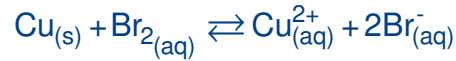


I. التحول القسري لمجموعة كيميائية

• التحول التلقائي أو غير التلقائي

• تجربة 1:

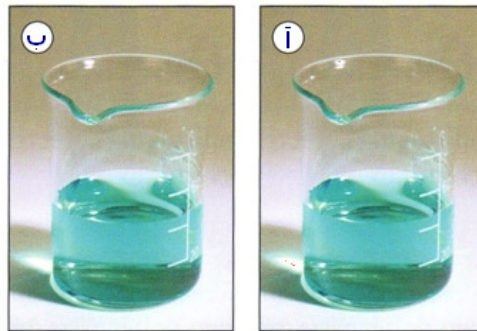
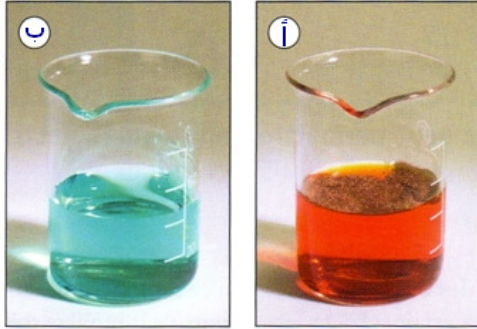
يغمر مسحوق أو خراطة النحاس في ماء البروم (أ).
يتغير لون المحلول في الحالة النهائية (ب).
المعادلة الحصيلة للتفاعل هي:



تتطور المجموعة الكيميائية تلقائياً في المنحى المباشر نحو حالة التوازن.

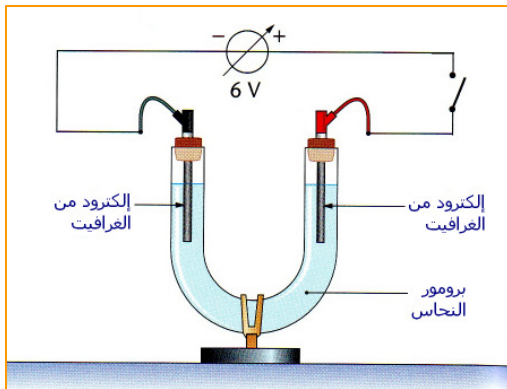
• تجربة 2:

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.

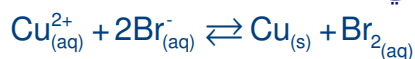


• التحول القسري

- 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:

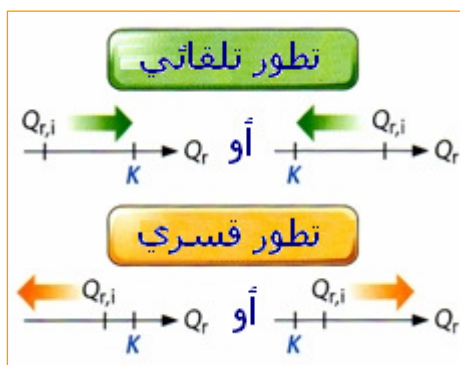


تتطور المجموعة الكيميائية قسريا في المنحى المعاكس للمنحى التلقائي.

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.



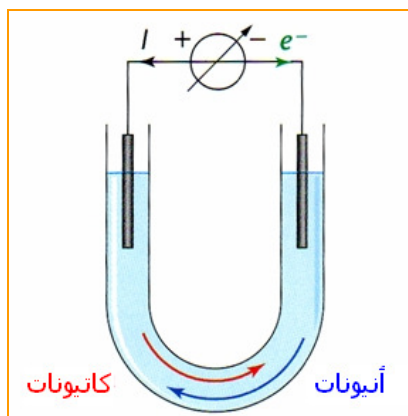
I. التحليل الكهربائي

• 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 الكاتود و هو الإلكترود المرتبط بالقطب السالبي للمولد.

• مثال لتحليل كهربائي

نعتبر التحليل الكهربائي لمحلول مائي لكlorور الصوديوم.

▪ تجربة:

- ✓ 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:

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



- 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 Δt 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 المتقلة 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 (PbO₂) أما الإلكتروليت فهو محلول مركز لحمض الكبريتيك (2H⁺ + SO₄²⁻).

المزدوجتان المتدخلتان هما: Pb²⁺_(aq)/Pb_(s) و PbO₂_(s)/Pb²⁺_(aq)

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



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



تمارين

تمرين 1

ينجز التحليل الكهربائي ليودور الزنك ($Zn^{2+} + 2I^{-}$). يلاحظ عند أحد الإلكترودين توضع رمادي للزنك $Zn_{(s)}$ و عند الآخر ظهور لون أصفر ناتج عن تكون اليود $I_{2(aq)}$.

1- أكتب معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود مسميا هذا الأخير.

2- استنتج المعادلة الحصيلة للتفاعل.

3- يمرر تيار كهربائي شدته $I = 0,30 A$ خلال المدة $\Delta t = 2 h$.

3.1- أحسب كمية مادة اليود الناتج.

3.2- ما هي كتلة الزنك المتوضع؟

♦ معطيات: $M(Zn) = 65,4 g \cdot mol^{-1} / F = 96 500 C \cdot mol^{-1}$

تمرين 2

على المستوى الصناعي يحضر فلز الكاديوم $Cd_{(s)}$ بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول مائي لكبريتات الكاديوم

($2H_{(aq)}^{+} + SO_{4(aq)}^{2-}$) مع حمض الكبريتيك ($Cd_{(aq)}^{2+} + SO_{4(aq)}^{2-}$).

الكاثود صفيحة من الألمنيوم $Al_{(s)}$ ، و الأنود صفيحة من الرصاص $Pb_{(s)}$.

1- أكتب معادلات التفاعلات التي يمكن أن تحدث عند كل إلكترود.

2- في الواقع، خلال هذا التحليل الكهربائي، يلاحظ توضع فلزي على الكاثود، بينما يتصاعد غاز عند الأنود.

2.1- حدد نواتج هذا التحليل الكهربائي.

2.2- أكتب المعادلة الحصيلة للتفاعل.

3- خلال هذا التحليل تبقى شدة التيار ثابتة و تساوي $I = 25,0 kA$.

أحسب كتلة الفلز المتوضع بعد المدة $\Delta t = 12 h$ من التحليل الكهربائي.

♦ معطيات: $M(Cd) = 112,4 g \cdot mol^{-1} / F = 96 500 C \cdot mol^{-1}$

المزدوجات مختزل/مؤكسد للأنواع الكيميائية المتواجدة: $Cd_{(aq)}^{2+} / Cd_{(s)}$ ؛ $Pb_{(aq)}^{2+} / Pb_{(s)}$ ؛ $Al_{(aq)}^{3+} / Al_{(s)}$

؛ $S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}$ ؛ $SO_4^{2-} / SO_{2(g)}$ ؛ $H_{(aq)}^{+} / H_{2(g)}$ ؛ $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$