

# التحول القسري لمجموعة كيميائية خاص بالعلوم الرياضية والعلوم الفيزيائية

## I - التحولات القسرية

### 1 - التحولات التلقائية ( تذكير )

يحدث التحول التلقائي لمجموعة كيميائية عندما تتطور المجموعة الكيميائية تلقائيا دون إعطائها أي طاقة من المحيط الخارجي . أي تكون المجموعة في غير حالة التوازن وتتطور تلقائيا من الحالة البدئية نحو حالة التوازن ونعبر عنه بالعلاقة  $Q_r = K$  .

#### مثال تطبيقي :

نعتبر تفاعل بين محلول ثنائي البروم  $Br_2(aq)$  وفلز النحاس  $Cu(s)$  حيث ينتج عنه أيونات النحاس II و أيونات البروم  $Br^-(aq)$  حسب المعادلة التالية :



ثابتة التوازن لهذا التفاعل :  $K = 1,25.10^{25}$

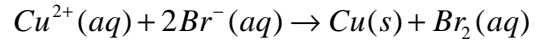
1 - أحسب خارج التفاعل في الحالة البدئية . ماذا تستنتج ؟

$$Q_{r,i} = \frac{[Cu^{2+}]_i \cdot [Br^-]_i^2}{[Br_2]_i} = 0$$

خارج التفاعل عند الحالة البدئية هو :

أي أن  $Q_{r,i} < K$  وبالتالي فالمجموعة ستتطور في المنحى المباشر ، منحى تكون  $Br^-(aq)$  و  $Cu^{2+}(aq)$  .

2 - في حالة ما اعتبرنا محلولاً مائياً لبرومور النحاس II فهو يحتوي على أيونات النحاس II  $Cu^{2+}(aq)$  و أيونات البرومور  $Br^-(aq)$  ، تكون معادلة التفاعل المتوقعة :



أحسب ثابتة التوازن  $K'$  في هذه الحالة . ماذا تستنتج ؟

ثابتة التوازن هي  $K' = \frac{1}{K} = 8,3.10^{-26} \approx 0$  أي أن ثابتة التوازن صغيرة جدا وتساوي تقريبا الصفر أي أن المجموعة توجد في حالة توازن . وبالتالي فإنها لا تتطور تلقائيا .

## 2 - التحولات القسرية .

كيف يمكن أن نجبر أو نفسر مجموعة كيميائية على التطور في المنحى المعاكس لمنحى تطورها التلقائي ؟

أ - الدراسة التجريبية : التحليل الكهربائي .

نجز التركيب التجريب الممثل جانبه والتمكون من أنبوب على شكل U يحتوي على محلولاً مكوناً من  $10ml$  من محلول ثنائي البروم  $Br_2(aq)$  تركيزه  $10mmol/l$  و  $20ml$  من محلول برومور البوتاسيوم تركيزه  $1,0mol/l$  و  $20ml$  من محلول كبريتات النحاس تركيزه  $1,0mol/l$  . نغمر في فرعي الأنبوب إلكترودان ، الأول من الغرافيت والثاني من النحاس ( خراطة النحاس ) . نصل الإلكترودين بقطبي مولد للتوتر المستمر  $1,5V$  مركب على التوالي مع أمبير متر بحيث يكون القطب السالب للمولد مرتبطاً بالإلكترود النحاس والمربط COM مرتبطاً بالإلكترود الغرافيت .

1 - عين منحى التيار الكهربائي الذي يفرضه المولد .

يفرض المولد تياراً يمر عبر الأمبير متر من إلكترود النحاس نحو إلكترود الغرافيت .

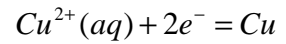
2 - استنتج منحى حملة الشحنات الكهربائية

الإلكترونات : تتحرك في أسلاك الربط وفي الإلكترودين وفق المنحى المعاكس لمنحى التيار الكهربائي أي من إلكترود الغرافيت نحو إلكترود النحاس

الأيونات : تتحرك في المحلول بحيث تتوجه الكاتيونات (  $K^+(aq), Cu^{2+}(aq)$  ) نحو الكاتود المرتبط بالقطب السالب للمولد ، وتتوجه الأنيونات (  $SO_4^{2-}(aq), Br^-(aq)$  ) نحو الأنود المرتبط بالقطب الموجب للمولد .

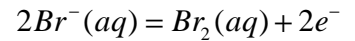
3 - كيف تتطور المجموعة عند مرور تيار كهربائي المفروض من طرف المولد ؟

نلاحظ توضع النحاس واختفاء اللون الأزرق على إلكترود الغرافيت الكاتود ، نفسر ذلك بحدوث اختزال الكاتيونات  $Cu^{2+}(aq)$  وذلك باكتساب إلكترونات :

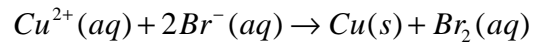


بجوار إلكترود النحاس الأنود نلاحظ اصفرار المحلول حيث

تأكسدت الأنيونات  $Br^-(aq)$  وذلك بمنحها الإلكترونات إلى إلكترود الغرافيت حسب المعادلة التالية :



وبالتالي فإن التفاعل المحدث عند مرور التيار الكهربائي :



أي أن المولد للتوتر المستمر أجبر أو قسّر المجموعة على التطور في المنحى المع لمنحى تطورها التلقائي . يسمى هذا التحول الفسري بالتحليل الكهربائي .

## II - الدراسة الكمية للتحليل الكهربائي :

أثناء التحليل الكهربائي تنتقل خلال المدة  $\Delta t$  كمية الكهرباء  $Q$  من إلكترود إلى أخرى بواسطة المولد الكهربائي .

إذا كانت شدة التيار الكهربائي المارة في المحلل  $I$  ثابتة خلال  $\Delta t$  فإن  $Q = I \cdot \Delta t$  .

نعلم أن كمية الكهرباء مرتبطة بكمية مادة الإلكترونات المنتقلة من إلكترود إلى أخرى عبر المولد

$$بالعلاقة التالية :  $Q = n(e^-) \cdot F$  أي أن  $n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$  .$$

4 - في النشاط التجريبي السابق أوجد تعبير كتلة النحاس المتكونة خلال التحليل الكهربائي خلال المدة  $\Delta t$  ، نعتبر أنه خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  يمر في الدارة تيار شدته  $I$  ثابتة .

ننشئ الجدول الوصفي للتفاعل :

التفاعل الكيميائي		$Cu^{2+}(aq) + 2Br^-(aq) \rightarrow Cu(s) + Br_2(aq)$				
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			$n(e^-)$	
البدئية	0	$CV$	$C'V'$	0	0	
$\Delta t$	$x$	$CV - x$	$C'V' - x$	$x$	$2x$	

$$\text{حسب جدول التقدم لدينا } n(Cu) = x = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{I \cdot \Delta t}{2 \cdot F}$$

وبالتالي فإن كتلة النحاس المتكون:

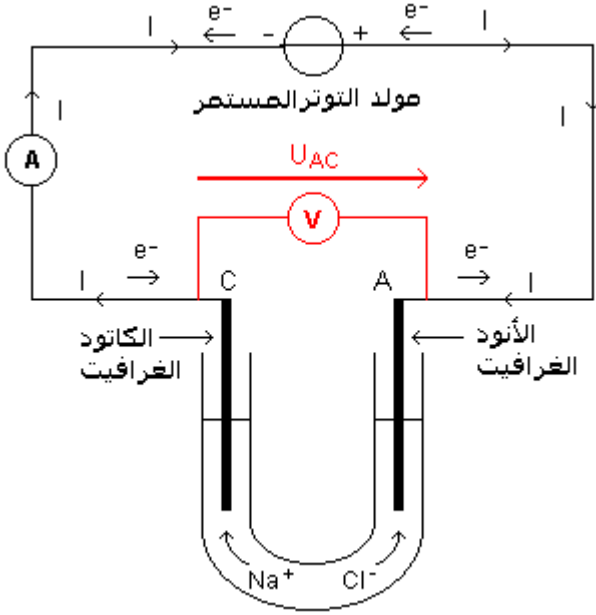
$$m(Cu) = n(Cu) \cdot M(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} M(Cu)$$

### III - التحليل الكهربائي لمحلول كلورور الصوديوم

كيف نتعرف فعلا على النواتج المتكونة عند إنجاز تحليل كهربائي ؟

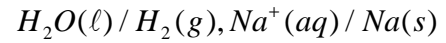
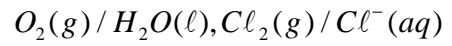
#### النشاط التجريبي 2

نملاً أنبوبا على شكل U بمحلول كلورور الصوديوم ،  
نغمر في كل طرف للأنبوب إلكترودا من الغرافيت  
ونصل الإلكترودين بقطبي مولد للتوتر المستمر  
(3,5V) ، فيحدث تطور قسري .



بعد مرور بض دقائق ، ندخل شريطا من الورق مبللا  
بالأنديجو في الفرع الذي يوجد فيه الأنود ، فنلاحظ  
اختفاء لون الأنديجو ، ثم نأخذ في أنبوب اختبار قليلا  
من المحلول الموجود في فرع الكاتود ونضيف إليه  
قطرات من الفينول الفتالين ، فنلاحظ أن لونه يصبح  
ورديا .

1 - من خلال جرد الأنواع الكيميائية المتواجدة في  
المحلول واعتمادا على المزدوجات مختزل/مؤكسد  
التالية حدد التفاعلات الممكنة حدوثها عند كل  
إلكتروود ؟



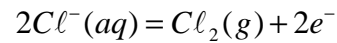
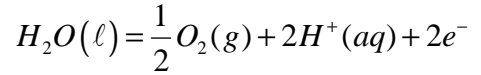
ما هي الأنواع المتواجدة في المحلول ؟

الغرافيت ( لا يتفاعل ) ، الماء ، أيونات الصوديوم  $Na^+$  ، أيونات الكلورور  $Cl^-$

نعلم أنه عند الأنود تحدث أكسدة ، الأنواع الكيميائية التي يمكن أن تلعب دور المختزل هي مختزلات

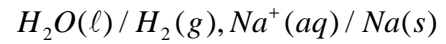
المزدوجات التالية :  $O_2(g) / H_2O(l), Cl_2(g) / Cl^-(aq)$

الأكسدتان الممكنة حدوثهما عند الأنود هما :

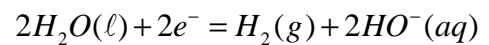
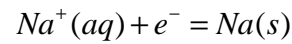


نعلم أنه عند

المزدوجات التالية :



الاختزلان الممكنة حدوثهما عند الكاتود هما :



2 - من الروائز المنجزة ، استنتج النواتج المتكونة فعلا خلال هذا التحليل .

من خلال الملاحظة يتبين أنه على كل إلكترودين انطلاق غاز .

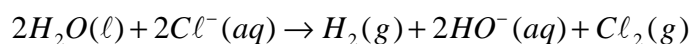
على مستوى الأنود وحسب الرائز أزرق الأنديجو أن الغاز المنطلق يفقد لون هذا الرائز أي أن الغاز هو

ثنائي الكلور  $Cl_2$  أي أن التفاعل المحدث هو :  $2Cl^-(aq) = Cl_2(g) + 2e^-$

عند الكاتود ينطلق غاز ثنائي الهيدروجين  $H_2$  وبدل ظهور اللون الوردي لفينول الفتالين على تكون أيونات

الهيدروكسيد وبالتالي فالتفاعل المحدث هو :  $2H_2O(l) + 2e^- = H_2(g) + 2HO^-(aq)$

3 - أثبت المعادلة الحصيلة لهذا التحليل الكهربائي .

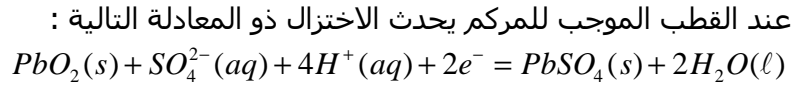


## IV تطبيقات التحليل الكهربائي

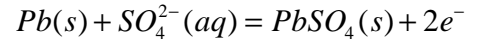
- تحضير وتنقية العديد من الفلزات
- تحضير بعض المواد كماء جافيل وأيونات البرمنغنات والماء الأوكسيجيني وثنائي الكلور وثنائي الهيدروجين إلخ ...
- إعادة شحن البطاريات السيارات والهواتف المحمولة

### 1 – المرمك الرصاصي

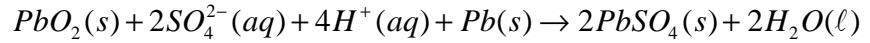
يتكون المرمك الرصاصي من إلكترودين من الرصاص . أحدهما مغطى بثنائي أوكسيد الرصاص . المحلول الإلأكتروليتي الذي يغمر فيه هذان الإلأكترودان هو خليط من حمض الكبريتيك  $2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$  وكبريتات الرصاص  $PbSO_4(s)$  . يمكن للمرمك أن يشتغل كمولد ، حيث يمنح الطاقة الكهربائية إلى دائرة خارجية وذلك أثناء التطرق التلقائي ، نقول أن المرمك يفرغ . يمكن للمرمك أن يشتغل كمستقبل عندما نركب بين مربطيه مولدا يفرض عليه تيارا منحاه مع لمنحى تيار التفريغ ، نقول أن المرمك يشحن . معادلة التفاعل التي تحدث في مرمك رصاصي : حالة الاشتغال كمولد :



عند القطب السالب للمرمك تحدث أكسدة :

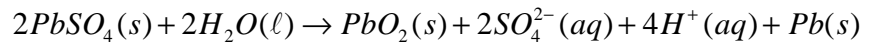


تتطور المجموعة حسب المنحى المباشر لمعادلة التفاعل :



في حالة الاشتغال كمستقبل :

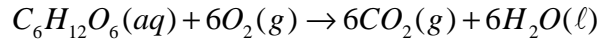
في حالة تفريغ المرمك يمكن شحنه وذلك بتركيبه مع مولد للتوتر المستمر يفرض تيارا في المنحى المعاكس الملاحظ أثناء التفريغ . في هذه الحالة يكون المرمك عبارة عن محلل كهربائي يستقبل الطاقة فتتطور المجموعة نحو المنحى المعاكس لمنحى التطور التلقائي .



ملحوظة :

### 2 – التحولات التلقائية والتحول القسرية في عالم الأحياء

- التحول التلقائي المرافق للتنفس .
- أنه سيرورة بيولوجية معقدة ، تحدث خلالها عدة تحولات تلقائية يتدخل فيها ثنائي الأوكسيجين استهلاك الغليكوز في وسط حيواني وفق التفاعل ذي المعادلة :



وهو تحول تلقائي في المنحى المباشر ، ناشر للحرارة ويساهم خاصة في الحفاظ على درجة حرارة جسم الانسان في حدود  $37^\circ C$  ، وذلك بتحول الطاقة المتوفرة في الطعام إلى الطاقة اللازمة ليقوم الجسم بوظائفه بواسطة تفاعل كيميائي يحصل في كل خلية من الجسم في عالم الأحياء .

– التحول القسري المرافق للتركيب الضوئي .

يمكن التركيب الضوئي في النباتات الكلورفيلية ، من إنتاج السكريات وثنائي الأوكسيجين انطلاقا من ثنائي أوكسيد الكربون والماء المتوفرين في الغلاف الجوي . ويتم ذلك وفق تفاعل قسري بفضل الطاقة الواردة من أشعة الشمس .

