سلسلة تمارين التحولات التلقائية في الأعمدة وتحصيل الطاقة

تمرين 1:

ننجز عمود نحاس– فضة بواسطة قنطرة ملحية ونصفي عمود .الأول مكون من صفيحة نحاس مغمورة جزئيا في محلول مائي لكبريتات النحاس تركيزه بحيث $[Cu^{2+}] = 0,05\ mol\ell.L^{-1}$ والثاني مكون من صفيحة الفضة مغمورة في محلول مائي لنترات الفضة بحيث $[Ag^{+}] = 0.02\ mol\ell.L^{-1}$

1- تكتب معادلة تفاعل الأكسدة –اختزال الممكن حدوثه كالتالي :

$$2Ag_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftarrows 2Ag^{+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

نعطي ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل $K = 2,6.10^{-16}$
ما منحى تطور هذه المجموعة ؟

2-استنتج التفاعلين الذين يحدثان على مستوى الإلكترودين ، وعين منحى انتقاعل حملة الشحن الكهربائية في العمود .
3-اعط التبيانة الإصطلاحية للعمود .
4-علما أن العمود يولد خلال المدة الزمنية $\Delta t = 1,5\ mn$ ، تيارا شدته $I = 86\ mA$.
4.1-ما كمية الكهرباء المتدخلة خلال هذه المدة.
4.2-أحسب تغير كمية مادة أيونات النحاس II وتغير كمية مادة أيونات الفضة خلال هذه المدة .

تمرين 2:

ننجز عمود باستعمال صفيحة فضة وصفيحة زنك ، قنطرة ملحية لنترات البوتاسيوم $(K^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{(aq)})$
حجم $V = 100mL$ من محلول نترات الفضة $(Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3})$ تركيزه البدئي من أيونات الفضة $[Ag^{+}] = 0,20\ mol.L^{-1}$.
حجم $V = 100mL$ من محلول كبريتات الزنك حجم $(Zn^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)})$ تركيزه البدئي من أيونات الزنك $[Zn^{2+}] = 0,20\ mol.L^{-1}$.

1- نربط القطب « V » لفولطمتر بصفيحة الفضة والقطب « com » بصفيحة الزنك ، فيشير الفولطمتر الى توتر موجب .حدد القطب الموجب والقطب السالب للعمود.
2-ارسم تبانة العمود باستعمال الأمبير متر وموصل أومي عوض الفولطمتر مبينا على التبيانة منحى مرور حملة الشحن الكهربائية.
3-أكتب معادلات التفاعل التي تحدث عند كل إلكترود ، والمعادلة الحصيلة . استنتج المزدوجات مختزل/ مؤكسد المتدخلتين في التفاعل
4-أعط تعبير خارج التفاعل البدئي $Q_{r,i}$ علما أن ثابتة التوازن لتفاعل العمود هي $K = 6,8.10^{28}$ ، تحقق من أن منحى التطور التلقائي للمجموعة يتوافق من نتيجة السؤال 3.

5- يشتغل العمود بتيار $\boldsymbol{I = 0,20\ A}$ خلال المدة t=2h .

5-1- أحسب كمية الكهرباء التي تجتاز الدارة خلال المدة t .
5-2- أنجز الجدول الوصفي لمعادلة التفاعل عند الكاثود .
5-3- حدد كمية المادة وتركيز أيونات الفضة في المحلول في نهاية مدة الإشتغال .

نعطي : $\boldsymbol{F = 96500\ C/mol}$

تمرين 3:

ندرس عمود مكونا من الأجزاء التالية :

-صفيحة نيكل مغمورة في الحجم $\boldsymbol{V = 100\ mL}$ من محلول مائي لكبريتات النيكل $(\boldsymbol{Ni^{2+}_{(aq)}; SO^{2-}_{4(aq)}})$ تركيزه $\boldsymbol{[Ni^{2+}]_i = 0,20\ mol.L^{-1}}$.
صفيحة نيكل مغمورة في الحجم $\boldsymbol{V = 100\ mL}$ من محلول مائي لكبريتات الحديد $(\boldsymbol{Fe^{2+}_{(aq)}; SO^{2-}_{4(aq)}})$ تركيزه $\boldsymbol{[Fe^{2+}]_i}$ $\boldsymbol{0,20\ mol.L^{-1}}$.
-قنطر ملحية لنترات البوتاسيوم $(\boldsymbol{K^+; NO^-_{3(aq)}})$.
-صفيحتان فلزيتان لكل من النيكل والحديد .
-يشتغل العمود في دارة مكونة من أمبيرمتر ومقاومة $\boldsymbol{R}$ مركبان على التوالي .يشير الأمبيرمتر الى قيمة موجبة للتيار عندماربط قطبه « A » لصفيحة النيكل و قطبه « com » لصفيحة الحديد .القوة الكهرمحركة للعمود E=0,20 V . يشتغل العمود لمدة t حيث يجتاز الدارة تيار شدته ثابتة .

1-حدد القطب الموجب والسالب للعمود.
2-أكتب معادلة التفاعل التي تحدث عند كل إلكترود .استنتج المعادلة الحصيلة لاشتغال العمود.
3-أعط تبانة العمود محددا منحى انتقال الأيونات والإلكترونات.
4-أنشئ الجدول الوصفي . حدد القيمة القصوى لكمية الكهرباء الممكن ان ينتجها هذا العمود .
5-حدد مدة اشتغال العمود في الظروف التجريبية المشارة اليها في التمرين .

نعطي :

$$\boldsymbol{F = 96500\ C.mol^{-1}}$$

المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل : $\boldsymbol{Ni^{2+}_{(aq)}/Ni_{(S)}}$ و $\boldsymbol{Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(S)}}$

تمرين 4:

لإنجاز عمود في المختبر نتوفر على صفيحة من الرصاص Pb، صفيحة من الفضة Ag،محلول نترات الرصاص $\boldsymbol{\left(Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}\right)}$تركيزه $\boldsymbol{C_1 = 0,1\ mol.L^{-1}}$ حجمه $\boldsymbol{V_1 = 100\ mL}$، محلول نترات الفضة $\boldsymbol{\left(Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}\right)}$ تركيزه $\boldsymbol{C_2 = 0,05\ mol.L^{-1}}$ وحجمه $\boldsymbol{V_2 = 100\ mL}$ و قنطرة أيونية لنترات البوتاسيوم $\boldsymbol{(K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)})}$.
بعد إنجاز العمود نركب بين الصفيحتين على التوالي موصل أومي و أمبيرمتر حيث المربط « com » للأمبير متر مرتبط بصفيحة الرصاص ، بعد غلق الدارة يشير الأمبير الى قيمة موجبة .
يشتغل الأمبير متر لمدة $\boldsymbol{\Delta t = 1h}$ مولدا تيارا شدته $\boldsymbol{I = 100\ mA}$.

نعطي :

$$F = 9,65 \,.\, 10^4 C.mol^{-1}$$
$$M(Ag) = 107,9 \; g.mol^{-1}$$
$$M(Pb) = 207 \; g.mol^{-1}$$

1-حدد قطبية العمود معللا جوابك.
2-أكتب نصفي معادلتي التفاعل عند كل إلكترود والمعادلة الحصيلة .
3-حسب خارج التفاعل البدئي $Q_{r,i}$ الموافق للمعادلة .
4-أعط التبيانة الإصطلاحية للعمود .
5-انشئ الجدول الوصفي للتفاعل .
6-أحسب كمية الكهرباء التي يمنحها العمود خلال مدة الإشتغال و استنتج قيمة تقدم التفاعل x بعد تمام مدة الإشتغال .
7-احسب تراكيز الأيونات الفلزية بعد تمام مدة الإشتغال .
8-أحسب تغير كتلة الصفيحتين بعد تمام نفس المدة.

سلسلة تمارين التحولات التلقائية في الأعمدة وتحصيل الطاقة

تصحيح التمرين 1:

1-نحدد خارج التفاعل في الحالة البدئية :

$$Q_{r,i} = \frac{[Ag^+]_i^2}{[Cu^{2+}]_i} = \frac{0,02^2}{0,05} = 2.10^{-3}$$

نلاحظ أن $Q_{r,i} > K$ ، إذن المجموعة تتطور تلقائيا في المنحى المعاكس (غير المباشر) أي منحى تكون Ag و Cu^{2+} وفق المعادلة
التالية :

$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(S)} \rightarrow 2Ag_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)}$$

2- بجوار الأنود ، أي صفيحة النحاس يحدث أكسدة :

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

بجوار الكاثود ، أي صفيحة الفضة يحدث اختزال :

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

يمرالتيار الكهربائي عبر الدارة الخارجية من صفيحة الفضة (القطب الموجب) الى صفيحة النحاس (القطب السالب) .والالكترونات في المنحى المعاكس أي من صفيحة النحاس الى صفيحة الفضة.

داخل العمود عبر القنطرة الملحية تنتقل الكاتيونات في منحى التيار الكهربائي أي من صفيحة Ag الى صفيحة Cu والأنيونات في منحي الإلكترونات .

3-التبانة الإصطلاحية للعمود :

$$(-)\ Cu_{(S)}/Cu^{2+}_{(S)}//Ag^+_{(aq)}/Ag_{(S)}\ (+)$$

4-أ –كمية الكهرباء التي تجتاز الدارة خلال المدة Δt :

$$Q = I.\Delta t = 86.10^{-3} \times 1,5 \times 60 = 7,74C$$

ب-حسلب تغير كمية مادة كل من أيونات الفضة والنحاس :

ننجز الجدول الوصفي :

كمية مادة الإلكترونات	$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(S)} \rightarrow 2Ag_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)}$				التقدم	معادلة التفاعل
	كمياة المادة بالمول					
n(é)=0	$n_i(Cu^{2+})$	$n_i(Ag)$	$n_i(Cu)$	$n_i(Ag^+)$	0	البدئية
n(é)=2x	$n_i(Cu^{2+}) + x$	$n_i(Ag) + 2x$	$n_i(Cu) - x$	$n_i(Ag^+) - 2x$	$2x$	النهائية

من خلال الجدول الوصفي يتضح أن :

كمية مادة أيون A^+ تتناقص نكتب: $\Delta Ag^+ < 0 \Delta(Ag^+) = n_f - n_i = -2x$ ⇐
وكمية مادة أيون C^{2+} تتزايد نكتب : $\Delta(Cu^{2+}) > 0 \Delta(Cu^{2+}) = n_f - n_i = x$ ⇐
وكمية مادة الإلكترونات : $n(e^-) = 2x$
نعلم : $n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{I\Delta t}{F} x = \frac{I\Delta t}{2F}$ ⇐

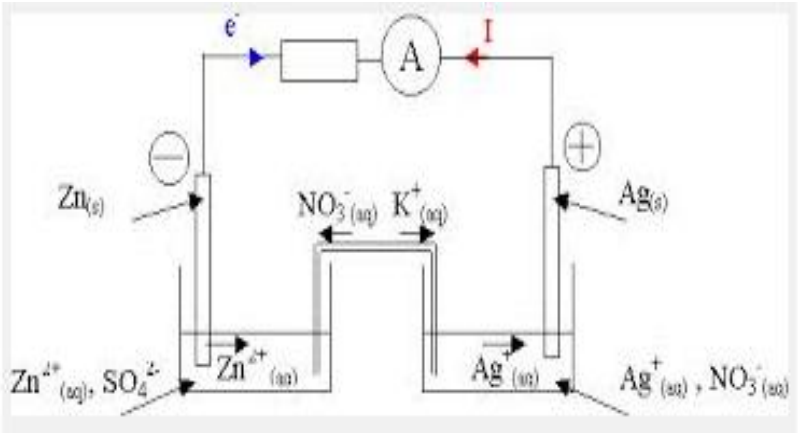
$$\Delta(Ag^+) = -2 \times \frac{Q}{2F} = -\frac{Q}{F}$$

$$\Delta(Ag^+) = -\frac{7,47}{96500} = -8.10^{-4} mol$$

$$\Delta(Cu^{2+}) = \frac{Q}{2F} = 4.10^{-4} mol$$

تصحيح تمرين 2:

1-القطب الموجب هو المرتبط بالقطب « V » للفولطمتر ويتعلق الأمر بصفيحة الفضة.
القطب السالب هو المرتبط بالقطب « com »
للفولطمتر أي صفيحة الرصاص .



2-تبيانة العمود :

3-عند الكاثود أي القطب الموجب يحدث اختزال
أي اكتساب الكترونات :

$$Ag^+_{(aq)} \rightleftarrows Ag_{(S)} + 2e^-$$

-عند الأنود أي القطب السالب تحدث أكسدة أي
فقدان إلكترونات :

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

المعادلة الحصيلة لاشتغال العمود :

$$Zn_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightleftarrows 2Ag_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

المزدوجتان مختزل/ مؤكسد المتدخلتان في التفاعل :

$Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(S)}$ و $Ag^+_{(aq)}/Ag_{(S)}$

4- تعبير و حساب خارج التفاعل البدئي :

$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Ag^+]^2_i} = \frac{0,20}{0,20^2} = 5$$

نلاحظ أن خارج التفاعل صغير جدا مقارنة مع الثابتة K ، وبالتالي تتطور المجموعة تلقائيا في المنحى المباشر وهذا يتوافق مع السؤال 3.

5.1-كمية الكهرباء :

$$Q = I.t = 0,20 \times 2 \times 3600 = 1440C$$

5.2-الجدول الوصفي للإختزال الكاثودي :

معادلة التفاعل		$2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftarrows 2Ag_{(S)}$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة (mol)			كمية مادة الإلكترونات
الحالة البدئية	0	$[Ag^{+}]_i V$		$n_i(Ag)$	$n(e^{-}) = 0$
الحالة الوسيطية	x	$[Ag^{+}]_i V - 2x$		$n_i(Ag) + 2x$	$n(e^{-}) = 2x$

5.3-تحديد كمية المادة وتركيز أيونات الفضة :

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

$$n(Ag^{+}) = [Ag^{+}]_i V - 2x = [Ag^{+}]_i V - 2\frac{Q}{2F} \Rightarrow n(Ag^{+}) = [Ag^{+}]_i V - \frac{Q}{F}$$

ت.ع:

$$n(Ag^{+}) = 0,20 \times 100.10^{-3} - \frac{1440}{96500} = 5,0.10^{-3} mol$$

$$[Ag^{+}] = \frac{n(Ag^{+})}{V} = \frac{5.10^{-3}}{100.10^{-3}} = 5.10^{-2} mol.L^{-1}$$

حل التمرين 3:

1-يمر التيار الكهربائي خارج العمود من قطبه الموجب« A » الى قطبه السالب « com ».
القطب الموجب للعمود هو صفيحة النيكل والسالب هو صفيحة الحديد .

2-عند الكاثود القطب الموجب للعمود يحدث اختزال :

$$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftarrows Ni_{(S)}$$

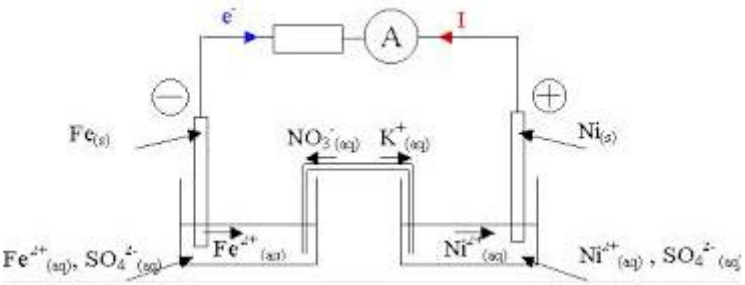
عند الأنود القطب السالب تحدث أكسدة :

$$Fe_{(S)} \rightleftarrows Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$$

المعادلة الحصيلة لاشتغال العمود :

$$Ni^{2+}_{(aq)} + Fe_{(S)} \rightleftarrows Ni_{(S)} + Fe^{2+}_{(aq)}$$

3- تبيانة العمود :



4-ننجز الجدول الوصفي للإختزال الكاثودي :

معادلة التفاعل		$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Ni_{(S)}$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة ب (mol)			كمية مادة الإلكترونات
الحالة البدئية	0	$n_i(Ni^{2+})$		$n_i(Cu)$	$n(e^-) = 0$
الحالة الوسيطية	x	$n_i(Ni^{2+}) - x$		$n_i(Cu) - x$	$2x$
الحالة النهائية	x_{max}	$n_i(Ni^{2+}) - x_{max}$		$n_i(Cu) - x_{max}$	$2x_{max}$

القيمة القصوى لكمية الكهرباء التي يمكن أن ينتجها العمود :

$$Q_{max} = n_{max}(e^-).F$$
$$n_{max}(e^-) = 2x_{max}$$

$$\begin{cases} Q_{max} = n_{max}(e^-).F \\ n_{max}(e^-) = 2x_{max} \end{cases} \Rightarrow Q_{max} = 2x_{max}.F$$

لدينا عند نهاية اشتغال العمود :

$$n_i(Ni^{2+}) - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = n_i(Ni^{2+}) = [Ni^{2+}]_i V$$

$$Q_{max} = 2[Ni^{2+}]_i V$$

ت.ع :

$$Q_{max} = 2 \times 0,2 \times 100.10^{-3} \times 96500 = 3860\ C$$

تصحيح تمرين 4:

1-بما أن الأمبير متر يشير الى قيمة موجبة والمربط « com » مرتبط بصفيحة الرصاص ، فإن هذه الأخيرة تمثل القطب السالب للعمود وصفيحة الفضة تمثل القطب الموجب .

2-نصفي معادلتي التفاعل :

عند الكترود الرصاص (القطب السالب) تحدث أكسدة :

$$Pb_{(S)} \rightleftarrows Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

عند إلكترود الفضة (القطب الموجب) يحدث إختزال :

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

المعادلة الحصيلة لاشتغال العمود :

$$Pb_{(S)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightleftarrows Pb^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

3-حساب خارج التفاعل البدئي :

$$Q_{ri} = \frac{[Pb^{2+}]_i}{[Ag^+]_i^2} = \frac{C_1}{C_2^2} = \frac{0,1}{0,05^2} = 40$$

4-التبيانة الإصطلاحية للعمود :

$$(-)\ Pb_{(S)}/Pb^{2+}_{(aq)}//\ Ag^+_{(aq)}/Ag_{(S)}\ \ (+)$$

5-الجدول الوصفي :

معادلة التفاعل		$2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(S)} \rightarrow 2Ag_{(S)} + Pb^{2+}_{(aq)}$				كمية مادة الإلكترونات
الحالة	التقدم	كمياة المادة بالمول				
البدئية	0	$n_i(Ag^+) = C_2V_2$	$n_i(Pb)$	$n_i(Ag)$	$n_i(Pb^{2+}) = C_1V_1$	n(é)=0
الوسيطية	$2x$	$C_2V_2 - 2x$	$n_i(Pb) - x$	$n_i(Ag) + 2x$	$C_1V_1 + x$	n(é)=2x
النهائية	$2x_{max}$	$C_2V_2 - 2x_{max}$	$n_i(Pb) - x_{max}$	$n_i(Ag) + 2x_{max}$	$C_1V_1 + x_{max}$	$n(e^-) = 2x_{max}$

6-كمية الكهرباء :

$$Q = I.\Delta t = 100.10^{-3} \times 3600 = 360\ C$$

حساب التقدم x بعد المدة Δt :

حسب الجدول الوصفي :

$$n(e^-) = 2x$$

نعلم أن : $Q = I.\Delta t = n(e^-).F$

ومنه: $2xF = Q$ $x = \frac{Q}{2F} = \frac{360}{2\times 9.65.10^4} = 1,86.10^{-3}\ mol$

7-حساب تركيز كل من أيون الرصاص والفضة بعد تمام المدة Δt :

حسب الجدول الوصفي :

$$[Pb^{2+}] = \frac{C_1V_1 + x}{V_1} = C_1 + \frac{x}{V_1} = 0,1 + \frac{1,86.10^{-3}}{0,1} = 0,12\ mol.L^{-1}$$

$$[Ag^{+}] = \frac{C_2V_2 - 2x}{V_2} = C_2 - 2\frac{x}{V_2} = 0,1 - 2 \times \frac{1,86.10^{-3}}{0,1} = 0,06\ mol.L^{-1}$$

8- حساب تغير كتلة الصفيحتين بعد تمام المدة Δt :

حسب الجدول الوصفي :

$$\Delta n(Pb) = n(Pb) - n_i(Pb) = -x$$

لدينا : $\Delta n(Pb) = \frac{\Delta m}{M(Pb)}$

ومنه : $\frac{\Delta m}{M(Pb)} = -x$ أي : $\Delta m = -x.M(Pb) = -1,86.10^{-3} \times 207 = -0,385\ g$

حسب الجدول الوصفي :

$$\Delta n(Ag) = n(Ag) - n_i(Ag) = 2x$$

لدينا : $\Delta n(Ag) = \frac{\Delta m}{M(Ag)}$

ومنه : $\frac{\Delta m}{M(Ag)} = 2x$ أي : $\Delta m = 2x.M(Ag) = 2 \times 1,86.10^{-3} \times 107,9 = 0,401\ g$

ملحوظة :

صفيحة الرصاص تتناقص كتلتها أثناء اشتغال العمود تغير كتلتها سالب عكس صفيحة الفضة .