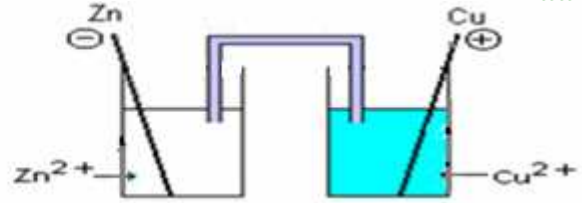


التحولات التلقائية في الأعمدة وتحصيل الطاقة

I الانتقال التلقائي للإلكترونات في عمود كهربائي:

1) وصف عمود دانييل Pile Daniell



يمكن استعمال ورق ترشيح ميلل
بأحد المحلولين كقنطرة أيونية

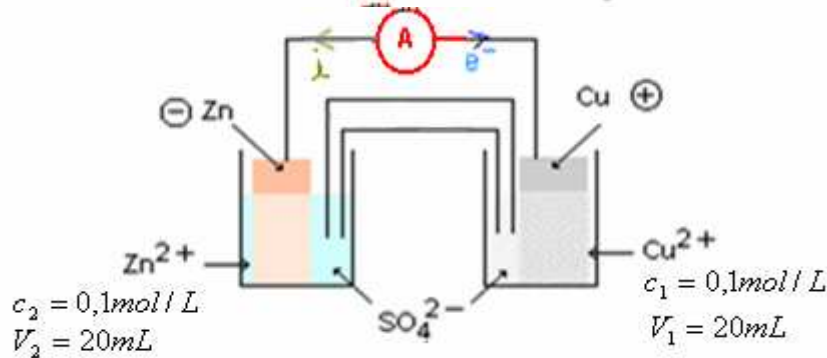
يتكون عمود دانيال من :

- صفيحة من النحاس مغمورة في محلول مائي لكبريتات النحاس $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$ وهو النصف الأول للعمود ويسمى : الكتروود.
- صفيحة من الزنك مغمورة في محلول مائي لكبريتات الزنك $(Zn^{2+} + SO_4^{2-})$ وهو النصف الثاني للعمود ويسمى كذلك : الكتروود.
- قنطرة أيونية مكونة من محلول مخثر $(K^+ + Cl^-)$ ، تربط بين المحلولين دون أن يختلطا ، تلعب دور التوصيل الكهربائي بينهما.

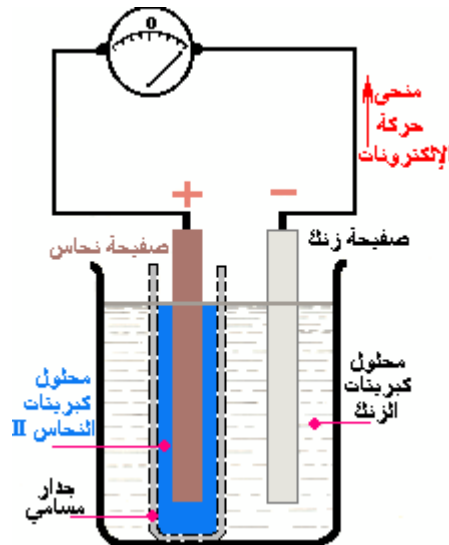
2) اشتغال عمود دانيال:

أ قطبية العمود:

بتركيب جهاز الأميتر (أو الفولتميتر) بين طرفي العمود ، نبين أن صفيحة النحاس تمثل القطب الموجب للعمود و صفيحة الزنك تمثل قطبه السالب

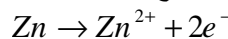


يمر التيار الكهربائي عبر الدارة الخارجية من صفيحة النحاس نحو صفيحة الزنك ، و الإلكترونات لها عكس منحى التيار الكهربائي ، أي تمر من صفيحة الزنك نحو صفيحة النحاس (انظر الشكل).

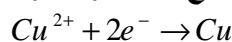


ب- التفاعل الحاصل خلال اشتغال العمود:

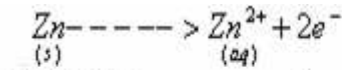
تبين التجربة أن إلكتروود الزنك تتآكل خلال اشتغال العمود وذلك ناتج عن أكسدة فلز الزنك وفق نصف المعادلة التالية :



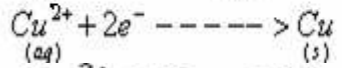
بينما نحصل على توضع النحاس على صفيحة النحاس وذلك ناتج عن اختزال أيونات النحاس وفق نصف المعادلة التالية :



ومنه نستنتج ما يلي :



الإلكترود السالب: تحدث على مستواه الأكسدة و يسمى بالأنود.



الإلكترود الموجب: يحدث على مستواه الاختزال و يسمى بالكاتود.



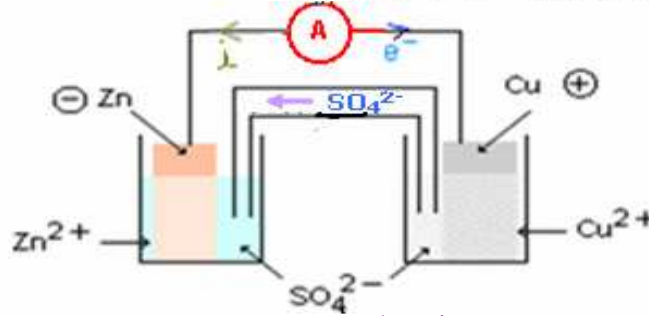
ومعادلة التفاعل التلقائي الحاصل خلال اشتغال العمود هي :

ثابتة التوازن المقرونة بهذا التفاعل: $K = 1,9 \times 10^{37}$. في العمود $[Zn^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$ و $[Cu^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$

لنبين أن هذا التفاعل تلقائي: القيمة البدئية خارج التفاعل السابق بالنسبة للعمود هي :

$$Q_r = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = \frac{0,1}{0,1} = 1 \quad \Leftrightarrow \quad Q_r < K \quad \Leftrightarrow \quad \text{يتطور التفاعل في منحنى زيادة قيمة } Q_r \text{ أي في المنحنى المباشر وهو ما يوافق النجول}$$

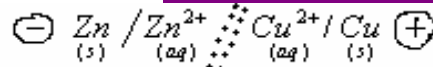
التلقائي الذي يمكن أن يحدث بين المزدوجين Zn^{2+}/Zn و Cu^{2+}/Cu



ج- دور القنطرة الأيونية:

يتجلى دور القنطرة الأيونية في الربط بين المحلولين دون أن يختلطا ، مع السماح بحجرة الأيونات لضمان الحياد الكهربائي للمحلولين .
بحيث أثناء اشتغال العمود يتزايد تركيز الأيونات Zn^{2+} في محلول كبريتات الزنك و يتناقص تركيز الأيونات Cu^{2+} في محلول كبريتات النحاس ، وللحفاظ على الحياد الكهربائي تهاجر SO_4^{2-} عبر القنطرة الأيونية من محلول كبريتات النحاس نحو محلول كبريتات الزنك .

د- التبيانة الاصطلاحية لعمود دانيال:



- الطريقة الثانية: بمعرفة المزدوجتين مؤكسد-مختزل المكونتين للعمود ، نكتب المعادلة الخصلة الممكن حدوثها خلال اشتغال العمود ثم نحدد قيمة خارج التفاعل عند البداية وبمقارنته مع ثابتة التوازن نحصل على منحنى تطور التفاعل الحاصل في العمود . وبذلك تتم معرفة الإلكترود التي تخضع للأكسدة أي التي تمثل الأنود والإلكترود الأخرى هي الكاتود .

(2) تعميم :

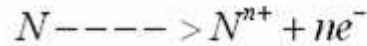
بصفة عامة يتكون العمود من :

- صفيحة فلزية M مغمورة في محلول مائي يحتوي على كاتيونات هذا الفلز M^{m+} ، وهي تمثل الإلكترود الأولي للعمود .
- وصفيحة فلزية N مغمورة في محلول يحتوي على كاتيونات هذا الفلز N^{n+} ، وهي تمثل الإلكترود الثانية للعمود .
- قنطرة أيونية تربط بين المحلولين .



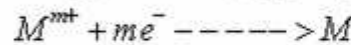
التبيانة الاصطلاحية للعمود:

الأكسدة الأنودية:



بجوار الأنود:

الاختزال الكاثودي:



بجوار الكاتود:

تمنح الأكسدة الأنودية الإلكترونات عبر الدارة الخارجية وتستهلك بالاختزال الكاثودي . إذن أثناء اشتغال العمود يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال التالي:

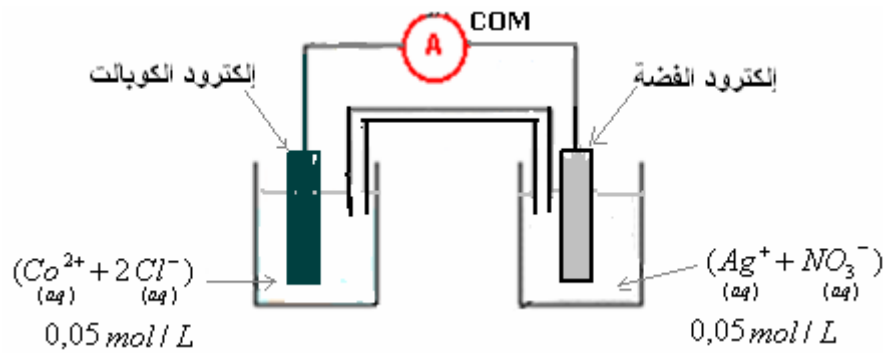


العمود يشتغل وينتج الطاقة الكهربائية ما دام خارج التفاعل $Q_r < K$ وعندما يصل العمود إلى حالة التوازن يصبح مستهلكا $Q_{r,eq} = K$

(ليس بإمكانه توليد التيار الكهربائي)

تطبيقات:

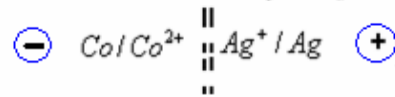
مثال رقم 1 : تطبيق رقم 5 ص 127 الكتاب المدرسي المفيد في الكيمياء.



- يشير الأميترمتر إلى شدة تيار سالبة .
- 1- أعط التنبؤات الاصطلاحية للعمود بعد تحديد قطبية العمود.
 - 2- اكتب معادلتى التفاعلين اللذين يحدثان على مستوى الإلكترودين.
 - 3- ما هو دور القنطرة الأيونية؟
 - 4- احسب قيمة خارج التفاعل في الحالة البدئية.

الأجوبة

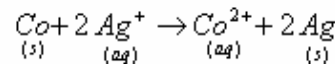
- 1- بما أن الأميترمتر يشير إلى شدة تيار سالبة، فإن مربطه COM مرتبط بالقطب الموجب للعمود. إذن إلكترود الفضة تلعب دور القطب الموجب للعمود وبالتالي : التنبؤات الإصطلاحية للعمود:



- 2- بجوار الأنود (الأكسدة الأنودية) $\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2e^-$
 بجوار الكاتود (الاختزال الكاتودي) $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$

- 3- القنطرة الأيونية تلعب دور التوصيل الكهربائي بين المحلولين (تهاجر غيرها الأيونات من أجل تحقيق الخياد الكهربائي للمحلولين)

- 4- حصىلة التفاعل الذي يحدث خلال اشتغال العمود :



خارج التفاعل في الحالة البدئية:

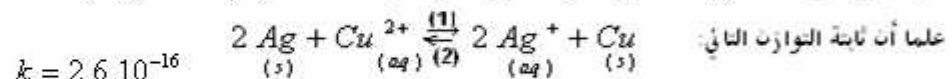
$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2} = \frac{0,05}{(0,05)^2} = 20$$

- 5) أثناء اشتغال العمود يتناقص تركيز الايونات Ag^+ ويزداد تركيز الايونات Co^{2+} وبالتالي تتزايد قيمة خارج التفاعل .

مثال رقم 2 : تطبيق 120 الكتاب المدرسي المفيد في الكيمياء.

نصل بواسطة قنطرة أيونية نصفى العمود التاليين :

- إلكترود من النحاس Cu مغمورة في محلول مائي لكبريتات النحاس $(\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$ ، $[\text{Cu}^{2+}] = 0,05 \text{ mol/L}$ ،
 - إلكترود من الفضة Ag مغمورة في محلول مائي لنترات الفضة $(\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-)$ ، $[\text{Ag}^+] = 0,01 \text{ mol/L}$ ،



- 1- عين منحنى التحول التلقائي للتوازن السابق ، واستنتج معادلة التفاعل الحاصل خلال اشتغال العمود ،
- 2 - اكتب معادلتى التفاعلين اللذين يحدثان على مستوى الإلكترودين. واستنتج قطبية العمود.
- 3- أعط التنبؤات الاصطلاحية للعمود.

الإجابة

$$1 - \text{لنحدد القيمة البدئية خارج الفاعل السابق بالنسبة للعمود : } Q_{r,i} = \frac{[Ag^+]^2}{[Cu^{2+}]} = \frac{(0,01)^2}{(0,05)} = 2 \cdot 10^{-3}$$

لدينا : $Q_{r,i} > K$ إذن تتطور المجموعة السابقة تلقائيا في السحى غير المباشر أي السحى (2).



2-محاور الانود : تحدث الأكسدة الأنودية التالية : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ وهي توافي القطب السالب للعمود.

محاور الكاثود : يحدث الاختزال الكاثودي : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ وهي توافي القطب الموجب للعمود.

3- التبيانة الاصطلاحية للعمود $\oplus Ag | Ag^+ // Cu^{2+} | Cu \ominus$

III مميزات العمود والدراسة الكمية:

1 مميزات العمود:

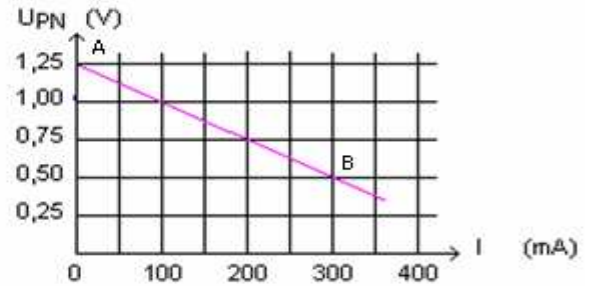
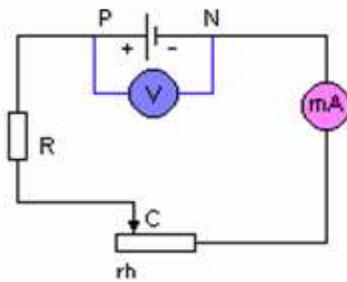
يتميز العمود مثل كل مولد بما يلي:

- قطبيه ، فهو يتوفر على قطبين: قطب موجب وقطب سالب.
- قوة كهرومحركة ، يرمز إليها ب: E ويعبر عنها بالفولط (V).
- مقاومة داخلية يرمز إليها ب: r ويعبر عنها بالأوم Ω .

يكتب قانون أوم بالنسبة للعمود : $U_{PN} = E - rI$

نقيس تغيرات التوتر بين مربطي العمود بتغير شدة التيار الكهربائي في الدارة بواسطة المعدلة.
جدول النتائج :

$U_{PN} (V)$	1,25	1	0,75	0,5
$I (mA)$	0	100	200	300



مميزة $U_{PN} = E - rI$ بحيث E هي القوة الكهرومحركة للعمود وهي تساوي التوتر المطبق بين مربطيه عندما يكون $I = 0$

$$r = \frac{\left| \frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I} \right| = \left| \frac{0,5 - 1,25}{0,3 - 0} \right| = |-2,5| = 2,5 \Omega$$

2-الدراسة الكمية:

(أ) كمية الكهرباء القصوى الممكن تمريرها من طرف عمود:

كمية الكهرباء التي تعبر مقطع السلك الموصل الرابط بين مربطي العمود خلال مدة زمنية Δt هي : $q = I \Delta t$



حملة الشحنة هي الإلكترونات $q = ne$: هو عدد الإلكترونات الذي يعبر مقطع الموصل خلال المدة الزمنية Δt .

$$n = n(e) \cdot N_A \quad \Leftarrow \quad n(e) = \frac{n}{N_A}$$

وبالتالي : $q = n(e) \cdot N_A \cdot e$ نضع $F = eN_A$ وهذا المقدار يسمى الفارادي (وهي القيمة المطلقة لشحنة مول من الإلكترونات).

$$q = I \Delta t = n(e) \cdot F$$

لدينا عدد أفوكادرو : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ والشحنة الابتدائية : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

الفارادي هي القيمة المطلقة للشحنة الكهربائية لمول من الإلكترونات ويرمز له ب F .

$$F = 6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19} = 96500 \text{ C/mol}$$

ملحوظة: سعة العمود: هي كمية الكهرباء القصوى التي يمررها عمود بولد تيارا كهربائيا شدته ثابتة : $q_{\max} = I \Delta t_{\max}$ خلال مدة Δt_{\max} .

(ب) تطبيق:

نعتبر عموداً تبادله الاصطلاحي كما يلي : $\ominus Cu/Cu^{2+} // Ag^+/Ag \oplus$

معادلة تفاعل الأكسدة - اختزال الحاصل خلال اشتغال العمود هي:



علماً أن العمود يولد خلال المدة الزمنية $\Delta t = 1,5mn$ ، تياراً شدته : $I = 86mA$.

(أ) ما كمية الكهرباء المتدخلة خلال هذه المدة؟

(ب) أرسم جدول تقدم التفاعل . ثم أعط تعبير تقدم التفاعل بدلالة I ، Δt و F ثم احسب قيمته .

(ج) احسب تغير كتلة كل إلكترود خلال المدة الزمنية Δt .

(د) اوجد تغير كمية مادة الايونات Cu^{2+} وتغير كمية مادة الأيونات Ag^+ في العمود خلال المدة Δt .

نعطي : $F = 96500C/mol$ ، $M(Ag) = 108g/mol$ ، $M(Cu) = 63,5g/mol$

//////////////////////أجوبة//////////////////////

(أ) كمية الكهرباء المتدخلة خلال المدة الزمنية Δt .

$$q = I \Delta t = 86 \times 10^{-3} A \times 1,5 \times 60s = 7,74C$$

(ب) لئرسم جدول تقدم التفاعل:

$2 Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow 2 Ag_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}$					معادلة التفاعل	
كميات المادة					التقدم	الحالة
$n_o(Ag^+)$	$n_o(Cu)$		$n_o(Ag)$	$n_o(Cu^{2+})$	0	البداية
$n_o(Ag^+) - 2x$	$n_o(Cu) - x$		$n_o(Ag) + 2x$	$n_o(Cu^{2+}) + x$	x	أثناء التطور

من خلال نصف المعادلة الأولى : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ لدينا : $\begin{cases} n(Cu^{2+}) = \frac{n(e^-)}{2} \\ n(Cu^{2+}) = x \end{cases}$ ومن خلال جدول التقدم كمية مادة Cu^{2+} المتكونة

وحسب التعريف لدينا : $n(e^-) = \frac{q}{F} = \frac{I \Delta t}{F}$ إذن : $\frac{I \Delta t}{F} = 2x$ وهذه : $x = \frac{I \Delta t}{2F}$ وبالتالي التقدم :

$$x = \frac{I \Delta t}{2F} = \frac{7,74}{2 \times 96500} = 4 \times 10^{-5} mol$$

(ج) تغير كتلة إلكترود النحاس خلال المدة Δt :

$$\Delta m(Cu) = m(Cu)_F - m(Cu)_I$$

وبما أن : $m = n.M$

$$\Delta m(Cu) = [n(Cu)_F - n(Cu)_I] . M(Cu)$$

$$= [n_o(Cu) - x - n_o(Cu)] . M(Cu)$$

$$= -x . M(Cu)$$

$$= -4.10^{-5} mol . 63,5g/mol = -2,54mg$$

الإشارة (-) تدل على اختفاء النحاس خلال اشتغال العمود وبذلك تتناقص إلكترود النحاس ب : $2,54mg$ خلال المدة Δt .

تغير كتلة إلكترود النحاس خلال المدة Δt

$$\Delta m(Ag) = m(Ag)_F - m(Ag)_I$$

وبما أن : $m = n.M$

$$\Delta m(Ag) = [n(Ag)_F - n(Ag)_I] . M(Ag)$$

$$= [n_o(Ag) + 2x - n_o(Ag)] . M(Ag)$$

$$= 2x . M(Ag)$$

$$= 8.10^{-5} mol . 108g/mol = 8,64mg$$

تتزايد إلكترود الفضة ب : $8,64mg$ خلال المدة Δt .

(د)

تغير كمية مادة الايونات Cu^{2+} في العمود خلال المدة Δt .

$$\Delta n(Cu^{2+}) = n(Cu^{2+})_{finale} - n(Cu^{2+})_{initiale}$$

$$= n_o(Cu^{2+}) + x - n_o(Cu^{2+}) = x = 4.10^{-5} mol$$

تغير كمية مادة الايونات Ag^+ في العمود خلال المدة Δt .

$$\Delta n(Ag^+) = n(Ag^+)_{finale} - n(Ag^+)_{initiale}$$

$$= n_o(Ag^+) - 2x - n_o(Ag^+) = -2x = -8.10^{-5} mol$$

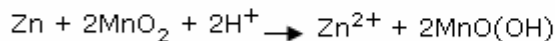
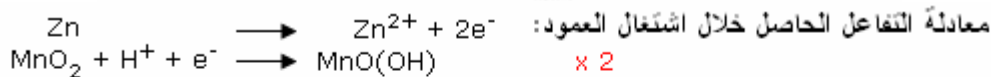
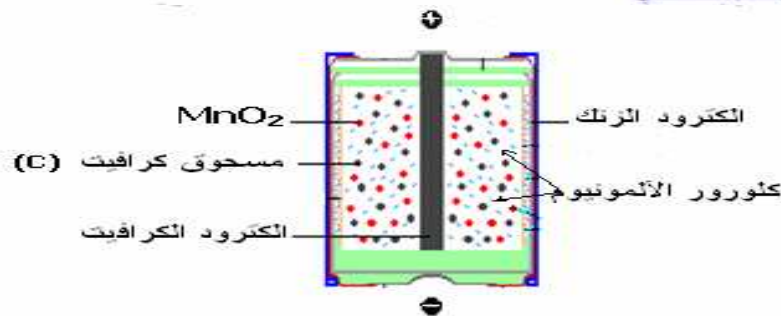
من خلال الأكسدة الانودية : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ يتضح أن كمية مادة Cu^{2+} تزداد $\Delta Cu^{2+} = x > 0$
 من خلال الاختزال الكاثودي : $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ يتضح أن كمية مادة Ag^+ تنقص $\Delta Ag^+ = -2x < 0$

IV الأعمدة الاعتيادية:

1) تعريف:

الأعمدة الاعتيادية هي الأعمدة التي تستعمل في الحياة اليومية ، أهمها وأكثرها استعمالا بطارية ليكلانشي (Leclanché)

2) بطارية ليكلانشي:



ويمثل اصطلاحا بما يلي: $\ominus Zn | Zn^{2+} || MnO(OH) | MnO_2 | C \oplus$

3) الأعمدة على شكل قرص:

تتميز بصغر حجمها وطول مدة اشتغالها .

4) الأعمدة بالليثيوم:

يتميز هذا النوع رغم تكلفته المرتفعة بمدة اشتغال جد طويلة قد تصل إلى 10 سنوات .

SBIRO Abdelkrim lycée agricole+lycée abdellah chefchaouni oulad taima région d'Agadir

المملكة المغربية

msn: sbiabdou@hotmail.fr

pour toute observation contactez moi

لا تنسوني بدعائكم الصالح.

وأسأل الله لكم التوفيق .