

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 تلقائياً دون إعطائها أي طاقة من المحيط الخارجي . أي تكون المجموعة في غير حالة التوازن وتتطور تلقائياً 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 :



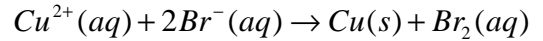
ثابتة التوازن لهذا التفاعل : $K = 1,25.10^{25}$

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

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

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 جداً وتساوي تقريباً الصفر أي أن المجموعة توجد في حالة توازن . وبالتالي فإنها لا تتطور تلقائياً .

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 والمتكون 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 إلكترودين ، 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 بالإلكتروود النحاس والمربط COM مرتبطاً بالإلكتروود الغرافيت .

1 - عين منحى التيار الكهربائي الذي يفرضه المولد .

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

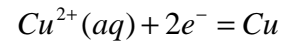
2 - استنتج منحى حملة الشحنات الكهربائية

الإلكترونات : تتحرك في أسلاك الربط وفي الإلكتروودين 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 .

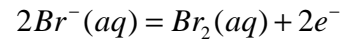
3 - كيف تتطور المجموعة عند مرور تيار كهربائي المفروض من طرف المولد ؟

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

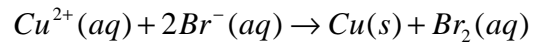


بجوار إلكترود النحاس الأنود نلاحظ اصفرار المحلول حيث

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 المعاكس لمنحى تطورها التلقائي . يسمى هذا التحول الفسري بالتحليل الكهربائي .

II - الدراسة الكمية للتحليل الكهربائي :

أثناء التحليل الكهربائي تنتقل خلال المدة Δt كمية الكهرباء Q من إلكترود إلى أخرى بواسطة المولد الكهربائي .

إذا كانت شدة التيار الكهربائي المارة في المحلل I ثابتة خلال Δt 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 Δt ، نعتبر أنه خلال المدة الزمنية Δt 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	
Δt	x	$CV - x$	$C'V' - x$	x	$2x$	

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

وبالتالي فإن كتلة النحاس المتكون :

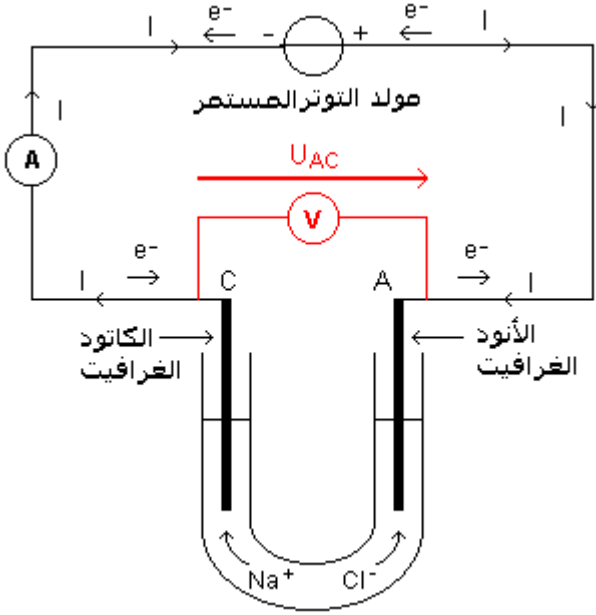
$$m(Cu) = n(Cu) \cdot M(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} M(Cu)$$

III - التحليل الكهربائي لمحلول كلورور الصوديوم

كيف نتعرف فعلا على النواتج المتكونة عند إنجاز تحليل كهربائي ؟

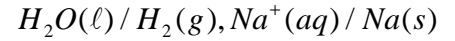
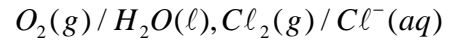
النشاط التجريبي 2

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 بضع 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 ؟



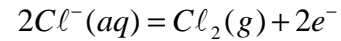
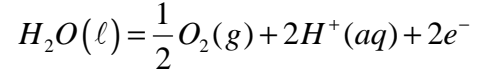
ما هي الأنواع المتواجدة في المحلول ؟

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

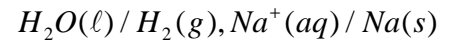
نعلم أنه عند الأنود تحدث أكسدة ، الأنواع الكيميائية التي يمكن أن تلعب دور المختزل هي مختزلات

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

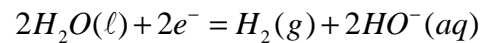
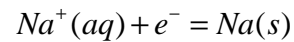
الأكسدتان الممكنة حدوثهما عند الأنود هما :



نعلم أنه عند الكاتود يحدث اختزال ، الأنواع الكيميائية التي يمكن أن تلعب دور المؤكسد هي مؤكسدات
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 .

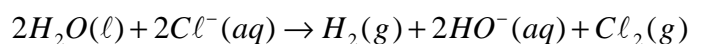
على مستوى الأنود وحسب الرائز أزرق الأنديجو أن الغاز المنطلق يفقد لون هذا الرائز أي أن الغاز هو

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 .

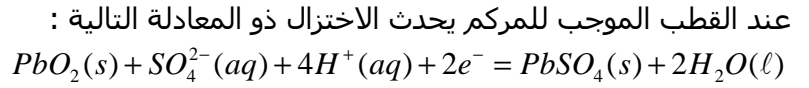


IV تطبيقات التحليل الكهربائي

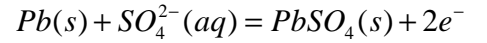
- تحضير وتنقية العديد من الفلزات
- تحضير بعض المواد كماء جافيل وأيونات البرمنغنات والماء الأوكسيجيني وثنائي الكلور وثنائي الهيدروجين إلخ ...
- إعادة شحن البطاريات السيارات والهواتف المحمولة

1 - المركم الرصاصي

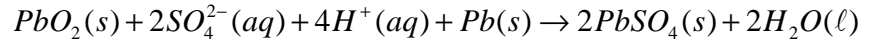
يتكون المركم الرصاصي من إلكترودين من الرصاص . أحدهما مغطى بثنائي أوكسيد الرصاص . المحلول الإلأكتروليتي الذي يغمر فيه هذان الإلأكترودان هو خليط من حمض الكبريتيك $2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ وكبريتات الرصاص $PbSO_4(s)$. يمكن للمركم أن يشتغل كمولد ، حيث يمنح الطاقة الكهربائية إلى دائرة خارجية وذلك أثناء التطرق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



عند القطب السالب للمركم تحدث أكسدة :

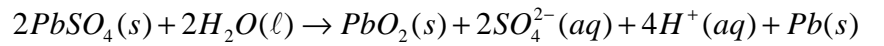


تتطور المجموعة حسب المنحى المباشر لمعادلة التفاعل :



في حالة الاشتغال كمستقبل :

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

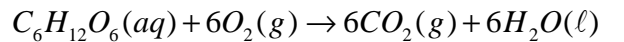


ملحوظة : العمود غير قابل للشحن بينما المركم فيمكن شحنه وعبارة عمود قابل للشحن يعني مركم

2 - التحولات التلقائية والتحويلات القسرية في عالم الأحياء

- التحول التلقائي المرافق للتنفس .

أنه سيرورة بيولوجية معقدة ، تحدث خلالها عدة تحولات تلقائية يتدخل فيها ثنائي الأوكسيجين . مثل ، 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 ، بل في جميع خلايا الحياة 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 .

