مؤسسة ڤودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة
الكيمياء للثانوية العامة
مبادرة
تقدر في ١٠ ايام
www.hayakarima.com

الباب الرابع

الكيمياء الكهربية

- خلية دانيال
- سلسلة الجهود القياسية
- الخلايا الجلفانية
- تآكل المعادن
- الخلايا التحليلية
- قوانين فاراداي

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

الكيمياء الكهربية

الطاقة الكهربية

من أهم أنواع صور الطاقة وأكثرها صداقة للبيئة.

الكيمياء الكهربية

العلم الذي يهتم بدراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال.

تفاعلات الأكسدة

التفاعلات التي تنتقل فيها الإلكترونات من أحد المواد المتفاعلة إلى المادة الأخرى الداخلة معها في تفاعل كيميائي.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

الخلايا الكهروكيميائية

خلايا جلفانية: أنظمة يتم فيها تحويل الكيميائية إلى طاقة كهربية من خلال تفاعلات أكسدة – اختزال تلقائية

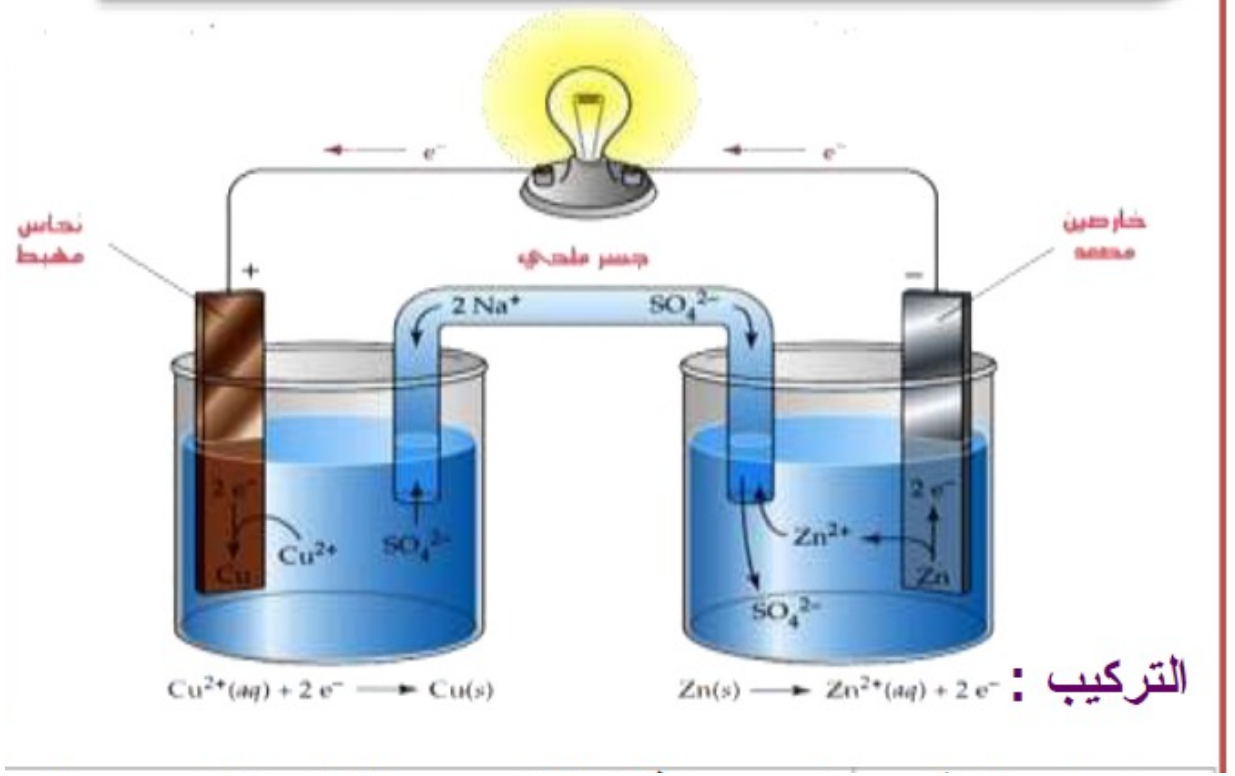
خلايا تحليلية (إلكتروليتية): أنظمة يتم فيها تحويل الكهربية إلى طاقة كيميائية من خلال تفاعلات أكسدة – اختزال غير تلقائية

طاقة كيميائية ⟵ خلايا جلفانية ⟵ طاقة كهربية

طاقة كهربية ⟶ خلايا تحليلية ⟶ طاقة كيميائية

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

خلية دانيال (مثال تطبيقى للخلايا الجلفانية)



التركيب :

مثال (٢)

أكتب الرمز الإصطلاحى والعامل المؤكسد والعامل المختزل للخلية الجلفانية التى يحدث فيها التفاعل التالى :

$$H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

الإجابة

الرمز الإصطلاحى : $H_2 \mid 2H^{+} \parallel CU^{+2} \mid Cu$

العامل المؤكسد : أيونات النحاس (Cu^{+2}) العامل المختزل : غاز الهيدروجين (H_2)

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

قياس جهود الأقطاب Electrode Potentials

جهد قطب الهيدروجين القياسى

* فرق الجهد بين الهيدروجين وأيوناته فى محلول مولارى من أيوناته ويساوى Zero

التركيب

- صفيحة من البلاتين ($1cm^2$) مغطاه بطبقة أسفنجية من البلاتين الأسود ومغموره فى محلول واحد مولارى (1M) من أى حمض قوى .
- يمرر عليها تيار من غاز الهيدروجين تحت ضغط ثابت (1 atm)

ملحوظة:

* يسمى قطب الهيدروجين فى هذه الظروف بقطب الهيدروجين القياسى ويرمز له بالرمز (SHE)

الرمز الإصطلاحى :-

- عندما يكون أنود (فى حالة الأكسدة) : $pt.H_2(1atm) / 2H^-(1mol/L)$
- عندما يكون كاثود (فى حالة الإختزال) : $2H^-(1mol/L) / Pt.H_2(1atm)$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر

- تمكن العلماء من قياس الجهود القطبية القياسية (E°) لأنصاف الخلايا لجميع العناصر الفلزية واللافلزية المناسبة بالنسبة لجهد قطب الهيدروجين القياسى .

حيث تكون :

- أكبر القيم السالبة لجهود الإختزال فى أعلى السلسلة ، وأكبر القيم الموجبة لجهود الإختزال فى أسفلها .
- أكبر القيم الموجبة لجهود الأكسدة فى أعلى السلسلة ، وأكبرالقيم السالبة لجهود الأكسدة فى أسفلها .

جهد الإختزال القياسى (فولت)	جهد التأكسد القياسى (فولت)	نصف الخلية (نصف التفاعل)
- 3.045	+3.045	$Li \rightleftarrows Li^{+} + e^{-}$
- 2.924	+2.924	$K \rightleftarrows K^{+} + e^{-}$
- 2.711	+2.711	$Na \rightleftarrows Na^{+} + e^{-}$
- 2.375	+2.375	$Mg \rightleftarrows Mg^{2+} + 2e^{-}$
- 1.670	+1.670	$Al \rightleftarrows Al^{3+} + 3e^{-}$
- 1.029	+1.029	$Mn \rightleftarrows Mn^{2+} + 2e^{-}$
- 0.762	+0.762	$Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e^{-}$
- 0.740	+0.740	$Cr \rightleftarrows Cr^{3+} + 3e^{-}$
- 0.557	+0.557	$Cr \rightleftarrows Cr^{2+} + 2e^{-}$
- 0.410	+0.410	$Cr^{2+} \rightleftarrows Cr^{3+} + e^{-}$
- 0.409	+0.409	$Fe \rightleftarrows Fe^{2+} + 2e^{-}$
- 0.402	+0.402	$Cd \rightleftarrows Cd^{2+} + 2e^{-}$
- 0.280	+0.280	$Co \rightleftarrows Co^{2+} + 2e^{-}$
- 0.230	+0.230	$Ni \rightleftarrows Ni^{2+} + 2e^{-}$
- 0.126	+0.126	$Pb \rightleftarrows Pb^{2+} + 2e^{-}$
Zero	Zero	$H_2 \rightleftarrows 2H^{+} + 2e^{-}$
+ 0.150	- 0.150	$Sn^{2+} \rightleftarrows Sn^{4+} + 2e^{-}$
+ 0.340	- 0.340	$Cu \rightleftarrows Cu^{2+} + 2e^{-}$
+ 0.401	- 0.401	$4OH^{-} \rightleftarrows 2H_2o + O_2 + 4e^{-}$
+ 0.800	- 0.800	$Ag \rightleftarrows Ag^{+} + e^{-}$
+ 1.200	- 1.200	$Pt \rightleftarrows Pt^{2+} + 2e^{-}$
+ 1.420	- 1.420	$Au \rightleftarrows Au^{3+} + 3e^{-}$
+ 2.870	- 2.870	$2F \rightleftarrows F_2 + 2e^{-}$

سلسلة الجهود الكهربية للعناصر (للإطلاع فقط)

مؤسسة حياة كريمة
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي

في خلية دانيال يحدث التفاعلات التالية :

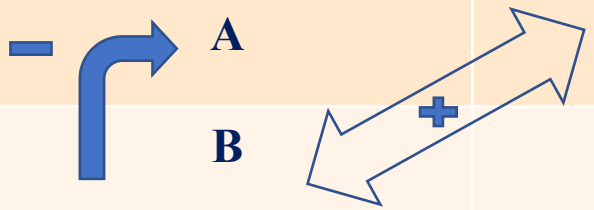
$$Zn^{0}_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad E^{\circ} = +0.76\ V$$

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu^{0}_{(s)} \qquad E^{\circ} = +0.34\ V$$

أجب عما يلي :

١- احسب قيمة القوة الدافعة الكهربية (emf) للخلية.
٢- اكتب الرمز الإصطلاحي للخلية.
٣- حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

	جهد الاكسدة	جهد الاختزال
أنود	C	A
كاثود	D	B

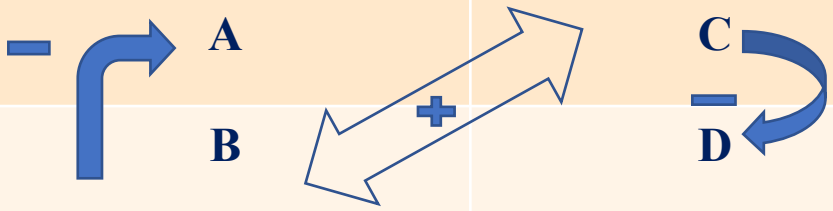


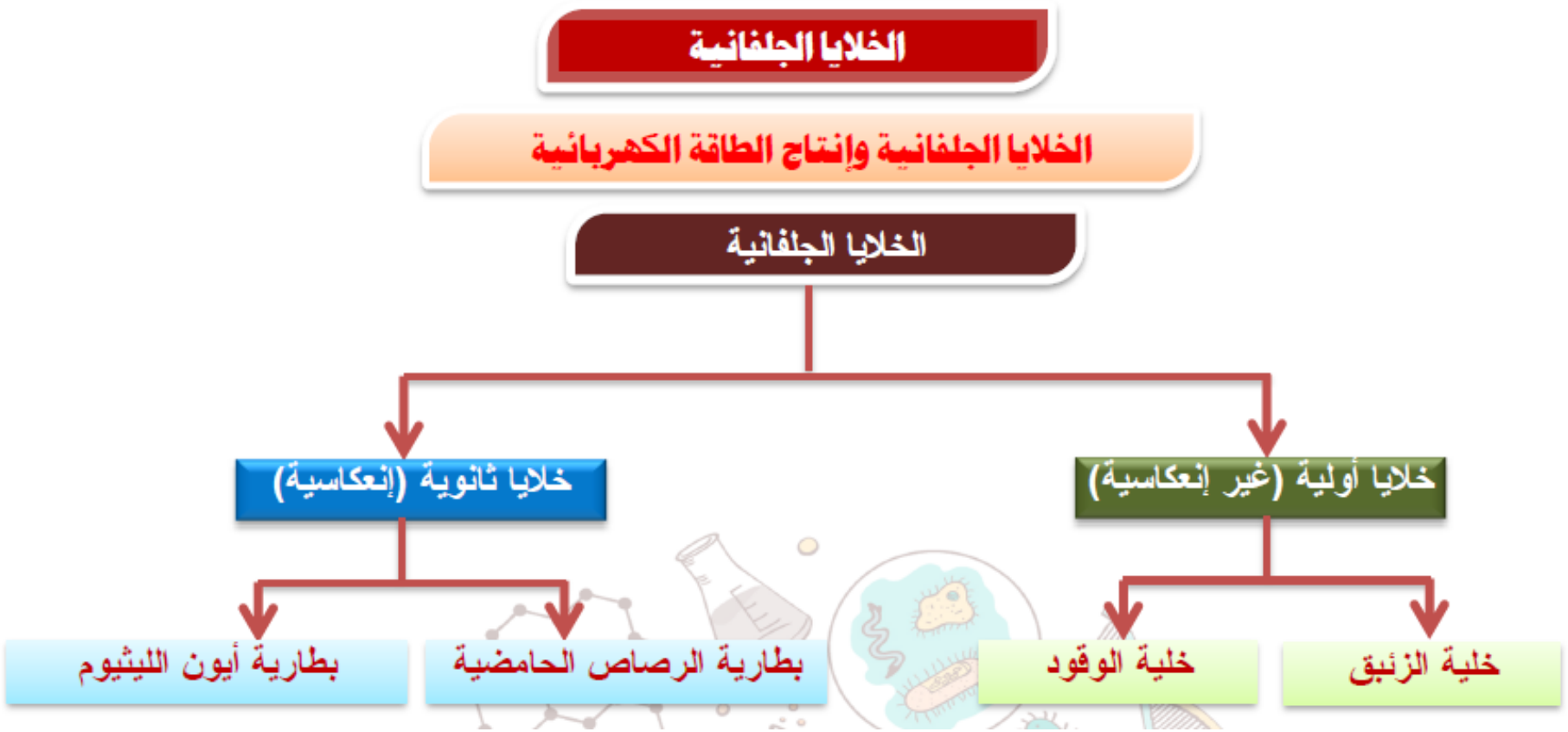
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

(A) ، (B) فلزان جهد أكسدة الأول (0.4 V) ، وجهد اختزال الثاني (0.6 V) على الترتيب وكان الأول ثنائي التكافؤ ، والثاني أحادي التكافؤ ، أجب عما يلي :

١- احسب القوة الدافعة الكهربية لهذه الخلية الجلفانية.
٢- اكتب الرمز الإصطلاحي.
٣- اكتب معادلتي الأكسدة والاختزال للخلية التي يمكن أن تتكون منهما.

	جهد الاكسدة	جهد الاختزال
أنود	C	A
كاثود	D	B





تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

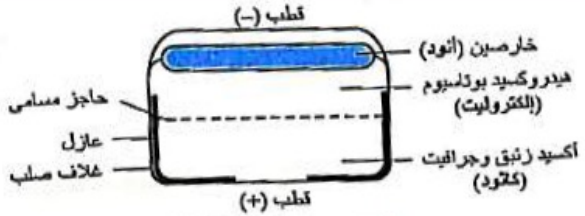
خلايا أولية (غير إنعكاسية)

- خلية الزئبق
- خلية الوقود

خلية الزئبق

- المكونات :

- أنود (مصعد) : خارصين
- كاثود (مهبط) : أكسيد زئبق
- إلكتروليت : هيدروكسيد البوتاسيوم



▲ شكل تخطيطي لخلية الزئبق

- الشكل :

تصنع فى شكل إسطوانى أو على هيئة قرص ، ومغلقة بإحكام بغلاف خارجى من الصلب

- الإستخدام :

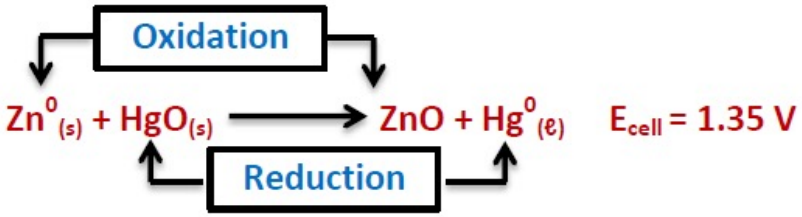
تستخدم خلية الزئبق فى سماعات الأذن والساعات والالات الخاصة بالتصوير ... علل ؟ لصغر حجمها.

- القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E_{cell} = 1.35\ V$

يلزم التخلص من خلية الزئبق بعد استخدامها بطريقة آمنة ... علل ؟

لأنها تحتوى على الزئبق وهو مادة سامة.

- التفاعل الكلي الحادث في الخلية :



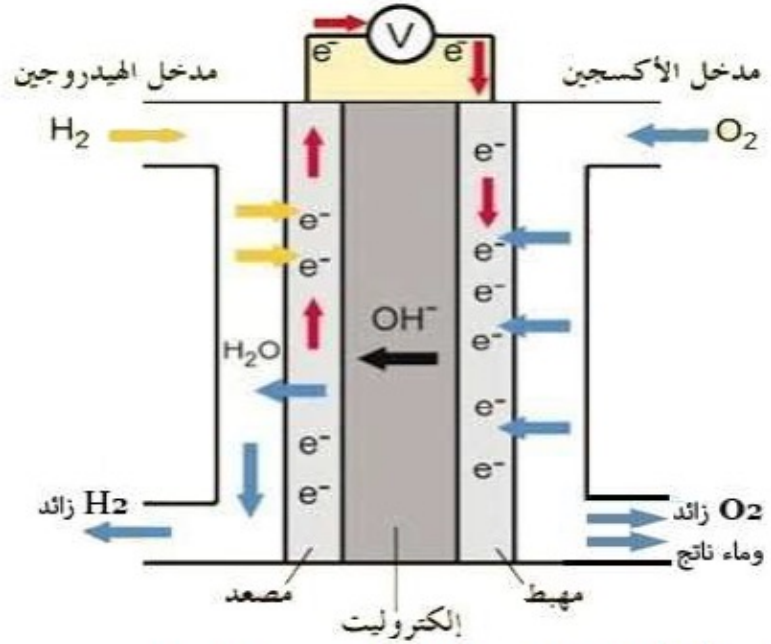
تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

(٢) خلية الوقود

من المعروف أن الهيدروجين يحترق في الهواء بعنف وينتج عن عملية الإحتراق ضوء وحرارة.

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)} + Energy$$

تمكن العلماء من إجراء هذا التفاعل تحت ظروف يتم التحكم فيها داخل ما يعرف بخلية الوقود.



التركيب :

تتركب خلية الوقود من قطبين كل منهما على هيئة وعاء مجوف مبطن بطبقة من الكربون المسامي ... علل ؟
حتى تسمح بالإتصال بين الحجرة الداخلية والمحلول الإلكتروليتي الموجود بها وهو غالباً محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المائي.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

التفاعلات الحادثة في الخلية

تفاعل الأكسدة : $2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(v)} + 4e^-$ $E°_{oxid} = 0.83\ V$

تفاعل الاختزال : $O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$ $E°_{red} = 0.4\ V$

التفاعل الكلي الحادث : $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(v)}$ $E_{cell} = 1.23\ V$

القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E_{cell} = 1.23\ V$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

ثانيا : الخلايا الثانوية

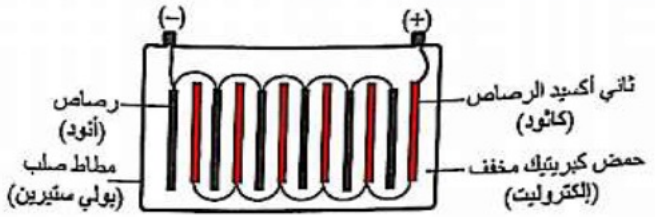
الخلايا الثانوية

خلايا جلفانية تتميز بأن تفاعلاتها الكيميائية تفاعلات إنعكاسية وتختزن الطاقة الكهربية على هيئة طاقة كيميائية والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربية عند اللزوم.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

بطارية الرصاص الحامضية

▲ بطارية الرصاص الحامضية



▲ شكل تخطيطي لبطارية الرصاص الحامضية

تعرف بطارية الرصاص الحامضية باسم بطارية السيارة ... علل ؟

لأنه تم تطوير هذا النوع من البطاريات وأصبح أنسب أنواع البطاريات المستحدمة في السيارات.

المكونات :

١- أنود (مصعد) : شبكة من الرصاص مملوءة برصاص إسفنجي (Pb)

٢- مهبط (كاثود) : شبكة من الرصاص مملوءة بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص (PbO_2)

٣- إلكتروليت : محلول حمض الكبريتيك المخفف (H_2SO_4)

تفصل ألواح الأنود والكاثود بصفائح عازلة.

- توضع المكونات في وعاء مصنوع من المطاط الصلب أو البلاستيك (بولي ستيرين) ... علل ؟

لأنه لا يتأثر بالأحماض

- تعمل البطارية كخلية جلفانية أثناء تشغيلها (تفريغها) واستهلاك طاقتها ، وتعمل كخلية إلكتروليتية عند إعادة شحنها.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

أ- تفاعلات التفريغ Discharge

يتأين الإلكتروليت تبعاً للمعادلة التالية :

$$2H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

عند المصعد (الأنود) :

$$Pb_{(s)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \xrightarrow{Oxidation} PbSO_{4(s)} + 2e^- \qquad E°_{oxid} = 0.36\ V$$

عند المهبط (الكاثود) :

$$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{Reduction} PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \qquad E°_{red} = 1.69\ V$$

التفاعل الكلي : تعمل الخلية هنا كخلية جلفانية وعند التفريغ تكون معادلة التفاعل الكلي للبطارية :

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \xrightarrow{discharge} 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \qquad E_{cell} = 2.05\ V$$

$$E_{cell} = 0.36 + 1.69 = 2.05\ V = 2\ V$$

$$emf = 6 \times 2 = 12\ V$$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

٢- بطارية أيون الليثيوم

علل ... ؟

٣. تعتبر بطارية ايون الليثيوم الجافة من الخلايا الثانوية ؟
لأنه يمكن إعادة شحنها.

٤. استخدام الليثيوم فى تركيب بطارية أيون الليثيوم ؟
لسببين أساسيين هما: ١- الليثيوم أخف فلز معروف.
٢- جهد اختزاله القياسى هو الأصغر بالنسبة لباقى الفلزات الأخرى (-3.04 V)

التركيب

- يحتوى الغلاف المعدنى للبطارية على ثلاثة رقائق ملفوفة بشكل حلزونى وهى :
- الإلكترون الموجب (الكاثود) : ويتكون من أكسيد كوبلت ليثيوم ($LiCoO_2$)
- الإلكترون السالب (الأنود) : ويتكون من جرافيت الليثيوم (LiC_6)
- العازل : وهو مكون من شريحة رقيقة جداً من البلاستيك تعمل على عزل الإلكترود الموجب عن الإلكترود السالب ، بينما تسمح للأيونات بالمرور من خلاله .
  - تغمر الرقائق الثلاثة فى إلكتروليت لا مائى من سداسى فلوروفوسفيد الليثيوم ($LiPF_6$)

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

الإستخدام

١. أجهزة التليفون المحمول والكمبيوتر المحمول
٢. فى بعض السيارات الحديثة كبديل لبطارية الرصاص.

المميزات

تتميز بخفة وزنها وقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة لحجمها .

تفاعلات تشغيل البطارية

- تفاعل الأنود (أكسدة) :

$$LiC_{6(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} C_{6(s)} + Li^{+}_{(aq)} + e^{-}$$

- تفاعل الكاثود (اختزال):

$$CoO_{2(s)} + Li^{+}_{(aq)} + e^{-} \xrightarrow{\text{Reduction}} LiCoO_2$$

- التفاعل الكلى الحادث:

$$LiC_{6(s)} + CoO_{2(s)} \underset{charge}{\overset{Discharge}{\rightleftharpoons}} C_{6(s)} + LiCoO_2$$

- القوة الدافعة الكهربية (جهد الخلية) : $E_{cell} = 3\ V$

تآكل المعادن

علل ....؟

- الإهتمام بظاهرة تآكل المعادن ومحاولة التغلب عليها.

لأن تآكل المعادن تسبب في خسائراقتصادية فادحة أدت إلى تدهور المنشآت المعدنية وخاصة الحديدية منها حيث يقدر الحديد المفقود نتيجة للتآكل بحوالى ربع إنتاج العالم منه سنوياً.

الصدأ

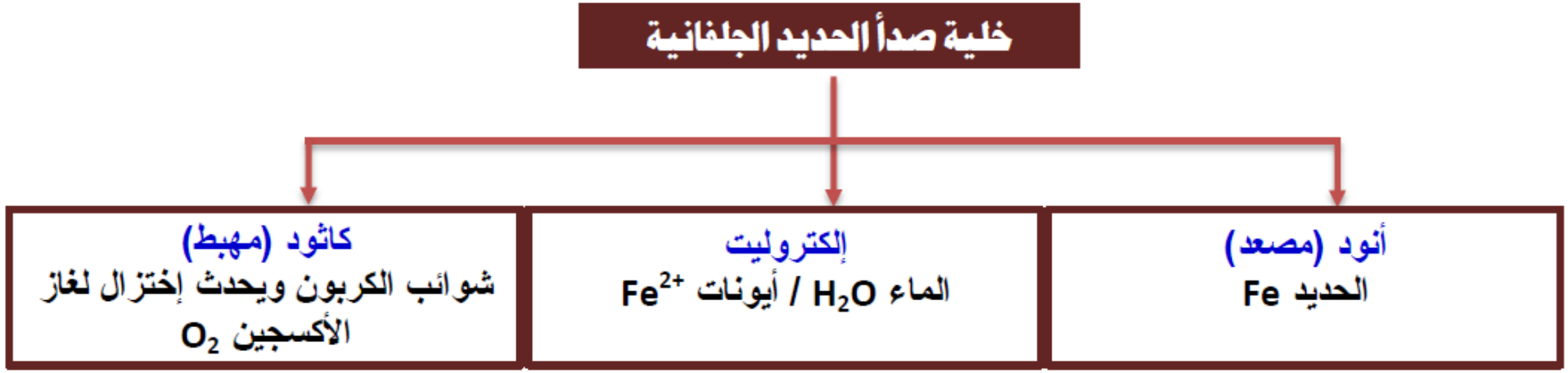
عملية تآكل كيميائى للفلزات بفعل الوسط المحيط

ميكانيكية التآكل

فى معظم الحالات يكون تآكل الفلزات النقية صعباً ، حتى الحديد لايصدأ بسهولة إذا كان نقياً جداً ، ويأتى السؤال هنا

- ما هو سبب تآكل المعادن وخاصة الصلب ؟

تآكل الفلزات يحدث عن طريق تكون خلايا جلفانية موضعية يكون أنودها الفلز المتآكل أما الكاثود فيكون الفلز الأقل نشاطاً أو الكربون الموجود فى صورة شوائب فى الصلب .



تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

- عند تعرض قطعة حديد للتشقق أو الكسر فإنها تكون خلية جلفانية مع الماء المذاب فيه بعض الأيونات والذى يقوم بدور المحلول الإلكتروليتى ويكون الأنود هو قطعة الحديد .
- يتاكسد الحديد إلى أيونات الحديد II فى المحلول تبعاً للمعادلة: $2Fe_{(s)} \rightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4e^-$
- تصبح أيونات (Fe^{2+}) جزء من المحلول الإلكتروليتى وتنتقل الإلكترونات خلال قطعة الحديد (الأنود) إلى الكاثود (شوائب الكربون الموجودة بالحديد) " لاحظ أن قطعة الحديد تقوم بدور كل من الأنود والدائرة الخارجية ".
- يتم عند الكاثود اختزال أكسجين الهواء إلى مجموعة الهيدروكسيد (OH^-)

$$2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

- تتحد أيونات الحديد (Fe^{2+}) مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-) مكونة هيدروكسيد الحديد II

$$2Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 2Fe(OH)_{2(s)}$$

- يتأكسد هيدروكسيد الحديد II بواسطة الأكسجين المذاب فى الماء إلى هيدروكسيد الحديد III

$$2Fe(OH)_{2(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

- بجمع المعادلات السابقة تنتج المعادلة الكلية لتفاعل تآكل الحديد

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(\ell)} + \frac{3}{2} O_{2(g)} \rightarrow 2Fe(OH)_{3(s)}$$

الصدأ عملية بطيئة .... علل ؟ لأن الماء يحتوى على كميات محدودة من الأيونات .

يصدا الحديد بسرعة أكبر فى مياة البحر ... علل ؟ لاحتواء مياة البحر على كميات أكبر من الأيونات

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

العوامل التى تؤدى إلى تآكل الفلزات

عوامل تتعلق بالوسط المحيط

العوامل الخارجية

من العوامل الخارجية التى تؤثر بشكل أساسي فى تآكل المعادن :

* الماء .
* الأكسجين .
* الأملاح .

عوامل تتعلق بالفلز نفسه

عدم تجانس السبائك

الفلزات المستخدمة فى الصناعة غالباً ما تكون في صورة سبائك غير متجانسة لصعوبة تحضيرها فى صورة متجانسة التركيب ، ولهذا ينشأ عدد لا نهائى من الخلايا الموضعية تسبب تآكل الفلز الأكثر نشاطاً

اتصال الفلزات ببعضها

عند استخدام فلزات مختلفة فى:

* مواضع اللحام.
* مسامير البرشام.

يؤدى إلى تكوين خلايا جلفانية موضعية تسبب تآكل الفلز الأنشط فمثلاً يتآكل أولاً :

* الألومنيوم عند تلامسه
* الحديد عند تلامسه بالنيكل.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني

وقاية الحديد من الصدأ

يعد الحفاظ على الفلزات وحمايتها من الصدأ وبالأخص الحديد من أساسيات حماية الاقتصاد العالمي.
وفيما يلي بعض طرق حماية الحديد من الصدأ بتغطيته بمادة أخرى لعزله عن الوسط المحيط به ، ويتم ذلك بإحدى وسيلتين هما :

طرق وقاية الحديد من الصدأ

الطلاء بالمواد العضوية

حماية مؤقتة

طريقة غير فعالة على المدى البعيد

ومن أمثلتها :

* الزيت .
* الورنيش .
* السلاقون .

التغطية بالفلزات المقاومة للتآكل

الحماية الكاثودية (الغطاء الكاثودى)

تغطية الفلز الأصلي بفلز آخر أقل نشاطاً منه.

مثال :

تغطية الحديد بالقصدير في عبوات المأكولات المعدنية.

عيوبها :

عند الخدش يتآكل الحديد أولاً

الحماية الأنودية (الغطاء الأنودى)

تغطية الفلز الأصلي بفلز آخر أكثر نشاطاً منه.

أمثلة :

- تغطية الحديد بالخارصين (الجلفنة).
- تغطية الحديد بالماغنسيوم.

مميزاتها :

عند الخدش لا يتآكل الحديد أولاً.

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

جلفنة الصلب (الحديد)

* غمس الصلب (الحديد) في الخارصين المنصهر
* تغطية الصلب (الحديد) بالخارصين لحمايته من الصدأ.

القطب المضحي

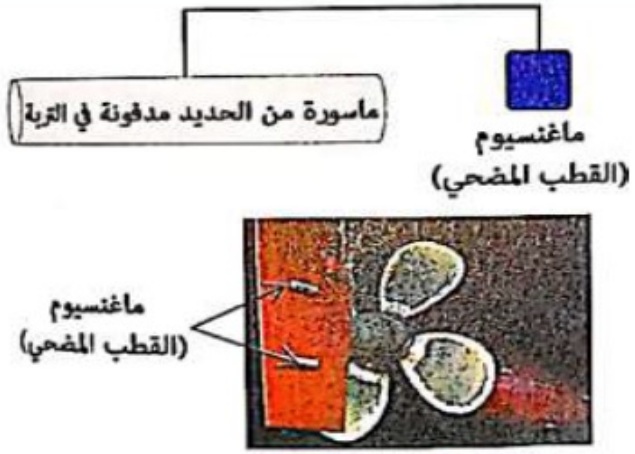
فلز نشيط كيميائياً يوصل بفلز آخر أقل منه نشاطاً لحماية الفلز الآخر من الصدأ والتآكل

أمثلة على القطب المضحى

١- هياكل السفن المتصلة دائماً بالماء المالح.

٢- مواسير الحديد المدفونة في التربة الرطبة.

تكون أكثر عرضة للتآكل ، ولحمايتها يتم جعلها كاثوداً وذلك بتوصيلها بفلز آخر أكثر نشاطاً من الحديد وليكن الماغنسيوم ليعمل كأنود فيتآكل أولاً بدلاً من الحديد لذا يسمى الماغنسيوم بالقطب المضحي



▲ القطب المضحي

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

ثانيا : الخلايا التحليلية (الإلكتروليتية)

الخلايا الإلكتروليتية

خلايا كهربية تستخدم فيها الطاقة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي

تركيب الخلية الإلكتروليتية

١- إناء يحتوي على محلول إلكتروليتي
وإما أن يكون : محلول (حمض أو قاعدة أو ملح) أو مصهور (ملح)
٢- يغمر في الإناء قطبين من مادة واحدة (مثل : الكربون أو البلاتين).
أو مختلفين (مثل : الكربون – البلاتين – النحاس – الخارصين)
٣- يوصل أحد الأقطاب بالقطب الموجب للبطارية ويصبح قطباً موجباً (أنود) ،
ويوصل القطب الآخر بالقطب السالب للبطارية ويصبح قطباً سالباً (كاثود)

طريقة العمل

عند توصيل القطبين بحيث يكون الجهد الواقع على الخلية يفوق قليلاً الجهد الانعكاسي يسري تيار كهربي في الخلية الإلكتروليتية
- تتجه الأيونات الموجبة نحو القطب السالب (الكاثود) وتتعادل شحنتها باكتساب إلكترونات وتحدث عملية اختزال.
- تتجه الأيونات السالبة نحو القطب الموجب (الأنود) وتتعادل شحنتها بفقد إلكترونات وتحدث عملية أكسدة.

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

تجربة

التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس II ($CuCl_2$)

قبل مرور التيار الكهربي : يتأين كلوريد النحاس II في الماء تبعاً للمعادلة :

$$CuCl_{2(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$$

عند مرور التيار الكهربي : تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لتتعادل شحنتها

وتحدث التفاعلات التالية :

١ـ تفاعل أكسدة عند المصعد (الأنود) [القطب الموجب] :

$$2Cl^{-}_{(aq)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Cl_2{}^{\circ}_{(g)} + 2e^{-} \qquad E^{\circ} = -1.36\ V$$

٢ـ تفاعل اختزال عند المهبط (الكاثود) [القطب السالب] :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \xrightarrow{\text{Reduction}} Cu^{\circ}_{(s)} \qquad E^{\circ} = +0.34\ V$$

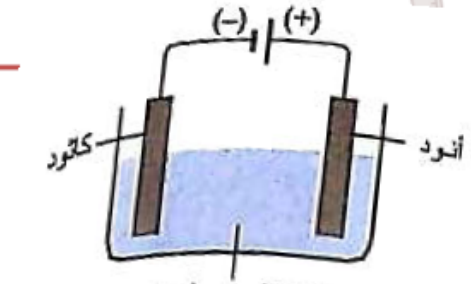
٣ـ التفاعل الكلي الحادث في الخلية هو مجموع تفاعلي الأنود والكاثود :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{\circ}_{(s)} + Cl_2{}^{\circ}_{(g)}$$

Reduction

Oxidation

$$emf = -1.36 + 0.34 = -1.02\ V$$



▲ التحليل الكهربي لمحلول كلوريد النحاس II

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

مقارنة بين الخلايا الجلفانية والخلايا الإلكتروليتية (التحليلية)

	الخلايا الجلفانية	الخلايا الإلكتروليتية (التحليلية)
نظرية العمل	أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية عن طريق تفاعلات الأكسدة والإختزال بشكل تلقائى مستمر.	أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة كيميائية عن طريق تفاعلات الأكسدة والإختزال بشكل غير تلقائى.
الأنود (المصعد)	القطب السالب الذى يحدث عنده أكسدة	القطب الموجب الذى تحدث عنده أكسدة
الكاثود (المهبط)	القطب الموجب الذى يحدث عنده اختزال	القطب السالب الذى يحدث عنده اختزال
الأقطاب	مختلفة	مختلفة أو متشابهة
الطاقة الكهربية	هى مصدر كهربي	تحتاج لمصدر كهربى
emf	موجبة (+)	سالبة (-)

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

قوانين فاراداي للتحليل الكهربي

القانون الأول لفاراداى

تتناسب كمية المادة المتكونة أو المستهلكة عند أي قطب سواء كانت غازية أو صلبة تناسباً طردياً مع كمية الكهربية المارة في المحلول الإلكتروليتي .

$$\frac{\text{كتلة المترسبة النهائية } m2}{\text{كمية الكهربية النهائية } Q2} = \frac{\text{كتلة المترسبة الابتدائية } m1}{\text{كمية الكهربية الابتدائية } Q1}$$

القانون الثانى لفاراداى

كميات المواد المختلفة المتكونة أو المستهلكة بمرور نفس كمية الكهرباء في عدة خلايا إلكتروليتية متصلة على التوالي تتناسب تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة.

تتناسب كتل المواد المتكونة أو المستهلكة عند مرور نفس كمية الكهربية تناسباً طردياً مع كتلتها المكافئة الجرامية

الصيغة الرياضية :

$$\frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة العنصر الثاني}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الأول}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثاني}} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{كتلة العنصر الأول}}{\text{كتلة المكافئة للعنصر الأول}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر الثاني}}$$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

ملاحظات

* الكتلة المكافئة لعنصر أحادي التكافؤ = كتلتها الذرية (١ مول ذرة).
* الكتلة المكافئة لعنصر ثنائي التكافؤ = نصف كتلتها الذرية (نصف مول ذرة).
* الكتلة المكافئة لعنصر ثلاثي التكافؤ = ثلث كتلتها الذرية (ثلث مول ذرة).

القانون العام للتحليل الكهربى

عند مرور واحد فاراداى [1F] (96500 C) خلال الإلكتروليت فإنه يؤدى إلى ذوبنأو تصاعد أو ترسيب كتلة مكافئة جرامية من المادة عند أحد الأقطاب.

ملاحظة

بعض المترادفات اللفظية :

١- المكافئ الجرامى = الكتلة المكافئة = الوزن المكافئ.

٢- الكتلة الذرية الجرامية = الوزن الذرى الجرامى = الذرة الجرامية = g/atom = المول ذرة.

كمية الكهربية

(٢) كمية الكهربية (C) = شدة التيار (A) x الزمن (S)

96500 C = 1 F

الكتلة المكافئة

(٣) الكتلة المكافئة الجرامية = الكتلة الذرية الجرامية / عدد شحنات أيون العنصر (Z)

القانون العام للتحليل الكهربى

(٤) العلاقة بين كمية الكهربية وكتلة المادة المتكونة

$$\frac{\text{كتلة المادة المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة}} = \frac{\text{كمية الكهربية}}{1\ F\ (96500\ C)} \quad (1)$$

(٢) كتلة المادة المترسبة = $\frac{\text{شدة التيار}\ (A) \times \text{الزمن}\ (s) \times \text{الكتلة المكافئة}}{96500\ C}$

96500 C (1 F) ⟵ الكتلة المكافئة الجرامية (g)

كمية الكهربية ⟵ الكتلة المترسبة (g)

مثال (١٣)

احسب كمية الكهربية اللازمة لترسيب 5.9 g من النيكل من محلول كلوريد النيكل II علماً بأن تفاعل الكاثود : $Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$ [Ni = 59]

الإجابة

الكتلة المكافئة الجرامية (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر } (Z)} = \frac{59}{2} = 29.5\ g$

∵ كمية الكهربية = $\frac{\text{الكتلة المترسبة} \times 96500}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}} = \frac{96500 \times 5.9}{29.5} = 19300\ C$

حل آخر

96500 C → 29.5 g

X C → 5.9 g

$\therefore X = \frac{5.9 \times 96500}{29.5} = 19300\ C$

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

مثال (١٤)

احسب كتلة كل من البلاتين ، والكلور الناتجين من إمرار 4825 C فى محلول كلوريد البلاتين ، علماً بأن التفاعلات التى تحدث عند الأقطاب هى :

[Pt = 195 , Cl = 35.5]

$Pt^{4+}_{(aq)} + 4e^- \rightarrow Pt_{(s)}$ ، $2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

الإجابة

∵ الكتلة المكافئة الجرامية للبلاتين (Pt) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر } (Z)} = \frac{195}{4} = 48.75$ g

96500 C → 48.85 g

4825 C → 5.9 g

$\therefore X = \frac{4825 \times 48.75}{96500} = 2.44$ g

∵ الكتلة المكافئة الجرامية للكلور (Cl) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر } (Z)} = \frac{35.5}{1} = 35.5$ g

حل آخر

96500 C → 35.5 g

4825 C → X g

$\therefore X = \frac{4825 \times 35.5}{96500} = 1.775$ g

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

أجريت عملية طلاء لوجه واحد لشريحة من النحاس مساحتها $100\ cm^2$ بإمرار كمية كهرباء مقدارها $0.5\ F$ في محلول مائي من كلوريد الذهب III ، علماً بأن : الكتلة الذرية للذهب 196.98 وكثافة الذهب $13.2\ g/cm^3$

أجب عما يلي :

١- اكتب التفاعل الحادث عند الكاثود (تفاعل الطلاء)

٢- احسب سمك طبقة الذهب المترسبة على وجه الشريحة.

الإجابة

١- التفاعل الحادث عند الكاثود (تفاعل الطلاء) :

$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \xrightarrow{Red.} Au_{(s)}$$

٢- أولاً : ايجاد كتلة طبقة الذهب المترسبة :

$$\text{الكتلة المكافئة} = \frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}} = \frac{196.98}{3} = 65.66\ g$$

$$1\ F \longrightarrow 65.66\ g$$

$$0.5\ F \longrightarrow X\ g$$

$$\therefore X = \frac{0.5 \times 65.66}{1} = 32.83\ g$$

ثانياً : ايجاد : حجم طبقة الذهب $= \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{32.83}{13.2} = 2.487\ cm^3$

ثالثاً : ايجاد : سمك طبقة الذهب $= \frac{\text{الحجم}}{\text{مساحة السطح}} = \frac{2.487}{100} = 0.02487\ cm$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION

خليتان تحليليتان متصلتان على التوالي ، تحتوي الأولى على محلول نترات الفضة $AgNO_3$ والثانية على مصهور كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ وبعد مرور التيار الكهربي فيهما لفترة زمنية محددة ازدادت كتلة كاثود الخلية الأولى 3 g ، فما مقدار الزيادة في كاثود الخلية الثانية ؟ [Ag = 108 , Al = 27]

الإجابة

∵ الكتلة المكافئة = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية}}{\text{عدد شحنات أيون العنصر (Z)}}$

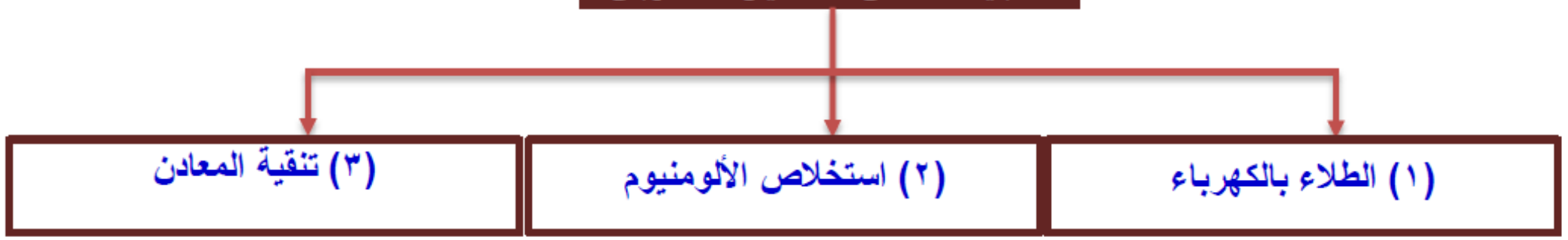
∴ الكتلة المكافئة للفضة = $\frac{108}{1}$ = 108 g ∴ الكتلة المكافئة للألومنيوم = $\frac{27}{3}$ = 9 g

الخليتان متصلتان على التوالي فهذا يعني أن كمية الكهرباء ثابتة في كل منهما ، وعليه فإن :

$$\frac{\text{الكتلة المترسبة من الفضة (Ag)}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للفضة (Ag)}} = \frac{\text{الكتلة المترسبة من الألومنيوم (Al)}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للألومنيوم (Al)}}$$

$$\frac{X}{9} = \frac{3}{108}$$

(X) كتلة الألومنيوم المترسبة = $\frac{9\times3}{108}$ = 0.25 g



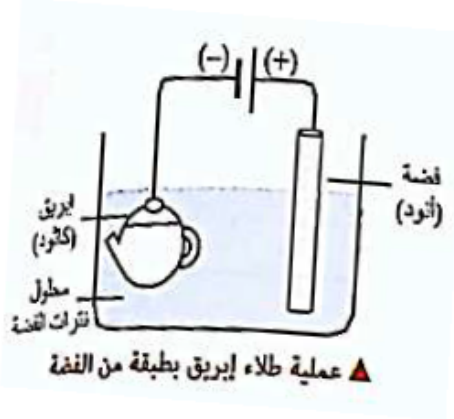
أولا : الطلاء بالكهرباء

- **الطلاء بالكهرباء**

عملية تكوين طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر لإعطائه مظهراً جميلاً ولامعاً أو لحمايته من التآكل.

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

طلاء إبريق بطبقة من الفضة



▲ عملية طلاء إبريق بطبقة من الفضة

الخطوات

١. نظف سطح الإبريق جيداً.

٢. اغمس الإبريق بعد تنظيفه فى محلول إلكتروليتى يحتوى على أيونات الفضة (نترات الفضة مثلاً) ويوصل بالقطب السالب (الكاثود)

٣. ضع فى المحلول قطب من الفضة ويوصل بالقطب الموجب (الآنود).

عند الآنود : يذوب قطب الفضة فى محلول . $Ag^{\circ}_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Ag^{+}_{(aq)} + e^{-}$

عند الكاثود : تختزل أيونات الفضة على الإبريق $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \xrightarrow{\text{Reduction}} Ag^{\circ}_{(s)}$

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

ثانيا : استخلاص الألومنيوم

يستخلص الألومنيم كهربياً من خام البوكسيت (Al_2O_3) المذاب في مصهور الكريوليت (Na_3AlF_6) وقليل من الفلورسبار (CaF_2) لخفض درجة انصهار المخلوط من 2045°C من 950°C

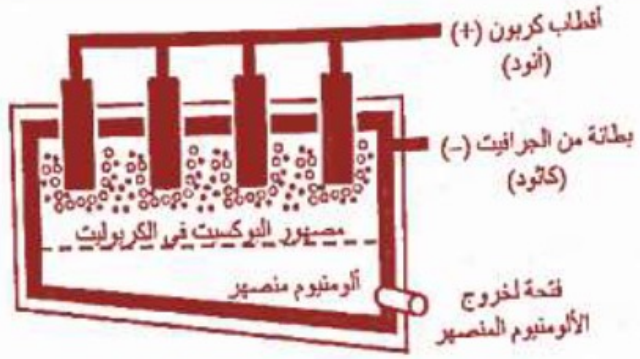
علل ...؟

يستعاض حديثاً عن الكريوليت باستخدام مخلوط من أملاح فلوريدات كل من : الصوديوم والألومنيوم والكالسيوم ($CaF_2 - AlF_3 - NaF$)

يعطي المخلوط مع البوكسيت مصهور يتميز بانخفاض درجة انصهاره ليوفر الطاقة ،
وانخفاض كثافته ليسهل فصل الألومنيوم المنصهر والذي يكون راسباً في قاع خلية التحليل الكهربي.

المكونات

١- الأنود [القطب الموجب] :
عبارة عن أسطوانات من الكربون (الجرافيت).
٢- الكاثود [القطب السالب] :
جسم إناء الخلية المصنوع من الحديد
والمبطن بطبقة من الكربون (الجرافيت).
٣- الإلكتروليت :
عبارة عن البوكسيت المنصهر والمذاب في الكريوليت
المحتوي على القليل من الفلوسبار.



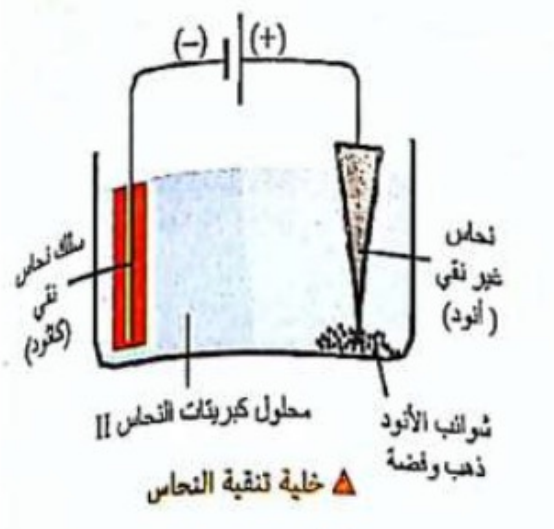
▲ خلية استخلاص الألومنيوم من البوكسيت

مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
تعليمي
مؤسسة حياة كريمة

ثالثا : تنقية المعادن

تكون درجة نقاوة المعادن التي يتم تحضيرها في الصناعة أقل من درجة نقاوتها المطلوبة لبعض الاستخدامات المعينة ، وبالتالي تقلل من كفاءتها ، مثل النحاس الذي نقاوته 99% يحتوي على شوائب الخارصين والحديد والفضة والذهب والتي تقلل من قابلية النحاس للتوصيل الكهربي وأيضاً من جودته لذلك تستخدم طريقة التحليل الكهربي لتنقية النحاس للحصول على نحاس نقي 99.95% الذي يراد استعماله في صناعة الأسلاك الكهربائية.

المكونات



▲ خلية تنقية النحاس

١- الأنود [القطب الموجب] : فلز النحاس (Cu) غير النقي.

٢- الكاثود [القطب السالب] : سلك أو رقائق النحاس النقي ١٠٠%

٣- الإلكتروليت : محلول مائي من كبريتات النحاس II

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

التفاعلات الحادثة في الخلية

- تتفكك جزيئات محلول كبريتات النحاس II في الماء إلى أيونات النحاس II (Cu^{2+}) وأيونات الكبريتات (SO_4^{2-})

$$CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- عند مرور التيار الكهربي من البطارية الخارجية عند جهد يزيد عن الجهد القياسي لنصف خلية النحاس ، تتجه الأيونات نحو الأقطاب لمخالفة في الشحنة.

عند المصعد (الأنود) [القطب الموجب] : يذوب النحاس (يتأكسد) ويتحول إلى أيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول.

$$Cu_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

عند المهبط (الكاثود) [القطب السالب] : تحدث عملية اختزال لأيونات النحاس التي تترسب على الكاثود.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{\text{Reduction}} Cu_{(s)}$$

أي أن النتيجة النهائية : انتقال النحاس من الأنود إلى الكاثود ونحصل على نحاس نقاوته 99.95% أما الشوائب الموجودة في المصعد (الأنود) فهي نوعان :

- شوائب الخارصين والحديد : تذوب (تتأكسد) في المحلول وتتحول إلى أيونات الخارصين Zn^{2+} وأيونات الحديد Fe^{2+} ولا تترسب على الكاثود ... علل ؟ لصعوبة اختزالها لصغر جهود اختزالها بالنسبة لأيونات النحاس Cu^{2+}

$$Zn_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad Fe_{(s)} \xrightarrow{\text{Oxidation}} Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

- شوائب الذهب والفضة : لا تذوب (تتساقط تحت الأنود) وتزال في قاع الخلية ... علل ؟

لصعوبة أكسدتها لصغر جهود أكسدتها بالنسبة لذرات النحاس Cu والحديد Fe والخارصين Zn

تعليمي
مؤسسة فودافون مصر لتنمية المجتمع
مؤسسة حياة كريمة

شكراً

إعداد : أ. إيمان الدهشان

تواصل معنا

contact@hayakarima.com