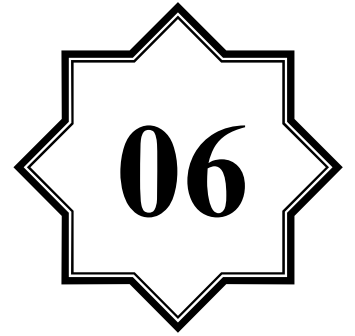


عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبة ٥

مراقبة تطور جملة كيميائية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2014/2015

06

المحتوى المفاهيمي :

التحولات القسرية

تطبيق : التحليل الكهربائي
(خاص بالشعب الرياضية فقط)

• تعريف التحول القسري :

التحول الكيميائي القسري هو تحول كيميائي لا يحدث تلقائيا بل يفرض (يجبر) بواسطة طاقة خارجية تقدم للجملة الكيميائية .

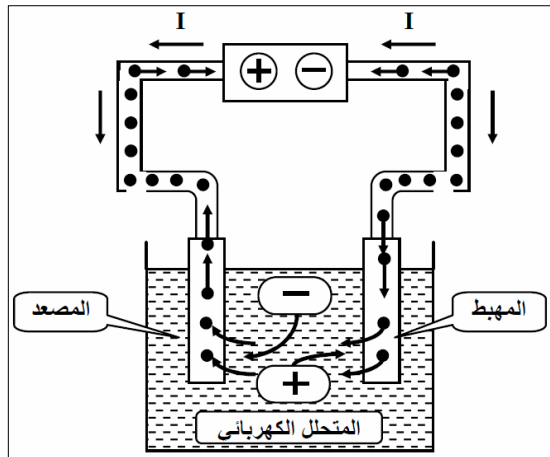
• التحليل الكهربائي :

- يحدث تحليل كهربائي لمحلول أو مصهور ما عندما يمر بهما تيار كهربائي ، ويرافق مرور هذا التيار حدوث تفاعلات كيميائية عند المسريين .

- يسمى كل محلول أو مصهور تحدث له عملية التحليل الكهربائي بالمتحلل الكهربائي .

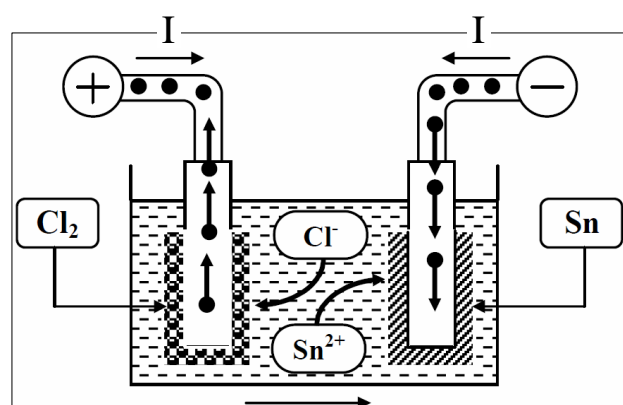
- يدخل التيار الكهربائي إلى وعاء التحليل الكهربائي الحاوي على المتحلل الكهربائي ، دوما من المسرى المرتبط بالقطب الموجب (المصعد) ، و يخرج من المسرى المرتبط بالقطب السالب للمولد (المهبط) ، في حين تنتقل الإلكترونات في الإتجاه المعاكس .

- نواتج التحليل الكهربائي ، تختلف باختلاف نوع المتحلل الكهربائي ، وحالته (محلول أو مصهور) ، و كذا نوع المسريين (طبيعة مادته) .



- المتحلل الكهربائي (المحلول أو المصهور) يحتوي على شوارد موجبة ، و شوارد سالبة ، و عند إمرار التيار الكهربائي بالوعاء ، تتجه الشوارد الموجبة إلى المهبط في حين تتجه الشوارد السالبة إلى المصعد .
- في حالة التحليل الكهربائي البسيط و هو التحليل الكهربائي الذي تكون نواتجه ناتجة فقط عن تفاعل الشوارد الموجبة و السالبة المكونة للمتحلل الكهربائي (مثال-1) يحدث ما يلي : " المهبط يقدم إلكترونات للشاردة الموجبة التي اقتربت إليه عند إمرار التيار الكهربائي ، في حين الشاردة السالبة التي اقتربت إلى المصعد تقدم إلكترونات إلى المصعد (تفاعل أكسدة) ، هذه الإلكترونات تتجه إلى المهبط بواسطة المولد عبر الدارة الخارجية و تقدمها للشاردة الموجبة (تفاعل إرجاع) ، و هكذا تتكرر العملية باستمرار " .
- هناك تحليل كهربائي آخر هو التحليل الكهربائي الذي لا تكون فيه نواتج التحليل الكهربائي ناتجة عن الشوارد المشكلة للمتحلل الكهربائي ، حيث تحدث تفاعلات كيميائية ثانوية ، يتدخل فيها الماء (مثال-2) ، أو المعدن الذي يشكل المصعد (مثال-3) .

مثال-1 : (التحليل الكهربائي لمحلول كلور القصدير)



- تجري التحليل الكهربائي لمحلول كلور القصدير $(Sn^{2+} + 2Cl^-)$ باستعمال مسريين من الفحم الكاثب .
- عند إمرار التيار الكهربائي في المحلول ، نلاحظ انطلاق غاز عند المصعد ، يمكن التعرف عليه بأنه غاز الكلور Cl_2 ، كما نلاحظ تكون عند المهبط شعيرات براقة هي عبارة عن بلورات من معدن القصدير Sn (الشكل) .

التفاعلات الحادثة :

- عند مرور التيار الكهربائي بمحلول كلور القصدير ، تتجه شوارد الكلور Cl^- باتجاه المصعد ، و شوارد القصدير Sn^{2+} باتجاه المهبط ثم يحدث ما يلي :

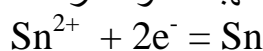
عند المصعد :

- تتخلى كل شاردة كلور Cl^- عن إلكتروناتها للمصعد متحولة إلى ذرة كلور حيث ترتبط كل ذرتين لتشكلايتين لتكوين جزيء غاز الكلور Cl_2 وفق المعادلة النصفية التالية :

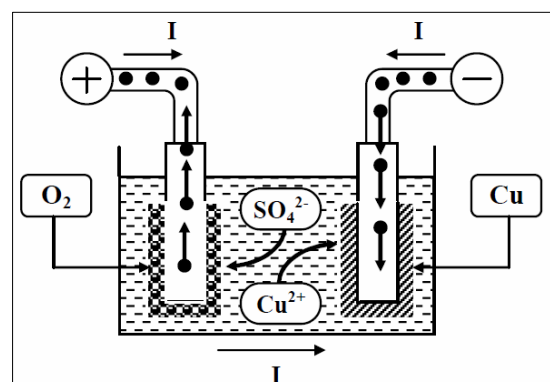


عند المهبط :

- تكتسب كل شاردة قصدير Sn^{2+} إلكترونين من المهبط مكونة ذرة قصدير Sn ، وفق المعادلة :



مثال-2 : (التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس)



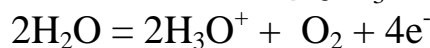
- تجري التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$ المعروف بلونه الأزرق المميز لشوارد النحاس Cu^{2+} باستعمال مسريين غير متأثرين من البلاتين أو الفحم الكاثب .
- عند إمرار التيار الكهربائي في المحلول ، نلاحظ انطلاق غاز عند المصعد يمكن التعرف عليه بأنه غاز الأكسجين O_2 ، كما نلاحظ ترسب لجسم أحمر هو عبارة عن النحاس Cu (الشكل) .

التفاعلات الحادثة :

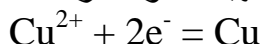
عند مرور التيار الكهربائي بمحلول كبريتات النحاس ، تتجه شوارد الكبريتات SO_4^{2-} باتجاه المصعد ، و شوارد النحاس Cu^{2+} باتجاه المهبط ثم يحدث ما يلي :

عند المصعد :

تؤثر شوارد الكبريتات SO_4^{2-} على جزيئات الماء ، فيتخلى كل جزيئين ماء عن 4 إلكترونات للمصعد متحولتين إلى غاز الأكسجين O_2 و شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ وفق المعادلة الكيميائية التالية :

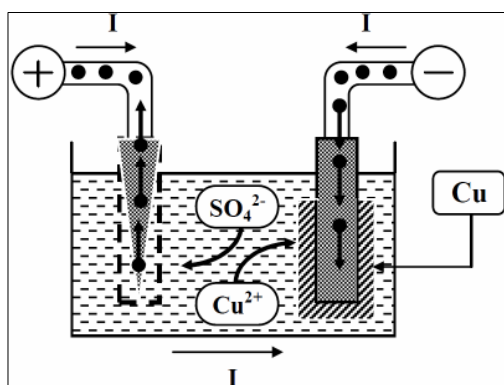
عند المهبط :

تكتسب كل شاردة نحاس Cu^{2+} إلكترونين من المهبط مكونة ذرة نحاس Cu وفق المعادلة :

مثال-3 : (التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس) (حالة مصعد منحل)

- نجري التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) ، لكن في هذه الحالة باستعمال مسريين ، يكون فيهما المصعد من النحاس ، و المهبط من الفحم الكاتب .

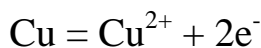
- عند إمرار التيار الكهربائي في المحلول ، نلاحظ تآكل المصعد و ترسب مادة النحاس على المهبط (الشكل) .

التفاعلات الحادثة :

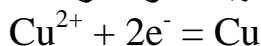
عند مرور التيار الكهربائي بمحلول كبريتات النحاس ، تتجه شوارد الكبريتات SO_4^{2-} باتجاه المصعد و شوارد النحاس Cu^{2+} باتجاه المهبط ثم يحدث ما يلي :

عند المصعد :

عند مرور التيار الكهربائي بمحلول كبريتات النحاس ، تتجه شوارد الكبريتات SO_4^{2-} باتجاه المصعد ، و شوارد النحاس Cu^{2+} باتجاه المهبط ثم يحدث ما يلي :

عند المهبط :

تكتسب كل شاردة نحاس Cu^{2+} إلكترونين من المهبط مكونة ذرة نحاس Cu وفق المعادلة :

د- تطبيقات التحليل الكهربائي :

- يمكن استغلال عملية التحليل الكهربائي صناعيا من أجل انتاج معدن ، تنقية معدن ، تغطية جسم بواسطة معدن أو إنتاج غاز

هـ- كمية الكهرباء المستهلكة خلال مدة زمنية Δt من التحليل الكهربائي :

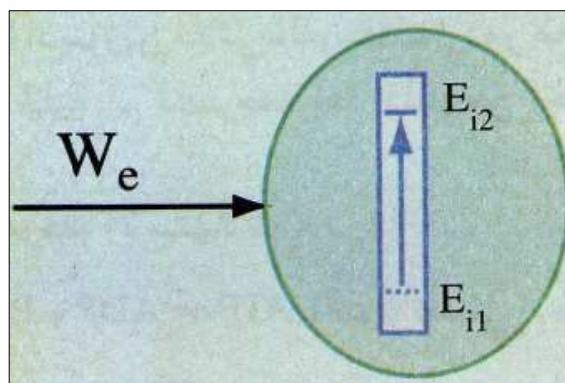
في مدة زمنية Δt أين يتقدم التفاعل المنمذج لعملية التحليل الكهربائي بالمقدار x ، تستهلك عملية التحليل الكهربائي كمية من الكهرباء قدرها :

$$Q = I \cdot \Delta t = z \cdot x \cdot F$$

حيث z هو عدد الإلكترونات المتبادلة بين المرجع و المؤكسد من أجل حدوث التفاعل مرة واحدة .

هـ- الحصلة الطاقوية للجملة الكيميائية في وعاء التحليل الكهربائي :

خلال عملية التحليل الكهربائي تتغير الطاقة الداخلية للجملة الكيميائية عن طريق التحويل الكهربائي W_e الذي يقدمه المولد .

**التمرين (1) :**

I- نحلل كهربائيا محلولاً لنترات الفضة ($Ag^+ + NO_3^-$) باستعمال مسريين من الغرافيت فينطلق غاز ثنائي الأكسجين عند المصعد و يتكون راسب معدني عند المهبط .

- 1- ارسم شكلاً توضيحياً للتجربة .
- 2- أكتب المعادلتين النصفيتين الحادثتين عند المسريين ، ثم اكتب معادلة التفاعل الإجمالية المنمذجة للتحويل القسري الذي أثناء عملية التحليل الكهربائي .
- 3- مثل جدول تقدم هذا التفاعل .

4- يمر في الدارة تيار ثابت شدته 2.4 A خلال 30 دقيقة ، خلال هذه المدة الزمنية :

- أ- أحسب كمية الكهرباء Q المارة في وعاء التحليل .
- ب- أحسب التقدم الذي يبلغه التفاعل .
- ج- أحسب كتلة الفضة المترسبة .

د- أوجد حجم غاز ثنائي الأكسجين المنطلق في الشروط التي يكون فيها $V_M = 24 \text{ L/mol}$.

II- نقوم بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) المحمض بحمض الكبريت ، حيث المسريين من النحاس بعد مدة من التشغيل نلاحظ أن المصعد قد تآكل و المهبط يغطي براسب أحمر ، و لا نلاحظ أي انطلاق للغازات و لا تغير في لون المحلول .

- 1- أكتب معادلات التفاعل الممكنة عند المسريين . ماذا تلاحظ ؟
- 2- أكتب معادلة التفاعل الإجمالية المنمذجة للتحويل الكيميائي القسري أثناء عملية التحليل الكهربائي .
- 3- يستعمل هذا النوع من التحليل لتصفية المعادن من الشوائب في رأيك أين يجب وضع المعدن المراد تصفيته ، مع الشرح .

4- نريد تصفية قضيب نحاسي كتلته $m = 10 \text{ g}$ و الذي يحتوي 2% من الشوائب الغير متأكسدة ، شدة التيار الكهربائي $I = 2.5 \text{ A}$.

أ- مثل جدول التقدم لهذا التفاعل .

ب- ما هي المدة الزمنية اللازمة لتصفية هذا القضيب .

يعطى : (Ag^+/Ag) ، $(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O})$ ، $1F = 96500 \text{ C/mol}$ ،

$M(\text{Ag}) = 108 \text{ g/mol}$ ، $M(\text{Cu}) = 63.5 \text{ g/mol}$

الأجوبة :

I-1- الرسم :

2- المعادلتين النصفيتين :

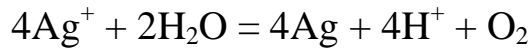
عند المهبط :



عند المصعد :



المعادلة الإجمالية :



3- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$4\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + 4\text{Ag} + \text{O}_2$				
ابتدائية	$x = 0$	n_0	زيادة	0	0	0
انتقالية	x	$n_0 - x$	زيادة	$4x$	$4x$	x
نهائية	x_f	$n_0 - x_f$	زيادة	$4x_f$	$4x_f$	x_f

4- أ- كمية الكهرباء Q المارة في الوعاء :

$$Q = I \Delta t$$

$$Q = 2.4 \cdot 30 \cdot 60 = 4320 \text{ C}$$

ب- التقدم الذي يبلغه التفاعل :

$$Q = z \cdot x \cdot F \rightarrow x = \frac{Q}{z \cdot F}$$

$$x = \frac{4320}{4 \cdot 96500} = 1.12 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ج- كتلة الفضة المترسبة :

من جدول التقدم عدد مولات الفضة الناتجة (المترسبة) بعد 30 دقيقة من عملية التحليل هو :

$$n(\text{Ag}) = 4x = 4 \cdot 1.12 \cdot 10^{-2} = 4.48 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M} \rightarrow m(\text{Ag}) = n(\text{Ag}) \cdot M$$

$$m(\text{Ag}) = 4.48 \cdot 10^{-2} \cdot 108 = 4.84 \text{ g}$$

ب- حجم غاز ثنائي الأكسجين المنطلق في شروط يكون فيها $V_M = 24 \text{ L/mol}$:

من جدول التقدم عدد مولات غاز ثنائي الأكسجين الناتج (المنطلق) بعد 30 دقيقة من عملية التحليل الكهربائي هو :

$$n(\text{O}_2) = x = 1.12 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

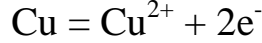
$$n(O_2) = \frac{m(O_2)}{V_M} \rightarrow V(O_2) = n(O_2) \cdot V_M$$

$$V(O_2) = 1.12 \cdot 10^{-2} \cdot 24 = 0.27 \text{ L}$$

II- معادلات التفاعل الممكنة عند المسريين :

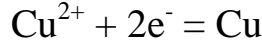
المصعد :

المصعد الذي هو من النحاس تآكل ، هذا يدل على أن نحاس المصعد تأكسد وفق المعادلة :



المهبط :

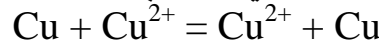
تشكل الراسب الأحمر عند المهبط يدل على تشكل النحاس الناتج عن ارجاع شوارد النحاس وفق المعادلة :



الملاحظة :

نلاحظ أن النحاس الذي اختفى عند المصعد (المتآكل) تشكل من جديد عند المهبط و كأن النحاس المتآكل عند المصعد تمت عملية نقله إلى المهبط .

2- معادلة التفاعل الإجمالية المنمذجة للتحويل الكيميائي القسري الحادث أثناء عملية التحليل الكهربائي :



4- مكان وضع المعدن المراد تصفيته :

كما ذكرنا سابقا ، التحليل في هذه الحالة (حالة المصعد المنحل) يتم فيه نقل النحاس المتآكل إلى المهبط ، لذا يجب جعل المعدن المراد تصفيته هو معدن وعاء التحليل الكهربائي لكي يتم نقله إلى المهبط نقيا ، بذلك نحصل على المعدن النقي في المهبط بغض النظر عن بعض الشوائب التي يحدث لها ما حدث للمعدن (التأكسد) و التي تمثل نسبة ضعيفة جدا في المعدن التي تمت تصفيته .

4- أ- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	Cu	+ Cu ²⁺	= Cu ²⁺	+ Cu
ابتدائية	x = 0	n ₁	n ₂	0	0
انتقالية	x	n ₁ - x	n ₂ - x	x	x
نهائية	x _f	n ₁ - x _f	n ₂ - x _f	x _f	x _f

ب- المدة الزمنية اللازمة لتصفية القضيب النحاسي :

بما أن الشوائب تمثل 2% من كتلة النحاس النقية ، فإن النحاس النقي يمثل نسبة 98% و بالتالي كتلة النحاس النقي التي ستحدث له عملية النقل إلى المهبط و الذي يترسب عنده كما ذكرنا سابقا هي :

$$m(\text{Cu}) = 10 \cdot \frac{98}{100} = 9.8 \text{ g}$$

و عدد المولات الموافق لهذه الكتلة تمثل عدد مولات النحاس المترسبة عند المهبط هي :

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M} = \frac{9.8}{63.5} = 0.15 \text{ mol}$$

اعتمادا على جدول التقدم عدد مولات النحاس المترسبة عند المهبط هي :

$$n(\text{Cu}) = x \rightarrow x = 0.15 \text{ mol}$$

و لدينا من جهة أخرى :

$$Q = I \cdot \Delta t = z \cdot x \cdot F \rightarrow \Delta t = \frac{z \cdot x \cdot F}{I}$$