

التحول القسري لمجموعة كيميائية خاص بالعلوم الرياضية والعلوم الفيزيائية

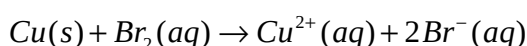
I - التحولات القسرية

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 : $K = 1,25.10^{25}$

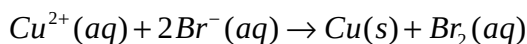
1 - أحسب خارج التفاعل في الحالة البدئية . ماذا تستنتج ؟

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

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 .

ننجز التركيب التجريب الممثل جانبه والمتكون من أنبوب على شكل U يحتوي على محلولاً مكوناً من $10ml$ من محلول ثنائي البروم $Br_2(aq)$ تركيزه $10mmol / \ell$ و $20ml$ من محلول برومور البوتاسيوم

تركيزه $1,0mol / \ell$ و $20ml$ من محلول كبريتات النحاس تركيزه $1,0mol / \ell$. 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

بالكتروود النحاس والمربط com مرتبط بالكتروود 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 ؟

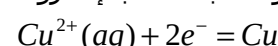
نلاحظ توضع النحاس واختفاء اللون

الأزرق على إلكترود الغرافيت

الكاتود ، نفسر ذلك بحدوث

اختزال الكاتيونات $Cu^{2+}(aq)$

وذلك باكتساب إلكترونات :



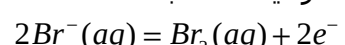
بجوار إلكترود النحاس الأنود

نلاحظ اصفرار المحلول حيث

تأكسدت الأنيونات $Br^-(aq)$ وذلك

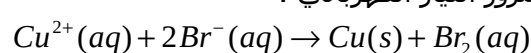
بمنحها الإلكترونات إلى إلكترود

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 القسري 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	0	
Δt	x	CV - x	C'V' - x	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:

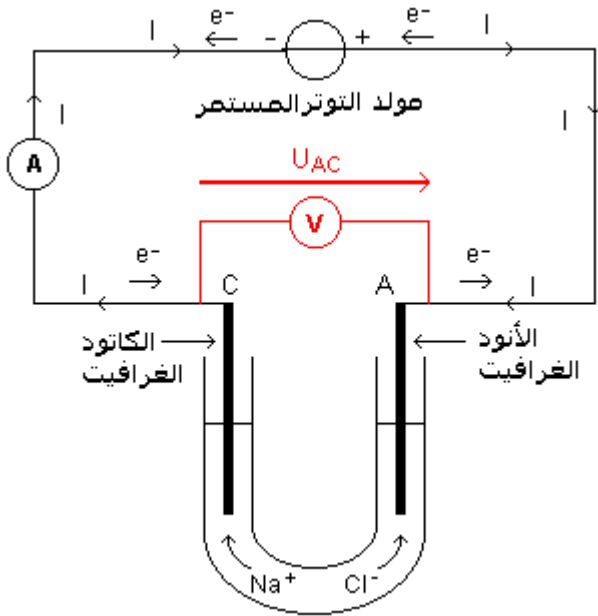
$$m(Cu) = n(Cu) \cdot M(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} M(Cu)$$

III - التحليل الكهربائي لمحلول كلورور الصوديوم

كيف نتعرف فعلا على النواتج المتكونة عند إنجاز تحليل كهربائي ؟

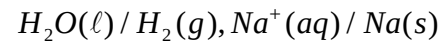
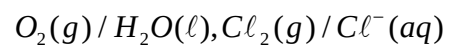
النشاط التجريبي 2

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



بعد مرور بضعة دقائق ، ندخل شريطاً من الورق مبللاً
بالأنديجو في الفرع الذي يوجد فيه الأنود ، فنلاحظ
اختفاء لون الأنديجو ، ثم نأخذ في أنبوب اختبار قليلاً
من المحلول الموجود في فرع الكاتود ونضيف إليه
قطرات من الفينول الفثالين ، فنلاحظ أن لونه يصبح
وردياً .

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



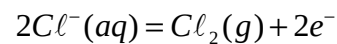
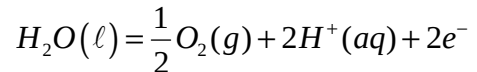
ما هي الأنواع المتواجدة في المحلول ؟

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

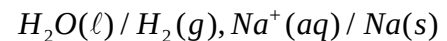
المزدوجات التالية : $O_2(g) / H_2O(l), Cl_2(g) / Cl^-(aq)$

الأكسدة يمكن حدوثها عند الأنود هما :

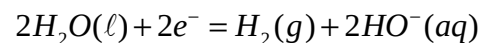
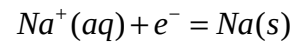


نعلم أنه عند

المزدوجات التالية :



الاختزال يمكن حدوثها عند الكاتود هما :



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

من خلال الملاحظة يتبين أنه على كل إلكترودين انطلاق غاز .

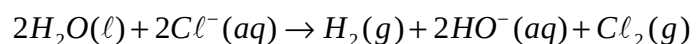
على مستوى الأنود وحسب الرائز أزرق الأنديجو أن الغاز المنطلق يفقد لون هذا الرائز أي أن الغاز هو

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 الفثالين على تكون أيونات

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

3 - أثبت المعادلة الحصيلة لهذا التحليل الكهربائي .



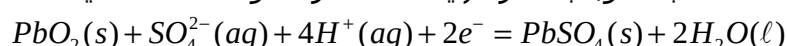
IV تطبيقات التحليل الكهربائي

- 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

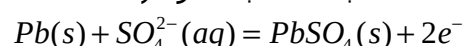
1 – المركم الرصاصي

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

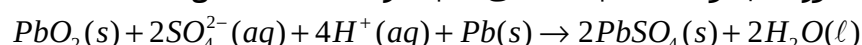
عند القطب الموجب للمركم يحدث الاختزال ذو المعادلة التالية :



عند القطب السالب للمركم تحدث أكسدة :

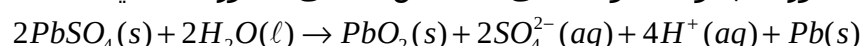


تتطور المجموعة حسب المنحى المباشر لمعادلة التفاعل :



في حالة الاشتغال كمستقبل :

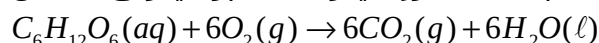
في حالة تفريغ المركم يمكن شحنه وذلك بتركيبه مع مولد للتوتر المستمر يفرض تيارا في المنحى المعاكس الملاحظ أثناء التفريغ . في هذه الحالة يكون المركم عبارة عن محلل كهربائي يستقبل الطاقة فتتطور المجموعة نحو المنحى المعاكس لمنحى التطور التلقائي .



ملحوظة :

2 – التحولات التلقائية والتحولات القسرية في عالم الأحياء

- التحول التلقائي المرافق للتنفس .
- أنه سيروية 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 الكلوريلية ، 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 .

