

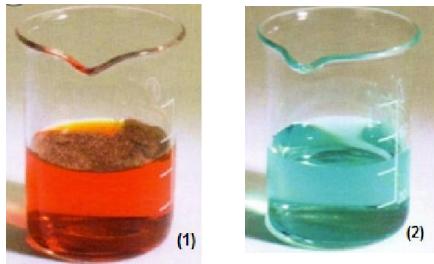
## أمثلة لتحولات قسرية

### التحول القسري :

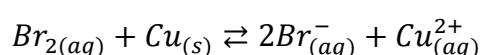
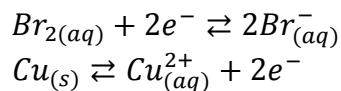
1- التحول التلقائي بين فلز النحاس وثنائي البروم :

تجربة 1:

نغمي مسحوق النحاس ( $Cu_{(s)}$ ) في ماء البروم  $Br_{2(aq)}$  (الشكل 1). تتغير لون محلول ثني البروم إلى الأزرق (الشكل 2).



معادلة التفاعل :



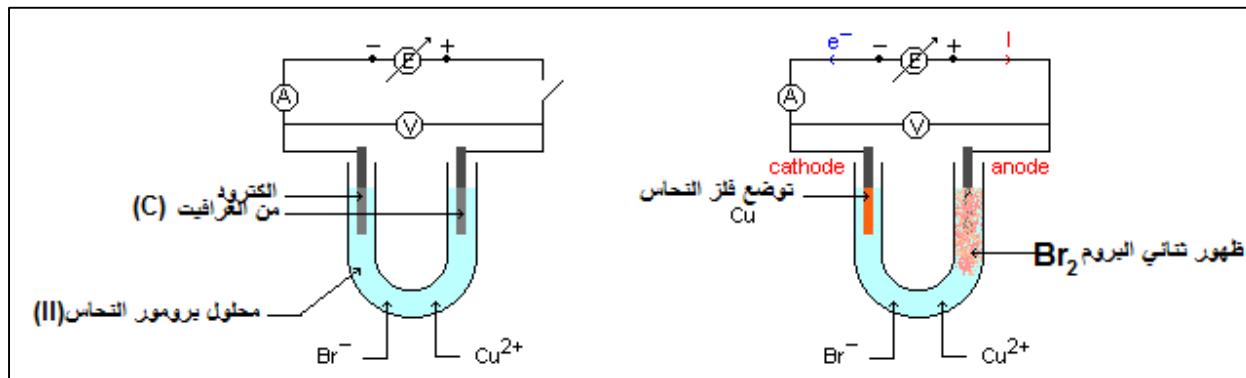
المجموعة الكيميائية تتطور تلقائيا في المنحى المباشر ، حيث تنتقل الالكترونات مباشرة من فلز النحاس نحو ثنائي البروم .

تجربة 2:

على العكس لا يحدث أي تفاعل بين أيونات النحاس الثاني  $Cu^{2+}$  وأيون البرومور  $Br^-$  ، أي أن المجموعة لا تتطور تلقائيا في المنحى المعاكس .

لكن بتطبيق توتر بين إلكتودين مغموريين في محلول بروموم النحاس الثاني  $(Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \rightleftharpoons CuBr_2)$  :

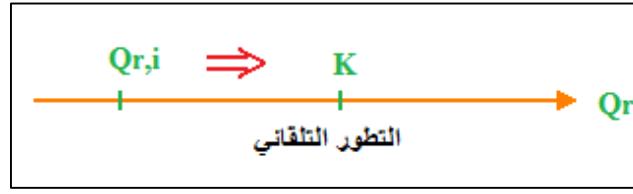
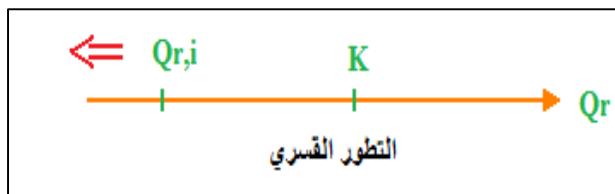
- يتكون توضع أحمر لفلز النحاس على الالكترود المرتبط بالقطب السالب.
- يظهر لون برتقالي للبرومور بجوار الالكترود المرتبط بالقطب الموجب .



تنطوي المجموعة الكيميائية قسريا في المنحى المعاكس للمنحى التلقائي . بحيث أن الالكترونات تنتقل بطريقة غير مباشرة من أيونات البرومور إلى أيونات النحاس || بسبب وجود مولد كهربائي. نقول إننا أنجزنا تحولا قسريا.

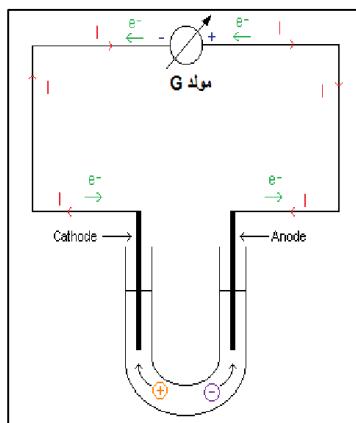
## تعريف :

يمنح طاقة مجموعية كيميائية يمكن إجبارها على التطور قسريا في المنحى المعاكس لمنحى التطور التلقائي . على عكس التطور التلقائي ، خلال تحول قسري يبتعد خارج التفاعل عن ثابتة التوازن  $K$  .



## الكهربائي : تعريف :

التحليل الكهربائي تحول قسري ناتج عن مرور تيار كهربائي يفرضه مولد في محلول . يمنح المولد الطاقة الكهربائية اللازمة لإجبار المجموعة على التطور في المنحى المعاكس للمنحى التلقائي .



## 2.2-حركة حملة الشحن الكهربائية :

تتحرك الكاتيونات في منحى التيار الكهربائي . في حين تتحرك الأنيونات في المنحى المعاكس لمنحى التيار الكهربائي .

## 2.3-التفاعلات التي تحدث بجوار الألكترون :

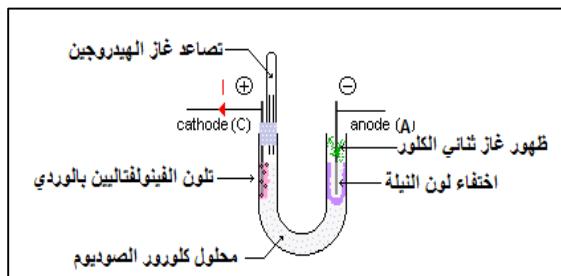
خلال التحليل الكهربائي :

- تحدث أكسدة بجوار الأنود وهو الألكترون المرتبط بالقطب الموجب للمولد .
- يحدث إختزال الكاثود وهو الألكترون المرتبط بالقطب السالب للمولد .

## ا-أمثلة وتطبيقات للتحليل الكهربائي :

### 1-التحليل الكهربائي لمحلول كلورور الصوديوم .

تجربة :



بجوار الأنود يتصاعد غاز الكلور  
(الذي يزيل لون النيلة) .

بجوار الكاثود يتصاعد غاز الهيدروجين مع تكون أيون  
الهيدروكسيد

(التي تغير لون الفينولفتاليين إلى الوردي) .

تحليل :

## ج-الأنواع الكيميائية :

جزئيات الماء ، الأيونات  $Na^+$  ، الأيونات  $Cl^-$  وإلكترون الغرافيت الذي لا يتفاعل .

❖ الأنواع القابلة للأكسدة عند الأنود :

$Cl^-$  و  $H_2O$  مختصلان ينتميان على التوالي للمذوختين التاليتين :  $Cl_2/Cl^-$  و  $O_2/H_2O$  .

❖ الأنواع القابلة للإختزال عند الكاثود :

$Na^+$  و  $H_2O$  مؤكسدان ينتميان على التوالي للمذوختين التاليتين :  $Na^+/Na$  و  $H_2O/H_2$  .

## المعادلات الكيميائية :

► عند الأنود تأكسد أيونات  $\text{Cl}_2^-$  إلى  $\text{Cl}_2$  حسب نصف المعادلة التالية :

$$2\text{Cl}_2^-(aq) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(g) + 2e^-$$

► عند الكاثود تختزل جزيئات الماء إلى غاز ثنائي الهيدروجين حسب نصف المعادلة التالية :

$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + 2\text{H}_2^-(aq)$$

► المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي :

$$2\text{Cl}_2^-(aq) + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{Cl}_2(g) + \text{H}_{2(g)} + 2\text{H}_2^-(aq)$$

**ملحوظة :**  
ثنائي الكلور الناتج في وسط قاعدي ( $\text{HO}^-$ ) يتفاعل مع أيونات الهيدروكسيد للحصول على أيونات تحت كلوريت  $\text{ClO}^-$  النوع النشيط في ماء جافيل .



## كمية الكهرباء خلال التحليل الكهربائي :

خلال تحليل كهربائي مدته  $\Delta t$  ، كمية الكهرباء التي تجتاز مقطعاً من الدارة هي :

$$Q = I \cdot \Delta t \quad Q = n(e^-) \cdot F$$

حيث  $I$  شدة التيار الذي يفرضه المولد و  $n(e^-)$  كمية مادة الالكترونات المنتقلة و  $F$  ثابتة فارادي :

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

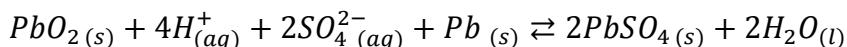
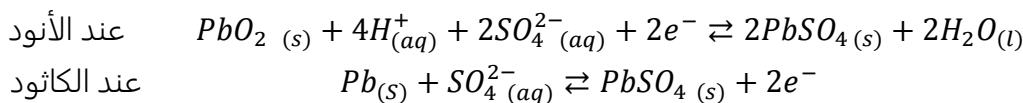
## تطبيقات التحليل الكهربائي :

- ✓ تحضير وتنقية العديد من الفلزات .
- ✓ تحضير بعض المواد كماء جافيل و الغازات مثل :  $\text{H}_2$  و  $\text{Cl}_2$  و  $\text{O}_2$  .
- ✓ الطلاء الفلزي (بالفضة أو بالقصدير أو بالكريوم ....)
- ✓ إعادة شحن بطاريات السيارات والأعمدة القابلة للشحن .

## مثال المركم الرصاصي (المستعمل في السيارات):

في مركم الرصاص الأنود إلكترونود من الرصاص ( $\text{Pb}$ ) والكاثود إلكترونود من الرصاص مغطاة بثنائي أوكسيد الرصاص ( $\text{PbO}_2$ ) أما الإلكتروليت فهو محلول مركز لحمض الكبريتيك ( $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ).  
المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل هما :  $\text{Pb}_{(aq)}^{2+}$  و  $\text{PbO}_{(s)}^{2+}$  و  $\text{Pb}_{(aq)}^{2+}$  و  $\text{PbO}_{(s)}^{2+}$

## -أثناء اشتغاله كمولد (تفريغ) يحدث تحول تلقائي معادلته الحصيلة :



## -أثناء اشتغاله ك محلل كهربائي (شحن) يحدث تحول قسري معادلته :

