـاتـ الأخـرىـ ، يـسمـىـ هـذـاـ المـتـفـاعـلـ بـمـتـفـاعـلـ مـحدـ . وـالمـتـفـاعـلـاتـ المـتـبـقـيـةـ فيـ الحالـةـ الـنهـائـيةـ تـسمـىـ مـتـفـاعـلـاتـ وـفـيرـ .

### ج - التقدم الأقصى Avancement maximal

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

$1\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow 1\text{Cu(OH)}_2$				المعادلة الكيميائية
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

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

\* المتفاعل المحد هو  $\text{Cu}^{2+}$

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

\* المتفاعل المحد هو  $\text{OH}^-$

أي أن  $n(\text{OH}^-)_f = 0$  فهو متفاعل وغير وبالتالي فالتقدم الأقصى

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

ملحوظة :

في حالة ما إذا كان التركيب البدئي تناصبيا فإن كل المتفاعلات تختفي كلية في آن واحد :

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

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

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 الكيميائية
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

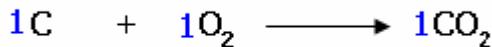
#### IV - تمارين تطبيقية

##### تمرين 1

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

##### حل التمرين 1

- 1 - المعادلة الكيميائية للتفاعل :



- 2 - أ جدول تطور التفاعلي الحاصل بين الكربون وغاز ثاني 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 ثاني الأوكسجين وغاز ثاني 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  $x_{\max} = 1,3\text{mol}$
- حسب الجدول المتبقي بعد نهاية التفاعل هو غاز ثاني الأوكسجين  $n(\text{O}_2) = 4 - 1,3 = 2,7\text{mol}$  أما بالنسبة للكربون فسيختفي كلية  $n(\text{C}) = 0\text{mol}$  أي أن الكربون هو المتفاعل المد .

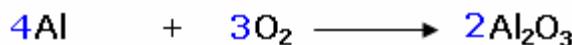
##### تمرين 2

يحرق الألومنيوم في ثاني الأوكسجين ، فينترج 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 ثاني الأوكسجين .
- أ - أحسب كمية مادة المتفاعلات في الحالة البدئية ،
- ب - أحسب التقدم الأقصى  $x_{\max}$  للتتفاعل .
- ج - استنتاج حصيلة المادة في الحالة النهائية .
- 3 - مثل مبيانيا تغير كميات مادة الألومنيوم و مادة غاز ثاني الأوكسجين بدلالة التقدم x على نفس نظمة المحورين .
- و استنتاج مبيانيا قيمة التقدم الأقصى  $x_{\max}$  .

##### حل التمرين 2

- 1 معادلة التفاعل وموازنتها



2 - حساب كمية مادة المتفاعلات البدئية :

$$n(O_2)_i = \frac{v(O_2)}{V_m} = 0,06 \text{ mol}$$

$$n(Al)_i = \frac{m(Al)}{M(Al)} = 0,02 \text{ mol}$$

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

$$x_{max} = 0,005 \text{ mol} \quad \text{إذن} \quad n(O_2)_i = \frac{n(O_2)_i}{3} = 0,02 \text{ mol} \quad \text{و} \quad \frac{n(Al)_i}{4} = 0,005 \text{ mol}$$

ب - حصيلة المادة في الحالة النهائية :

المعادلة الكيميائية				
كميات المادة (mol)		التقدم (mol)	حالة المجموعة	
0,02	0,06	0	حالة بدئية	
0,02 - 4x	0,06 - 3x	2x	أثناء التفاعل	
0	0,045	2x_max = 0,01	x_max = 0,005	حالة نهائية

3 - التمثيل المبيان (f(x) و g(x)) حيث أن  $n(O_2) = g(x)$  و  $n(Al) = f(x)$

