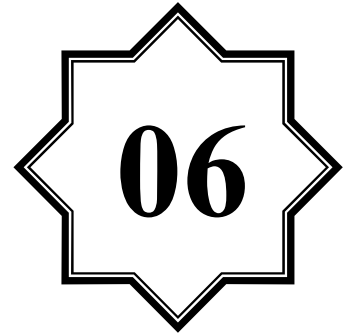


عمر بنظري و تمارين

التطورات الرتبة ٥

مراقبة تطور جملة كيميائية



الشعب : علوم تجريبية
رياضيات ، تقني رياضي

www.sites.google.com/site/faresfergani

السنة الدراسية : 2015/2014

03

المحتوى المفاهيمي :

جهة التحول التلقائي

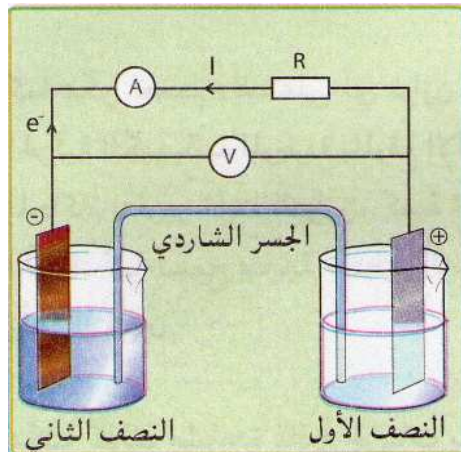
تطبيق : الأعمدة الكهربائية
(خاص بالشعب الرياضية فقط)

• تعريف التحول التلقائي :

التحول الكيميائي التلقائي هو تحول كيميائي يحدث بشكل عفوي من دون تأثير خارجي .

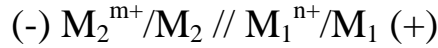
• تركيب العمود :

- يتشكل العمود من نصفين : الأول يتكون من صفيحة معدنية لمعدن M_1 مغموسة في محلول يحتوي على شوارد هذا المعدن M_1^{n+} ، و الثاني يتكون من صفيحة معدنية لمعدن آخر M_2 مغموسة في محلول يحتوي على شوارد هذا المعدن M_2^{m+} ، و هذين النصفين موصولين ببعضهما بواسطة جسر ملحي (شاردي) .



• الرمز الاصطلاحي للعمود :

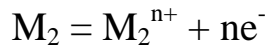
إذا كان المسرى M_1 هو القطب الموجب للعمود و المسرى M_2 هو القطب السالب يرمز اصطلاحيا لهذا العمود كما يلي :



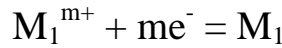
و نشير هنا إلى أن القطب الموجب يكون دوما على اليمين و القطب السالب على اليسار .

• تطور الجملة الكيميائية في العمود خلال اشتغاله :

- عند اشتغال العمود ، التحول الكيميائي الذي يحدث ينمذج بتفاعل يرفق بثابت توازن K فكلما كان كسر التفاعل $Q_r < K$ كلما أنتج العمود تيارا كهربائيا و عندما تصل حالة الجملة الكيميائية إلى التوازن ($Q_r = K$) ، تنعدم شدة التيار الكهربائي و يتوقف العمود الكهربائي عن الإشتغال .
- عند القطب السالب للعمود يحدث تفاعل أكسدة وفق المعادلة :



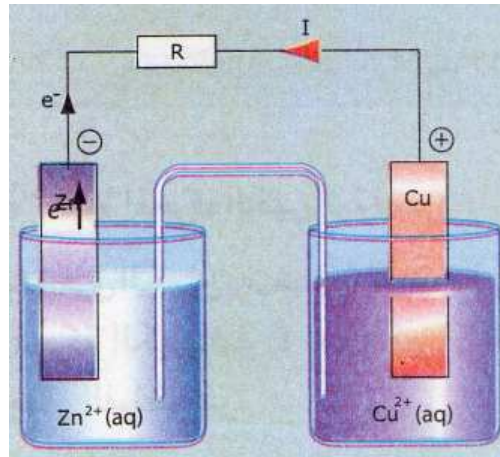
- عند القطب الموجب يحدث تفاعل إرجاع وفق المعادلة :



و عند جمع معادلتني الأكسدة و الإرجاع طرف إلى طرف بعد ضرب طرفي كل معادلة في عدد مناسب يجعل عدد الإلكترونات المفقودة مساوي لعدد الإلكترونات المكتسبة نحصل على المعادلة الكيميائية المنمذجة للتحول الكيميائي الحادث في العمود .

مثال (عمود دانيال) :

- عمود دانيال هو عمود يتكون نصفه الأول و الذي يمثل القطب الموجب من صفيحة نحاس Cu مغموسة في محلول كبريتات النحاس ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) و نصفه الثاني الذي يمثل قطبه السالب من صفيحة زنك Zn مغموسة في محلول كبريتات الزنك ($Zn^{2+} + SO_4^{2-}$) (الشكل) .

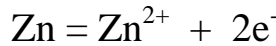


- رمز العمود :

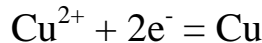


- التفاعلات الحادثة :

عند القطب السالب (-) يتأكسد الزنك وفق المعادلة :



عند القطب الموجب (+) ترجع شوارد النحاس وفق المعادلة :

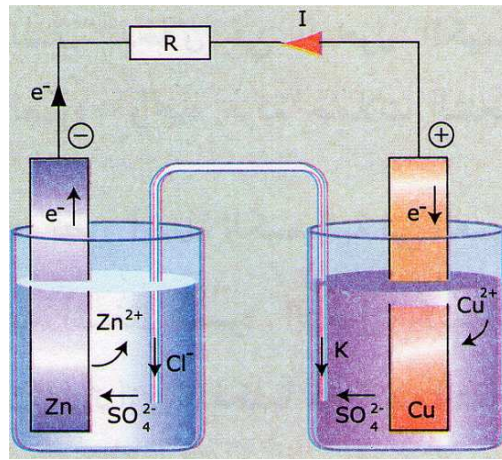


● القوة المحركة الكهربائية لعمود :

تمثل القوة المحركة الكهربائية التي يرمز لها بـ E و حدها الفولط (V) لعمود ، التوتر الكهربائي بين مسرييه عندما لا يجري هذا العمود أي تيار كهربائي .
- تتعلق قيمة القوة المحركة الكهربائية لعمود بطبيعة الثنائيات التي تدخل في تركيب العمود و كذلك التراكيز المولية للمحاليل التي تشكل العمود .

● دور الجسر الملحي :

- الجسر الملحي و الذي يسمى أيضا الجسر الكهروكيميائي يمكن من الإتصال الكهربائي بين نصفي العمود (دون اختلاط المحلولين) من جهة ، و من جهة أخرى يسمح لشوارد المحلول الملحي بالتحرك من أجل ضمان التعادل الكهربائي للمحلولين .
- (الشكل) التالي يبين حركة الشوارد عند الجسر الملحي أثناء اشتغال عمود دانيال .



● كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال اشتغاله :

- تقدم التفاعل هو عدد مرات حدوث التفاعل مقدرا بالمول (أو أفوقادرو مرة) .
- نرمز بـ z لعدد الإلكترونات المتبادلة بين المؤكسد و المرجع عندما يحدث التفاعل مرة واحدة ، و بالتالي يكون عدد الإلكترونات المتبادلة عندما يحدث التفاعل N_A (عدد أفوقادرو) مرة هو :

$$N = z N_A$$

- إذا رمزنا بـ Q_0 لكمية الكهرباء الموافقة لهذا العدد من الإلكترونات (عدد أفوقادرو) يكون :

$$Q_0 = z N_A e$$

- عندما يشتغل العمود مدة زمنية Δt و باعتبار أن تقيم التفاعل يبلغ القيمة $x(\text{mol})$ تكون الشحنة التي ينتجها العمود خلال هذه المدة هي :

$$Q = e \cdot x \cdot N_A$$

المقدار ($N_A e$) الذي يمثل كمية الكهرباء الموافقة لعدد أفوقادرو (1mol) من الإلكترونات تدعى الفاراداي ، يرمز لها بـ F و وحدتها الكولوم على المول (C/mol) و يكون :

$$F = N_A e$$

$$F = 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}$$

$$1F = 96500 C/\text{mol}$$

إذن يعبر عن كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال مدة زمنية Δt و التي عندها تتقدم الجملة بالمقدار x بالعلاقة :

$$Q = z \cdot x \cdot F$$

- التيار الكهربائي الذي ينتجه العمود الكهربائي مستمر ، أي شدته ثابتة لذلك يعبر أيضا عن كمية الكهرباء التي ينتجها عمود يشتغل مدة زمنية Δt بالعلاقة :

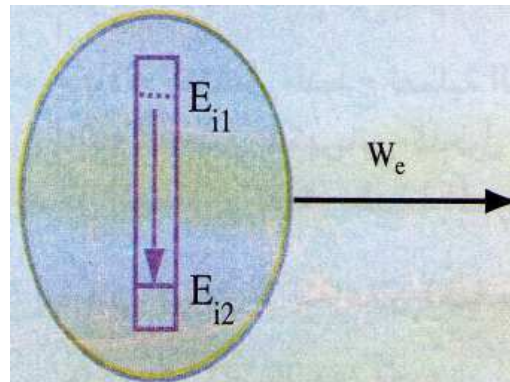
$$Q = I \cdot \Delta t$$

و عليه نكتب في النهاية :

$$Q = I \cdot \Delta t = z \cdot x \cdot F$$

• الحصيلة الطاقوية للجملة " عمود كهربائي " :

- عند اشتغال العمود الكهربائي ، يحدث تغير في الطاقة الداخلية للجملة " عمود " بسبب التحول الكيميائي الذي يكون مصحوبا بتحويل كهربائي W_e (الشكل) .

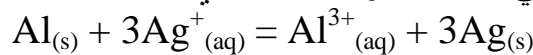


- معادلة انحفاظ الطاقة للجملة : عمود كهربائي " هي :

$$E_1 - |W_e| = E_2$$

التمرين (1) : (بكالوريا 2009 – رياضيات)

ينمذج التحول الكيميائي الذي يتحكم في تشغيل عمود بالتفاعل ذي المعادلة :



ينتج العمود عند اشتغاله تيارا كهربائي شدته ثابتة $I = 40 \text{ mA}$ خلال مدة زمنية $\Delta t = 300 \text{ min}$ و يحدث عندها تناقص في التركيز المولي لشوارد Ag^+ .

1- حدد قطبي العمود ؟ برر اجابتك .

2- مثل بالرسم هذا العمود مبينا عليه اتجاه التيار الكهربائي و اتجاه حركة الالكترونات .

أكتب رمز العمود (سؤال إضافي غير مدرج في تمرين البكالوريا)

3- اكتب المعادلتين النصفيتين عند المسريين .

4- احسب كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال 300 min من التشغيل .

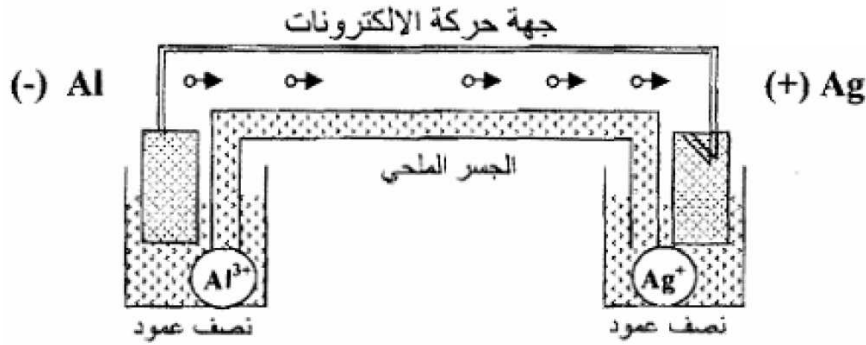
- 5- بالاستعانة بجدول تقدم التفاعل و بعد مدة زمنية $\Delta t = 300 \text{ min}$ من الاشتغال :
- أ- عين التقدم x .
- ب- احسب النقصان (Δm_{Al}) في كتلة مسرى الألمنيوم .
- يعطى : $1F = 96500 \text{ C}$ ، $M(\text{Al}) = 27 \text{ g/mol}$.

الأجوبة :

1- تحديد قطبي العمود :

من المعادلة يتضح أن الألمنيوم Al تأكسد في حين أن شوارد الفضة Ag^+ أرجعت ، و نحن نعلم أن في العمود الكهربائي تحدث عملية أكسدة في المصعد (القطب الموجب) ، و عملية إرجاع عند المهبط (القطب السالب) ، إذن مسرى الألمنيوم يمثل القطب السالب للعمود ، و مسرى الفضة يمثل قطبه الموجب .

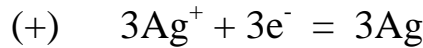
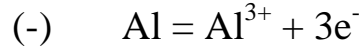
2- الرسم :



- تكون جهة التيار من مسرى الفضة نحو مسرى الألمنيوم (خارج العمود) .
- رمز العمود :



3- المعادلتين النصفيتين :



4- كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال 300 min :

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

$$Q = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 60 = 720 \text{ C}$$

5- أ- التقدم :

نعتبر $x_{(300)}$ هو مقدار التقدم عند مرور 300 min من اشتغال العمود ، و $Q_{(300)}$ هي كمية الكهرباء التي ينتجها العمود في هذه المدة الزمنية . يكون :

$$Q_{(300)} = Z \cdot x_{(300)} \cdot F \rightarrow x_{(300)} = \frac{Q_{(300)}}{Z \cdot F}$$

من المعادلتين النصفيتين نلاحظ أن عدد الإلكترونات المتبادلة بين المؤكسد و المرجع من أجل تفاعل واحد هو 3 إلكترونات أي $z = 3$ و منه :

$$x_{(300)} = \frac{720}{3 \cdot 96500} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

ب- النقصان في الكتلة :
نمثل جدول التقدم :

| الحالة | التقدم | Al | + 3Ag ⁺ | = Al ³⁺ | + 3Ag |
|----------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|
| ابتدائية | x = 0 | n ₁ | n ₂ | 0 | 0 |
| انتقالية | x | n ₁ - x | n ₂ - x | x | 3x |
| نهائية | x _f | n ₁ - x _f | n ₂ - x _f | x _f | 3x _f |

من جدول التقدم عدد مولات الألمنيوم المختفية (المتفاعلة) عند مرور 300 min و لتكن n₍₃₀₀₎(Al) هي :
n₍₃₀₀₎(Al) = x₍₃₀₀₎ = 2.5 . 10⁻⁴ mol

$$n_{(300)}(Al) = \frac{\Delta m}{M(Al)} \rightarrow \Delta m = n_{(300)}(Al) . M(Al)$$

$$\Delta m = 2.5 . 10^{-3} . 27 = 6.75 . 10^{-2} \text{ g} = 67.5 \text{ mg}$$