الأستاذ أيوب مرضي	مـــــــادة الـــــــكـــــيـــــمـــــيـــــاء	8 صفحات
مستوى الثانية بكالوريا علوم تجريبية	الـجـــزء الثالث: منحى تطور مجموعة كيميائية	
مسلك : علوم الحياة و الأرض – علوم فيزيائية – ع ر	مدة الإنجاز (درس + تمارين):4 س + 2 س	

الدرس السابع

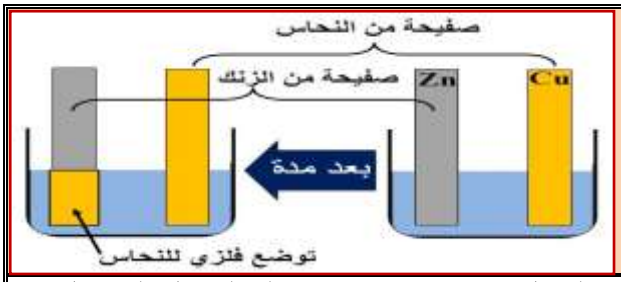
التحولات التلقائية في الأعمدة و تحصيل الطاقة

transformations spontanées dans les piles et récupération de l'énergie

I. الانتقال التلقائي للإلكترونات.

1. الانتقال التلقائي المباشر للالكترونات بين أنواع كيميائية مختلطة:

أ. نشاط تجريبي 1:



في كأس يحتوي على **خليط** من محلول (S_1) حجمه V_1 لكبريتات النحاس الثاني $(Cu^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq})$ ذي تركيز $C_1=1mol/l$. ومحلول (S_2) حجمه $V_1=V_2$ لكبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq})$ ذي تركيز $C_2=1mol/$، نغمر صفيحتي الزنك والنحاس بعد صقلهما. و بعد مدة زمنية نلاحظ توضع فلزي للنحاس على صفيحة الزنك و تآكل هذا الأخير.

1) حدد المزدوجتين مختزل/مؤكسد المتفاعلين واكتب نصف معادلة كل منهما ثم استنتج معادلة التفاعل الحاصل.

المزدوجتين Ox/Red المتدخلتين في هذا التفاعل هما: $Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(s)}$ و $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$

المعادلة الحصيلة للتفاعل الحاصل هي:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$$
$$Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$
$$Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

2) حدد قيمة خارج التفاعل البدئي $Q_{r,i}$.

لدينا: $$Q_{r,i} = \frac{[Zn^{2+}]_i}{[Cu^{2+}]_i} = \frac{\frac{C_2.V_2}{V_1+V_2}}{\frac{C_1.V_1}{V_1+V_2}} = \frac{C_2.V_2}{C_1.V_1} = 1$$

3) حدد منحى تطور المجموعة باستعمال معيار التطور التلقائي علما أن ثابتة التوازن لهذا التفاعل هي $K=1,9.10^{37}$ و هل توافق النتيجة الملاحظات التجريبية؟

بما أن $Q_{r,i} < K$ فحسب معيار التطور يجب أن تتطور المجموعة في المنحى المباشر أي في منحى توضع فلز النحاس على صفيحة الزنك وتكون أيونات $Zn^{2+}_{(aq)}$ وهو ما تؤكده التجربة.

4) أين يحدث انتقال الإلكترونات خلال هذا التفاعل للأكسدة - اختزال ؟

عند تماس الأيونات Cu^{2+} و Zn يحدث انتقال الإلكترونات من فلز الزنك إلى الأيونات Cu^{2+}.

ب. خلاصة:

عند **مزج الأنواع الكيميائية** لمزدوجتين مختزل/مؤكسد ,يحدث **انتقال تلقائي ومباشر للالكترونات** بين مؤكسد مزدوجة ومختزل الأخرى .وذلك بالتوافق مع منحى التطور التلقائي المتوقع بناء على معيار التطور التلقائي.

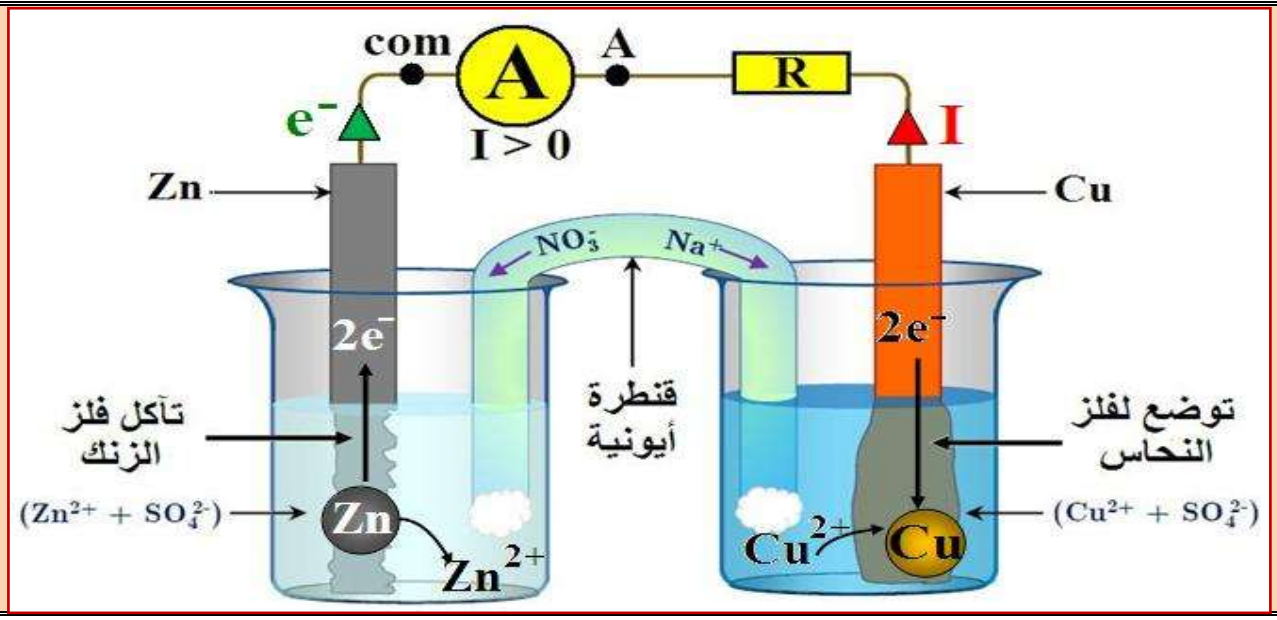
2. الانتقال التلقائي غير المباشر للالكترونات بين أنواع كيميائية منفصلة:

أ. نشاط تجريبي 2:

نصب في كأس (1) محلول (S_1) لكبريتات النحاس الثاني $(Cu^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq})$ ذي التركيز $C_1=1mol/L$، ونغمر فيه صفيحة النحاس. ونصب في كأس (2) محلول (S_2) لكبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq})$ ذي التركيز $C_2=1mol/L$ و نغمر فيه صفيحة الزنك.

نربط الكأسين بـواسطة شريط من ورق الترشيح مبلل محلول مختر لنترات الصوديوم يسمى هذا الشريط بالقنطرة الأيونية.

نربط الصفيحتين بواسطة جهاز أمبيرمتر وموصل الأومي. فنحصل على التركيب التجريبي أسفله.



1) اجرد حملات الشحنة الكهربائية المسؤولة عن مرور التيار الكهربائي في هذه الدارة.

حملات الشحنة الكهربائية في أسلاك الربط و الصفيحتين الفلزيتين هي الإلكترونات الحرة الموجودة فيها، أما بالنسبة للمحاليل و القنطرة الأيونية فحملة الشحنة الكهربائية هي الأيونات الموجبة و السالبة.

2) ما هو منحى التيار الكهربائي الذي يشير إليه الأمبيرمتر؟

بما أن الأمبيرمتر يشير إلى قيمة موجبة لشدة التيار الكهربائي فهذا معناه أن التيار يدخله من قطبه A نحو قطبه com، و منه فإن التيار في الدارة الخارجية منحاه من صفيحة النحاس نحو صفيحة الزنك.

3) استنتج منحى انتقال مختلف حملات الشحنة الكهربائية.

تنتقل الإلكترونات في المنحى المعاكس لمنحى التيار أي من صفيحة الحديد إلى صفيحة النحاس. أما بالنسبة للمحاليل و القنطرة الملحية فتنتقل الكاتيونات في منحى التيار في حين أن الأنيونات فتنتقل عكس منحى التيار.

4) ماذا يحدث على مستوى الصفيحتين داخل المحلولين؟

على مستوى صفيحة الزنك تتحرر الإلكترونات نتيجة تأكسد فلز الزنك بحيث : $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

على مستوى صفيحة النحاس تستهلك الإلكترونات نتيجة اختزال Cu^{2+} بحيث: $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s}$

5) ما دور القنطرة الأيونية؟

القنطرة الأيونية تفصل المتفاعلين مع السماح بهجرة الأيونات لضمان الحياد الإلكتروني للمحلول و مرور التيار الكهربائي.

6) قارن التطور التلقائي لهذه المجموعة مع تطور المجموعة في النشاط التجريبي 1.

نلاحظ نفس التطور معادلته: $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

يحدث انتقال الالكترونات من فلز الزنك إلى أيونات النحاس الثاني دون أي تماس بينهما. و لكن يتم هذا الانتقال عبر الدارة الخارجية المكونة أساسا من أسلاك الربط و الموصل الأومي التي تسمح بمرور التيار الكهربائي.

ب. خلاصة:

عندما تكون الأنواع الكيميائية **منفصلة** يتم الانتقال التلقائي للالكترونات بين الأنواع الكيميائية لمزدوجتين مختزل/مؤكسد بطريقة **غير مباشرة**، وذلك عبر دارة كهربائية خارجية، كما أنه لا يحدث التحول الكيميائي بين المزدوجتين إلا بعد ربطهما بقنطرة ملحية (قنطرة أيونية)، حيث تحافظ على فصل المحلولين و مع السماح بهجرة الأيونات لضمان الحياد الكهربائي للمحلولين ومرور التيار الكهربائي.

II. العمود الكهركيميائي.

1. تعريف العمود و مكوناته و مبدأ اشتغاله:

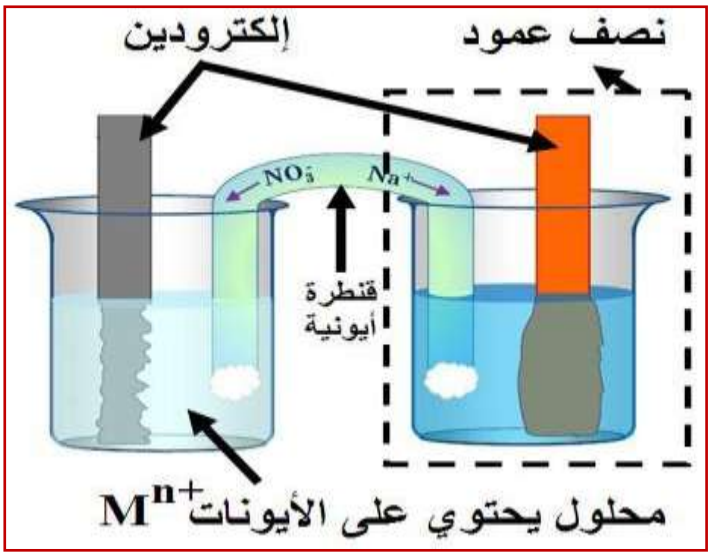
أ. تعريف العمود الكهركيميائي:

العمود الكهركيميائي ثنائي قطب نشيط يحول الطاقة الكيميائية الناتجة عن تفاعل أكسدة – اختزال تلقائي ، إلى طاقة كهربائية يمنحها للدارة الخارجية.

ب. مكونات العمود الكهركيميائي:

يتكون **العمود الكهركيميائي** من مقصورتين تسميان **نصفي العمود** ، حيث يتكون هذا الأخير من المؤكسد و المختزل المرافق له. يرتبط نصفا العمود **بقنطرة أيونية (ملحية)** دورها تحقيق الحياد الكهربائي للمحلولين الإلكتروليتيين في نصفي العمود، وكذلك توصيل التيار الكهربائي داخل العمود نتيجة انتقال الأيونات عبرها.

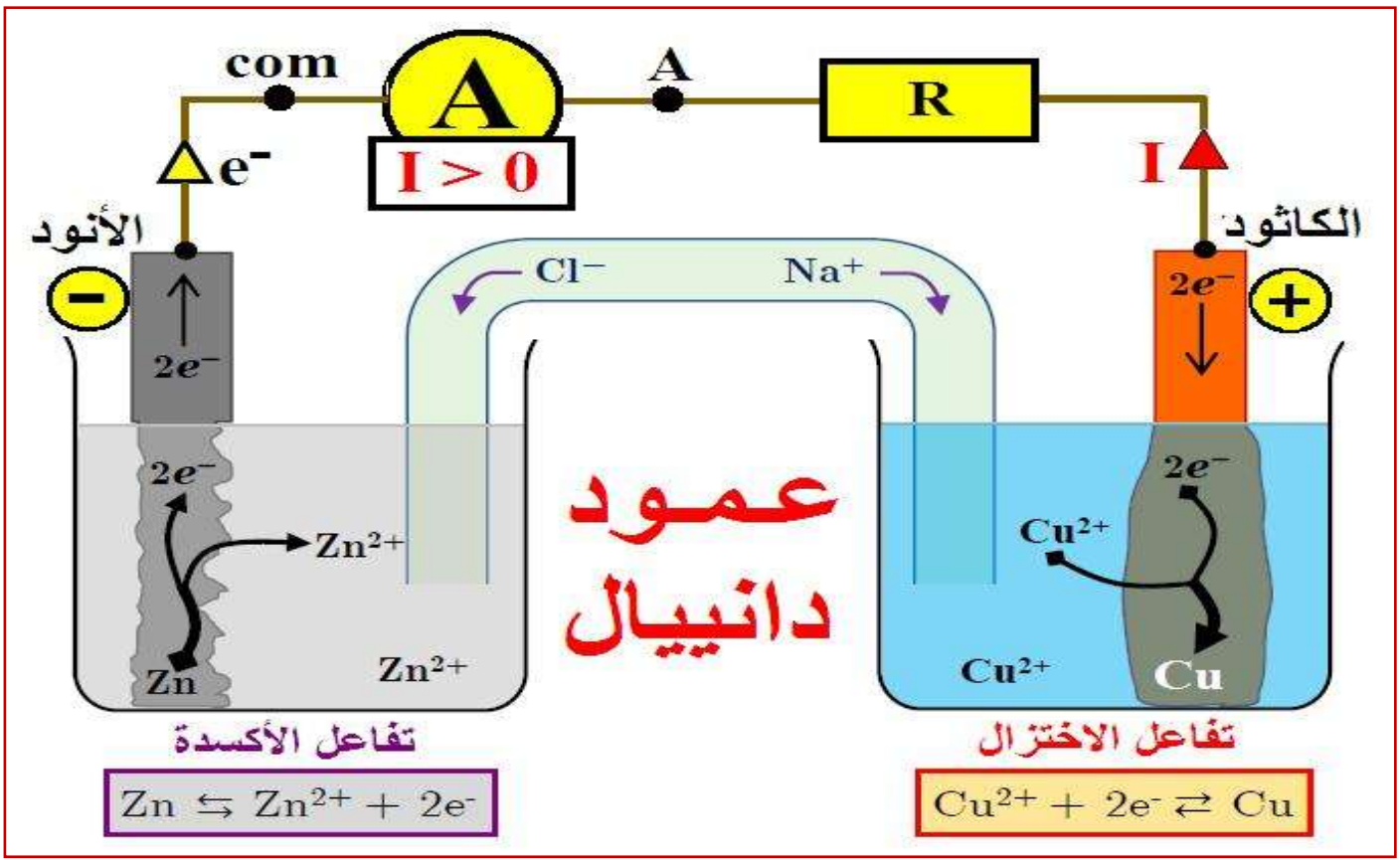
كل نصف عمود يحتوي على سلك أو صفيحة فلزية $M_{(s)}$ تدعى **إلكترودا**، حيث يمثل هذا الأخير أحد قطبي العمود، مغمورا في محلول إلكتروليتي يحتوي على الأيونات $M^{n+}_{(aq)}$.



ج. مبدأ اشتغال العمود الكهركيميائي:

نأخذ مثالا عن مبدأ اشتغال الأعمدة الكهركيميائية العمود نحاس – زنك المسمى بـ **"عمود دانييال"** ، بحيث: (أنظر تبيانة العمود)

- عند ربط جهاز الأمبيرمتر نلاحظ أن هذا الأخير يشير إلى قيمة موجبة، أي أن التيار الكهربائي يمر في الدارة الخارجية من صفيحة النحاس نحو صفيحة الزنك، و بما أن الإلكترونات لها منحى معاكس لمنحى التيار فإنها تنتقل إذن من صفيحة الزنك نحو صفيحة النحاس.
- تحرر الإلكترونات بسبب أكسدة فلز الزنك $Zn_{(s)}$ وتحوله إلى أيونات الزنك $Zn^{2+}_{(aq)}$، التي يزداد تركيزها في مقصورة الزنك، و ذلك حسب معادلة الأكسدة التالية: $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$.
- تستهلك الإلكترونات التي تصل إلى صفيحة النحاس بسبب اختزال أيونات النحاس الثاني $Cu^{2+}_{(aq)}$ التي ينقص تركيزها في مقصورة النحاس، وتحولها إلى فلز النحاس $Cu_{(s)}$، و ذلك حسب معادلة الاختزال التالية:
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(S)}$
- المعادلة الحصيلة لاشتغال العمود هي: $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$



2. التفاعل عند كل إلكترود:

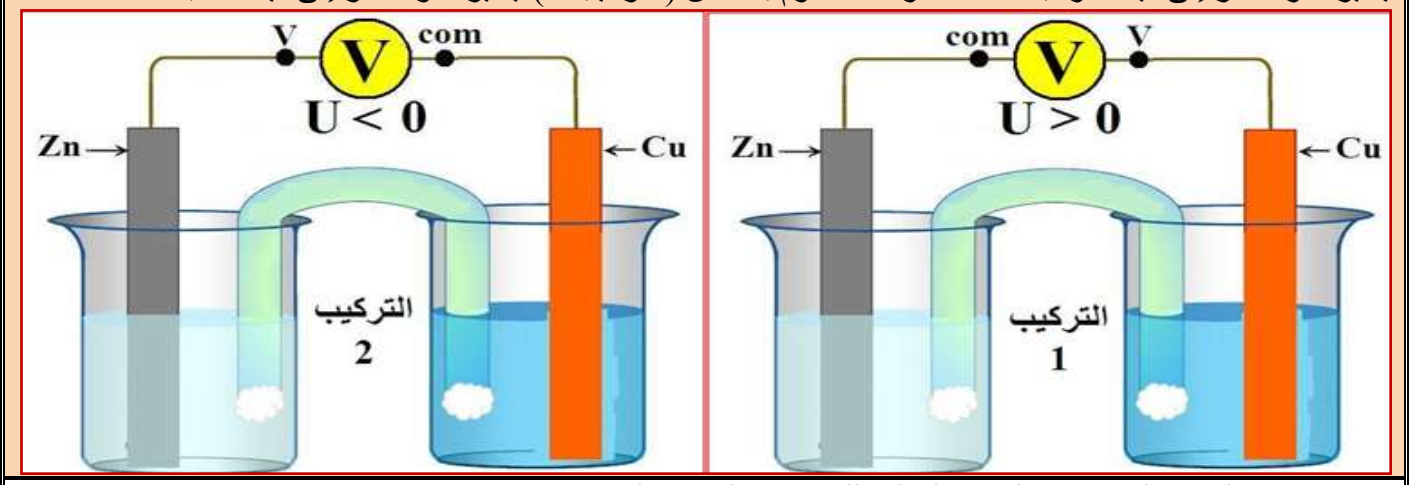
في كل نصف عمود يحدث تفاعل أكسدة أو اختزال بجوار الإلكترود الذي يحتويه، بحيث:

- الإلكترود (الصفيحة) الذي يحدث بجواره **الأكسدة**، يمثل **القطب السالب للعمود** ، و يسمى **"الأنود"**، مما نطلق على التفاعل الحاصل بـ **"الأكسدة الأنودية"**.
- الإلكترود (الصفيحة) الذي يحدث بجواره **الاختزال**، يمثل **القطب الموجب للعمود**، و يسمى **"الكاثود"**، مما نطلق على التفاعل الحاصل بـ **"الاختزال الكاثودي"**.

3. القوة الكهرمحركة لعمود:

أ. نشاط تجريبي 3:

نعوض في التركيب السابق (النشاط التجريبي 2) كل من الموصل الأومي و الأمبيرمتر بجهاز فولطمتر رقمي.
عندما نربط المربط ''V'' للفولطمتر بصفيحة النحاس و نربط المربط ''com'' بصفيحة الزنك (التركيب 1) يشير الفولطمتر إلى قيمة موجبة U>0 ، وعندما نقوم بالعكس (التركيب 2) يشير الفولطمتر إلى قيمة سالبة U<0.



1) حدد القطب الموجب و القطب السالب للعمود، معللا جوابك.

بالنسبة للتركيب 1 يشير الفولطمتر إلى قيمة موجبة للتوتر أي أن مربطه V مرتبط بالقطب الموجب (النحاس)، و بالنسبة للتركيب 2 نلاحظ أن الفولطمتر يشير إلى قيمة سالبة للتوتر أي أن مربطه V مرتبط بالقطب السالب (الزنك) ومنه فإن القطب الموجب هو إلكترود النحاس. و هذا يتوافق مع النتائج المحصل عليها في النشاط 2.

2) ماذا يمثل التوتر الذي يشير إليه الفولط متر؟

يمثل التوتر الذي يشير إليه الفولطمتر قيمة القوة الكهرمحركة E للمولد التي هي فرق الجهد بين قطبيه الموجب و السالب عندما لا يشتغل أي أن I=0.

ب. خلاصة:

القوة الكهرمحركة لعمود هي فرق الجهدين بين قطبيه الموجب و السالب عندما لا يشتغل (لايمر فيه تيار أي I=0)، و تقاس بواسطة الفولطمتر. كما أن استعمال الفولطمتر يمكننا من تحديد قطبية العمود.

4. الرمز الاصطلاحي لعمود:

نمثل العمود الكهركيميائي المكون من المزدوجتين Ox_1/Red_1 و Ox_2/Red_2 بالتمثيل الاصطلاحي التالي:

$$(-)\ Red_1/Ox_1\ //\ Ox_2/Red_2\ (+)$$

مـــثـــال

التمثيل الاصطلاحي لعمود دانييال

$$(-)Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)}//Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(s)}(+)$$

III. التطور التلقائي لمجموعة مكونة لعمود.

- خلال اشتغال العمود فإنه يشكل مجموعة كيميائية في حالة غير حالة التوازن حيث تتطور المجموعة تلقائيا.
- إذا كان العمود قابل للاستعمال في دارة كهربائية فإن: $Q_{r,i} < K$.
- إذا استنفذ أي استهلك العمود كليا فإن: $Q_{r,i} = K$ وهذا معناه أن $I=0$ و $E=0$.

IV. كمية الكهرباء و حصيلة المادة لعمود كهركيميائي.

1. كمية الكهرباء الممنوحة من طرف عمود:

كمية الكهرباء الممنوحة من طرف عمود يزود الدارة بتيار كهربائي شدته I خلال مدة Δt هي:

$$Q = I . \Delta t$$

تعرف كذلك كمية الكهرباء بالقيمة المطلقة لشحنة عدد من الإلكترونات N التي تمر في مقطع من سلك فلزي، بحيث:

لدينا $Q=N.|-e|$ أي $Q=N.e$ (1)

ونعلم أن: $n(e^-) = N/N_A$ أي $N=n(e^-).N_A$

نعوض في العلاقة (1) فنجد: $Q = n(e^-).N_A.e$

نضع: $F=N_A.e$ و تسمى ثابتة فاراداي و هي كمية الكهرباء التي ينقلها مول واحد من الإلكترونات بحيث:

$F=6,02.10^{23}.1,6.10^{-19}$ أي $F = 96500\ C.mol^{-1}$

ومنه فإن:

$$Q = n(e^-).F$$

بحيث:

- Q كمية الكهرباء بالكولوم (C).
- I شدة التيار الكهربائي بالأمبير (A).
- Δt مدة الاشتغال بالثانية (s).
- e الشحنة الابتدائية $e=1,6.10^{-19}C$.
- N عدد الإلكترونات (بدون وحدة).
- N_A ثابتة أفوكادرو $N_A=6,02.10^{23}mol^{-1}$.
- $n(e^-)$ كمية الإلكترونات المتبادلة بـ (mol).
- F ثابتة فاراداي $F=96500C.mol^{-1}$.

2. حصيلة المادة لعمود كهركيميائي: (تطبيق)

الأسئلة

ننجز العمود ألمنيوم – زنك باستعمال مقصورتين، تتكون المقصورة الأولى من صفيحة الألمنيوم مغمورة في كأس يحتوي على حجم $V=100mL$ من محلول مائي لكلورور الألمنيوم $(Al^{3+}_{aq} + 3Cl^-_{aq})$ تركيزه $C_1=[Al^{3+}]_i=4,5.10^{-2}mol/L$. و تتكون المقصورة الثانية من صفيحة الزنك مغمورة في كأس يحتوي على حجم $V=100mL$ من محلول مائي لكبريتات الزنك $(Zn^{2+}_{aq} + SO_4^{2-}_{aq})$ تركيزه $C_2=[Zn^{2+}]_i=4,5.10^{-2}mol/L$.

نوصل المحلولين بقنطرة ملحية $(K^+_{aq} + NO_3^-_{aq})$ ثم نركب بين قطبي العمود موصلا أوميا و أمبيرمترا وقاطعا للتيار.

نغلق قاطع التيار فيمر في الدارة تيارا كهربائيا شدته $I=10mA$. كما أننا نلاحظ توضعا للزنك على صفيحة الزنك.

- الكتلة المولية للألمنيوم: $M(Al) = 27\ g/mol$.
- الكتلة المولية للزنك: $M(Zn) = 65,4\ g/mol$.
- ثابتة فاراداي: $F = 96500C.mol^{-1}$.
- ثابتة التوازن المقرونة بالتحول الحاصل داخل العمود عند 25°C هي: $K=10^{90}$.

1) اعط تبيانة التركيب التجريبي للعمود المدروس.
2) أكتب معادلة التفاعل الحاصل داخل العمود.
3) أحسب خارج التفاعل في الحالة البدئية $Q_{r,i}$ ثم استنتج منحى تطور المجموعة الكيميائية المكونة للعمود.

4) حدد معللا جوابك قطبية العمود.

5) اعط التبيانة الاصطلاحية لهذا العمود.

6) بعد غلق قاطع التيار نترك العمود يشتغل حتى يستهلك كليا:

أ. أنشئ الجدول الوصفي للتحول الحاصل.

ب. أوجد تعبير عمر العمود Δt_{max} بدلالة C_2 , V , F , I . أحسب Δt_{max}.

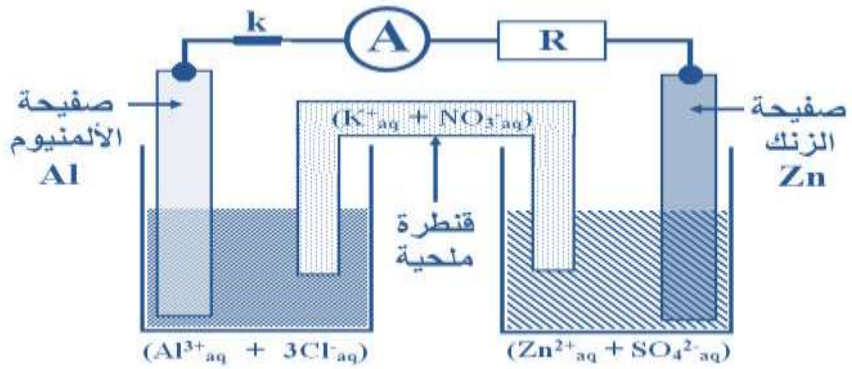
ج. استنتج كمية الكهرباء القصوى Q_{max}.

د. أحسب Δm_{Zn} تغير كتلة الزنك خلال المدة Δt_{max}. استنتج.

ه. أحسب Δm_{Al} تغير كتلة الألمنيوم خلال المدة Δt_{max}. استنتج.

الأجوبة

1) تبيانة التركيب التجريبي:



2) معادلة التفاعل الحاصل: المزدوجتين المتدخلتين في هذا التفاعل هما: $Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)}$ و $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$

بما أن الزنك يتوضع فهذا دليل على اختزال أيونات الزنك أي أن الألمنيوم يتأكسد و ذلك حسب أنصاف المعادلات التالية:

$$3(Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(s)})$$
$$2(Al_{(s)} \rightleftharpoons Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-)$$
$$3Zn^{2+}_{(aq)} + 2Al_{(s)} \rightleftharpoons 3Zn_{(s)} + 2Al^{3+}_{(aq)}$$

3) خارج التفاعل في الحالة البدئية للمجموعة الكيميائية لدينا:

$$Q_{r,i} = \frac{[Al^{3+}]_i^2}{[Zn^{2+}]_i^3} = \frac{C_1^2}{C_2^3} = \frac{(4,5.10^{-2})^2}{(4,5.10^{-2})^3} = 22,2$$

وحسب معيار التطور التلقائي لدينا $Q_{r,i} < K$ أي أن المجموعة الكيميائية ستتطور في المنحى المباشر أي منحى تكون الزنك و أيونات الألمنيوم.

4) لدينا: $Zn_{(s)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ وهو تفاعل اختزال أي أن صفيحة الزنك تمثل القطب الموجب للعمود (الكاثود).

ولدينا: $Al_{(s)} \rightleftharpoons Al^{3+}_{(aq)} + 3e$ وهو تفاعل أكسدة أي أن صفيحة الألمنيوم تمثل القطب السالب للعمود (الأنود).

5) التبيانة الاصطلاحية لهذا العمود: $(-)\ Al_{(s)}/Al^{3+}_{(aq)}//Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}\ (+)$

6) بعد غلق قاطع التيار نترك العمود يشتغل حتى يستهلك كليا:

أ. الجدول الوصفي للتحول الحاصل:

نصف معادلة التفاعل	$3Zn^{2+}_{(aq)}$ + $2Al_{(s)}$ ⇌ $3Zn_{(s)}$ + $2Al^{3+}_{(aq)}$			
الحالة	التقدم	كميات المادة بالمول (mol)		
البدئية	0	C_1V	$n_i(Zn)$	$n_i(Al)$	C_2V
الوسطية	x	C_1V+2x	$n_i(Zn) + 3x$	$n_i(Al) - 2x$	$C_2V - 3x$
النهائية	x_{max}	C_1V+2x_{max}	$n_i(Zn) + 3x_{max}$	$n_i(Al) - 2x_{max}$	$C_2V - 3x_{max}$

ب. ننشئ الجدول الوصفي للتفاعل الحاصل بجوار إلكترود الزنك نظرا لوجود التركيز C_2:

نصف معادلة التفاعل		$3Zn^{2+}_{(aq)} + 6e^- \rightleftarrows 3Zn_{(s)}$		
الحالة	التقدم	كميات المادة بالمول (mol)		
البدئية	0	$n_i(Zn)$	0	C_2V
الوسطية	x	$n_i(Zn) + 3x$	6x	$C_2V - 3x$
النهائية	x_{max}	$n_i(Zn) + 3x_{max}$	$6x_{éq}$	$C_2V - 3x_{max}$

نعلم أن: $Q_{max} = n_{max}(e^-).F = I \cdot \Delta t_{max}$

وحسب الجدول الوصفي أعلاه فإن: $n_{max}(e^-) = 6.x_{max}$

وبما أن الألمنيوم موجود بوفرة فإن المتفاعل المحد عند استهلاك العمود هو أيونات الزنك أي أن:

$C_2V-3x_{max}=0$ أي أن: $x_{max} = C_2V/3$ و منه : $n_{max}(e^-) =6.C_2V/3 = 2C_2V$

و منه نجد: $\Delta t_{max} = \frac{2.C_2V.F}{I} = \frac{2\times4,5.10^{-2}\times100.10^{-3}\times96500}{10.10^{-3}} = 86850s = 24h6min$

ج. كمية الكهرباء القصوى: $Q_{max}=I.\Delta t_{max}=10.10^{-3}.86850=868,5C$.

د. حساب Δm_{Zn} تغير كتلة الزنك خلال المدة Δt_{max}.

حسب الجدول الوصفي للتفاعل الحاصل لدينا: $\Delta n_{Zn}= n_f(Zn) - n_i(Zn)$

أي: $\Delta n_{Zn}= n_i(Zn) + 3x_{max} - n_i(Zn)= 3x_{max}$ أي: $\frac{\Delta m_{Zn}}{M(Zn)} = 3.x_{max}$

أي: $\Delta m_{Zn}=3x_{max}.M(Zn)$

ومما سبق لدينا: $Q_{max}=n_{max}(e^-).F = 6.x_{max}.F$ أي أن: $x_{max}=Q_{max}/6F$

ومنه نعوض فنجد: $\Delta m_{Zn} = \frac{Q_{max}.M(Zn)}{2F}$ أي: $\Delta m_{Zn} = \frac{868,5\times65,4}{2\times96500} = 0,3g$

نلاحظ أن $\Delta m_{Zn}>0$ إذن كتلة فلز الزنك تتزايد (توضع فلز الزنك) ومنه كتلة الزنك المتكون هي 0,3g.

ه. حساب Δm_{Al} تغير كتلة الزنك خلال المدة Δt_{max}.

حسب الجدول الوصفي للتفاعل الحاصل لدينا: $\Delta n_{Al}= n_f(Al) - n_i(Al)$

أي: $\Delta n_{Al}= n_i(Al) - 2x_{max} - n_i(Al)= -2x_{max}$ أي: $\frac{\Delta m_{Al}}{M(Al)} = -2.x_{max}$

أي: $\Delta m_{Al}= -2x_{max}.M(Al)$

ومما سبق لدينا: $Q_{max}= n_{max}(e^-).F = 6.x_{max}.F$ أي أن: $x_{max}=Q_{max}/6F$

ومنه نعوض فنجد: $\Delta m_{Al} = \frac{-Q_{max}.M(Al)}{3F}$ أي: $\Delta m_{Al} = \frac{-868,5\times27}{3\times96500} = -0,081g$

نلاحظ أن $\Delta m_{Al}<0$ إذن كتلة فلز الألمنيوم تنقص (تآكل فلز Al) ومنه كتلة الAl المتفاعل هي 0,081g.

V. بعض الأعمدة الاعتيادية.

تستعمل في الحياة اليومية أعمدة متنوعة منها ما هو **ملحي و قلائي وأعمدة بالليثيوم ...** لها أشكال وأحجام مختلفة.

يتعلق توتر كل عمود بنوع التفاعلين اللذين يحدثان على مستوى الإلكترودين، و تتعلق كمية الكهرباء التي يمكن أن يمررها كل عمود بالكميات البدئية للمتفاعلات، أما شدة التيار القصوى للاستعمال فتتعلق ، أساسا ، بمكونات القنطرة الأيونية.

♦ الأعمدة الملحية من طراز لوكلانشي:

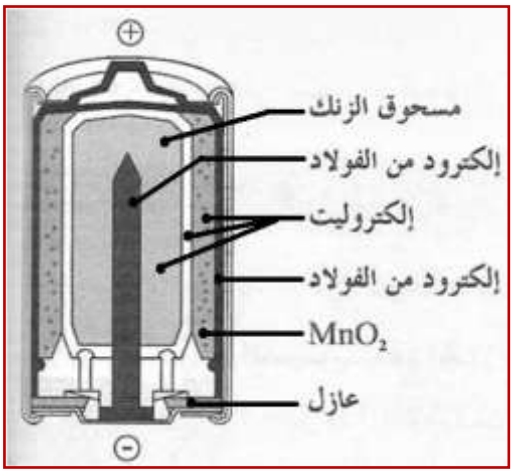
عمود لوكلانشي ,الذي أطلق عليه هذا الاسم نسبة إلى مبتكره العلم لوكلانشي (1839 – 1882) LECLANCHE. هو العمود الملحي الأكثر انتشارا ويسمى ملحي لأن إلكتروديه مغموران في محلول مخثر لكلورور الأمونيوم أو كلورور الزنك. يستعمل عمود لوكلانشي في الحالات التي لا تستلزم شدة قوية للتيار ، مثل آلة التحكم عن بعد و ال م حسبة ومصباح الجيب...

المعادلة المبسطة لتفاعل الأكسدة-اختزال الحاصل عند اشتغال العمود الملحي هي:

$$Zn + 2MnO_2 + 2H^+ \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2MnO_2H$$

التبيانة الاصطلاحية للعمود هي: $(-)\ Zn/Zn^{2+}//MnO_2/C\ (+)$

♦ الأعمدة القلائية من طراز مالوري:



في الأعمدة القلائية نجد المتفاعلات نفسها التي في عمود لوكلانشي ,لكن الإلكترودين مغموران في محلول قاعدي مخثر لهيدروكسيد البوتاسيوم وترجع تسمية هذه الأعمدة إلى عنصر البوتاسيوم الذي ينتمي لمجموعة القلائيات.

تعتبر الأعمدة القلائية أكثر جودة من الأعمدة الملحية ,لجودة التوصيل الكهربائي في محلولها الالكتروليتي.

المعادلة المبسطة لتفاعل الأكسدة-اختزال الحاصل عند اشتغال العمود القلائي هي:

$$Zn + 2MnO_2 + 2HO^- + 2H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-} + 2MnO_2H$$

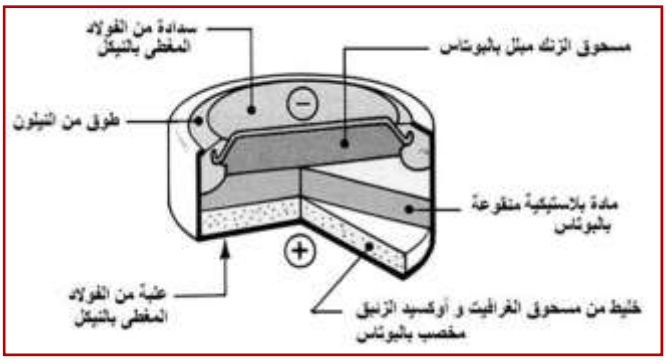
التبيانة الاصطلاحية للعمود هي: $(-)\ Zn/Zn(OH)_4^{2-}//MnO_2/C\ (+)$

♦ أعمدة الليثيوم:

في أعمدة اللثيوم ,يُعوض الزنك باللثيوم ,وهو مختزل قوي يتفاعل بشدة مع الماء ,والمحلول الالكتروليتي المخثر مكون من محاليل عضوية ,مما يجعلها أكثر كلفة من الأعمدة الاعتيادية .وهي تستعمل على نطاق واسع وفي مجال درجة حرارة من 55°C- إلى 85°C.

يمكن لأعمدة اللثيوم إعطاء كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية ,وتوجد في الأسواق على أشكال مختلفة.

♦ الأعمدة على شكل قرص:

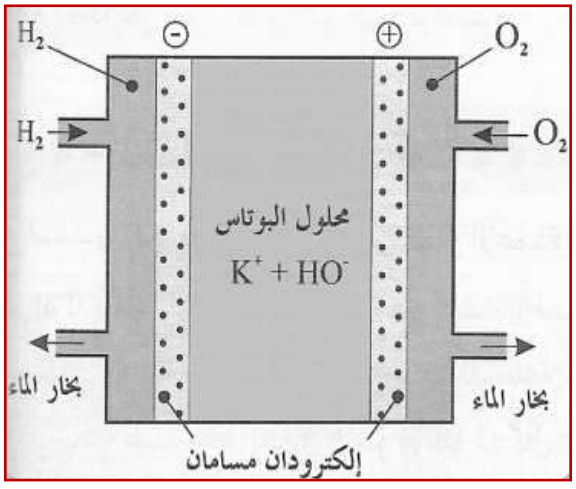


توجد أعمدة قلائية على شكل أقراص ، حيث عوِّض أوكسيد المنغنيز MnO_2 بأوكسيد الفضة أو أوكسيد الزئبق أو ثنائي الأوكسجين ، وتتميز بصغر حجمها و طول مدة اشتغالها.

المعادلة المبسطة لتفاعل الأكسدة-اختزال الحاصل عند اشتغال العمود هي:

$$Zn + Ag_2O + 2HO^- + 2H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-} + 2Ag$$

♦ الأعمدة ذات محروق:



العمود ذو محروق مولد كهربائي يحول الطاقة الكيميائية للاحتراق إلى طاقة كهربائية حيث يصل ثنائي الهيدروجين إلى الأنود وثنائي أكسجين الهواء إلى الكاتود ,أما الالكتروليت المستعمل فهو إما قلائي (هيدروكسيد البوتاسيوم) أو حمضي (حمض الفوسفوريك).

يمكن استعمال هذا العمود مستقبلا لتوليد الطاقة في السيارات , وهو يستعمل حاليا لتشغيل المركبات الفضائية .وتتميز هذه الأعمدة بكبر حجمها وتكلفتها العالية ,لكن مردودها المرتفع وقلة تلويثها للبيئة يجعل استعمالها واعدا في المستقبل.

المعادلة المبسطة لتفاعل الأكسدة-اختزال الحاصل عند اشتغال العمود هي: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$