

## التحولات التلقائية في الأعمدة

### I - الانتقال التلقائي للإلكترونات

#### 1 - الانتقال التلقائي للإلكترونات بين أنواع كيميائية مختلطة .

##### - الدراسة التجريبية :

نمزج في كأس :

$C = 1,0 \text{ mol} / \ell$  من محلول مائي لكبريتات النحاس II تركيزه المولي

$C' = 1,0 \text{ mol} / \ell$  من محلول مائي لكبريتات الزنك II تركيزه المولي

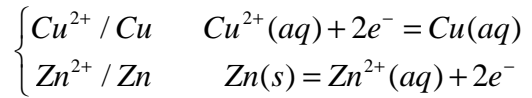
نغمر في الخليط صفيحة من النحاس وأخرى من الزنك

1 - ماذا نلاحظ ؟

توضع فلز النحاس على صفيحة الزنك واختفاء تدريجي للون الأزرق للمحلول .

2 - هل ما يلاحظ يتوافق مع منحنى التطور التلقائي المتوقع ؟

نكتب أنصاف المعادلة الموافقة للمزدوجتين الأكسدة واختزال ،



المعادلة الحصيلة لهذا التفاعل :  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$

بحيث أن ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل :  $K = 4.10^{36}$

تعبير خارج التفاعل عند بداية التفاعل :  $Q_{r,i} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_i}{[\text{Cu}^{2+}]_i} = \frac{n_i(\text{Zn}^{2+})}{n_i(\text{Cu}^{2+})} = \frac{C'V'}{CV} = 1$  وبالتالي فإن

$$Q_{r,i} < K$$

توضع النحاس وتكون أيونات الزنك وهذا ما تؤكد التجربة .

3 - أين يحدث انتقال الإلكترونات خلال هذا التفاعل للأكسدة - اختزال ؟

يحدث هذا الانتقال في نفس الخليط الموجود في الكأس أي أن هناك تماس بين الأنواع الكيميائية مما يجعل انتقال الإلكترونات ممكنا .

#### 2 - الانتقال التلقائي للإلكترونات بين أنواع كيميائية منفصلة .

هل يمكن إنجاز انتقال الإلكترونات بين مؤكسد ومختزل دون أن يكونا في تماس مباشرة ؟

##### النشاط التجريبي 2 : تفاعل أكسدة - اختزال بين أنواع كيميائية منفصلة .

نغمر صفيحة من النحاس في كأس يحتوي على  $V = 20 \text{ ml}$  من محلول مائي لكبريتات النحاس II

تركيزه المولي  $C = 1,0 \text{ mol} / \ell$  .

في كأس ثاني يحتوي على  $V' = 20 \text{ ml}$  محلول

مائي لكبريتات الزنك II تركيزه  $C' = 1,0 \text{ mol} / \ell$  ،

نغمر صفيحة من الزنك .

نصل المحلولين بشريط من ورق الترشيح مبلل

بمحلول كلورور البوتاسيوم  $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

نصل الصفيحتين الفلزييتين بجزء دائرة تحتوي على

مليئميتر وموصل أومي مقاومته  $R = 10 \Omega$

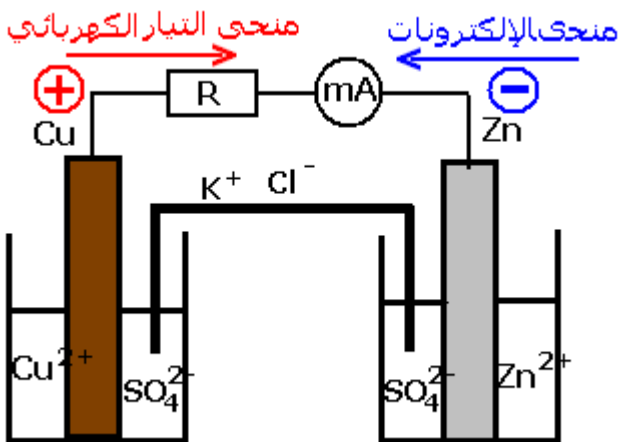
وقاطع التيار . أنظر الشكل ، ثم نغلق قاطع التيار .

استثمار :

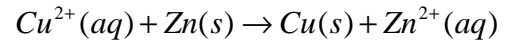
1 - حدد حملات الشحنة الكهربائية المسؤولة عن

مرور التيار الكهربائي في هذه الدارة ؟

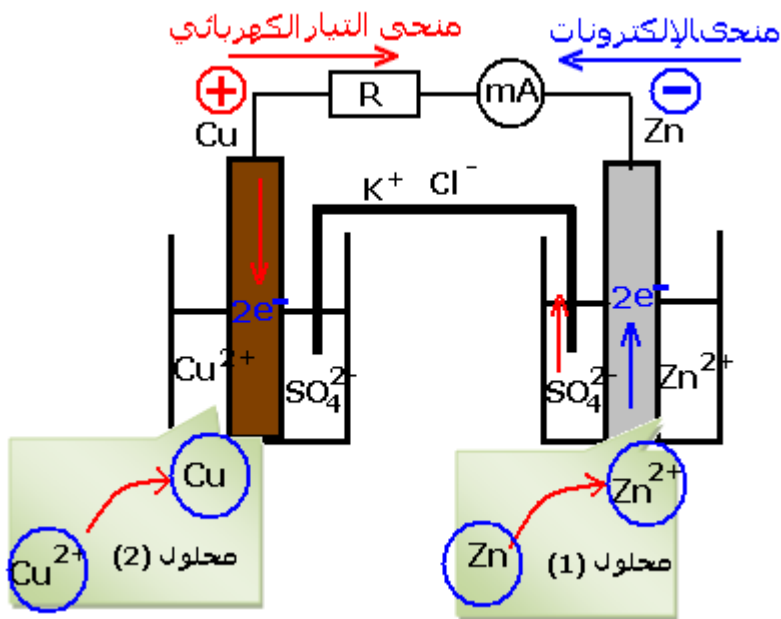
حملات الشحنة المسؤولة عن مرور التيار في هذه الدارة هي :



- الإلكترونات في الصفيحتين وفي أسلاك الربط والموصل الأومي والميليمتر .  
 – الأيونات المتوحدة في المحلولين .  
 2 – حدد منحى التيار الكهربائي المشار من طرف المليئمتر .  
 التيار الكهربائي يمر من خارج المحلولين من صفيحة النحاس نحو صفيحة الحديد .  
 3 – استنتج منحى انتقال مختلف حملة الشحنة الكهربائية .  
 تنتقل الإلكترونات خارج المحلولين في المنحى المعاكس لمنحى التيار الكهربائي أي من صفيحة الزنك نحو صفيحة النحاس . وتنتقل الأيونات في المحلولين كالآتي :  
 تنتقل الأيونات  $Cu^{2+}, Zn^{2+}, K^+$  في منحى التيار الكهربائي .  
 تنتقل الأيونات  $Cl^-, SO_4^{2-}$  في المنحى المعاكس لمنحى التيار .  
 4 – ماذا يحدث على مستوى التماس فلز – محلول في الصفيحتين ؟  
 على مستوى التماس بين الفلز  
 على الشكل التالي :  
 – على مستوى صفيحة الزنك ، تحرر  
 حسب نصف المعادلة التالية :  $Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2e^-$   
 – على مستوى صفيحة النحاس تستهلك الإلكترونات نتيجة اختزال أيون النحاس  
 المعادلة التالية :  $Cu^{2+}(aq) + 2e^- = Cu(s)$   
 5 – قارن التطور التلقائي لهذه المجموعة مع تطور المجموعة في النشاط الأول .  
 نفس التطور السابق أي نحصل على المعادلة التالية :

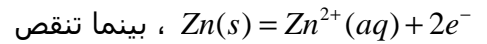


يلاحظ أنه حدث فعلا انتقال الإلكترونات من فلز الزنك إلى أيونات النحاس II وهما في غير تماس مباشر، والسلك الرابط بين الفلزيين هو الذي سمح بانتقال الإلكترونات .



6 – ما هو دور القنطرة الأيونية ؟

دور القنطرة الأيونية هو فصل المتفاعلين مع السماح بهجرة الأيونات لضمان الحياد الكهربائي للمحلول ومرور التيار الكهربائي .  
 تفسير : عند مرور التيار الكهربائي تزداد الأيونات  $Zn^{2+}$  في المحلول (1) حسب نصف المعادلة التالية :



أيونات  $Cu^{2+}$  في المحلول (2) لكي يكون هناك توازن على مستوى الشحن تهاجر الأيونات  $SO_4^{2-}$  من المحلول (2) نحو

المحلول (1)

3 – خلاصة :

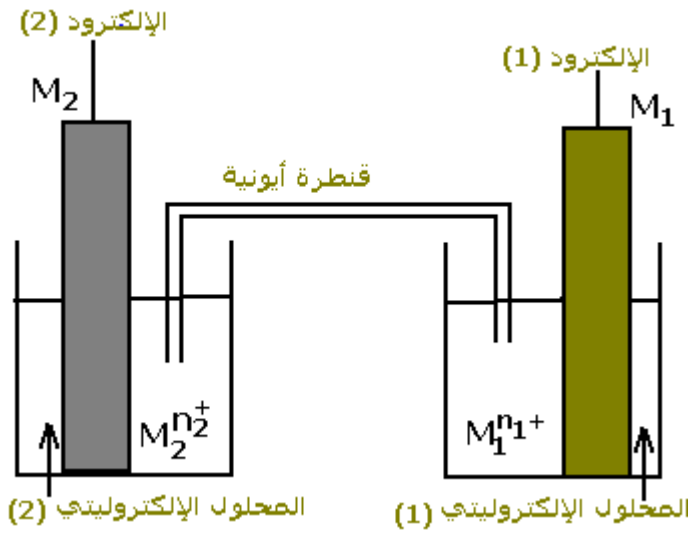
يمكن أن يحدث انتقال تلقائي للإلكترونات بين الأنواع الكيميائية لمزدوجتين مختزل منفصلة ( عند ربط الفلزيين بموصل كهربائي ووصل المحلولين فيما بينهما بقنطرة أيونية )

## II – تكوين واشتغال عمود

### 1 – تكوين عمود

يتكون عمود ، عموما ، من :

– صفيحتين فليزيتين  $M_1$  و  $M_2$  الأولى مغمورة في محلول يحتوي على الكاتيون الموافق  $M_1^{n_1+}$  ،  
والثانية مغمورة في محلول يحتوي على  
الكاتيون الموافق  $M_2^{n_2+}$  .



– قنطرة أيونية ، تصل المحلولين فيما بينهما .  
نسمي  $M_2$  و  $M_1$  الإلكترودان اللذان يكونان  
قطبي العمود . وسمي المحلولان المحتويان  
على الكاتيونات  $M_2^{n_2+}$  و  $M_1^{n_1+}$  بالمحلولين  
الإلكتروليتيين .

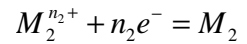
يسمى العمود زنك – نحاس بعمود دانييل  
نسبة إلى مخترعه . John Daniell

## 2 – اشتغال العمود

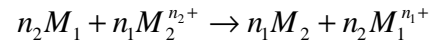
المزدوجتان المتدخلتان خلال اشتغال العمود  
هما :  $M_2^{n_2+} / M_2$  و  $M_1^{n_1+} / M_1$  حيث  $M_1$  و  
 $M_2$  بلعبان دور المختزل .

–  $M_1$  المكون للقطب السالب يتأكسد إلى أيونات  $M_1^{n_1+}$  حسب نصف المعادلة :  $M_1 = M_1^{n_1+} + n_1e^-$   
هذه الأكسدة هي التي تمنح الإلكترونات إلى الدارة الخارجية .

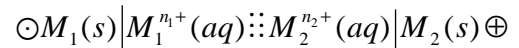
– الكاتيون  $M_2^{n_2+}$  الموجودة في المحلول الذي غمر فيه الفلز المكون للقطب الموجب  $M_2$  ، يختزل  
حسب نصف المعادلة التالية :



حيث ترد الإلكترونات اللازمة لهذا الاختزال من  
الدارة الخارجية أي أنه خلال اشتغال العمود  
يحدث تفاعل أكسدة واختزال نمذج معادلته  
الكيميائية على الشكل التالي :



يمثل هذا العمود بالتبينة اصطلاحية التالية :



**يسمى الإلكترود السالب الذي تحدث على  
مستواه أكسدة الفلز  $M_1$  ، الأنود .**

**يسمى الإلكترود الموجب الذي تحدث على  
مستواه اختزال الكاتيون  $M_2^{n_2+}$  ، الكاثود**

تسمى المقصورة التي تحتوي على الفلز والكاتيون الموافق له بنصف العمود .

## 3 – مميزات عمود

يتميز العمود مثل كل مولد بالمميزات التالية :

– ثنائي قطب ، أي يتوفر على قطب موجب (P) وقطب سالب (N)

– قوة كهربائية E ويعبر عنها بالفولط

– مقاومة داخلية r

يطبق قانون أوم بين مربطي العمود  $U_{PN} = E - rI$

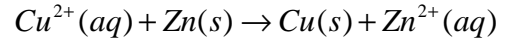
\* نحدد قطبية العمود وشدة التيار الكهربائي بواسطة أمبيرمتر ( النشاط التجريبي الثاني يمكن من  
قياس شدة التيار الكهربائي المار في العمود I )

\* نحدد قطبية العمود والقوة الكهربائية بواسطة فولطمتر :

نقيس التوتر بين مربطي العمود عندما لا يمر فيه أي تيار كهربائي ،  $U = E - rI$  ، بما أن  $I = 0$  فإن  $U = E$  وحسب إشارة التوتر المقاس يمكن من تحديد قطبية العمود .  
\* يمكن كذلك تحديد القوة الكهرومحرّكة E والمقاومة الداخلية لعمود من خلال مميزته ( أنظر السنة جدد علوم مشترك )

### III - التطور التلقائي لمجموعة مكونة لعمود .

لقد تم التوصل في النشاط التجريبي (2) أن معادلة اشتغال العمود تكتب على الشكل التالي :



قيمة ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل هي :  $K = 4,0.10^{36}$

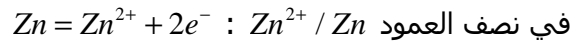
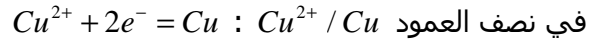
$$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}(aq)]_i}{[Cu^{2+}(aq)]_i} = \frac{C'}{C} = 1$$

نحسب خارج التفاعل في الحالة البدئية :

$$Q_{r,i} < K$$

الكهربائية ويتطور هذا التفاعل إلى أن يصل إلى حالة التوازن حيث  $Q_{r,i} = K$  .

يمكن منحنى التطور المتوقع من معرفة منحنى التفاعلين الممكنين على مستوى الإلكترودين بالنسبة للدارسة التي قمنا بها :



أي تنتقل الإلكترونات خارج العمود من إلكترود الزنك نحو إلكترود النحاس . ومنه نستنتج أن منحنى التيار التيار داخل وخارج العمود .

خلاصة :

يكون العمود أثناء الاشتغال ، مجموعة في غير حالة التوازن . ( التقدم x يزداد ، وخارج التفاعل  $Q_r$  يزداد كذلك و  $I \neq 0$  )

تتطور المجموعة حسب معيار التطور التلقائي

عند التوازن يكون العمود مستهلكاً أي ليس بإمكانه إنتاج أو توليد التيار الكهربائي (  $x = x_{eq}$  و

$$Q_{r,eq} = K \text{ أي } I = 0$$

#### تمرين تطبيقي :

نجز العمود الممثل جانبه :

محلول كلورور الفضة حجمه  $V = 50,0ml$  وتركيزه المولي

$C = 0,20mol / \ell$  ؛ محلول كلورور الحديد II حجمه

$V' = 50,0ml$  وتركيزه المولي  $C' = 0,10mol / \ell$  .

القنطرة الأيونية الملحية من محلول مائي لنترات

البوتاسيوم  $K^+(aq) + NO_3^-(aq)$  ، يشير الفولتومتر إلى

توتر سالب .

1 - أعط التبيانة الاصطلاحية لهذا العمود .

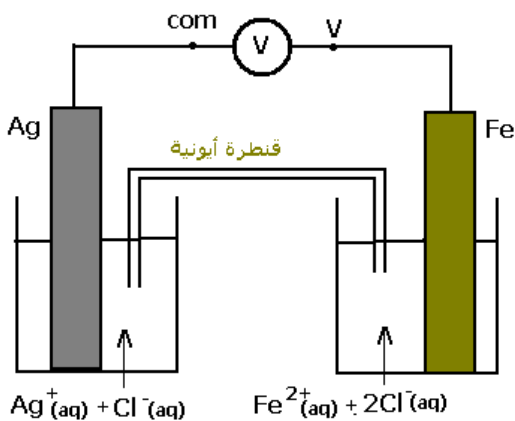
2 - أكتب معادلتى التفاعلين الذين يحدثان على مستوى

الإلكترودين .

3 - حدد منحنى انتقال مختلف حملة الشحن الكهربائية

4 - ما هو دور القنطرة الأيونية ؟

5



## IV \_ الدراسة الكمية لعمود .

### 1 \_ كمية الكهرباء القصوى الممكن تمريرها من طرف عمود .

تعريف :

تساوي كمية الكهرباء القصوى  $Q_{\max}$  ، المتدخلة خلال اشتغال مولد كهركيميائي ، القيمة المطلقة للشحنة الكلية للإلكترونات المنتقلة .

$$Q_{\max} = n(e^-) \cdot N_A \cdot |-e| = n(e^-) \cdot F$$

نعرف القيمة المطلقة لشحنة مول واحد من الإلكترونات بالفرادي ونرمز له ب F أي أن  $1F = N_A \cdot |-e|$

$$F = 6,02 \cdot 10^{23} \times 1.6 \cdot 10^{-19} = 9,65 \cdot 10^4 \cdot C \cdot mol^{-1}$$

( تذكير : نعلم أنه خلال المدة الزمنية  $\Delta t$  يمر من المقطع S لموصل كهربائي يمر فيه تيار كهربائي مستمر ، N إلكترون . شحنة كل إلكترون هي  $-e$  . مجموع الشحن التي تجتاز المقطع S هي :

$N \cdot (-e)$  ، نعرف كمية الكهرباء القصوى التي تجتاز المقطع S خلال المدة الزمنية القصوى  $\Delta t_{\max}$

$$Q_{\max} = |N \cdot (-e)| = N \cdot e$$

إذا انتقلت  $n(e^-)$  مول إلكترون خلال  $\Delta t_{\max}$  فإن كمية الكهرباء في هذه الحالة ستكون :

$$( Q_{\max} = n(e^-) \cdot N_A \cdot |-e| = n(e^-) \cdot F : وبالتالي فستكون العلاقة هي :  $n(e^-) = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = n(e^-) \cdot N_A$$$

وحسب تعريف شدة التيار الكهربائي الذي ينتجه العمود خلال المدة الزمنية  $\Delta t_{\max}$  ،  $Q_{\max} = I \cdot \Delta t_{\max}$  ،

تسمى  $Q_{\max}$  كذلك **سعة العمود**

### 2 \_ حالة تفريغ جزئي .

العمود خزان للطاقة الكهربائية يمكن أن تستهلك هذه الطاقة دفعة واحدة أو في أغلب الحالات تستهلك جزئيا عندما يمرر العمود شحنة كهربائية عبر الدارة خلال مدة زمنية  $\Delta t$  ، دون أن يصل إلى حالة التوازن أي أن التفاعل يحدث بتقدم  $x < x_f$  ونعبر في هذه الحالة عن كمية الكهرباء الممررة خلال المدة  $\Delta t$

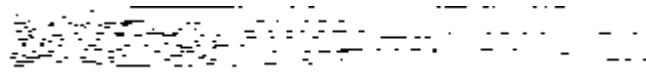
$$Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$$

### 3 \_ كميات المادة المتدخلة .

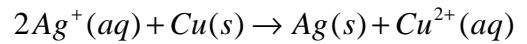
هل يمكن ربط كميات المادة للأنواع المتدخلة في العمود وكمية الكهرباء التي يمررها ؟

تمرين تطبيقي :

لدينا العمود ذو التبيانة الاصطلاحية التالية :



بحيث تتطور المجموعة في المنحى المباشر للمعادلة :



يولد العمود خلال المدة  $\Delta t = 1,5 \text{ min}$  ، تيارا شدته  $I = 86,0 \text{ mA}$

1 \_ أحسب كمية الكهرباء المتدخلة خلال هذه المدة .

2 \_ أحسب تغير كمية أيونات النحاس II وتغير كمية مادة أيونات الفضة خلال المدة نفسها .

3 \_ استنتج تغير كتلة الفضة التي ستظهر على إلكترود الفضة .