

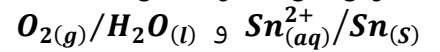
تمارين التحولات القسرية التحليل الكهربائي

تمرين 1 :

الحديد الأبيض هو الفولاذ مغطى بطبقة رقيقة من القصدير ويستعمل خاصة في صناعة علب المصبرات نظرا لخصياته الفيزيائية المتعددة .

يهدف هذا التمرين الى تحديد كتلة القصدير اللازمة لتغطية صفيحة من الفولاذ بواسطة التحليل الكهربائي . معطيات :

المزدوجتان مختزل / مؤكسد المتدخلتان في هذا التحليل هما :



الفارادي : $1F = 9,65.10^4 C.mol^{-1}$

الكتلة المولية للقصدير : $M(Sn) = 118,7 g.mol^{-1}$

نغمر الصفيحة الفولاذية كليا في محلول كبريتات القصدير ($Sn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{(aq)}$) ، ثم ننجز التحليل الكهربائي لهذا المحلول

بين الكتود مكون من الصفيحة الفولاذية و إلكترود الغرافيت .

1-هل يجب أن تكون الصفيحة الفولاذية هي الأنود أو الكاتود .

2-يلاحظ انتشار غاز ثنائي الأوكسجين على مستوى إلكترود الغرافيت .

أكتب معادلة التحليل الكهربائي .

3-يستغرق التحليل الكهربائي مدة $\Delta t = 10 min$ بتيار كهربائي شدته ثابتة $I = 5 A$.

استنتج كتلة القصدير التي توضع على الصفيحة الفولاذية.

تمرين 2 :

ننجز التحليل الكهربائي لمحلول مائي لكبريتات الزنك ($Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$) محمض بحمض الكبريتيك ، باستعمال إلكترودين مختلفين (الكاتود من الألومنيوم والأنود من الرصاص) . ينتج عن هذا التحليل الكهربائي ثنائي الأوكسجين O_2 والزنك (Zn) .

1-أكتب نصف معادلة التفاعل الحاصل عند كل إلكترود .

2-أكتب المعادلة الحصيلة لهذا التحليل الكهربائي .

3-يستعمل في الصناعة يار كهربائي شدته $I = 43000 A$ ، وتوتر كهربائي $U = 3,5 V$ لمدة 24 ساعة .

أحسب خلال نفس المدة $\Delta t = 24 h$:

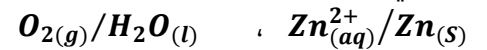
1.3- كمية الكهرباء Q التي تخرق المحلل الكهربائي .

2.3- كتلة الزنك الناتج عن هذا التحليل .

3.3- حجم $V(O_2)$ غاز ثنائي الأوكسجين الناتج .

4.3- أحسب الطاقة المستهلكة من طرف المحلل الكهربائي المستعملة .

نعطي :



$$M(Zn) = 65,5 g.mol^{-1} \text{ ، } V_m = 24 l.mol^{-1} \text{ ، } F = 96500 C.mol^{-1}$$

تمرين 3:

يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء بعض الفلزات ، حيث يتم طلاؤها بطبقة رقيقة من فلز آخر لحمايتها من التآكل أو تحسين مظهرها كعملية التزنيك والتفضيض
معطيات :

الكتلة المولية لفلز الفضة : $M(Ag) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$

الكتلة الحجمية لفلز الفضة : $\rho = 10,5 \text{ g.mol}^{-1}$

الحجم المولي في ظروف التجربة : $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$

$1F = 9,65.10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

نريد تفضيض صحن فلزي مساحته الكلية $S = 190,5 \text{ cm}^2$ ، وذلك بتغطية سطحه بطبقة رقيقة من الفضة كتلتها m وسمكها $e = 20 \mu\text{m}$.

لتحقيق هذا الهدف ننجز تحليلا كهربائيا يكون فيه هذا الصحن أحد الإلكترودين . والإلكترود الآخر قضيب من البلاتين غير قابل للتأثر في ظروف التجربة .

الإلكتروليت المستعمل هو محلول مائي لنترات الفضة + $(Ag^+_{(aq)})$

$(NO_3^-_{(aq)})$ حجمه $V = 200 \text{ mL}$ ، (أنظر الشكل).

تساهم في التفاعل فقط المزدوجتان $Ag^+_{(aq)}/Ag(s)$ و $O_{2(g)}/H_2O(l)$

1- هل يجب أن يكون الصحن هو الأنود أو الكاثود ؟

2- أكتب المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي .

3- احسب الكتلة m لطبقة الفضة المتوضعة على الصحن .

4- ما هو التركيز المولي الأدنى لمحلول نترات الفضة ؟

5- يستغرق التحليل الكهربائي المدة $\Delta t = 30,0 \text{ min}$ بتيار شدته I ثابتة .

1.5- أنشئ الجدول الوصفي للتحول الحاصل على مستوى الكاثود ، واستنتج تعبير شدة التيار I بدلالة m و $M(Ag)$ و F و Δt . أحسب قيمة I .

2.5- أحسب الحجم $V(O_2)$ لغاز ثنائي الأوكسجين المتكون خلال المدة Δt .

تمرين 4:

1- نصب كمية من برادة الزنك (Zn) في كأس تحتوي على محلول كبريتات النحاس

$(Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$ تركيزه C ، ثم نحرك الخليط فنلاحظ اختفاء اللون الأزرق للمحلول وتكون فلز النحاس .

1.1- أكتب معادلة التفاعل علما أنه ينتج عنه كذلك تكون أيونات الزنك $(Zn^{2+}_{(aq)})$.

1.2- نكون عمود باستعمال كأسين ، تحتوي الأولى على محلول كبريتات النحاس المغمورة فيه صفيحة من النحاس ،

وتحتوي الثانية على محلول كبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$ ومغمورة فيه صفيحة من الزنك .

ما الصفيحة التي تكون القطب الموجب للعمود ؟ علل جوابك .

1.3- نريد طلاء جسم من النحاس بطبقة رقيقة من الزنك ، هل يكفي غمر الجسم في محلول من كبريتات الزنك ؟ علل جوابك .

2- ننجز عملية طلاء الجسم من النحاس عن طريق التحليل الكهربائي .

2.1- أرسم تبيانة التركيب التجريبي الذي يمكن استعماله لإنجاز هذه العملية ، علما أن الإلكترود الثاني مكون من البلاتين .

2.2- أكتب نصف المعادلة الكيميائية للمزدوجة مختزل / مؤكسد .

2.3- أكتب المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي .

3- نريد طلاء كرية من النحاس شعاعها $r = 3 \text{ cm}$ بطبقة رقيقة من الزنك سمكها $e = 30 \mu\text{m}$.

3.1- أوجد تعبير $n(\text{Zn})$ كمية مادة الزنك اللازمة لهذه العملية بدلالة r و e و ρ الكتلة الحجمية للزنك و $M(\text{Zn})$ الكتلة المولية للزنك .

3.2- أوجد قيمة $n(e^-)$ كمية مادة الإلكترونات التي تجتاز المحلل الكهربائي أثناء هذه العملية

3.3- ما المدة اللازمة لهذه العملية ، إذا علمت أن شدة التيار الكهربائي المستعمل هو $I = 1A$ ؟
معطيات :

$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1} \quad , \quad M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$$

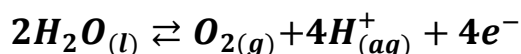
$$N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad , \quad e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$$

$$\rho = 7,14 \text{ g.cm}^{-3} \quad : \quad \text{الكتلة الحجمية للزنك}$$

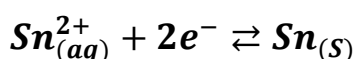
تصحيح تمارين التحولات القسرية

تمرين 1:

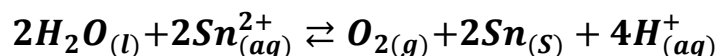
- 1- لكي يتوضع فلز القصدير على الصفيحة الفولاذية يجب أن يحدث تفاعل اختزال أيونات القصدير ، و ينتج عن الاختزال الكاثودي توضع الفلز عند الكاثود ، الصفيحة هي الكاثود.
- 2- بجوار الأنود تحدث أكسدة أنودية لجزيئات الماء وفق نصف المعادلة التالية :



بجوار الكاثود يحدث اختزال كاثودي لأيونات القصدير وفق نصف المعادلة التالية :



حصيلة التحليل الكهربائي :



- 3- استنتاج كتلة القصدير المتوضعة على الصفيحة :
- الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons Sn_{(s)}$			كمية مادة الإلكترونات المنتقلة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$[Sn^{2+}]_iV$	—	0	0
النهائية	x	$[Sn^{2+}]_iV - x$	—	x	$n(e^{-}) = 2x$

لدينا :

$$\begin{cases} n(Sn) = x \\ n(e^-) = 2x \end{cases} \Rightarrow n(Sn) = \frac{n(e^-)}{2}$$

$$Q = I \Delta t = n(e^-) \cdot F n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} \Leftarrow$$

$$n(Sn) = \frac{m}{M(Sn)} m = n(Sn) \cdot M(Sn) \Leftarrow$$

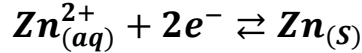
$$m = \frac{n(e^-)}{2} M(Sn) m = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} M(Sn) \Leftarrow$$

ت.ع:

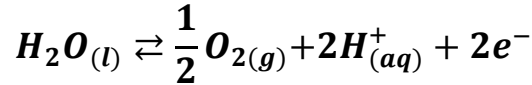
$$m = \frac{5 \times 10 \times 60 \times 118,7}{2 \times 9,65 \cdot 10^4} = 1,845 \text{ g}$$

تمرين 2:

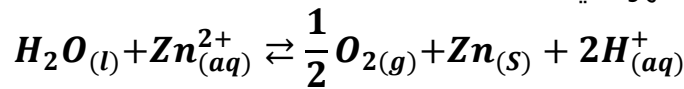
1- يتوضع فلز الزنك عند الكاثود حسب نصف المعادلة :



يتصاعد غاز ثنائي الأوكسيجين عند الأنود وفق المعادلة التالية :



2- المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي:



1.3- كمية الكهرباء Q التي تخرق المحلل خلال المدة Δt :

$$Q = I \cdot \Delta t = 43\,000 \times 24 \times 3600 = 3,7152 \cdot 10^9 \text{ C}$$

2.3- كتلة الزنك الناتجة :

الجدول الوصفي :

نصف معادلة تفاعل المزدوجة $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$		$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn_{(s)}$			كمية مادة الإلكترونات المنتقلة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$[Zn^{2+}]_iV$	—	0	0
النهائية	x	$[Zn^{2+}]_iV - x$	—	x	$n(e^{-}) = 2x$

لنحدد أولا كمية مادة الإلكترونات المنتقلة خلال المدة Δt :

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

$$n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{3,7152 \cdot 10^9}{96500} \approx 3,85 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

لدينا :

$$\begin{cases} n(e^-) = 2x \\ n(\text{Zn}) = x \end{cases} \Rightarrow n(\text{Zn}) = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{3,85 \cdot 10^4}{2} = 1,925 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

نعلم :

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} \Rightarrow m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn})$$

$$m(\text{Zn}) = 1,925 \cdot 10^4 \times 65,5 = 1260,785 \cdot 10^3 \text{ g} \approx 1261 \text{ kg}$$

3.3- حجم ثنائي الأوكسيجين الناتج :
الجدول الوصفي :

نصف معادلة تفاعل المزدوجة $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$		$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-$			كمية مادة الإلكترونات المنتقلة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			0
البديئية	0	وفير	0	وفير	
النهائية	x	وفير	$\frac{x}{2}$	وفير	$n(e^-) = 2x$

لدينا :

$$\begin{cases} n(O_2) = \frac{x}{2} \\ n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} \end{cases} \Rightarrow V(O_2) = \frac{x}{2} V_m = \frac{n(Zn) \cdot V_m}{2}$$

ت.ع:

$$V(O_2) = \frac{1,925 \cdot 10^4 \times 24}{2} = 231 \cdot 10^3 L = 231 m^3$$

4.3- الطاقة المستهلكة :

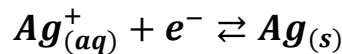
$$W = U \cdot I \cdot \Delta t = 3,5 \times 43000 \times 24 \times 3600 \approx 1,3 \cdot 10^{10} J$$

تمرين 3:

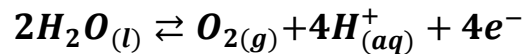
1-توضع الفضة ينتج حسب نصف المعادلة : $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$ وهو تفاعل اختزال يحدث بجوار الكاثود وبالتالي تكون الصفيحة هي الكاثود .

2-المعادلة الحصيلة :

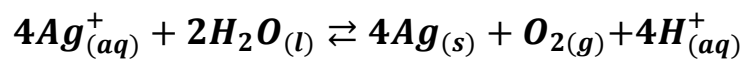
بجوار الكترود الكاثود :



بجوار إلكترود الأنود :



المعادلة الحصيلة :



3- حساب الكتلة m:

لدينا :

$$\begin{cases} \rho = \frac{m}{V} \\ V = S \cdot e \end{cases} \Rightarrow m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot e$$

ت.ع:

$$m = 10,5 \text{ g.cm}^{-3} \times 190,5 \text{ cm}^2 \times 20 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 4 \text{ g}$$

4- التركيز المولي الأدنى لنترات الفضة :

معادلة التفاعل		$4Ag^+_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 4Ag_{(s)} + O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)}$				
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول				
الحالة البدئية	0	$[Ag^+]_i V$	وفير	0	0	وفير
الحالة النهائية	x_{max}	$[Ag^+]_i V - 4x_{max}$	وفير	$4x_{max}$	x_{max}	وفير

لدينا :

$$\begin{cases} [Ag^+]_i V - 4x_{max} = 0 \\ n(Ag) = \frac{m(Ag)}{M(Ag)} = 4x_{max} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4x_{max} = [Ag^+]_i V \\ \frac{m(Ag)}{M(Ag)} = 4x_{max} \end{cases} \Rightarrow [Ag^+]_i V = \frac{m(Ag)}{M(Ag)}$$

$$[Ag^+]_i = \frac{m(Ag)}{M(Ag) \cdot V} = \frac{4}{108 \times 0,2} = 0,185 \text{ mol.L}^{-1}$$

1.5- الجدول الوصفي :

نصف معادلة تفاعل المزدوجة $Ag^+_{(aq)}/Ag_{(s)}$		$4Ag^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 4Ag_{(s)}$			كمية مادة الإلكترونات المنتقلة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$[Ag^+]_iV$	—	0	0
النهائية	x	$[Ag^+]_iV - 4x_{max}$	—	$4x_{max}$	$n(e^-) = 4x_{max}$

$$\begin{cases} n(Ag) = \frac{m}{M(Ag)} = 4x_{max} \\ n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} = 4x_{max} \end{cases} \Rightarrow \frac{I \cdot \Delta t}{F} = \frac{m}{M(Ag)} \Rightarrow I = \frac{m \cdot F}{M(Ag) \cdot \Delta t}$$

ت.ع:

$$I = \frac{4 \times 96500}{108 \times 30 \times 60} = 1,98 A$$

2.5- حسب الجدول الوصفي :

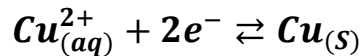
$$\begin{cases} n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m} = x_{max} \\ n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} = 4x_{max} \end{cases} \Rightarrow \frac{V(O_2)}{V_m} = \frac{I \cdot \Delta t}{4F} \Rightarrow V(O_2) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{4F}$$

ت.ع:

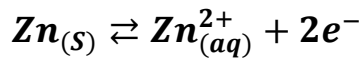
$$V(O_2) = \frac{1,98 \times 30 \times 60 \times 25}{4 \times 96500} = 0,23 \text{ mol. L}^{-1}$$

تمرين 4:

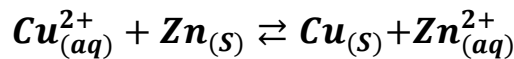
1.1- نصف معادلة المزدوجة $Cu_{(aq)}^{2+}/Cu_{(s)}$



نصف معادلة المزدوجة $Zn_{(aq)}^{2+}/Zn_{(s)}$:



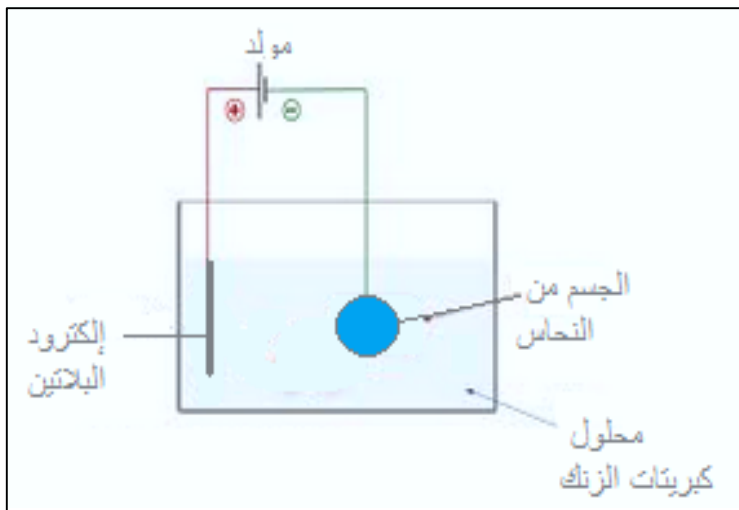
المعادلة الحصيلة للتفاعل :



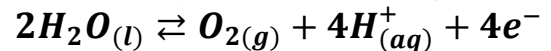
1.2- المنحى الإصطلاحي للتيار خارج العمود يكون من القطب الموجب الى القطب السالب أي عكس منحى الإلكترونات ، بما أن الإلكترونات تنتقل من صفيحة الزنك نحو صفيحة النحاس ، فإن صفيحة النحاس تكون القطب الموجب للعمود .

1.3- عند غمر جسم من النحاس في محلول كبريتات الزنك ، يعني تحقيق تطور المجموعة في المنحى المعاكس للتطور السابق ، وهذا غير ممكن باعتباره عكس التطور التلقائي للمجموعة المتفاعلة

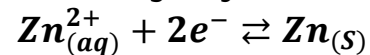
2.1- تبيانة التركيب التجريبي :



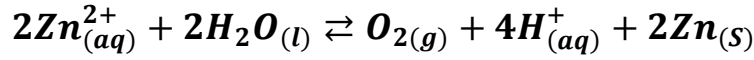
2.2- عند الأنود تحدث أكسدة لجزيئات الماء :



عند الكاثود يحدث اختزال أيونات Zn^{2+}



2.3-المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي :



3.1-تعبير كمية مادة الزنك $n(\text{Zn})$:

حساب حجم طبقة الزنك :

$$V(\text{Zn}) = \frac{4}{3}\pi(r+e)^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi[(r+e)^3 - r^3]$$

نعلم أن:

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{\rho \cdot V(\text{Zn})}{M(\text{Zn})}$$

$$n(\text{Zn}) = \frac{4\pi\rho[(r+e)^3 - r^3]}{3M(\text{Zn})}$$

ت.ع:

$$m(\text{Zn}) = \frac{4\pi \times 7,14 \times [(3 \cdot 10^{-2} + 30 \cdot 10^{-6})^3 + (3 \cdot 10^{-2})^3]}{3 \times 65,4}$$

$$n(\text{Zn}) = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

3.2-لتحديد كمية مادة الإلكترونات التي تجتاز الدارة ننجز الجدول الوصفي للإختزال الكاثودي :

نصف معادلة تفاعل المزدوجة $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$		$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn_{(s)}$			كمية مادة الإلكترونات المنتقلة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة			
البدئية	0	$[Zn^{2+}]_iV$	—	0	0
النهائية	x	$[Zn^{2+}]_iV - x$	—	x	$n(e^{-}) = 2x$

لدينا :

$$\begin{cases} n(\text{Zn}) = x \\ n(e^-) = 2x \end{cases} \quad n(e^-) = 2n(\text{Zn}) = 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \Leftarrow$$

3.3-المدة الزمنية اللازمة لإنجاز عملية الطلاء :
 كمية الكهرباء التي تجتاز الدارة خلال المدة Δt :

$$\begin{cases} Q = I\Delta t = Ne \\ n(e^-) = \frac{N}{N_A} \quad I\Delta t = n(e^-)N_A e \Leftrightarrow \end{cases}$$

$$\Delta t = \frac{N_A \cdot e \cdot n(e^-)}{I}$$

ت.ع:

$$\Delta t = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \times 7,4 \cdot 10^{-2}}{1} = 7127,68s$$

$$\Delta t \approx 2h$$