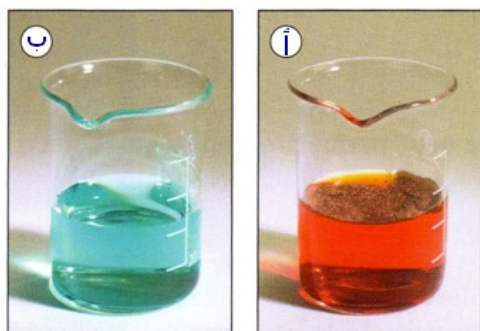


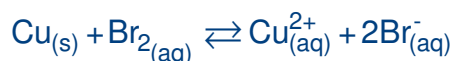
## I. التحول القسري لمجموعة كيميائية

## • التحول التلقائي أو غير التلقائي

## • تجربة 1:

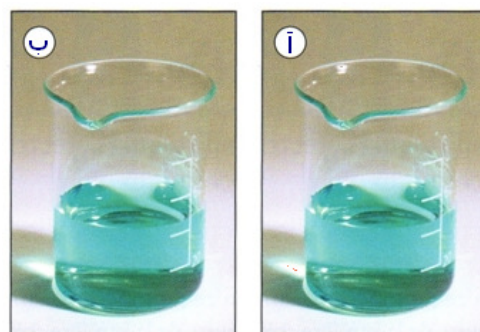


يغمر مسحوق أو خراطة النحاس في ماء البروم (أ).  
يتغير لون المحلول في الحالة النهائية (ب).  
المعادلة الحصيلة للتفاعل هي:



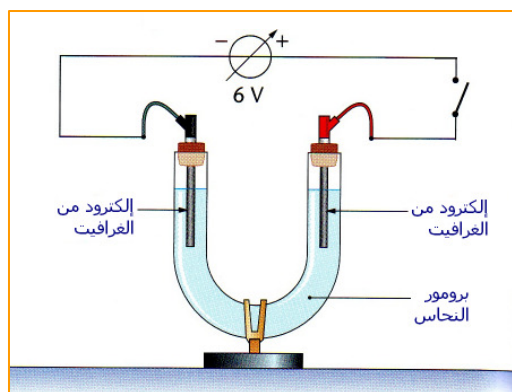
تتطور المجموعة الكيميائية تلقائياً في المنحى المباشر نحو حالة التوازن.

## • تجربة 2:

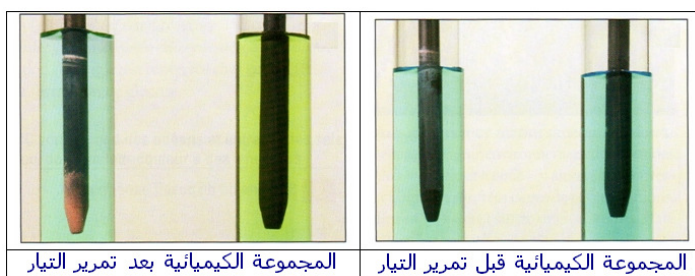


يمزج محلول مائي لكبريتات النحاس و محلول مائي لبرومور الصوديوم (أ)  
لا يتغير لون المحلول في الحالة النهائية (ب)  
لا يحصل أي تفاعل بين أيونات النحاس و أيونات البرومور:  
المجموعة لا تتطور تلقائياً في المنحى المعاكس.

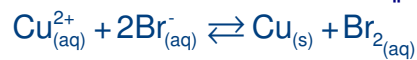
## • التحول القسري



- خلال تطبيق توتر كهربائي بين الإلكترودين:
- يتكون توضع أحمر لفلز النحاس على الإلكترود المرتبط بالقطب السالب للمولد.
- يظهر لون برتقالي للبروم بجوار الإلكترود الآخر.



المعادلة الحصيلة للتفاعل هي:

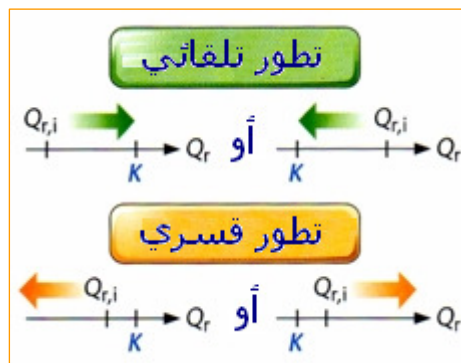


تتطور المجموعة الكيميائية قسريا في المنحى المعاكس للمنحى التلقائي.

بمنحها طاقة يمكن إجبار مجموعة كيميائية على التطور قسريا في المنحى المعاكس لمنحى التطور التلقائي.

**تعريف**

على عكس التحول التلقائي خلال تحول قسري يبتعد خارج التفاعل عن ثابتة التوازن.



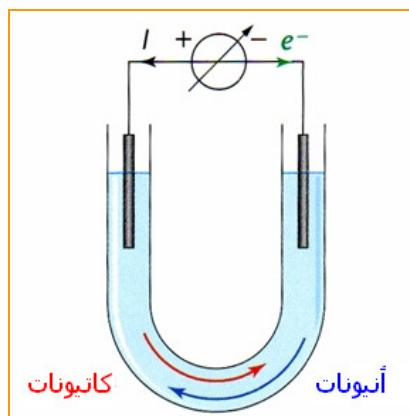
## I. التحليل الكهربائي

• تعريف التحليل الكهربائي

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

**تعريف**

• حركة حملة الشحنة



• التفاعل عند كل إلكترود

خلال تحليل كهربائي:

- تحدث أكسدة بجوار الأنود و هو الإلكترود المرتبط بالقطب الموجب للمولد،
- و يقع اختزال بجوار الكاثود و هو الإلكترود المرتبط بالقطب السلبي للمولد.

### • مثال لتحليل كهربائي

نعتبر التحليل الكهربائي لمحلول مائي لكlorور الصوديوم.

#### ■ تجرية:

✓ بجوار الأنود يتصاعد غاز الكلور (الذي يزيل لون ماء النيلة الأزرق)

✓ بجوار الكاتود يتصاعد غاز الهيدروجين مع تكون أيونات الهيدروكسيد (التي تغير لون الفينول فتالين إلى الوردي)

#### ■ تعليل:

- جرد الأنواع الكيميائية :

إلكترودا الغرافيت (نوع لا يتفاعل)، الماء، الأيونات  $Na^+$  و الأيونات  $Cl^-$ .

- الأنواع القابلة للأكسدة عند الأنود:

$H_2O$  و  $Cl^-$  مختزلان ينتميان على التوالي للمزدوجتين التاليتين:  $Cl_2 / Cl^-$  و  $O_2 / H_2O$

- الأنواع القابلة للاختزال عند الكاتود:

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

- المعادلات الكيميائية:

• نصل ماء النيلة عند الأنود يدل على تكون غاز الكلور إذن النوع الذي تأكسد هو  $Cl^-$  حسب



نصف المعادلة التالية:

• تغير لون الفينول فتالين إلى الوردي عند الكاتود يدل على تكون أيونات الهيدروكسيد كما

ينطلق غاز الهيدروجين إذن النوع الذي اختزل هو الماء حسب نصف المعادلة التالية:



• المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي هي:



### • كمية الكهرباء و حصيلة المادة خلال تحليل كهربائي

خلال تحليل كهربائي مدته  $\Delta t$  تحقق كمية الكهرباء التي تجتاز مقطعا من الدارة العلاقتين التاليتين:

$$Q = I \Delta t \quad \text{و} \quad Q = n(e^-) \cdot \mathcal{F}$$

حيث  $I$  شدة التيار الذي يفرضه المولد و  $n(e^-)$  كمية المادة للإلكترونات المتنقلة و  $\mathcal{F}$  ثابتة فارادي:

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

## • تطبيقات التحليل الكهربائي

- ✓ تحضير العديد من الفلزات و تنقيتها من الشوائب،
- ✓ تحضير بعض المواد كماء جافيل و ثنائي الكلور و الصودا....
- ✓ الطلاء الفلزي (بالفضة أو بالقصدير أو بالكروم.....)
- ✓ المركم: هو عمود قابل لإعادة شحنه (بطارية) .

### ■مثال:

في مركم الرصاص الأنود إلكترود من الرصاص (Pb) و الكاتود إلكترود من الرصاص مغطاة بأكسيد الرصاص (PbO<sub>2</sub>) أما الإلكتروليت فهو محلول مركز لحمض الكبريتيك ( 2H<sup>+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ).

المزدوجتان المتدخلتان هما: Pb<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> / Pb<sub>(s)</sub> و PbO<sub>2</sub> / Pb<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub>

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



- أثناء اشتغاله كمحلل كهربائي (شحن) يحدث تحول قسري معادلته:

