التحولات التلقائية في الأعمدة

عمود دانيال (Pile Daniell)

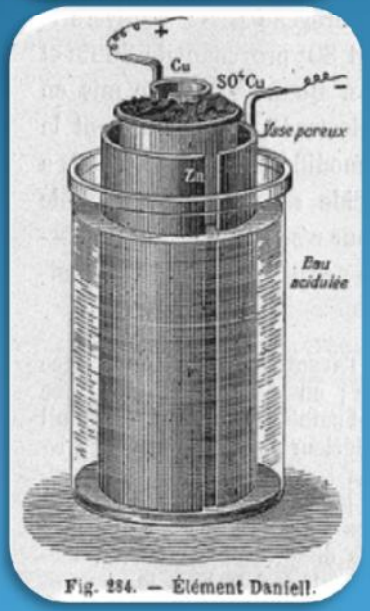


Fig. 284. — Élément Daniell.

جون فردريك دانيال (1790 - 1845)

كيميائي وفيزيائي إنجليزي ولد وتوفي في لندن قام بإجراء الكثير من البحوث حول طرق إنتاج الكهرباء عن طريق التفاعلات الكيمائية وأثمرت أبحاثه عن اختراع أول بطارية كهروكيمائية وأسماها خلية دانيال وهي خلية منقسمة لنصفين كل نصف يسمى نصف خلية أو قطب كما قام باختراع مقياس الرطوبة.

1-2- تطبيق على الأعمدة :

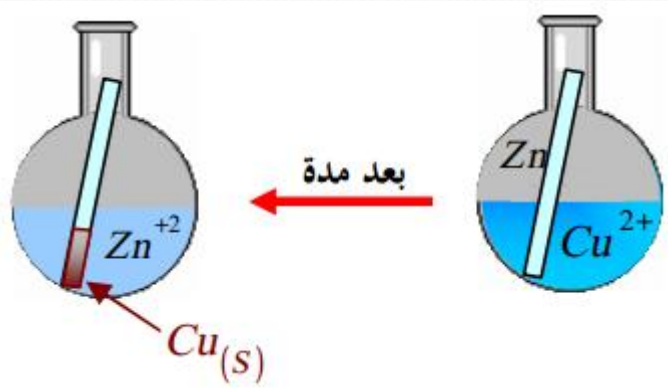
1-2-1- التحول الكيميائي التلقائي بتحويل الكتروني مباشر:

** تجربة :

نضع في بيشر محلولا لكبريتات النحاس $\left(Cu^{2+}_{(aq)} + SO^{-2}_{4\,(aq)}\right)$ ،

ثم نغمس فيه صفيحة من معدن الزنك $Zn_{(S)}$.

** نلاحظ زوال اللون الأزرق تدريجيا مع تشكل راسب أحمر من النحاس على صفيحة الزنك .



معادلات الأكسدة و الإرجاع :

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- = Cu_{(S)}$ الثنائية $\left(Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(S)}\right)$.

$Zn_{(S)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ الثنائية $\left(Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(S)}\right)$.

$Zn_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} = Cu_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$ ..... (1) ثابت توازن التفاعل : $K = 10^{37}$

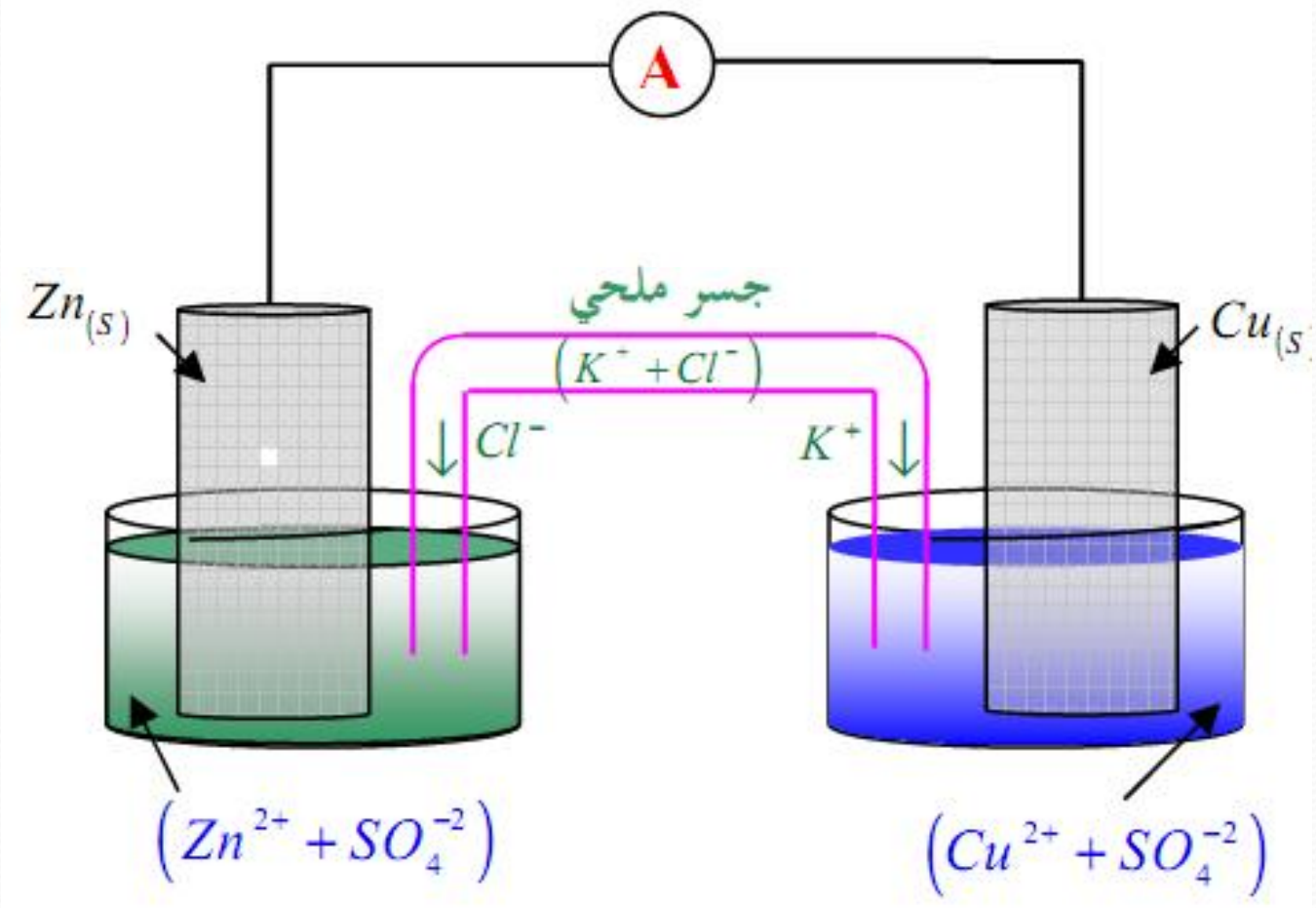
لدينا : $Q_{ri} = \dfrac{\left[Zn^{2+}\right]_i}{\left[Cu^{2+}\right]} = 0$ لأن $\left[Zn^{2+}\right]_i = 0$ نلاحظ ان : $Q_{ri} \langle K$ وبذلك تتطور الجملة في الإتجاه المباشر .

– التحول الإلكتروني السابق يحدث بطريقة تلقائية (عفوية) و مباشرة بالتماس بين الذرات $Zn_{(S)}$ و الشوارد $Cu^{2+}_{(aq)}$.

– هذا الإنتقال يمكن أن يتم بواسطة دارة خارجية ، و بذلك سنحصل على عمود تتحول خلال اشتغاله الطاقة الكيميائية المقرونة بالتفاعل (1) إلى طاقة كهربائية .

1-2-2- التحول الكيميائي التلقائي بتحويل الكتروني غير مباشر في عمود :

** تجربة : نحقق التركيب الموضح في الشكل المقابل .



أجب على الأسئلة التالية :

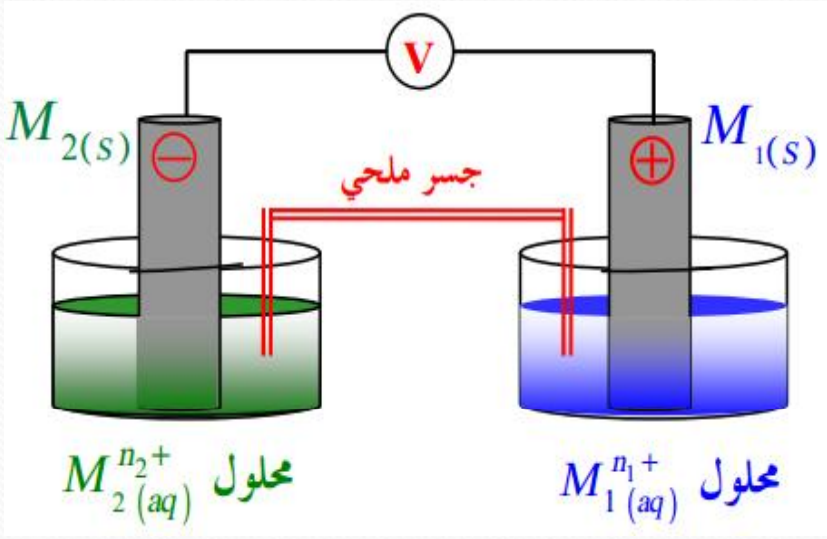
- إعتمادا على الظواهرالكيميائية الحادثة عند المسريين أكتب معادلة التفاعل الحادث في العمود ؟.
- عين قطبي العمود؟
- ماهو دور الجسر الملحي.
- استبدل جهاز الأمبير متر بجهاز الفولط متر ، إلى ماذا يشير؟

محاكاة التجربة

تحليل النشاط :

- تبين نتائج التجربة أن التيار الكهربائي الذي يجتاز الدارة ناتج عن تحويل إلكتروني من المرجع $Zn_{(s)}$ إلى المؤكسد $Cu^{2+}_{(aq)}$ بواسطة دارة خارجية للعمود أي عن بعد (تحويل إلكتروني غير مباشر).
- جسر التوصيل :

يمكن من الإتصال الكهربائي بين نصفي العمود و يسمح كذلك لشوارد المحلول الملحي بالتحرك من أجل ضمان التعادل الكهربائي للمحلولين.



أ- وصف عمود دانيال : يتكون من :

** النصف الأول : صفيحة لأحد المعادن M_1 مغمورة في محلول يحتوي على الشوارد $M_1^{n_1+}$.

** النصف الثاني : صفيحة لأحد المعادن M_2 مغمورة في محلول يحتوي على الشوارد $M_2^{n_2+}$. يدعى كل واحد منهما بالإلكترود .

ب- الرمز الإصطلاحي : يرمز له عموما $(+)\ M_1 / M_1^{n_1+} \| M_2^{n_2+} / M_2\ (-)$ ** $(+)$: المهبط ** $(-)$:المصعد

مثال : $(+)\ Cu^{2+} / Cu \| Zn^{2+} / Zn\ (-)$

جـ- تطور الجملة الكيميائية في العمود خلال اشتغاله : التحول الكيميائي الذي يحدث أثناء اشتغال العمود ينمذج بتفاعل ثابت توازنه K ، بحيث كلما كان كسر التفاعل $Q_r < K$ كلما أنتج العمود تيارا كهربائيا و عندما تصل الجملة إلى حالة التوازن $(Q_r = K)$ ، تنعدم شدة التيار الكهربائي ليتوقف العمود عن الإشتغال .

أكسدة (المصعد).. $n_1 \times \left(M_{2\,(S)} = M_{2\,(aq)}^{n_2+} + n_2\, e^- \right)$

إرجاع (المهبط).. $n_2 \times \left(M_{1\,(aq)}^{n_1+} + n_1\, e^- = M_{1\,(S)} \right)$

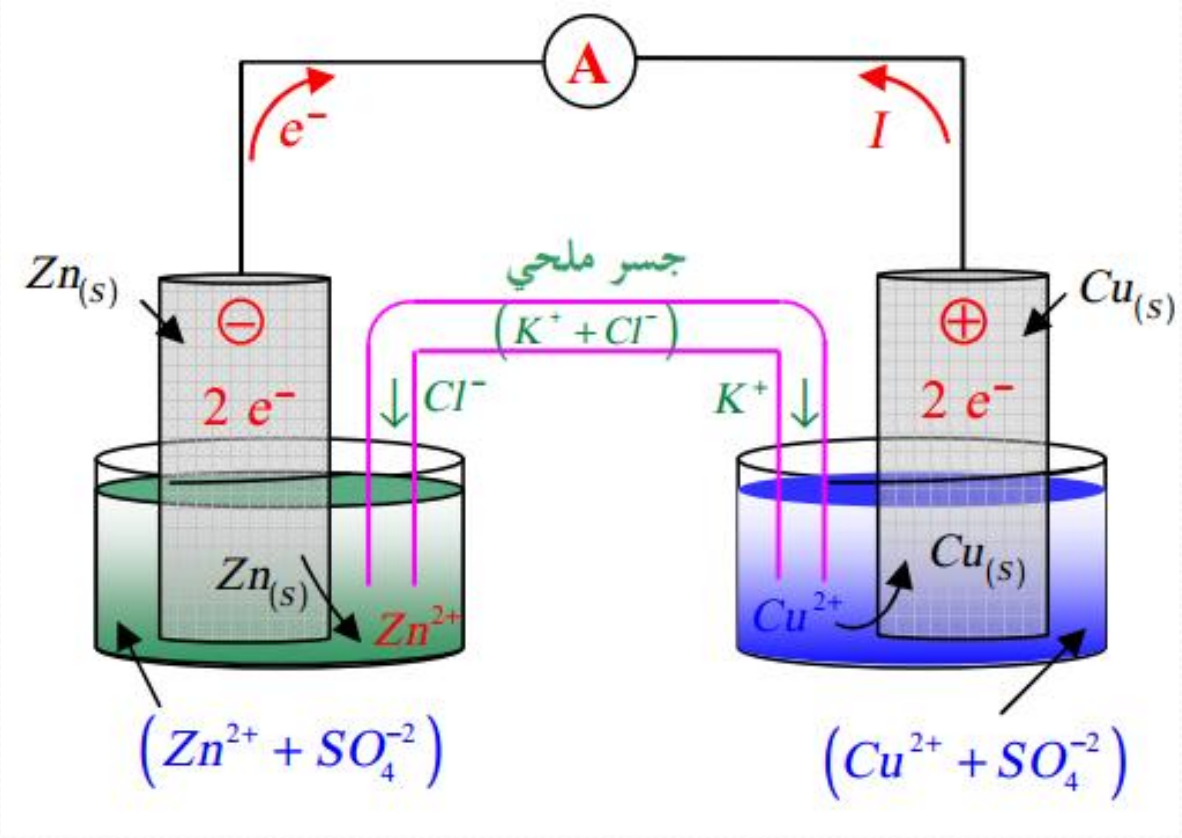
$$n_2\, M_{1\,(aq)}^{n_1+} + n_1\, M_{2\,(S)} = n_2\, M_{1\,(S)} + n_1\, M_{2\,(aq)}^{n_2+}$$

مثال : في العمود $(-)\ Zn / Zn^{2+} \| Cu^{2+} / Cu\ (+)$

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

$$Zn_{(S)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2\ e^-$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(S)} = Cu_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$



د- القوة المحركة الكهربائية لعمود E : تمثل فرق الكمون بين مسربي العمود (عندما لايجري أي تيار) ، يمكن الكشف عن قطبي العمود عمليا باستعمال جهاز الفولط- متر. بحيث تتأثر بدرجة الحرارة و التراكيز المولية للمحاليل .

العمود	القوة المحركة E
$(-)Mg / Mg^{2+} \parallel Ag^{+} / Ag(+)$	3,17
$(-)Sn / Sn^{2+} \parallel Cu^{2+} / Cu(+)$	0,48
$(-)Zn / Zn^{2+} \parallel Cu^{2+} / Cu(+)$	1,1

هـ- كمية الكهرباء التي ينتجها عمود خلال اشتغاله :

كمية الكهرباء المارة بين مربطي العمود خلال مدة زمنية Δt هي : $q = I \cdot \Delta t$ ، وبما أن حملة الشحنة هي الإلكترونات فهي تساوي $q = n \cdot e^-$ بحيث n : هو عدد الإلكترونات الذي يعبر مقطع الجسر خلال المدة الزمنية Δt .

و كمية مادة الإلكترونات الموجودة في العدد n هي $n(e^-) = \frac{n}{N_A} \Leftarrow n = n(e^-) \cdot N_A$.

و بالتالي : $q = n(e^-) \cdot N_A \cdot e^-$ نضع $F = e \cdot N_A$ (شحنة مول من الإلكترونات) F : يسمى الفراداي .

و بذلك يعبر عن كمية الكهرباء الممررة كمايلي : $q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$. $Q = z \cdot x \cdot F$

لدينا $N_A = 6,023 \times 10^{23}$ ، $|e| = 1,6 \times 10^{-19} C$

ومنه $F = 6,023 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19} \Leftarrow F = 96500\ C/mol$.

** عند اشتغال العمود الكهربائي ، يحدث تغير في الطاقة الداخلية للجملة بسبب التحول الكيميائي الذي يكون مصحوبا بتحويل حراري W_e بحيث معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{i1} - W_e = E_{i2}$.