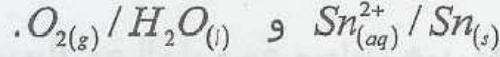


الحديد الأبيض هو فولاد مغطى بطبقة رقيقة من القصدير ويستعمل خاصة في صناعة علب المصبرات نظرا لخصائصه الفيزيائية المتعددة. يهدف هذا الجزء إلى تحديد كتلة القصدير اللازمة لتغطية صفيحة من الفولاذ بواسطة التحليل الكهربائي.

معطيات: المزدوجتان مختزل/مؤكسد المتدخلتان في هذا التحليل هما:



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

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

نغمر الصفيحة الفولاذية كليا في محلول كبريتات القصدير $Sn_{aq}^{2+} + SO_4^{2-}$ ؛ ثم ننجز التحليل الكهربائي لهذا المحلول بين إلكترود مكون من الصفيحة الفولاذية و إلكترود من الغرافيت.

1- هل يجب أن تكون الصفيحة الفولاذية هي الأنود أو الكاثود ؟ علل الجواب.

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

اكتب معادلة تفاعل التحليل الكهربائي.

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

استنتج كتلة القصدير التي توضع على الصفيحة الفولاذية.

2-الموضوع الثاني : موضوع باكالوريا مغربية شعبة العلوم الرياضية الدورة الاستدراكية 2009

إنتاج الزنك بالتحليل الكهربائي

أكثر من نصف الإنتاج العالمي للزنك Zn يتم بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الزنك المحمض .

ينجز هذا التحليل الكهربائي باستعمال إلكترودين من الغرافيت. تساهم في هذا التحليل الكهربائي المزدوجتان $Zn_{(aq)}^{2+} / Zn_{(s)}$ و $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$ و يتوضع فلز الزنك على

أحد الإلكترودين و يتصاعد غاز ثنائي الأوكسجين على مستوى الإلكترود الآخر .

معطيات :

$$1F = 96500 C.mol^{-1} \quad \text{؛ الكتلة المولية : } M(Zn) = 65 g.mol^{-1}$$

1- اكتب معادلة التفاعل عند الكاثود و معادلة التفاعل عند الأنود.

2- استنتج المعادلة الحاصلة للتحليل الكهربائي.

3- يتم هذا التحليل الكهربائي صناعيا باستعمال تيار كهربائي شدته $I = 8.10^4 A$

3.1- احسب كتلة فلز الزنك m الناتجة خلال مدة الاشتغال $\Delta t = 24h$.

3.2- نعتبر محلولاً مائياً حجمه $V = 1,0.10^3 L$ يحتوي على أيونات الزنك $Zn_{(aq)}^{2+}$ تركيزها المولي البدئي $[Zn^{2+}]_i = 2,0 mol.L^{-1}$ و أن حجم هذا المحلول يبقى ثابتاً خلال مدة التحليل الكهربائي .

أوجد مدة التحليل الكهربائي $\Delta t'$ اللازمة ليصبح التركيز المولي لأيونات $Zn_{(aq)}^{2+}$ هو

$$[Zn^{2+}]_f = 0,70 mol.L^{-1} \quad \text{علما أن شدة التيار هي نفسها } I = 8.10^4 A$$

3-الموضوع الثالث : موضوع باكالوريا مغربية شعبة العلوم الرياضية الدورة الاستدراكية 2010

التفويض بواسطة التحليل الكهربائي

يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء بعض الفلزات ، حيث يتم تغطيتها بطبقة رقيقة من فلز آخر لحمايتها من التآكل أو لتحسين مظهرها كعملية التزنيك و التفويض الخ...

معطيات :

$$\rho = 10,5 g.cm^{-3} \quad \text{الكتلة الحجمية لفلز الفضة}$$

$$M(Ag) = 108 g.mol^{-1} \quad \text{الكتلة المولية للفضة}$$

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

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

نريد تفويض صحن فلزي مساحته الكلية $S = 190,5 cm^2$ ، و ذلك

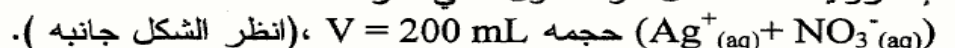
بتغطية سطحه بطبقة رقيقة من الفضة كتلتها m وسمكها $e = 20\mu m$.

لتحقيق هذا الهدف ننجز تحليلاً كهربائياً يكون فيه هذا الصحن

أحد الإلكترودين . الإلكترود الآخر قضيب من البلاتين غير قابل

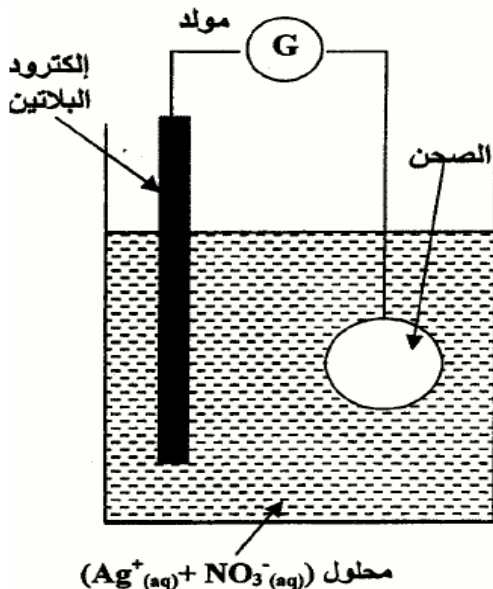
للتأثر في ظروف التجربة .

الإلكتروليت المستعمل هو محلول مائي لنترات الفضة



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- اكتب المعادلة الحصيلة للتحليل الكهربائي .
 3- احسب الكتلة m لطبقة الفضة المتوضعة على سطح الصحن .
 4- ما هو التركيز المولي البدئي الأدنى لمحلول نترات الفضة ؟
 5- يستغرق التحليل الكهربائي المدة $\Delta t = 30,0 \text{ min}$ بتيار شدته I ثابتة .
 5.1- أنشئ الجدول الوصفي للتحول الحاصل على مستوى الكاثود ، و استنتج تعبير شدة التيار I بدلالة m و $M(\text{Ag})$ و F و Δt . احسب قيمة I .
 5.2- احسب الحجم $V(\text{O}_2)$ لغاز ثنائي الأوكسجين المتكون خلال المدة Δt .
 4-الموضوع الرابع :

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

التحليل الكهربائي .

- 1 - اقترح تجربة تمكن من إنجاز هذه العملية . (وضح ذلك بتبيان)
- 2 - اكتب معادلات التفاعل الحاصل .
- 3 - أوجد تعبير $n(\text{Zn})$ كمية مادة الزنك اللازمة لهذه العملية بدلالة $\rho(\text{Zn})$ و $M(\text{Zn})$ و e و r .
 احسب قيمة $n(\text{Zn})$.
- 4 - أوجد قيمة $n(e^-)$ كمية مادة الإلكترونات التي تجتاز المحلل الكهربائي خلال هذه العملية .
- 5 - ما المدة الزمنية Δt اللازمة لهذه العملية علما أن شدة التيار المار في الدارة هي $I = 1 \text{ A}$.

نعطي $\rho_{\text{Zn}} = 7,14 \text{ g/cm}^3$; $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g/mol}$

5-الموضوع الخامس

نريد تغطية خاتم فلزي بطبقة من النحاس . ننجز لهذا الغرض التحليل الكهربائي ، حيث نعوض أحد الإلكترودين بالخاتم .

1.1. أتم التبيانة جانبه معينا الدارة الكهربائية اللازمة لإنجاز هذا التحليل الكهربائي .

1.2. اكتب نصف المعادلة الكيميائية التي تحدث بجوار كل إلكترود .

1.3. استنتج منحى التيار الكهربائي ومنحى حركة الإلكترونات ثم عيّن الأنود والكاثود .

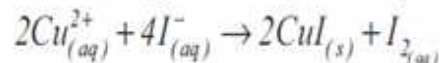
2. يدوم التحليل الكهربائي لمدة $\Delta t = I t$ ، حيث يزود المولد الدارة بتيار كهربائي شدته $I = 400 \text{ mA}$.

2.1. حدد كمية الكهرباء Q التي اجتازت الدارة خلال المدة Δt .

2.2. استنتج كمية مادة الإلكترونات المنتقلة خلال المدة Δt .

2.3. استنتج كتلة النحاس المتوضعة $m_{\text{dep}}(\text{Cu})$ على الخاتم .

نعتبر تفاعل الترسيب المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية:



1.1. أنشئ الجدول الوصفي للتحول الموافق لهذا التفاعل ، علما أن أيونات اليودور توجد بوفرة . نسمي n_0 كمية المادة البدئية لأيونات

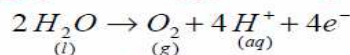
النحاس $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ و n_1 كمية مادة ثنائي اليود المتكون .

1.2. أوجد العلاقة بين n_1 و n_0 .

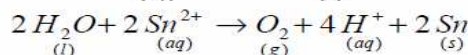
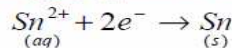
1- تصحيح الموضوع الأول : موضوع باكالوريا مغربية شعبة العلوم الرياضية الدورة العادية 2008

(1) من أجل توضع فلز القصدير على الصفيحة الفولاذية يجب أن تكون هي الكاثود ، لأن التوضع ينتج تفاعل اختزال أيونات القصدير . أي عن تفاعل الاختزال الكاثودي .

(2) انتشار غاز الأوكسجين بجوار الأنود ناتج عن أكسدة جزيئات الماء وفق نصف المعادلة التالية:



توضع فلز القصدير على الكاثود ناتج عن اختزال أيونات القصدير وفق نصف المعادلة التالية:



معادلة تفاعل التحليل الكهربائي:

(3) نعلم أن كمية الكهرباء التي تعبر الدارة خلال المدة الزمنية Δt هي : $q = I \cdot \Delta t = n \cdot e$ ومنه فإن عدد الإلكترونات المار

في الدارة خلال هذه المدة هو : $n = \frac{I \cdot \Delta t}{e}$ وكمية مادة الإلكترونات هي :

$$n(e) = \frac{I \cdot \Delta t}{N \cdot e} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$$

ومن خلال نصف المعادلة : $Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)}$

$$m(Sn) = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(Sn)}{2F} = \frac{5 \times 10 \times 60 \times 118,7}{2 \times 9,65 \times 10^4} = 1,845g \Leftrightarrow \frac{I \cdot \Delta t}{2 \cdot F} = \frac{m(Sn)}{M(Sn)} \Leftrightarrow \frac{n(e)}{2} = n(Sn) : \text{لدينا}$$

2- تصحيح الموضوع الثاني : موضوع باكالوريا مغربية شعبة العلوم الرياضية الدورة الاستدراكية 2009

بجوار الكاتود $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$

بجوار الانود : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

2-الحصيلة : $2Zn^{2+} + 2H_2O \rightarrow Zn + 4H^+ + O_2$

1-3-3 من خلال نصف المعادلة : $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ الناتج $n(e^-) = n(Zn)$ ونعلم أن : $\frac{I \cdot \Delta t}{2 \cdot F} = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} \Leftrightarrow n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$

$$m(Zn) = \frac{I \cdot \Delta t}{2 \cdot F} \cdot M(Zn) = \frac{8,10^4 \cdot 24 \times 3600}{2 \times 96500} \times 65 \approx 2,33 \cdot 10^6 g = 2,33 \cdot 10^3 kg$$
 ومنه :

$2Zn^{2+}$	+	$2H_2O \rightarrow Zn + 4H^+ + O_2$				-3
$C_o.V = 2 \cdot 10^3$		<i>excès</i>	0	0	0	
$2 \cdot 10^3 - 2x_f$		<i>excès</i>	x_f	$4x_f$	x_f	

$$x_f = \frac{2 \cdot 10^3 - 0,7 \cdot 10^3}{2} = 0,65 \cdot 10^3 mol \Leftrightarrow 2 \cdot 10^3 - 2x_f = 0,7 \cdot 10^3 \Leftrightarrow [Zn^{2+}]_f = \frac{2 \cdot 10^3 - 2x_f}{V} = 0,7 mol / L : \text{لدينا}$$

ومن خلال نصف المعادلة : $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ لدينا : $n(Zn^{2+}) = \frac{n(e^-)}{2} = 2 \cdot x_f$ كمية مادة الزنك المتفاعلة

$$\Delta t' = \frac{4 \cdot F \cdot x_f}{I} = \frac{4 \times 96500 \times 0,65 \times 10^3}{8,10^4} = 3,136 \times 10^3 s = 52mn16,25s \Leftrightarrow x_f = \frac{I \cdot \Delta t'}{4F} : \text{لدينا} : n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t'}{F}$$

3- تصحيح الموضوع الثالث : موضوع باكالوريا مغربية شعبة العلوم الرياضية الدورة الاستدراكية 2010

1- للحصول على توضع الفضة لدينا : $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ وهو تفاعل اختزال وهو يحدث بجوار الكاتود . $\Leftrightarrow$ الصفيحة في الكاتود.

2. بجوار الكاتود $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

بجوار الانود : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

الحصيلة : $4Ag^+ + 2H_2O \rightarrow 4Ag + 4H^+ + O_2$

$$m = \rho \cdot V \cdot e = 10,5g / cm^3 \times 190,5cm^2 \times 20 \cdot 10^{-4}cm = 4g$$
 -3

4- التركيز المولي البدني الاذني للأيونات Ag^+ يوافق تكون كتلة $m = 4g$ من الفضة على الكاتود :

$4Ag^+$	+	$2H_2O \rightarrow$	$4Ag$	+	$4H^+ + O_2$
$C_o.V$		<i>excès</i>	0	0	0
$C_o.V - 4x_{max}$		<i>excès</i>	$4x_{max}$	$4x_{max}$	x_{max}

$$C_o = \frac{4 \cdot x_{max}}{V} = \frac{0,037mol}{0,2L} = 0,185mol / L \quad \begin{cases} C_o \cdot V - 4x_{max} = 0 \\ 4x_{max} = \frac{m(Ag)}{M(Ag)} = \frac{4g}{108g \cdot mol^{-1}} = 0,037mol \Leftrightarrow \end{cases}$$

-1-5-5

$$I = \frac{m \cdot F}{M(Ag) \cdot \Delta t} = \frac{4 \cdot 69500}{108 \times 30 \times 60} = 1,98A \Leftrightarrow \begin{cases} n(Ag) = \frac{m}{M} \\ n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} \end{cases} : \text{مع}$$

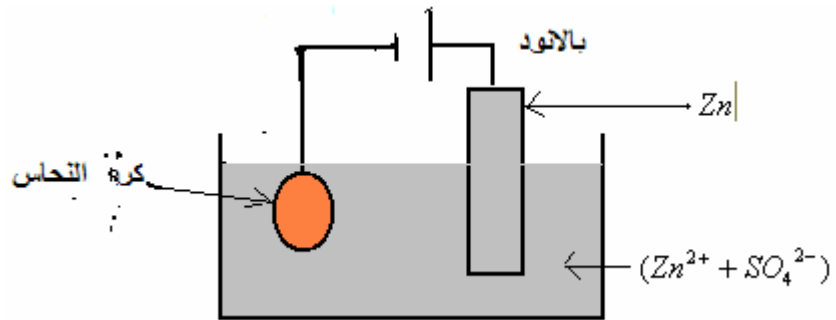
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
$\frac{n(e^-)}{1} = \frac{n(Ag)}{1}$

2-5- من خلال جدول تقدم التفاعل لدينا : كمية مادة O_2 الناتج : $V(O_2) = 0,231L = 231mL \Leftarrow n(O_2) = x_{max} = \frac{V(O_2)}{V_M}$

4- تصحيح الموضوع الرابع

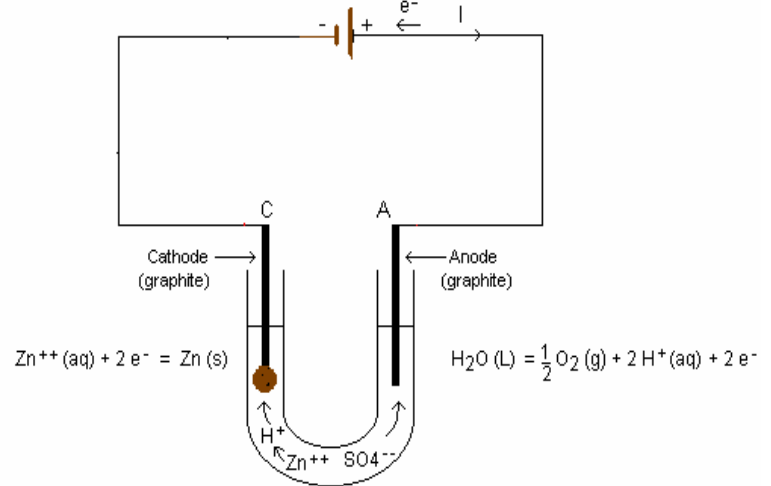
1- للحصول على توضع الزنك لدينا : $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ وهو تفاعل اختزال وهو يحدث بجوار الكاتود . $\Leftarrow$ كرية النحاس في الكاتود.

فيما يخص اقتراح تجربة تمكن من هذه العملية يمكن اعتبار التحليل الكهربائي بالانود القابلة للذوبان :



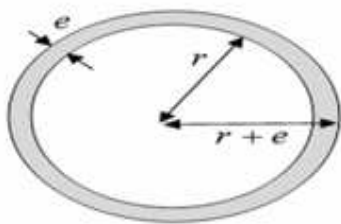
في هذه الحالة بجوار الأنود تحدث أكسدة الزنك : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ وبجوار الكاتود اختزال أيونات الزنك $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ الحصلة منعدمة

او يمكن اعتبار التحليل الكهربائي باستعمال الكتروليت من الغرافيت عند الأنود وهي لا تساهم في التفاعل .



2- وفي هذه الحالة يتأكسد الماء بجوار الأنود وفق نصف المعادلة التالية : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

وبجوار الكاتود اختزال أيونات الزنك $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ والحصلة $2Zn^{2+} + 2H_2O \rightarrow 2Zn + 4H^+ + O_2$



3 - كمية مادة الزنك ، $n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{V(Zn) \times \rho(M)}{M(Zn)}$

حيث $V(Zn)$ حجم الزنك المتكون ، $V(Zn) = \frac{4}{3}\pi(r+e)^3 - \frac{4}{3}\pi r^3$

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

$\Rightarrow n(Zn) = \frac{4\pi[(3cm + 30 \cdot 10^{-4}cm)^3 - (3cm)^3] \times 7,14g/cm^3}{3 \times 65,4g/mol}$

$\Rightarrow n(Zn) = 0,037 mol$

ملحوظة: يمكن توظيف العلاقة التي تعطي مساحة كرة وهي كما يلي : $S = 4 \cdot \pi \cdot r^2$

وبذلك : $n(Zn) = \frac{m(Zn)}{M(Zn)} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{\rho \cdot e \cdot S}{M} = \frac{4 \cdot \rho \cdot e \cdot \pi \cdot r^2}{M} = \frac{4 \cdot 7,14 \times 30 \times 10^{-4} \times \pi \times 9}{65,4} = 0,037 mol$

4 - كمية مادة الإلكترونات :

كمية مادة الإلكترونات المتبادلة	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$			نصف المعادلة الإلكترونية عند الكاثود	
	كميات المادة			التقدم	حالة المجموعة
0	$[Zn^{2+}]_i$	-	0	0	الحالة البدئية
2x	$[Zn^{2+}]_i - x$	-	x	x	الحالة النهائية

$$n(e^-) = 2n(Zn) = 0,074 \text{ mol} \quad \text{إذن :} \quad \begin{cases} n(Zn) = x \\ n(e^-) = 2x \end{cases} \quad \text{لدينا :}$$

5 - المدة الزمنية اللازمة لعملية الطلاء :

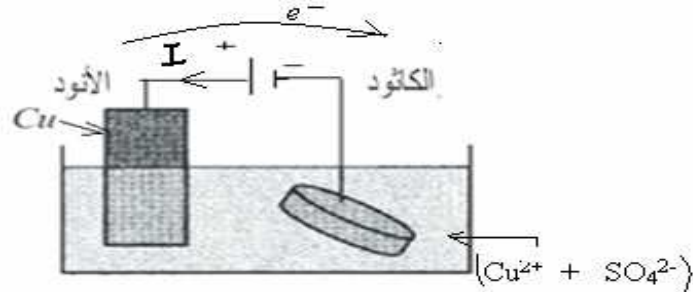
$$Q = I \cdot \Delta t = N \cdot e = n(e^-) \cdot N_A \cdot e \quad ; \quad \Delta t \text{ المدة خلال الدارة التي تجتاز الكهربية التي}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{N_A \cdot e \cdot n(e^-)}{I} = 7127,68 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \Delta t \approx 2 \text{ h}$$

5-تصحيح الموضوع الخامس

1-1-1



2-1 الأكسدة الانودية : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ الاختزال الكاثودي : $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ يسمى هذا التحليل : التحليل الكهربائي بالأنود القابلة للذوبان .

$$n(e) = \frac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} = \frac{Q}{F} = \frac{1440}{96500} \approx 0,015 \text{ mol} \quad -2-2 \quad Q = I \cdot \Delta t = 400 \times 10^{-3} \times 3600 = 1440 \text{ C} \quad 1-2-2$$

$$-2-3 \text{ من خلال نصف المعادلة : } Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad \text{لدينا : } \frac{n(e^-)}{2} = \frac{m(Cu)}{M(Cu)} \leftarrow \frac{n(e^-)}{2} = n(Cu) \quad \text{ومنه :}$$

$$m = \frac{n(e) \cdot M}{2} = \frac{0,015 \times 63,5}{2} = 0,48 \text{ g}$$

1-3- 3

$2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow 2CuI + I_2$			
n_o	بوفرة	0	0
$n_o - 2x_{\max}$	بوفرة	$2x_{\max}$	$x_{\max}$

$$-3-3 \quad Cu^{2+} \text{ هو المحد} \leftarrow x_{\max} = \frac{n_o}{2} \quad \text{وبما أن } n_1 \text{ هي كمية مادة } I_2 \text{ الناتج ، } x_{\max} = n_1 \quad \text{إذن : } n_1 = \frac{n_o}{2} \quad \text{أي : } n_o = 2n_1$$

Sbiro Abdelkrim .