تمارين التحولات القسرية التحليل الكهربائي

تمرين 1 :

الحديد الأبيض هو الفولاذ مغطى بطبقة رقيقة من القصدير ويستعمل خاصة في صناعة علب المصبرات نظرا لخاصياته الفيزيائية المتعددة .
يهدف هذا التمرين الى تحديد كتلة القصدير اللازمة لتغطية صفيحة من الفولاد بواسطة التحليل الكهربائي .
معطيات :
المزدوجتان مختزل / مؤكسد المتدخلتان في هذا التحليل هما :
$Sn^{2+}_{(aq)}/Sn_{(S)}$ و $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$
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 الفولادية و إلكترود الغرافيت .
1-هل يجب أن تكون الصفيحة الفولادية هي الأنود أو الكاتود .
2-يلاحظ انتشار غاز ثنائي الأوكسيجين 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 توضعت على الصفيحة الفولادية.

تمرين 2:

ننجز التحليل الكهربائي لمحلول مائي لكبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ محمض بحمض الكبريتيك ، باستعمال إلكتودين مختلفين (الكاتود من الألومنيوم والأنود من الرصاص). ينتج عن هذا التحليل الكهربائي ثنائي الأوكسيجين O_2والزنك (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 تخترق المحلل الكهربائي .
2.3-كتلة الزنك الناتج عن هذا التحليل .
3.3-حجم $V(O_2)$غاز ثنائي الأوكسيجين الناتج .
4.3-أحسب الطاقة المستهلكة من طرف المحلل الكهربائي المستعملة.
نعطي :
$Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(S)}$ ، $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$
$F = 96500\ C.mol^{-1}$ ، $V_m = 24\ l.mol^{-1}$ ، $M(Zn) = 65,5\ g.mol^{-1}$

تمرين 3:

يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء بعض الفلزات ، حيث يتم طلاؤها بطبقة رقيقة من فلز آخر لحمايتها من التآكل أو اتحسين مظهرها كعملية التزنيك والتفضيض الخ....

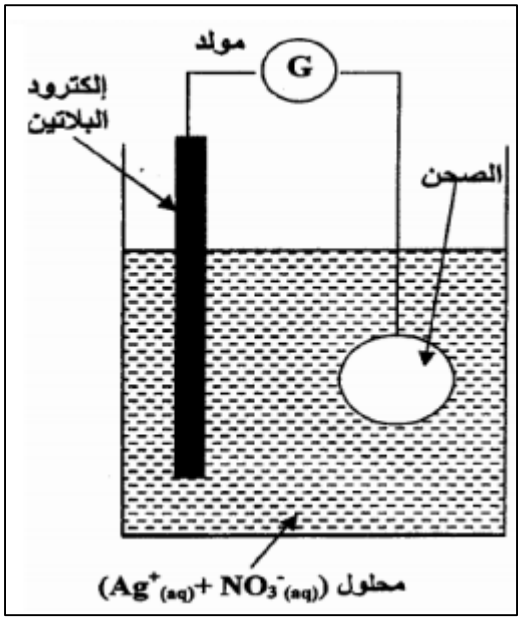
معطيات :

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

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

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

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



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

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 $V = 200\ mL$ ، (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 الكاتود ؟

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 $\Delta t = 30,0\ min$ 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 الأوكسيجين المتكون خلال المدة Δt .

تمرين 4:

1-نصب كمية من برادة الزنك (Zn) في كأس تحتوي على محلول كبريتات النحاس $(Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ 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 االمغمورة فيه صفيحة من النحاس ، وتحتوي الثانية على محلول كبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$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 $r = 3cm$ بطبقة رقيقة من الزنك سمكها $e = 30\mu m$.

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

3.2-أوجد قيمة $\boldsymbol{n(e^-)}$ 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 $\boldsymbol{I = 1A}$ ؟

معطيات :

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

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

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

تصحيح تمارين التحولات القسرية

تمرين 1:

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

$$2H_2O_{(l)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

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

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Sn_{(S)}$$

حصيلة التحليل الكهربائي :

$$2H_2O_{(l)} + 2Sn^{2+}_{(aq)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 2Sn_{(S)} + 4H^+_{(aq)}$$

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

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

لدينا :

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

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

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

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

ت.ع:

$$m = \frac{5 \times 10 \times 60 \times 118,7}{2 \times 9,65.10^4} = 1,845\ g$$

تمرين 2:

1-يتوضع فلز الزنك عند الكاثود حسب نصف المعادلة :

$$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Zn_{(S)}$$

يتصاعد غاز ثنائي الأوكسيجين عند الأنود وفق المعادلة التالية :

$$H_2O_{(l)} \rightleftarrows \frac{1}{2}O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-$$

2-المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي:

$$H_2O_{(l)} + Zn^{2+}_{(aq)} \rightleftarrows \frac{1}{2}O_{2(g)} + Zn_{(S)} + 2H^+_{(aq)}$$

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

$$Q = I.\Delta t = 43\ 000 \times 24 \times 3600 = 3,7152.10^9 C$$

2.3-كتلة الزنك الناتجة :

الجدول الوصفي :

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

لنحدد أولا كمية مادة الإلكترونات المنتقلة خلال المدة Δt :

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

$$n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{3,7152.10^9}{96500} \approx 3,85.10^4 mol$$

لدينا :

$$\begin{cases} n(e^-) = 2x \\ n(Zn) = x \end{cases} \Rightarrow n(Zn) = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{3,85.10^4}{2} = 1,925.10^4\ mol$$

نعلم :

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

$$m(Zn) = 1,925.10^4 \times 65,5 = 1260,785.10^3 g \approx 1261 kg$$

3.3-حجم ثنائي الأوكسيجين الناتج :

الجدول الوصفي :

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

لدينا :

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

ت.ع:

$$V(O_2) = \frac{1,925.10^4 \times 24}{2} = 231.10^3\ L = 231m^3$$

4.3-الطاقة المستهلكة :

$$W = U.I.\Delta t = 3,5 \times 43000 \times 24 \times 3600 \approx 1,3.10^{10}\ J$$

تمرين 3:

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

2-المعادلة الحصيلة :

بجوار الكترود الكاثود :

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftarrows Ag_{(s)}$$

بجوار إلكترود الأنود :

$$2H_2O_{(l)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

المعادلة الحصيلة :

$$4Ag^+_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightleftarrows 4Ag_{(s)} + O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)}$$

3-حساب الكتلة m:

لدينا :

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

ت.ع:

$$\boldsymbol{m = 10,5\ g.cm^{-3} \times 190,5\ cm^2 \times 20.10^{-4} cm = 4\ g}$$

4-التركيز المولي الأدنى لنترات الفضة :

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

لدينا :

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

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

1.5-الجدول الوصفي :

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

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

ت.ع:

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

2.5-حسب الجدول الوصفي :

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

ت.ع:

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

تمرين 4:

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

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Cu_{(S)}$$

نصف معادلة المزدوجة : $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(S)}$

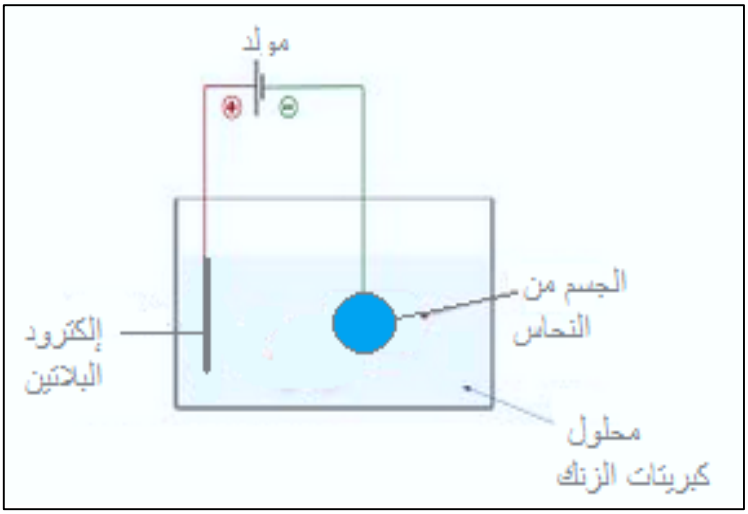
$$Zn_{(S)} \rightleftarrows Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

المعادلة الحصيلة للتفاعل :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(S)} \rightleftarrows Cu_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

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 صفية 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 للتحول السابق ، وهذا غير ممكن باعتباره عكس التطور التلقائي للمجموعة المتفاعلة



2.1-تبيانة التركيب التجريبي :

2.2-عند الأنود تحدث أكسدة لجزيئات الماء :

$$2H_2O_{(l)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

عند الكاثود يحدث اختزال أيونات Zn^{2+}

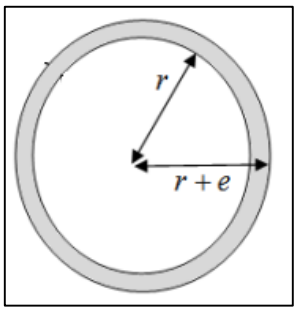
$$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Zn_{(S)}$$

2.3-المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي :

$$2Zn^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightleftarrows O_{2(g)} + 4H^{+}_{(aq)} + 2Zn_{(S)}$$

3.1-تعبير كمية مادة الزنك $n(Zn)$:

حساب حجم طبقة الزنك :



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

نعلم أن:

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

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

ت.ع:

$$m(Zn) = \frac{4\pi \times 7,14 \times [(3.10^{-2} + 30.10^{-6})^3 + (3.10^{-2})^3]}{3 \times 65,4}$$

$$n(Zn) = 3,7.10^{-2}\ mol$$

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

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

لدينا :

$$\begin{cases} n(Zn) = x \\ n(e^-) = 2x \end{cases} n(e^-) = 2n(Zn) = 7,4.10^{-2}\text{mol} \Leftarrow$$

3.3-المدة الزمنية اللازمة لإنجاز عملية الطلاء :

كمية الكهرباء التي تجتاز الدارة خلال المدة Δt :

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

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

ت.ع:

$$\Delta t = \frac{6,02.10^{23} \times 1,6.10^{-19} \times 7,4.10^{-2}}{1} = 7127,68s$$

$$\Delta t \approx 2h$$