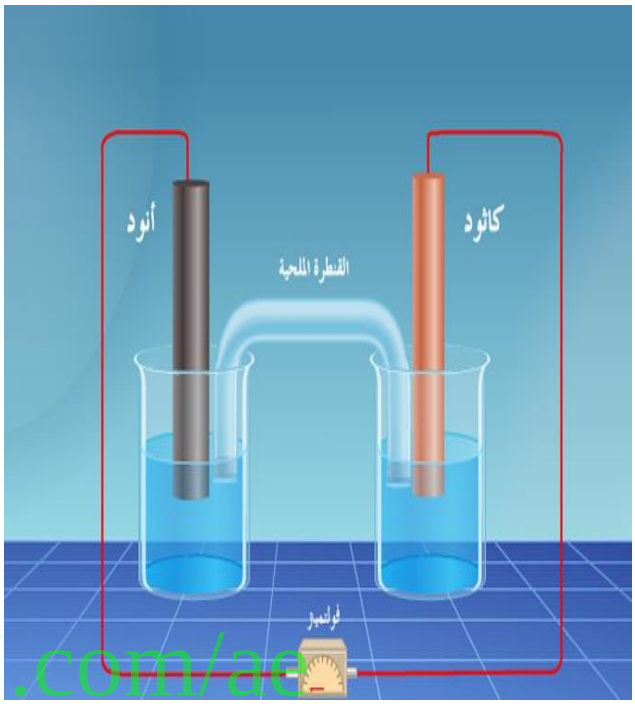
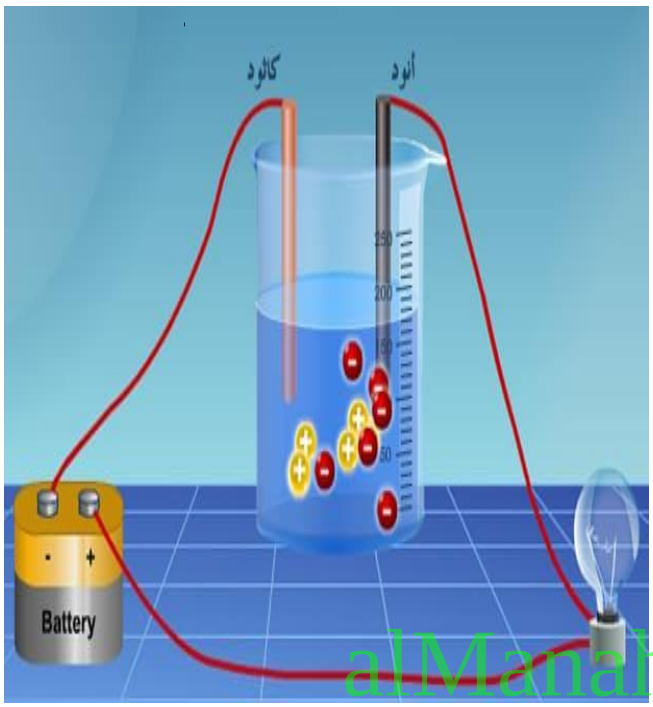
Grade12files
@grade12ua_e

مدرسة الرؤية الخاصة
VISION PRIVATE SCHOOL

دائرة التعليم والمعرفة
مدرسة الرؤية الخاصة



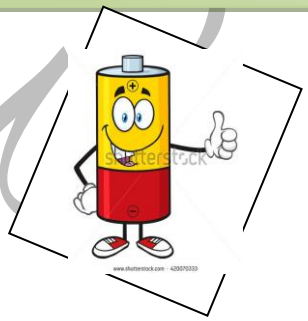


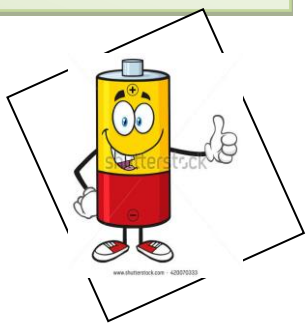
alManahj.com/ae

الوحدة الرابعة

الكيميـاء الكهربية

إعداد / نادر أبو الفتوح
معلم الكيمياء – مدرسة الرؤية الخاصة





الطالب / .....

الصف / .....

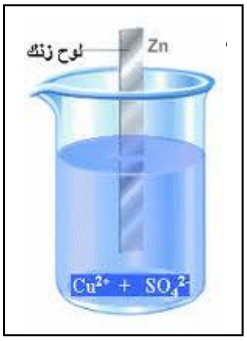
2017-2018

القسم 1 : الخلايا الفولتية

الفكرة الرئيسية : تحدث الأكسدة في الخلايا الفولتية عند الأنود ، مما يؤدي الى إنتاج إلكترونات والتي تتدفق إلى الكاثود ، حيث يحدث الاختزال .

الأكسدة والاختزال في الكيميائية الكهربائية

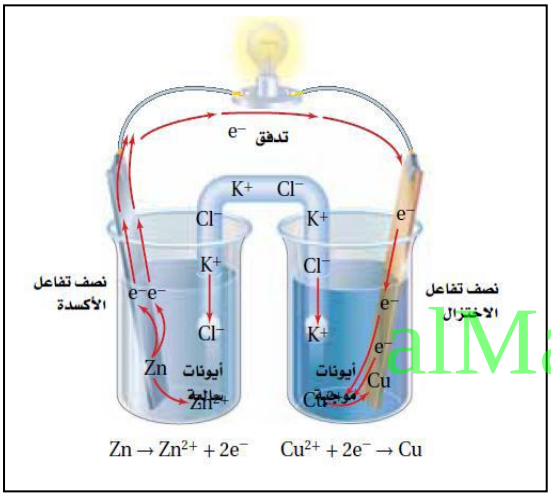
الكيمياء الكهربائية : هي دراسة عمليات الأكسدة والإختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس .



- جميع تفاعلات الأكسدة والإختزال تتضمن عملية انتقال الإلكترونات من المواد التي تأكسدت إلى الأنواع التي اختزلت .

مثال : $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

التفاعل النصفي للأكسدة	التفاعل النصفي للإختزال
$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$

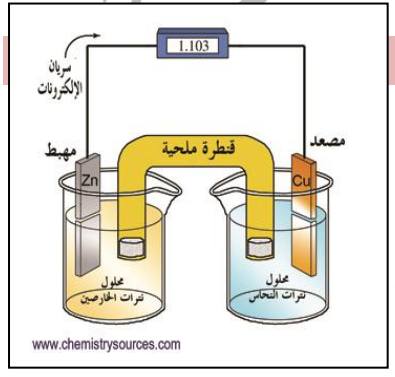


- في الشكل a لا يحدث تفاعل أكسدة وإختزال .
- في الشكل b مسار الالكترونات غير مكتمل ، فلا يزال انتقال الالكترونات غير ممكن .
- **السلك :** يعمل كمسار لانتقال الالكترونات من لوح الخارصين إلى لوح النحاس .
- تتوقف التفاعلات بعد فترة لأنه عند تأكسد الخارصين تتراكم أيونات Zn^{2+} حول قطب Zn وتتراكم أيونات SO_4^{-2} حول قطب Cu ولمنع تراكم الشحنات لاستمرار التفاعل تضاف قنطرة ملحية .

القنطرة الملحية : هي مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة الى أخري . (تمرر الأيونات السالبة لقطب الخارصين ، وتتحرك الأيونات الموجبة عبرها نحو قطب النحاس)

- القنطرة الملحية أنبوب يحتوي على محلول ملحي قابل للذوبان وموصل للتيار الكهربائي مثل KCl ولا يسمح باختلاط المحلولين .
- تدفق الجسيمات المشحونة يسمى التيار الكهربي .

الخلايا الكهروكيميائية : جهاز يستخدم تفاعلات الأكسدة والإختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي .



كيمياء الخلايا الفولتية

الخلايا الفولتية : خلايا كهروكيميائية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل أكسدة واختزال تلقائي .

مكونات الخلايا الفولتية :

نصفا الخلية : يحتوي كل نصف على قطب مغمور في محلول يحتوي علي أيوناته .

alManahj.com/ae

القطب (الالكترود) : مادة موصلة للكهرباء (شريط فلزي / ساق جرافيت)

الأنود (-) : القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة .

الكاثود (+): القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال .

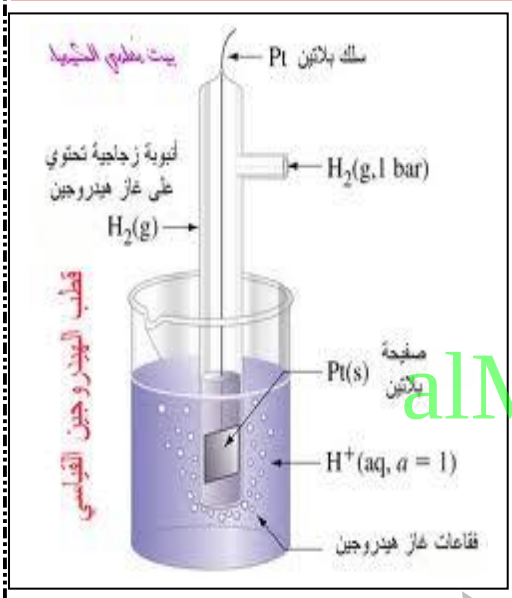
- الطاقة الكامنة للقطب ترجع إلى وضعه أو تكوينه .
- تنتقل الشحنة الكهربائية بين نقطتين فقط عندما يوجد اختلاف في الطاقة الكهربائية الكامنة بينهما .
- تدفع الإلكترونات المتولدة عند الأنود نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية EMF .

جهد الخلية : الفرق في الطاقة الكهربائية بين القطبين .

الفولت: وحدة قياس جهد الخلية .

- كلما زاد الفرق من قبل القطبين لاكتساب الالكترونات زاد فرق الطاقة الكامنة بينهما وزاد جهد الخلية .

حساب جهود الخلايا الكهروكيميائية



جهد الاختزال : ميل المادة لاكتساب الكترونات .

- لايمكن قياس جهد قطب معين بمفردة مباشرة لعدم وجود أنود و كاثود ليكونا دائرة ولكن يتم توصيله بنصف خلية قياسية كقطب الهيدروجين القياسي .

قطب الهيدروجين القياسي

هو قطب بلاتين أسود مغمور في محلول حمضي 1.00 M وحوله غاز H_2 عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 25 ^{0} C .

- جهد التفاعل النصفي للهيدروجين (أنودي أو كاثودي) = 0.00 V

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2\,(g)}$$

جهد القطب القياسي E^0 : جهد نصف الخلية المقيس بالنسبة لقطب الهيدروجين القياسي تحت الشروط القياسية .

- القطب الأكبر في جهد الاختزال يكون كاثود .
- القطب الأقل في جهد الاختزال يكون أنود .

جهد الخلية

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{الكاثود}} - E^0_{\text{الأنود}}$$

- قيمة $E^0_{\text{خلية}}$ **موجبة** دائما للخلية الفولتية . **(تفاعل تلقائي)**

ترميز الخلية :

مثال ترميز خلية الخارصين والنحاس :

الاختزال // الأكسدة

$$Zn/\ Zn^{2+}\ //\ Cu^{2+}\ /\ Cu$$

مثال : اكتب التفاعل النهائي للخلية ، واحسب جهد الخلية الفولتية المكونة من نصفي الخليتين التاليين واكتب ترميز الخلية :

$I_{2\,(s)} + 2e^- \longrightarrow 2I^-_{(aq)}$ $E^0 = +0.536$ V & $Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Fe_{(s)}$ $E^0 = -0.447$ V

alManahj.com/ae

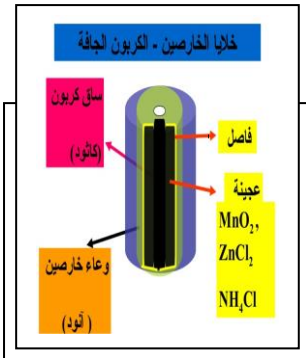
القسم 2 : البطاريات

الفكرة الرئيسية : البطاريات خلايا فولتية تستخدم التفاعلات التلقائية لتوفير الطاقة لعديد من الأغراض .

الخلايا الجافة

البطارية : خلية فولتية أو أكثر توجد في عبوة واحدة ينتج عنها تيار كهربائي .

الخلية الجافة: خلية كهروكيميائية يكون الإلكتروليت فيها عجينة رطبة .



❖❖ **خلية الخارصين – الكربون الجافة (1.5v)**

الأنود: غلاف خارصين & **الكاثود:** ساق الكربون (الجرافيت)

- الكاثود غير نشط لأنه مصنوع من مادة لا تشارك في التفاعلات .

العجينة الرطبة : القليل من الماء+ $NH_4CL + MnO_2 + ZnCl_2$

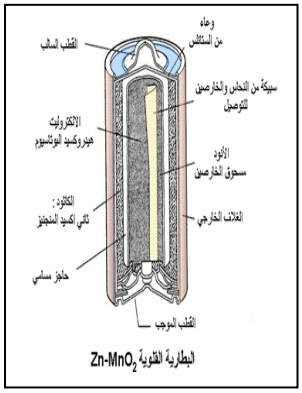
(مسامية – تعمل كقنطرة ملحية تسمح بنقل الالكترونات)

تفاعل الأكسدة : $Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال : $2NH_4^+{}_{(aq)} + 2MnO_{2\,(s)} + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_{3\,(s)} + 2NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

- عندما ينتج NH_3 تنخفض الفولتية الى مستوى يجعل البطارية غير مفيدة .

❖❖ **البطارية القلوية**



الأنود : Zn & **الكاثود:** MnO_2

تفاعل الأكسدة : $Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow Zn\,O_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال: $MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow Mn(OH)_{2\,(s)} + 2OH^-_{(aq)}$

alManahj.com/ae

- أكثر كفاءة من خلية الخارصين- كربون .
- الخارصين على شكل مسحوق يوفر مزيد من مساحة السطح للتفاعل .
- أصغر حجما من خلية الخارصين – كربون لأنها لا تحتوي على ساق الكربون .
- تسمى قلوية لاحتوائها على KOH .

❖❖ **بطارية الفضة**

الأنود: Zn & **الكاثود:** Ag_2O

تفاعل الأكسدة : $Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow Zn\,O_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال: $Ag_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)} + 2OH^-_{(aq)}$

- تزود الأجهزة بالطاقة (سماعات الأذن / ساعات اليد / الكاميرات) .

البطاريات	**أولية**	- غير انعكاسية . - يجب التخلص منها حينما تستهلك المواد المتفاعلة .	**ثانوية (بطاريات التخزين)** - انعكاسية - قابلة لاعادة الشحن
	مثال : خلية الخارصين – كربون • البطارية القلوية • بطارية الفضة		**مثال :** بطارية السيارة • بطارية الحواسيب والمحمول • بطارية النيكل – كادميوم

❖❖ بطارية النيكل – كادميوم (NiCad)

الأنود : Cd (مسحوق ومضغوط) & **الكاثود:** أكسيد النيكل **الالكتروليت :** KOH

تفاعل الأكسدة : $Cd_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow Cd(OH)_{2\ (s)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال: $NiO(OH)_{(s)} + H_2O_{(l)} + e^- \longrightarrow Ni(OH)_{2\ (s)} + OH^-_{(aq)}$

- الأنود والكاثود أشرطة رفيعة وطويلة يفصلها طبقة تمرر الأيونات ، وتلف في ملف ضيق يغلفها غلاف فولاذي .
- تشغل أجهزة المثقاب والمفكات الكهربائية والأت الحلاقة وكاميرات الفيديو الرقمية والأدوات اللاسلكية والهواتف
- عند اعادة الشحن تنعكس التفاعلات .

❖❖ بطارية رصاص – حمض (تستخدم في السيارات) (غير جافة)

الأنود : Pb (مسامي) & **الكاثود:** شبكة من الرصاص المملوء بـ PbO_2

الالكتروليت : H_2SO_4 (يستنفد عندما تكون البطارية قيد الاستخدام وتقل كثافته)

تفاعل الأكسدة : $Pb_{(S)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^-$

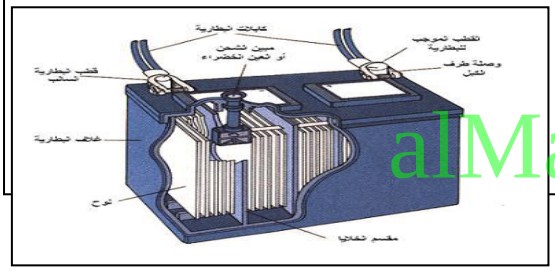
تفاعل الاختزال : $PbO_{2\ (S)} + 4H^+_{\ (aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$

- التفاعل الكلي : $Pb_{(S)} + PbO_{2(S)} + 4H^+_{\ (aq)} + 2SO_{4(aq)} \longrightarrow 2\ PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$

- معظم بطاريات السيارات تحتوي على ست خلايا تنتج كل منها حوالى 2V (الناتج الإجمالي 12 V)

- عند الشحن : تنعكس التفاعلات مكونة Pb وPbO_2 و H_2SO_4

- مميزاتها : 1- توفر امداد كبير من الطاقة لبدء عمل المحرك .
2- صلاحيتها للعمل طويلة .
3- يمكن الاعتماد عليها في درجات الحرارة المنخفضة .



alManahj.com/ae

❖❖ بطاريات الليثيوم (3v أو 9v)

الأنود : Li

- خفيفة الوزن – طويلة العمر – تخزن كمية كبيرة من الطاقة .
- الليثيوم أخف الفلزات المعروفة –أقل جهد اختزال قياسي بين العناصر الفلزية -3.04 V .
- البطارية التي يتأكسد فيها الليثيوم عند الأنود تنتج تقريبا 2.3 v أكثر من أي بطارية يتم فيها أكسدة الخارصين .
- تستخدم في ساعات اليد والحواسيب والكاميرات والسيارات الكهربائية .
- قد تكون أولية أو ثانوية حسب تفاعلات الاختزال المقترنة بتأكسد الليثيوم .
- بعضها تستخدم نفس تفاعل الكاثود في خلية الخارصين – كربون .

❖❖ خلايا الوقود (صنعها ويليام جروف)

$$2H_{2\,(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + energy$$

- يحترق H_2 في الهواء بشكل انفجاري وينتج ضوء وحرارة .
- خلايا الوقود تزود بإمداد مستمر من الوقود من مصدر خارجي .
- يستخدمها رواد الفضاء لإمدادهم بالماء والكهرباء .
- لا ينتج عنها أي نواتج ثانوية (الماء) تحتاج للتخلص منها .

الأنود والكاثود : غرفة خالية جدرانها من الكربون المسامي .

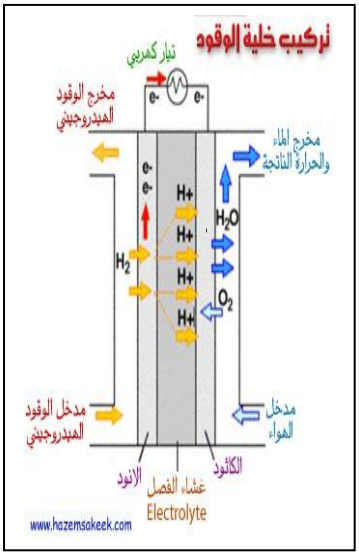
الالكتروليت : KOH

تفاعل الأكسدة : $2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4H_2O_{(l)} + 4e^-$

تفاعل الاختزال : $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$

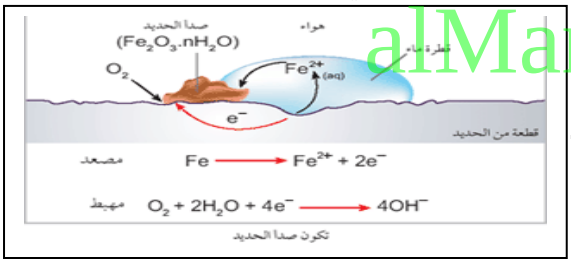
التفاعل النهائي : $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

- لا تنفد كالبطاريات فهي تستمر في انتاج الكهرباء طالما كان الوقود متاحا .
- بعض خلايا الوقود تستخدم الميثان (محل الهيدروجين) ومن عيوبه انتاج ثاني أكسيد الكربون .
- خلايا الوقود تستعين بصفائح بلاستيكية (غشاء تبادل البروتونات PEM) فلا تحتاج الكتروليت سائل .



التآكل

التآكل : خسارة الفلز التي تنشأ عن تفاعل أكسدة واختزال بين الفلز وبعض المواد في البيئة . مثال : صدأ الحديد .



الأنود : (منطقة بها شق أو كسر صغير في سطح الحديد) .

تفاعل الأكسدة : $Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

الكاثود : (منطقة في سطح الحديد عند حافة قطرات الماء) .

تفاعل الاختزال : $O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

(يتوفر H^+ من ذوبان CO_2 الموجود في الهواء في الماء)

- يتأكسد Fe^{2+} إلى Fe^{3+} حيث يتفاعل مع O_2 الذائب في الماء ويتكون صدأ الحديد Fe_2O_3 الغير قابل للذوبان .

$$4Fe^{+2}_{(aq)} + 2O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 4H^+_{(aq)}$$

التفاعل النهائي : $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$

- التأكل تفاعل بطيء لأن قطرات الماء قليلة الأيونات (الكتروليت غير جيد).
- يحدث التأكل بسرعة في ماء البحر وفي المناطق التي ترش فيها الطرقات بالملح شتاء لوفرة الأيونات فتصبح الكتروليتات ممتازة .

طرق منع التأكل

❶ **الطلاء :** لعزل الهواء والرطوبة عن الحديد .

❷ الأنود المتأكل :

* * توضع كتل من Mg ، Al ، Ti بشكل ملامس للهيكل الفولاذي فتتأكسد (تتأكل) بسهولة أكثر من الحديد (مثال : حماية الهيكل الفولاذي للسفن في الماء المالح)

** لحماية الانابيب تحت الأرض تربط قضبان ماغنسيوم بالانابيب بأسلاك فتصدأ القضبان بدل الانبوب .

❸ **الجلفنة :** تغطية الحديد بفلز أخر أكثر مقاومة للصدأ (مثال : Zn، Al ، Cr)

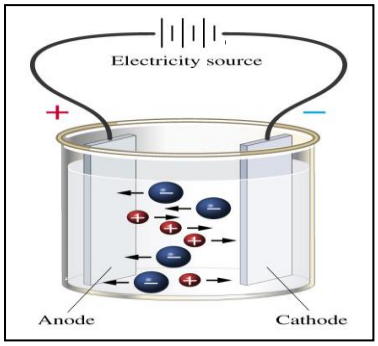
- يغمر الحديد في الخارصين المنصهر أو يطلى الحديد كهربائيا بالخارصين .
- طالما بقيت طبقة الخارصين سليمة لن يصل H_2O , O_2 للحديد ، واذا تشققت تصبح أنود متأكل .

alManahj.com/ae

القسم 3 : التحليل الكهربائي

الفكرة الرئيسية: في التحليل الكهربائي يسبب مصدر طاقة حدوث تفاعلات غير تلقائية في الخلايا الكهروكيميائية .

عكس تفاعلات أكسدة والاختزال



- في البطاريات التي تولد تيارا كهربائيا ، تتدفق الالكترونات الموجودة عند الأنود عبر الدائرة الخارجية تلقائيا للكاثود لتحدث تفاعل الاختزال ، ويستمر التفاعل حتي يستهلك قطب الأنود ثم يتوقف التفاعل .
- يمكن تجديد الخلية كالخلايا الثانوية أثناء شحنها باستخدام مصدر طاقة (جهد) خارجي لأن التفاعل العكسي غير تلقائي . واذا ترك مصدر الجهد الكهربائي لفترة كافية ، ستعود الخلية الى قوتها الأصلية تقريبا .
- عند استخدام مصدر طاقة خارجي ينعكس تدفق الالكترونات ويحدث تفاعل غير تلقائي .

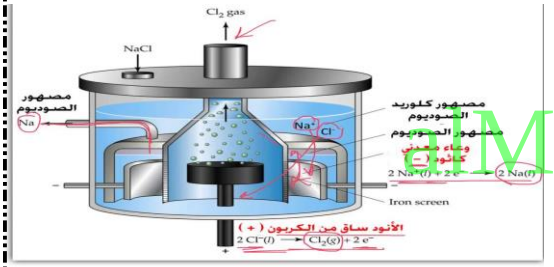
التحليل الكهربائي : استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على تفاعل كيميائي .

الخلية الالكتروليتية : خلية كهروكيميائية يحدث فيها التحليل الكهربائي .
(تحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية)

تطبيقات على التحليل الكهربائي

- مثال : التحليل الكهربائي للماء (عكس خلية الوقود)

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



❖❖ التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم (خلية داون)

الأنود : كربون **الكاثود :** حديد **الالكتروليت :** مصهور NaCl

تفاعل الأكسدة : $2Cl^-_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

تفاعل الاختزال : $Na^+_{(l)} + e^- \longrightarrow Na_{(l)}$

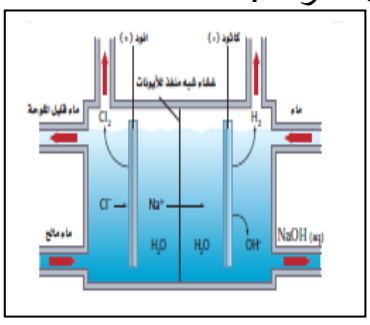
التفاعل الكلي : $2Na^+_{(l)} + 2Cl^-_{(l)} \longrightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$

eManahj.com/ae

استخدامات الكلور	استخدامات الصوديوم
- تنقية مياه الشرب والسباحة . - صناعة المنظفات المنزلية . - صناعة الورق والبلاستيك ومبيدات الحشرات والأنسجة والأصباغ والدهانات . - تصنيع منتجات بولي كلوريد الفينيل (أنابيب المياه)	- مبرد في المفاعلات النووية . - في مصابيح بخار الصوديوم . - في كثير من المنتجات الاستهلاكية والأطعمة .

❖❖ التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم

عند الكاثود :يختزل الهيدروجين في جزيئات الماء ولا يختزل الصوديوم لأن الماء يسهل اختزاله .



$$Na^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Na_{(s)}$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$$

عند الأنود : يمكن تأكسد أيونات الكلور أو الأكسيجين في الماء ونظر لأن Cl_2 ناتج مرغوب فيه يتم الحفاظ على تركيز أيونات الكلوريد عاليا .

$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

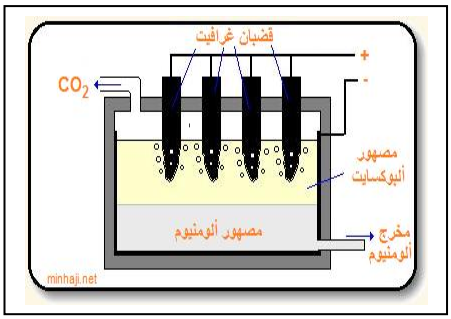
$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

التفاعل الكلي : $2H_2O_{(l)} + 2NaCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + Cl_{2(g)} + H_{2(g)}$

❖❖ انتاج الألومنيوم (هول - هيرولت)

الأنود : كربون & **الكاثود** : كربون

- يحضر من التحليل الكهربائي لـ Al_2O_3 الذي يتم استخلاصه من خام البوكسيت. $Al_2O_3.2H_2O$ ويذاب أكسيد الالومنيوم عند درجة $1000\ ^oC$ في مصهور الكريوليت Na_3AlF_6



تفاعل الاختزال : $Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Al_{(l)}$

(يستقر Al في القاع ويسحب بصفة دورية)

تفاعل الأكسدة : $2O^{2-}_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^-$

- يتفاعل O_2 مع C الأنود $C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$
- هذه الطريقة تستهلك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية ، لذلك يعاد تدوير الالومنيوم .

❖❖ تنقية الخامات (تنقية الفلزات)

مثال : تنقية النحاس

- يوجد على شكل خامات مثل الكالكوبايرايت $CuFeS_2$ والكالكوسيت Cu_2S والمالاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$.
- الكبريتيدات الأكثر وفرة وينتج Cu عند تسخينها في وجود O_2 .

$$Cu_2S_{(s)} + O_{2(g)} \quad 2Cu_{(l)} + SO_{2(g)}$$

- النحاس الناتج يحتوي على شوائب لذا يصب النحاس المصهور في قوالب سميكة وكبيرة تعمل **كأنود** في خلية التحليل الكهربائي المحتوية على محلول كبريتات النحاس II .

الكاثود : صفيحة رقيقة من Cu النقي .

- عند مرور التيار تتأكسد ذرات النحاس في الأنود الى Cu^{+2} وتنتقل للكاثود حيث تختزل الى Cu وتصبح جزء من الكاثود وتتساقط الشوائب في قاع الخلية .

alManahj.com/ae

❖❖ الطلاء بالكهرباء

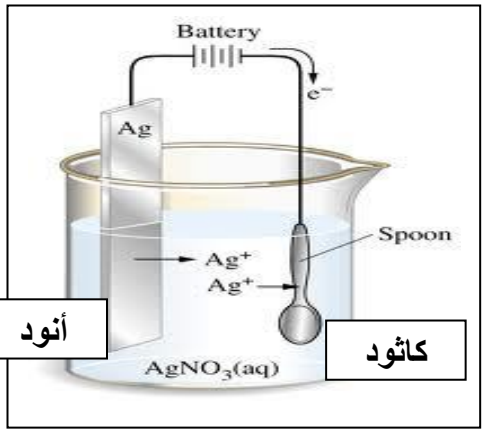
- توضع طبقة رقيقة موحدة لتكون طبقة واقية أو جمالية .

مثال : طلاء جسم معدني بطبقة من الفضة

1- يوصل لوح من الفضة بالقطب الموجب (الأنود) ويغمس في محلول يحتوي علي أيونات فضة مثل $AgNO_3$

2- يوصل الجسم المراد طلاؤه بالقطب السالب (الكاثود)

3- عند مرور التيار الكهربائي تحدث الأكسدة والاختزال



عند الأنود : $Ag \longrightarrow Ag^+ + e^-$

عند الكاثود : $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$

وتترسب الفضة علي الجسم المراد طلاؤه (الملعقة)

- يمكن الطلاء باستخدام الذهب ، الفولاذ (واقي للصدمات) ، النيكل والكروم (مقاوم للصدأ) .

الخلية الفولتية (الجلفانية)	الخلية الالكتروليتية (التحليلية)
تحول الطاقة الكيميائية إلي طاقة كهربائية	تحول الطاقة الكهربائية إلي طاقة كيميائية
الأكسدة تحدث عند الأنود (-)	الأكسدة تحدث عند الأنود (+)
الاختزال يحدث عند الكاثود (+)	الاختزال يحدث عند الكاثود (-)
التفاعل تلقائي	التفاعل غير تلقائي
قيمة E^0 موجبة	قيمة E^0 سالبة