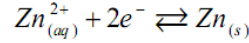


## حلول تمارين السلسلة

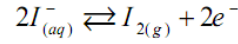


### ⊠ التمرين ①

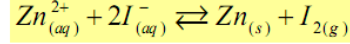
1- معادلة التفاعل الحاصل عند كل الكترود  
• عند الكاتود (الإلكترود السالب) يتوضع الزنك نتيجة اختزال أيونات الزنك حسب المعادلة:



• عند الأنود يتكون اليود نتيجة أكسدة أيونات اليودور حسب المعادلة:



2- المعادلة الحصلة



نجمع نصفي المعادلة:

3.1- كمية مادة اليود الناتج

ننشئ الجدول الوصفي لتفاعل الأكسدة.

كمية المادة بالمول للإلكترونات المتحركة	معادلة التفاعل		
0	$2I_{(aq)}^- \rightleftharpoons I_{2(g)} + 2e^-$	0	-
$2x_f$	$n_i(I^-) - 2x_f$	$x_f$	-
			كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
			كميات المادة بالمول في الحالة النهائية

من الجدول نستنتج:  $x_f = \frac{n(e^-)}{2} \leftarrow n(e^-) = 2x_f$

من جهة أخرى، كمية المادة للإلكترونات المتحركة تحقق العلاقة التالية:  $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$

و بالتالي، التقدم النهائي هو:  $x_f = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$

و حسب الجدول:  $n_f(I_2) = x_f$

نستنتج كمية المادة لليود الناتج:  $n_f(I_2) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$

ت.ع.  $n_f(I_2) = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \leftarrow n_f(I_2) = \frac{0,30 \times 2 \times 3600}{2 \times 96500}$

3.2- كتلة الزنك المتوضع

تبين المعادلة الحصلة أن للنتائج نفس المعامل التناسبي، إذن كمية مادة الزنك الناتجة هي:

$$n_f(Zn) = n_f(I_2) = x_f$$

نستنتج كتلة الزنك المتوضع:  $m(Zn) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \cdot M(Zn)$

ت.ع.  $m(Zn) = 0,73 \text{ g} \leftarrow m(Zn) = \frac{0,30 \times 2 \times 3600}{2 \times 96500} \times 65,4$



### ⊠ التمرين ②

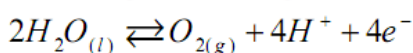
1- معادلات التفاعلات الممكنة حدوثها

• جرد الأنواع الكيميائية:

في المحلول	في الإلكترودين	الذرات
	$Pb_{(s)}$ (الأنود)، $Al_{(s)}$ (الكاتود)	الكاتيونات
$H_{(aq)}^+$ ، $Cd_{(aq)}^{2+}$		الأيونات
$SO_{4(aq)}^{2-}$		الجزئيات
$H_2O_{(l)}$ (المذيب)		

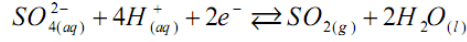
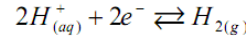
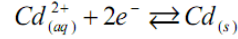
• معادلات التفاعلات عند الأنود:

على مستوى الأنود تحدث أكسدة، و تفاعلات الأكسدة المحتملة هي:



• معادلات التفاعلات عند الكاتود:

على مستوى الكاتود يحدث اختزال، و تفاعلات الاختزال المحتملة هي:



• **تنبيه:** يرجى مراجعة التذكير الخاص بكتابة نصف معادلة أكسدة أو اختزال في الدرس الأول من الجزء الأول.

2.1- نواتج التحليل الكهربائي

• على الكاتود: التوضع الفلزي هو لفلز الكاديوم،

• على الأنود: الغاز المتصاعد هو غاز الأكسجين.

2.2- المعادلة الحصلة للتفاعل



3- **كتلة الفلز المتوضع**

يتعلق الأمر بفلز الكاديوم. نشئ إذن جدول التقدم لتفاعل الاختزال الكاثودي:

كمية المادة بالمول للإلكترونات المنتقلة	$Cd_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cd_{(s)}$			معادلة التفاعل
0	$n_i(Cd^{2+})$	-	0	كميات المادة بالمول في الحالة البدئية
$2x_f$	$n_i(Cd^{2+}) - x_f$	-	$x_f$	كميات المادة بالمول في الحالة النهائية

من الجدول نستنتج:  $n(e^-) = 2x_f \leftarrow x_f = \frac{n(e^-)}{2}$

من جهة أخرى، كمية المادة للإلكترونات المنتقلة تحقق العلاقة التالية:  $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$

و بالتالي، التقدم النهائي هو:  $x_f = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$

و حسب الجدول:  $n_f(Cd) = x_f$

نستنتج كمية المادة للكاديوم المتوضع:  $n_f(Cd) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$

و بالتالي كتلته:  $m(Cd) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \cdot M(Cd)$

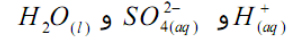
ت.ع.  $m(Cd) = \frac{25,0 \times 10^3 \times 12 \times 3 \cdot 600}{2 \times 96 \cdot 500} \times 112,4 \leftarrow m(Cd) = 6,29 \cdot 10^5 \text{ g} = 629 \text{ kg}$



### ⚡ التمرين ③ ①

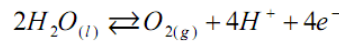
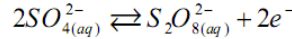
1- **• جرد الأنواع الكيميائية:**

إكترودا الغرافيت لا يتدخلان في هذا التحليل، نكتفي بجرد الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول. وهي:

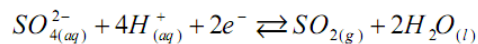
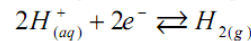


• **التفاعلات المحتملة:**

- على مستوى الأنود تحدث أكسدة، و تفاعلات الأكسدة المحتملة هي:



- على مستوى الكاتود يحدث اختزال، و تفاعلات الاختزال المحتملة هي:



2- **• منحنى تنقل حملة الشحنة**

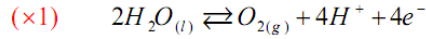
• في الدارة الكهربائية: تنتقل الإلكترونات من القطب السالب للمولد إلى الكاتود، و من الأنود إلى قطبه الموجب.

• في المحلول الإلكتروليتي: تنتقل الأيونات  $H_{(aq)}^+$  من الأنود إلى الكاتود، في منحنى التيار. بينما تتحرك الأيونات

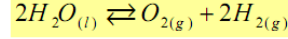
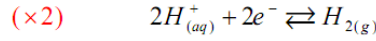
$SO_{4(aq)}^{2-}$  من الكاتود إلى الأنود، في منحنى تنقل الإلكترونات.

### 3- معادلة التفاعل

• على مستوى الأنود ينطلق غاز الأكسجين نتيجة أكسدة جزيئات الماء حسب المعادلة:



• على مستوى الكاتود ينطلق غاز الهيدروجين نتيجة اختزال الأيونات  $H^+_{(aq)}$  حسب المعادلة:



نستنتج المعادلة الحصيلة:

### 4- حجم الغازين

ننشئ الجدول الوصفي لتفاعل الأكسدة مثلا.

معادلة التفاعل	$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^-$	كمية المادة بالمول للإلكترونات المنتقلة
كميات المادة بالمول في الحالة البدئية	- وافرة	0
كميات المادة بالمول في الحالة النهائية	- وافرة	$4x_f$

$$n(e^-) = 4x_f$$

من الجدول نستنتج كمية المادة للإلكترونات المنتقلة:

من جهة أخرى، كمية المادة للإلكترونات المنتقلة تحقق العلاقة التالية:  $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$

$$x_f = \frac{I \cdot \Delta t}{4F}$$

و بالتالي، التقدم النهائي هو:

### • حجم غاز الأكسجين:

حسب الجدول كمية المادة لغاز الأكسجين الناتج هي:  $n_f(O_2) = x_f$

$$V(O_2) = \frac{I \cdot \Delta t}{4F} \cdot V_m$$

$$\leftarrow V(O_2) = x_f \cdot V_m$$

نستنتج حجمه:

$$V(O_2) = 1,94 \cdot 10^{-2} l = 19,4 ml$$

$$\leftarrow V(O_2) = \frac{0,4 \times 13 \times 60}{4 \times 96500} \times 24 \text{ ت.ع.}$$

### • حجم غاز الهيدروجين:

من خلال المعادلة الحصيلة، يتبين أن حجم غاز الهيدروجين يساوي ضعف حجم غاز الأكسجين. و بالتالي:

$$V(H_2) = 38,8 ml$$

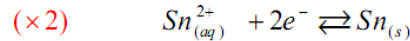
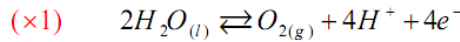
### التمرين ④

#### 1- كاتود أم أنود؟

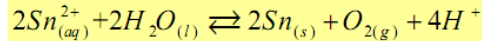
يتوضع فلز القصدير حسب تفاعل اختزال، معادلته:  $Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$  و الاختزال يقع بجوار الكاتود. نستنتج أنه يجب أن تكون صفيحة الفولاذ كاتودا.

#### 2- معادلة التفاعل

• على مستوى الأنود ينطلق غاز الأكسجين نتيجة أكسدة جزيئات الماء حسب المعادلة:



• على مستوى الكاتود:



نستنتج المعادلة الحصيلة:

#### 3- كتلة القصدير المتوضع

ننشئ جدول التقدم لتفاعل الاختزال الكاتودي:

معادلة التفاعل	$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$	كمية المادة بالمول للإلكترونات المنتقلة
كميات المادة بالمول في الحالة البدئية	-	$n_i(Sn^{2+})$
كميات المادة بالمول في الحالة النهائية	-	$n_i(Sn^{2+}) - x_f$

$$x_f = \frac{n(e^-)}{2}$$

$$\leftarrow n(e^-) = 2x_f$$

من الجدول نستنتج تقدم التفاعل:

كمية المادة للإلكترونات المنتقلة تحقق أيضا العلاقة التالية:  $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$

و بالتالي، التقدم النهائي هو:

$$x_f = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$$

$$n_f(Sn) = x_f$$

و حسب الجدول كمية المادة للقصدير المتوضع هي:

$$n_f(Sn) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F}$$

نستنتج:

$$m(Sn) = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \cdot M(Sn)$$

و بالتالي كتلته:

$$m(Cd) = 1,845 \text{ g}$$

←

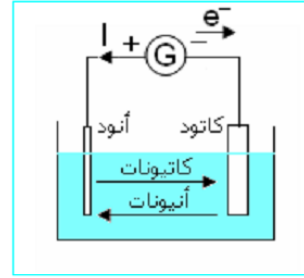
$$m(Cd) = \frac{5 \times 10 \times 60}{2 \times 96500} \times 118,7$$

ت.ع.



## ⊠ التمرين ⑤ ①

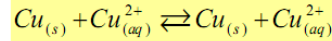
الجزء 1  
-1



-2 التحليل الكهربائي عبارة عن تفاعل أكسدة- اختزال قسري لأنه يحتاج إلى طاقة على شكل طاقة كهربائية.

-3 • عند الأنود: أكسدة فلز النحاس حسب المعادلة  $Cu_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^-$

• عند الكاثود: اختزال أيونات النحاس حسب المعادلة  $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$



-4 المعادلة الحصيلة للتفاعل هي:

-5 عندما يتم اختزال أيون  $Cu_{(aq)}^{2+}$  عند الكاثود، يتكون أيون  $Cu_{(aq)}^{2+}$  بالأكسدة عند الأنود، و بالتالي تركيز أيونات النحاس يبقى ثابتا في المحلول الإلكتروليتي.

-6 عند  $pH > 5$  يتكون الراسب  $Cu(OH)_2$ ، لذلك ينبغي أن يكون الوسط أصغر من 5: و هذا هو دور حمض الكبريتيك.

## الجزء 2

-1 على صفيحة الفولاذ يجب أن يتوضع فلز النحاس باختزال أيونات النحاس، إذن صفيحة الفولاذ تلعب دور الكاثود.

$$Q = I \cdot \Delta t$$

-2 كمية الكهرباء هي:

$$Q = n(e^-) \cdot N_A \cdot e$$

-3 تعبير كمية الكهرباء هو:

$$n(Cu) = \frac{n(e^-)}{2}$$

-4 باعتبار معادلة الاختزال  $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$  لدينا العلاقة:

$$n(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2N_A \cdot e}$$

-5 كمية مادة النحاس المتوضع هي:

$$m(Cu) = \frac{I \cdot \Delta t}{2N_A \cdot e} \cdot M(Cu)$$

و بالتالي كتلته هي:

$$m(Cu) = \frac{0,4 \times 30 \times 60}{2 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,60 \cdot 10^{-19}} \times 63,5$$

ت.ع.

$$m(Cu) = 2,37 \cdot 10^{-1} \text{ g}$$

←

-6 في الحقيقة توجد بجوار الكاثود أنواع كيميائية أخرى قابلة للاختزال كجزينات الماء، و أيونات الأكسنيوم  $H_3O_{(aq)}^+$  تنافس اختزال أيونات النحاس. و لذلك تكون كتلة النحاس المتوضع أصغر من نقصان كتلة الأنود.