

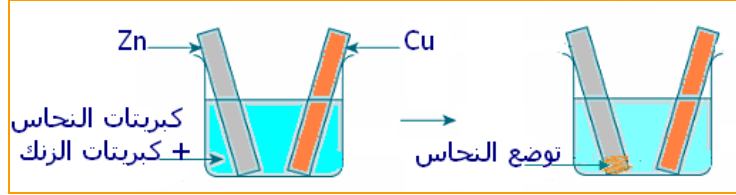
# التحولات التلقائية في الأعمدة الكهركيميائية

## I. الانتقال التلقائي للإلكترونات

### • الانتقال التلقائي المباشر

تغمر صفيحة من النحاس و أخرى من الزنك في مزيج من محلولي كبريتات

النحاس و كبريتات الزنك حيث:  $[Cu^{2+}]_i = [Zn^{2+}]_i$



بعد مدة يلاحظ:

- ✓ توضع فلز النحاس على صفيحة الزنك،
- ✓ فقدان المحلول لونه الأزرق.

▪ تفسير:

• معادلة التفاعل:  $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

• ثابتة التوازن:  $K = 1,9.10^{37}$

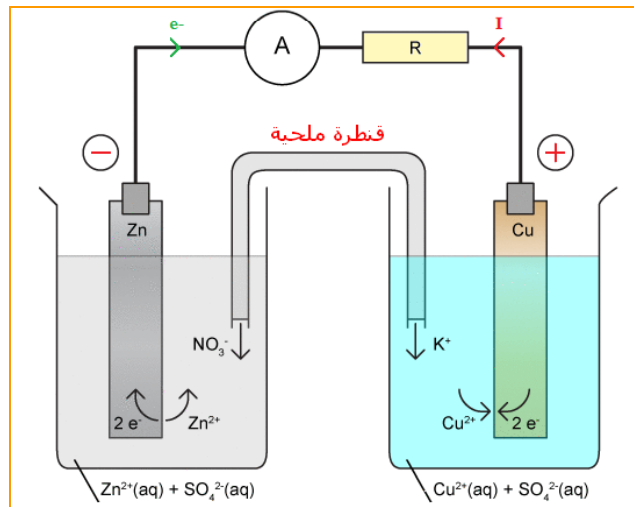
• خارج التفاعل البدئي:  $Q_{r_i} < K \leftarrow Q_{r_i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = 1$

و باعتبار معيار التطور التلقائي فإن المجموعة تتطور تلقائيا في المنحى المباشر للمعادلة، ما يوافق الملاحظات التجريبية.

تنتقل الإلكترونات تلقائيا و مباشرة من ذرات الزنك (دور مختزل) إلى أيونات النحاس (دور مؤكسد).

### • الانتقال التلقائي غير المباشر في عمود

▪ تجربة: ينجز العمود الممثل في الشكل التالي (عمود دانييل)



يلاحظ:

- ✓ إشارة الأمبيرمتر إلى مرور تيار كهربائي منحاه من صفيحة النحاس(القطب+ أو الكاتود) إلى صفيحة الزنك(القطب- أو الأنود) ،
- ✓ تزايد  $[Zn^{2+}]$  بينما يتناقص  $[Cu^{2+}]$ .

▪ تفسير:

يحصل نفس التفاعل السابق.  
تنتقل الإلكترونات تلقائياً و بشكل غير مباشر في الدارة الخارجية من فلز الزنك إلى أيونات النحاس عبر صفيحة النحاس. بداخل العمود حملة الشحنة هي الأيونات التي تنتقل في المحلولين و في القنطرة الملحية.

## II. العمود الكهركيميائي

• مكونات عمود

**تعريف**  
العمود الكهركيميائي ثنائي قطب يحول طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية، و يتكون من مقصورتين تسميان نصفي العمود كل منهما تحتوي على مؤكسد و المختزل المرافق له. و يصل نصفي العمود قنطرة أيونية(أو ملحية).

• التفاعل عند كل إلكترود

في كل نصف عمود تحدث أكسدة أو اختزال عند الإلكترود (صفيحة).

**تعريف**  
الإلكترود أو الصفيحة التي تحدث عندها الأكسدة هي القطب السالب و تسمى أنودا.  
الإلكترود أو الصفيحة التي يحدث عندها الاختزال هي القطب الموجب و تسمى كاتودا.

اختزال ↔ كاتود

أكسدة ↔ أنود

• التمثيل الاصطلاحي لعمود

يمثل عمود كهركيميائي بالتمثيل الاصطلاحي التالي:



حيث الرمز // يمثل القنطرة الأيونية.

▪ مثال: التمثيل الاصطلاحي لعمود دانييل هو:  $(-)Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu (+)$

• القوة الكهرومحرركة لعمود

**تعريف**  
القوة الكهرومحرركة لعمود تساوي التوتر بين قطبه الموجب و قطبه السالب عندما لا يشتغل ( لا يمر فيه التيار) و تقاس بواسطة فولطمتر ذي مقاومة مرتفعة.  
استعمال فولطمتر يمكن أيضا من تحديد قطبية العمود.

• مثال: القوة الكهرومحرركة لعمود دانييل هي:  $E = 1,1 \text{ V}$

### • التطور التلقائي للمجموعة المكونة لعمود

خلال اشتغاله يشكل العمود مجموعة كيميائية في حالة غير حالة التوازن حيث تتطور المجموعة تلقائيا إلى هذه الحالة و عندها يتوقف اشتغاله (عمود مستنفذ أو مستهلك).

$$I = 0 / Q_r = K \longleftarrow I \neq 0 / Q_r < K$$

### III. كمية الكهرباء و الحصلة المادية في عمود كهركيميائي

#### • كمية الكهرباء التي يمنحها عمود

كمية الكهرباء التي يحركها عمود يمنح تيارا كهربائيا شدته  $I$  خلال مدة  $\Delta t$  هي:  $Q = I \Delta t$

#### • كمية المادة للإلكترونات المتنقلة

$$Q = n(e^-) \cdot N_A \cdot e$$

$$Q = n(e^-) \cdot \mathcal{F}$$

حيث  $\mathcal{F}$  ثابتة تسمى الفارادي و هي تساوي كمية الكهرباء التي ينقلها مول واحد من الإلكترونات

$$\mathcal{F} \approx 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n(e^-) = \frac{Q}{\mathcal{F}}$$

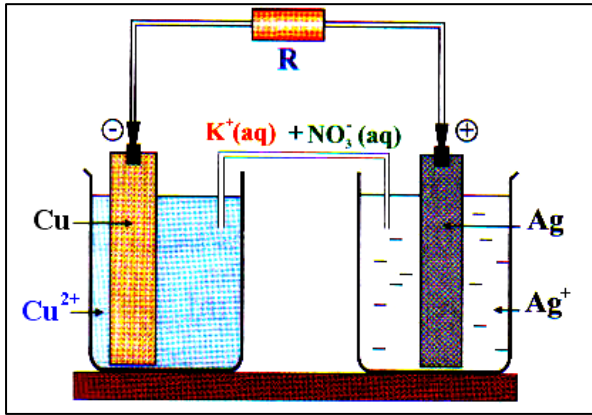
نستنتج كمية المادة للإلكترونات المتنقلة:

#### • حصلة المادة

بمعرفة كمية الكهرباء التي يمنحها عمود يمكن تحديد الحصلة المادية (كميات المادة المستهلكة أو الناتجة، كتلة توضع.....) باستعمال نصف معادلة الأكسدة أو الاختزال و بإنشاء جدول التقدم.

## تمارين

### تمرين 1



- نجز العمود الممثل في الشكل التالي.
- 1- أكتب نصف معادلة التفاعل عند كل إلكترود، محددًا إن كان الأمر يتعلق بأكسدة أو اختزال. ثم استنتج المعادلة الحصيلة.
  - 2- يمنح العمود تيارًا شدته ثابتة تساوي  $I = 12 \text{ mA}$  خلال مدة اشتغاله التي تساوي  $\Delta t = 10 \text{ h}$ .
    - 2.1- أحسب التقدم النهائي للتفاعل.
    - 2.2- استنتج كتلة الفلز المتوضع.
- ♦ **معطيات:**
- $$M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$
- $$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$
- $$1F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

### تمرين 2

نعتبر العمود ذا التبيانة الاصطلاحية التالية:  $\ominus \text{Fe}_{(s)} / \text{Fe}_{(aq)}^{2+} // \text{Cu}_{(aq)}^{2+} / \text{Cu}_{(s)} \oplus$

كل من الإلكترودين الفلزيين  $\text{Fe}_{(s)}$  و  $\text{Cu}_{(s)}$  مغمورة في الحجم  $V = 100 \text{ ml}$  من محلول الكاتيون الموافق

$$[\text{Fe}^{2+}]_i = [\text{Cu}^{2+}]_i = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ تركيزه } \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \text{ أو } \text{Fe}_{(aq)}^{2+}$$

- 1- مثل شكل هذا العمود مع تسمية مكوناته.
- 2- أكتب معادلة التفاعل الحاصل خلال اشتغال هذا العمود.
- 3- قيمة ثابتة التوازن، المتعلقة بهذا التفاعل، هي:  $K = 10^{38}$ .
  - 3.1- أحسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل.
  - 3.2- ماذا تستنتج بخصوص التفاعل؟
- 4- نشغل هذا العمود في دائرة تحتوي على أمبيرمتر مقاومته مهملة، و موصل أومي مقاومته  $R = 120 \Omega$ .
  - 4.1- أحسب شدة التيار المار في الدائرة.
  - 4.2- حدد كمية الكهرباء القصوى التي يمكن لهذا العمود منحها.
  - 4.3- استنتج مدة اشتغاله.