التفاعلات الكيميائية

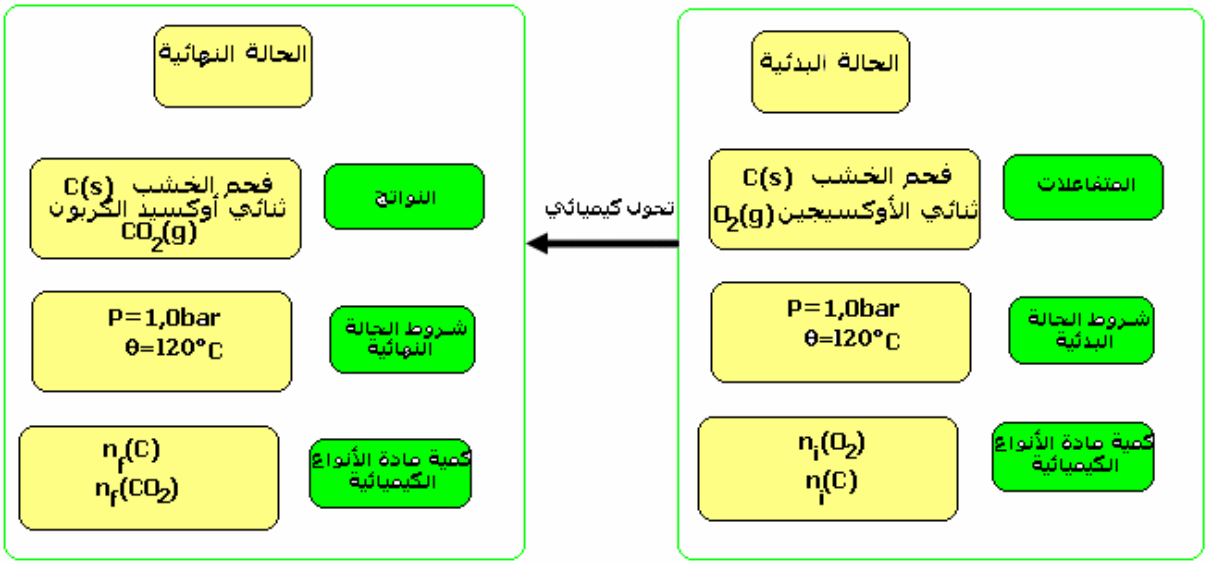
I ـ التحول الكيميائي لمجموعة

1 ـ تعريف

أثناء تحول كيميائي تظهر أنواع كيميائية جديدة في نفس الوقت تختفي أنواع كيميائية أخرى ، وفق ظروف معينة .
نسمي الأنواع الكيميائية التي تختفي كليا أو جزئيا : 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 الأوكسيجين
حدد متفاعلات ونوتج هذا التحول ؟

2 ـ 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 الأوكسيجين .

II ـ التفاعل الكيميائي

1 ـ تعريف

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

2 ـ 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 :
تنحفض الذرات خلال التفاعل الكيميائي .

3 ـ المعادلات الكيميائية

المعادلة الكيمائية هي الكتابة الرمزية للتفاعل الكيميائي .
لكتابة معادلة كيميائية يجب أن :
ـ نمثل كل نوع كيميائي بصيغته الكيميائية

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

4 ـ موازنة المعادلة الكيميائية ـ المعاملات التناسبية

عند كتابة معادلة كميائية 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 الأوكسيجين (1)

$$1C + 1O_2 \longrightarrow 1CO_2$$

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

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

المعاملات (1،1،1) في المعادلة (1) و المعاملات (1،2،1) في المعادلة (2) تمثل المعاملات التناسبة للتفاعل الكيميائي .
وتعني على المستوى المكروسكوبي ، أن مول واحدا 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 ـ العلاقة بين كمية المادة لنوع كيميائي والمعاملات التناسبية

بصفة عامة : نعتبر التفاعل التالي $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

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 ـ حصيلة المادة

1 ـ مفهوم تقدم تفاعل كيميائي

لتتبع تطور كميات مادة كل الأنواع الكيميائية نستعمل مفهوما كميائيا يطلق عليه اسم : تقدم التفاعل avancement de la reaction ، ونرمز له ب 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

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

عند بداية التفاعل وقبل انطلاقه لدينا 3mol من أيونات النحاس II و2mol 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 التناسبية $n(Cu^{2+}) = 3 - x$ وذلك حسب المعاملات التناسبية .

2 ـ 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 ـ الحالة النهائية

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

ب ـ متفاعل محد (limitant) و متفاعل وفير (en excès)

عندما يستهلك أحد المتفاعلات كليا ، فينتج عنه توقف التفاعل الكيميائي رغم توفر المتفاعلات الأخرى ، يسمى هذا المتفاعل بمتفاعل محد. 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 :

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

نبحث عن التقدم الأقصى x_{max}

في الحالة التي لدينا نضع افتراضين :

* المتفاعل المحد هو Cu^{2+}

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

*المتفاعل المحد هو OH^-

$n(OH^-)_f = 0$ أي أن $x_{max} = 1mol$ و نستنتج أن $n(Cu^2)_f = 2mol$ فهو متفاعل وفير وبالتالي فالتقدم الأقصى $x_{max}=1mol$

ملحوظة :

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

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

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

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

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

IV ـ تمارين تطبيقية

تمرين 1

1 ـ أكتب معادلة احتراق الكربون في غاز ثنائي الأوكسيجين

2 ـ نحرق 1,3mol من الكربون في 4,0mol من غاز ثنائي الأوكسيجين .

أ ـ أنجز جدولا لتطور التفاعل الحاصل بين الكربون وغاز ثنائي الأوكسيجين متضمنا الحالة البدئية والحالة خلال التفاعل والحالة النهائية .

ب ـ أحسب كمية مادة كل من الكربون وغاز ثنائي الأوكسيجين وغاز ثنائي أوكسيد الكربون عندما يأخذ التقدم القيمة x=0,20mol .

3 ـ تكون قيمة التقدم الأقصى هي $x_{max}=1,3mol$ ، أحسب كمية مادة كل متفاعل متبق في الحالة النهائية ، واستنتج المتفاعل المحد .

حل التمرين 1

1 ـ المعادلة الكيميائية للتفاعل :

$$1C + 1O_2 \longrightarrow 1CO_2$$

2 ـ أ جدول تطور التفاعل الحاصل بين الكربون وغاز ثنائي ألأوكسيجين :

المعادلة الكيميائية	$1C + 1O_2 \longrightarrow 1CO_2$			
حالة المجموعة	كميات المادة (mol)			التقدم (mol)
حالة بدئية	1,3	4	0	0
أثناء التفاعل	1,3 - x	4 - x	x	x
حالة نهائية	$1,3 - x_{max}$	$4 - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

ب ـ حساب كمية مادة كل من الكربون وغاز ثنائي الأوكسيجين وغاز ثنائي أوكسيد الكربون عندما يأخذ التقدم القيمة x=0,20mol :

حسب الجدول أعلاه : $x = 0,20mol$ أي أن $n(C) = 1,3 - 0,20 = 1,10mol$ و $n(O_2) = 4 - 0,20 = 3,80mol$

و $n(CO_2) = 0,20mol$

ج ـ قيمة التقدم الأقصى هي $x_{max} = 1,3mol$

حسب الجدول المتفاعل المتبقي بعد نهاية التفاعل هو غاز ثنائي الأوكسيجين $n(O_2) = 4 - 1,3 = 2,7mol$ أما بالنسب للكربون فسيختفي كليا n(C)=0mol أي أن الكربون هو المتفاعل المحد .

تمرين 2

يحترق الألومينيوم في ثنائي الأوكسيجين ، فينتج عنه أوكسيد الألومينيوم Al_2O_3 .

1 ـ أكتب المعادلة الكميائية لهذا التفاعل ووازنها .

2 ـ ندخل 0,54g من الألومنيوم في قارورة تحتوي على $1,44\ell$ من غاز ثنائي الأوكسيجين .

أ ـ أحسب كمية مادة المتفاعلات في الحالة البدئية ,

ب ـ أحسب التقدم الأقصى x_{max} للتفاعل .

ج ـ استنتج حصيلة المادة في الحالة النهائية .

3 ـ مثل مبيانيا تغير كميات مادة الألومنيوم و مادة غاز ثنائي الأوكسيجين بدلالة التقدم x على نفس نظمة المحورين .

واستنتج مبيانيا قيمة التقدم الأقصى x_{max} .

حل التمرين 2

1 معادلة التفاعل وموازنتها :

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

2 ـ أ حساب كمية مادة المتفاعلات البدئية :

$n(Al)_i = \frac{m(Al)}{M(Al)} = 0,02mol$ وكمية مادة غاز ثنائي الأوكسيجين البدئية $n(O_2)_i = \frac{v(O_2)}{V_m} = 0,06mol$

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

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

ب ـ حصيلة المادة في الحالة النهائية :

$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$				المعادلة الكيميائية
كميات المادة (mol)			التقدم (mol)	حالة المجموعة
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 ـ التمثيل المبيان n(Al)=f(x) و n(O2)=g(x) بحيث أن $n(Al) = 0,02 - 4x$ و $n(O_2) = 0,06 - 3x$