الكيميـــــاء الكهربـائيـــــة

الكيمياء الكهربائية :فرع الكيمياء الذي يتعامل مع تطبيقات تفاعلات الأكسدة اختزال المرتبطة بالكهرباء.
نوعا التوصيل الكهربائي: 1- التوصيل الإلكتروني : حركة الالكترونات عبر السلك .
2- التوصيل الأيوني أي حركة الايونات المحلول والقنطرة .

*ماذا يحدث إذا كانت المادتان متصلتين بشكل مباشر ؟
تنتقل الإلكترونات ويصاحب ذلك انتقال للطاقة على صورة حرارة وبالتالي ترتفع درجة حرارة المحلول ولا ينتج تيار كهربائي .

* ماذا يحدث عند وضع ساق من الخارصين في محلول كبريتات نحاس (II) - اتصال مباشر؟
1- ترتفع درجة حرارة المحلول 2- تقل شدة اللون الأزرق
3- ينتج راسب بني محمر 4- تقل كتلة ساق الخارصين .

- فسر : عند وضع ساق من الخارصين في محلول كبريتات نحاس (II) : تقل شدة اللون الأزرق - وينتج راسب بني محمر - وتقل كتلة ساق الخارصين .

تتأكسد ذرات الخارصين إلى كاتيونات خارصين ويتآكل جزء من ساق الخارصين فتقل كتلته

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

بينما تختزل كاتيونات النحاس(لونها أزرق) إلى ذرات نحاس (راسب بني محمر) وتقل شدة اللون الأزرق

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

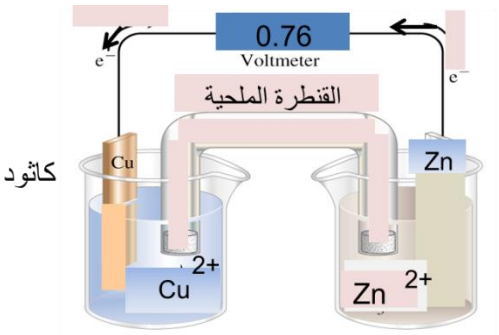
- فسر: لا ينتج تيار كهربائي عند وضع ساق من الخارصين في محلول كبريتات نحاس (II) .

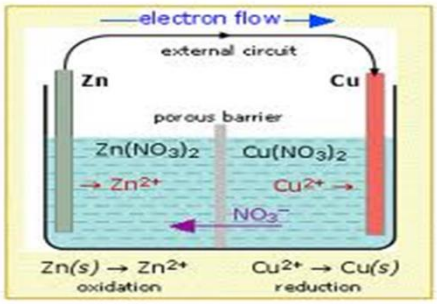
لأن تفاعلي الأكسدة والاختزال يحدثان في وعاء واحد وغير مفصولين بحاجز مسامي وبالتالي تنتقل الإلكترونات مباشرة من التأكسد إلى الاختزال ولا تنتقل عبر موصل في دائرة خارجية بين القطبين .

الخـلايـــا الكهروكـيـميـائيـة

عند فصل المادتين (التي تتأكسد والتي تختزل) تنتقل الإلكترونات ويصاحب ذلك انتقال للطاقة على صورة كهرباء .
كيف يتم فصل المادتين ؟ بإستخدام حاجز مسامي أو قنطرة ملحية .
القطب : موصل يستخدم لعمل اتصال كهربائي مع جزء غير فلزي (أيوني)في الدائرة .
نصف الخلية : القطب المنفرد المغمور في محلول يحتوي على أيوناته (إلكتروليتية) .
الآنود : القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة .
الكاثود : القطب الذي تحدث عنده عملية الأختزال .

- الخلية الكهروكيميائية Zn/Cu وتسمى خلية دانييل: (تحدث نفس التفاعلات السابقة)





* أكسدة : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

- تقل كتلة قطب الخارصين ويزداد تركيز Zn^{2+} .

* اختزال: $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

- تزداد كتلة قطب النحاس .

- تقل شدة اللون الأزرق (لنقص تركيز كاتيونات النحاس Cu^{2+} في المحلول)

* يسمح الحاجز المسامي (أو القنطرة الملحية) بتبادل الأيونات حتى تتوازن حركة الإلكترونات عبر السلك مع حركة الأيونات في المحلول .

- تتحرك الإلكترونات من الآنود إلى الكاثود عبر السلك (الخارجي) .

- تتحرك الأيونات السالبة(الآنيونات) من الكاثود إلى الآنود عبر الحاجز المسامي .

- تتحرك الأيونات الموجبة (الكاتيونات) من الآنود إلى الكاثود عبر الحاجز المسامي .

*ما دور الحاجز المسامي أو القنطرة الملحية ؟

أو لماذا يكون استخدام الحاجز المسامي أو القنطرة الملحية ضرورياً في الخلية الكهروكيميائية ؟

للمحافظة على التوازن الأيوني بين نصفي الخلية ، بحيث لا تتجمع الشحنة على الأقطاب ، ويتوقف التفاعل قبل الأوان ، وتسمح بمرور الأيونات ، وغلق الدائرة .

*** أنواع الخلايا الكهروكيميائية :**

1- خلايا فولتية أو جلفانية 2 - خلايا إلكتروليتية أو تحليلية .

- ترميز الخلية الكهروكيميائية (الرمز الاصطلاحي للخلية) :

قطب الكاثود / محلول الكاثود // محلول الآنود / قطب الأنود

// يمثل ترميز الحاجز المسامي أو القنطرة الملحية .

* اكتب ترميز الخلية التي يحدث فيها التفاعل التالي :

1- $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

2- $2\,Al + 3Fe^{2+} \longrightarrow 2Al^{3+} + 3\,Fe$

الإجابة : **2- $Al / Al^{3+} // Fe^{2+} / Fe$** **1- $Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+} / Cu$**

- ما البديل غير المنسجم علمياً مع التبرير :

$Al / Al^{3+} // Fe^{2+} / Fe$ $Mg / Mg^{2+} // Ag^{+} / Ag$

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

البديل :$Cu^{2+} / Cu// Ag^{+} / Ag$ التبرير : لا تمثل ترميز خلية فولتية مثل الباقي

* خلية كهروكيميائية رمزها $Mg / Mg^{2+} //Cd^{2+} / Cd$ والمطلوب :

- رسم الخلية كاملة البيانات وتوضيح حركة الإلكترونات على الرسم .

- كتابة معادلة التفاعل عند :

الآنود : $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$

الكاثود : $Cd^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cd$

التفاعل الكلي : $Mg + Cd^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Cd$

- ماذا يحدث لكتلة قطب الماغنسيوم ؟ ولماذا؟

تقل ، لأن المغنيسيوم يتأكسد (يتآكل) $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$

- ماذا يحدث لكتلة قطب الكادميوم ؟ ولماذا؟

تزداد ، لأن كاتيونات الكادميوم تختزل إلى ذرات الكادميوم $Cd^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cd$

- ماذا يحدث لتركيز كاتيونات الماغنسيوم ؟ ولماذا؟

يزداد ، لأن ذرات المغنيسيوم تتأكسد إلى كاتيونات الماغنسيوم $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$

- ماذا يحدث لتركيز كاتيونات الكادميوم ؟ ولماذا؟

يقل ، لأن كاتيونات الكادميوم تختزل إلى ذرات الكادميوم $Cd^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cd$

- هل النتيجة الكيميائية النهائية لخلية كهروكيميائية هي تفاعل أكسدة- اختزال؟ فسر إجابتك .

نعم ، التفاعلان النصفيان اللذان يحدثان عند القطبين يتحدان ليكونا تفاعل الأكسدة – اختزال النهائي .

الخلايـــا الفـولـتيـة

هي خلايا تستخدم تفاعلات الأكسدة ـ اختزال التلقائية لتحويل *الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .*

أنواع الخلايا الفولتية :

1- الخلايا الجافة 2- تآكل الفلزات (صدأ الحديد) 3- خلايا الوقود

4- الخلايا القابلة لإعادة الشحن خلال التفريغ .

أنواع الخلايا الجافة

1- بطارية الخارصين الكربون ـ الجافة 2-البطاريات القلوية 3- بطاريات الزئبق .

فسر : تسمية الخلايا الجافة بهذا الاسم رغم أن كيمياءها تتضمن الماء .

يستخدم فيها معجون رطب بصفة إلكتروليت وبالتالي فهي أجف من الخلايا التي تستخدم المحاليل .

الخلية /البطارية	مادة الأنود	مادة الكاثود	الإلكتروليت
خارصين- كربون	خارصين	كربون	NH_4Cl
القلوية	خارصين	ثاني أكسيد المنجنيز	KOH
الزئبق	خارصين	كربون ، Hg	///
خلايا الوقود	جرافيت مسامي يحتوي حفاز فلزي	جرافيت مسامي يحتوي حفاز فلزي	KOH
صدأ الحديد	حديد	حديد	///

الخلية /البطارية	التفاعل عند الأنود	التفاعل عند الكاثود	الاستخدام
خارصين- كربون الجافة	$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	$2MnO_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_3 + 2OH^-$	مصابيح كهربائية يدوية
القلوية	$Zn + 2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2 + 2e^-$	نفس التفاعل أعلاه	جهاز تشغيل الأقراص المدمجة – الأجهزة الإلكترونية الصغيرة
الزئبق	نفس التفاعل أعلاه	$HgO + H_2O + 2e^- \longrightarrow Hg + 2OH^-$	وسائل تقوية السمع-الآلات الحاسبة- فلاش الكاميرا
خلايا الوقود	$2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4e^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$	-سفن الفضاء للحصول على الماء والكهرباء
صدأ الحديد	$2Fe \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4e^-$	نفس التفاعل أعلاه	////

- ما دور ساق الكربون في خارصين- كربون الجافة ؟ نقل الإلكترونات .
- بطارية الزئبق : تلوث البيئة .

علل : 1- يمكن أن تكون البطارية القلوية أصغر حجماً من خلايا خارصين- كربون الجافة .
بسبب خلوها من ساق الكربون .

* اكتب وجهي تشابه ووجهي اختلاف بين خلية خارصين - كربون الجافة و البطارية القلوية .

خلية خارصين - كربون	البطـــــارية القـلـويـــة	
تحوي ساق كربون	كلاهما خلية فولتية	لا تحوي ساق كربون
الإلكتروليت :NH_4Cl	الآنود فيهما خارصين	الإلكتروليت : KOH

<u>خـلايـــا الوقــود</u> :

خلايا فولتية يمكن أن تعمل من حيث المبدأ إلى الأبد حيث يتم تزويدها بالمتفاعلات وإزالة النواتج باستمرار .

<u>المتفاعلات</u> : الهيدروجين والأكسجين <u>النواتج</u> : كهرباء وماء .

ميزاتها : 1- يمكن أن تعمل من حيث المبدأ إلى الأبد 2- لا تحتاج إلى إعادة شحن
3- آمنة بيئياً 4- فعالة جداً

- التفاعل النهائي $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

- فيم تستخدم خلايا الوقود ؟ في سفن الفضاء للحصول طاقة كهربائية وماء - تشغيل السيارات .

* بم تتميز خلايا الوقود عن الخلايا الجافة ؟

خلايا الوقود تعمل للأبد إذ يتم تزويدها بالمتفاعلات باستمرار وإزالة النواتج بشكل متواصل و لا تحتاج إلى إعادة شحن وآمنة بيئياً وفعالة جداً .

* لماذا يجري العلماء تجارب على خلايا الوقود في محطات توليد الكهرباء.

خلايا الوقود تحول الطاقة الكيميائية مباشرة إلى طاقة كهربائية مما يجعل خلايا الوقود ذات مردود أكبر من الطاقة وأكثر نظافة من احتراق أنواع الوقود الأحفوري في المحطات .

* قارن بين عملية توليد الطاقة في محطات الطاقة العادية وفي خلية وقود .

في محطة توليد الطاقة :تطلق الطاقة على شكل حرارة من خلال تفاعل وبعد ذلك تحول هذه الحرارة إلى طاقة كهربائية . أما في خلايا الوقود : تحول الطاقة الكيميائية مباشرة إلى طاقة كهربائية .

التـآكل (الصـدأ)

* صدأ الحديد : تحول الحديد إلى أكسيد الحديد (III) المائي .

* لحدوث صدأ الحديد: لا بد من توافر عاملين هما الماء والاكسجين (الهواء الرطب).

- اكتب التفاعل العام لتآكل الحديد $4Fe + 3O_2 + x\ H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3 \cdot x\ H_2O$

- ما سبب اختلاف لون صدأ الحديد ؟ اختلاف عدد جزيئات الماء x .

خلية صدأ الحديد

- الآنود : حديد (جزء الحديد الذي يكون تركيز O_2 منخفضاً) .
- الكاثود :حديد (جزء الحديد الذي يكون تركيز O_2 مرتفعاً) .
- القنطرة ملحية : الماء.
- السلك : فلز الحديد (تنتقل فيه الإلكترونات).
- الإلكتروليت : الأيونات في الماء .

* فسر : حدوث صدأ الحديد .

تتكون خلايا فولتية عديدة يحدث فيها التفاعلان النصفيان التاليان :

الآنود $2Fe \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4e^-$

الكاثود $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

تنتقل أيونات Fe^{2+} خلال الماء إلى الموقع الكاثودي حيث يتحد Fe^{2+} مع OH^- ويتكون $Fe(OH)_2$ الذي يتأكسد إلى $Fe_2O_3.xH_2O$ (الصدأ) .

* اذكر عاملين يسرعان عملية التآكل . 1- وجود الأملاح الذائبة 2- ارتفاع حمضية الوسط

* علل: تزداد سرعة التآكل بوجود الأملاح الذائبة أو ارتفاع حمضية الوسط .

بسبب زيادة وجود الأيونات مما يسهل حركة الإلكترونات .

طرق منع الصدأ :

الدهان ، التشحيم ، الطلاء بعنصر يقاوم للصدأ ، الآنود المتآكل .

ما الجلفنة ؟ تغليف الفولاذ بالخارصين .

* ما الحماية الكاثودية ؟

توصيل الفلز المراد حمايتة بفلز آخر يتأكسد بسهولة أكبر منه (له جهد اختزال أقل) .

- ما الآنود المتآكل ؟ الفلز المستخدم في الحماية الكاثودية والذي يتأكسد بسهولة أكبر .

*في منع الصدأ (الطرق الكهروكيميائية) : الكاثود : حديد ، الآنود : الفلز الأسهل أكسدة.

*في الجلفنة : الكاثود : حديد ، الآنود: الخارصين .

- اذكر أمثلة للحماية الكاثودية .

حماية أنابيب النفط بوصلها مع الخارصين بواسطة سلك معدني حيث يتم استبدال الخارصين كلما دعت الحاجة .

-ناقش فوائد ومساوىء طرق منع التآكل

التغليف (الطلاء) بفلز آخر :أفضل من الدهان، وإذا استخدم فلز يتأكسد بسهولة فسوف يتفاعل الفلز قبل الفلز المغلف. أما الآنود المتآكل ففائدته استخدامه في البنى تحت الأرضية حيث لا يمكن استخدام ما سبق ولكنه يحتاج إلى استبدال عندما يذوب .

- علل: 1- يوصل خط أنابيب النفط بخط موازٍ من الخارصين .

لحمايتة من التآكل حيث يتأكسد الخارصين قبل الحديد وعندما يتآكل الخارصين(آنود) يعطي الكترونات للحديد (الكاثود) .

2- لماذا يعد استخدام الآنود المتآكل وسيلة لمنع التآكل ؟

لأنه يتأكسد بسهولة أكبر من الفلز المراد حمايته ، فهو يعطي إلكترونات لهذا الفلز فيمنعه من أن يتأكسد .

3- يعد التآكل خلية فولتية .(ظاهرة تآكل الفلزات)

بسبب حدوث تفاعلات الأكسدة –اختزال النصفية تلقائياً في مواقع مختلفة وتتحرك الإلكترونات خلال الفلز من نصف لآخر بينما الإلكتروليت الأيونات في الماء ويعمل الماء كقنطرة ملحية .

4- يحمي الطلاء بالخارصين الفولاذ من التآكل .

يتأكسد الخارصين بسهولة أكبر من الحديد ويتفاعل قبل ان يتأكسد الحديد

- الجهد الكهربائي (الفولتية) : قوة سحب الإلكترونات أو القوة الدافعة على الإلكترونات .

- الفولت : الطاقة الكامنة لكل وحدة شحنة .

- التيار الكهربائي : حركة الإلكترونات .

- جهد الأختزال : ميل التفاعل النصفي للحدوث كتفاعل نصفي للاختزال في خلية كهروكيميائية .

- جهد الأكسدة : ميل التفاعل النصفي للحدوث كتفاعل نصفي للأكسدة في خلية كهروكيميائية .

- جهد القطب : الفرق في الجهد بين القطب ومحلوله .

- علل لا يمكن قياس جهد قطب بمفرده مباشرة .

لأن انتقال الإلكترونات لا يحدث إلا إذا تم التوصيل بين الآنود والكاثود ليكونا دائرة كاملة .

- من أشهر الأقطاب القياسية : قطب الهيدروجين القياسي SHE .

القطب القياسي : هو قطب معلوم جهده بدقة .

- مم يتركب قطب الهيدروجين القياسي ؟

قطب من البلاتين يغمر في محلول حمضي 1M ويحيط بهذا المحلول غاز الهيدروجين تحت ضغط 1atm وعند درجة حرارة 25^0 C .

* جهد قطب الهيدروجين القياسي = صفر .

*علل : لقطب الهيدروجين القياسي جهد = 0.00 V

لأنه لا يمكن قياس جهد القطب مباشرة فاختيرت القيمة 0.00 لقطب الهيدروجين القياسي من أجل قياس جهد الأقطاب الأخرى .

* التفاعل عند قطب الهيدروجين : $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$

* جهد القطب القياسي (E^0) : جهد نصف الخلية المقيس بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي تحت الشروط القياسية .

* جهد الأكسدة للقطب = - جهد الإختزال

* فمثلا جهد أكسدة الخارصين = (+ 0.76 V) فكم يكون جهد اختزال الخارصين ؟ (- 0.76 V)

*عند توصيل قطب الهيدروجين القياسي مع قطب الخارصين فإن فرق الجهد عبر خلية هيدروجين - خارصين يبلغ(-0.76 V) والإشارة السالبة تدل على أن الإلكترونات تتدفق من قطب الخارصين حيث يتأكسد (آنود) إلى قطب الهيدروجين (كاثود) حيث تُختزل أيوناته .

*عند توصيل قطب الهيدروجين القياسي مع قطب النحاس فإن فرق الجهد عبر خلية هيدروجين - نحاس +0.34 V والإشارة الموجبة تدل على أن أيونات النحاس Cu^{+2} تُختزل بسهوله أكبر(قطب النحاس كاثود)و قطب الهيدروجين (آنود) .

حساب جهد الخلية (E^0) :

جهد اختزال الآنود - جهد اختزال الكاثود = جهد الخلية

$$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{آنود}}$$

جهد الخلية (E^0 خلية)	نوع الخلية	نوع التفاعل
موجب	فولتية	تلقائي
سالب	إلكتروليتية	غير تلقائي

- أقوى عامل مختزل هو الأقل في جهد اختزال (Li) .

- أقوى عامل مؤكسد هو الأكبر في جهد اختزال (F_2) .

في الخلية الفولتية :- القطب الذي له جهد اختزال أكبر يكون الكاثود .

- القطب الذي له ***جهد اختزال أقل يكون الآنود*** .

- كلما ابتعد القطبان عن بعضهما في السلسلة تزداد قيمة جهد الخلية (فولتية الخلية) $E^0_{\text{(خلية)}}$

- يمكن الحصول على أكبر جهد خلية بين قطبين: من أعلى جهد اختزال والآخر الأقل جهد اختزال .

*علل : 1- بعض جهود الاختزال موجب وبعضها سالب .
الموجبة لأنواع المواد التي تختزل بسهولة أكثر من أيونات H^+ بينما السالبة لأنواع المواد الأقل اختزالاً من أيونات H^+ .

- كيف تستدل على حدوث تفاعل كيميائي في الخلية الفولتية ؟
توليد طاقة كهربائية – انبعاث غاز عند أحد القطبين - تغير لون المحلول - تغير كتل الأقطاب

*حدد التفاعل الكهروكيميائي النهائي الذي يحدث تلقائياً وكذلك قيمة جهد الخلية التي تتكون من قطبي :
Fe^{2+} / Fe^{3+} و H^+ / H_2 علماً بأن E^0 لقطب الحديد المذكور = +0.77 V
الحل : E^0 لقطب الحديد (+0.77 V) أكبر منه لقطب الهيدروجين(0. 00V)
وبالتالي فإن قطب الهيدروجين هو الآنود (أكسدة) والحديد هو الكاثود (اختزال) .(لأن التفاعل تلقائي- خلية فولتية)

تفاعل الآنود $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$
تفاعل الكاثود $2 (Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+})$

التفاعل النهائي $H_2 + 2\,Fe^{2+} \longrightarrow 2H^+ + 2\,Fe^{3+}$

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{آنود}}$
$E^0_{\text{خلية}} = (+0.77) - (0.00) = +0.77\ V$

* خلية فولتية مكونة من قطب حديد Fe في محلول $Fe(NO_3)_3$(جهد اختزاله - 0.04 V) وقطب الفضة Agفي محلول$AgNO_3$ (جهد إختزاله + 0.80 V)
والمطلوب :
1- رسم الخلية كاملة البيانات . 2- تحديد اتجاه حركة الإلكترونات والأيونات السالبة .
3- كتابة معادلة التفاعل عند الآنود والكاثود والتفاعل النهائي للخلية .
4- احسب جهد الخلية . 5- ماذا يحدث لكتلة كل من : قطب الحديد ، قطب الفضة ؟
6- ماذا يحدث لتركيز كل من : أيونات الحديد ، أيونات الفضة ؟

*حدد إذا كان التفاعل تلقائياً أم لا :

1- $Mg + Sn^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Sn$

علماً بأن جهد اختزال(V) : Mg^{+2} = -2.37 ، Sn^{+2} = -0.14
الحل :يلاحظ من التفاعل أن Mg يتاكسد وبالتالي فإن الآنود هو Mg والكاثود هو Sn
$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{آنود}}$
$E^0_{\text{خلية}} = (-0.14) - (-2.37) = +\mathbf{2.23\ V}$
بما أن جهد الخلية موجب إذاً التفاعل تلقائي

2- $Zn + Li^+ \longrightarrow Li + Zn^{2+}$

علماً بأن جهد اختزال(V) : Li^+ = -3.04 ، Zn^{2+} = -0.76
الحل :يلاحظ من التفاعل أن Zn يتأكسد وبالتالي فإن الآنود هو Zn والكاثود هو Li

$E^0_{\text{خلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{آنود}}$

$E^0_{\text{خلية}} = (-3.04) - (-0.76) = \mathbf{-2.28\ V}$

بما أن جهد الخلية سالب إذاً التفاعل غير تلقائي .

علل :1- لا يمكن تخزين محلول $Sn(NO_3)_2$ في وعاء من الألمنيوم علماً بأن جهد اختزال :

$Sn^{2+} = -0.14\ V$, $Al^{3+} = -1.66\ V$

لأن جهد اختزال Al^{3+} أقل وبالتالي يتأكسد الألمنيوم وتختزل أيونات القصدير فيترسب القصدير .

2- يمكن استخدام لوح من الخارصين لتحريك محلول $Al(NO_3)_3$ علماً بأن جهد اختزال :

$Zn^{+2} = -0.76\ V$ ، $Al^{3+} = -1.66\ V$

لعدم حدوث تفاعل حيث أن جهد اختزال Al^{3+} أقل منه لـ Zn^{2+} .

* معتمداً على البيانات في الجدول التالي أجب عن الفقرات (1 – 4) التي تليه :

أنصاف الخلايا	Fe^{2+} / Fe	Cr^{3+} / Cr	Ag^{+} / Ag	Al^{3+} / Al
جهد الاختزال V	-0.41	-0.74	+0.80	-1.66

1 - ما العنصران اللذان يمكن استخدامهما لتكوين خلية فولتية لها أعلى جهد كهربائي ؟

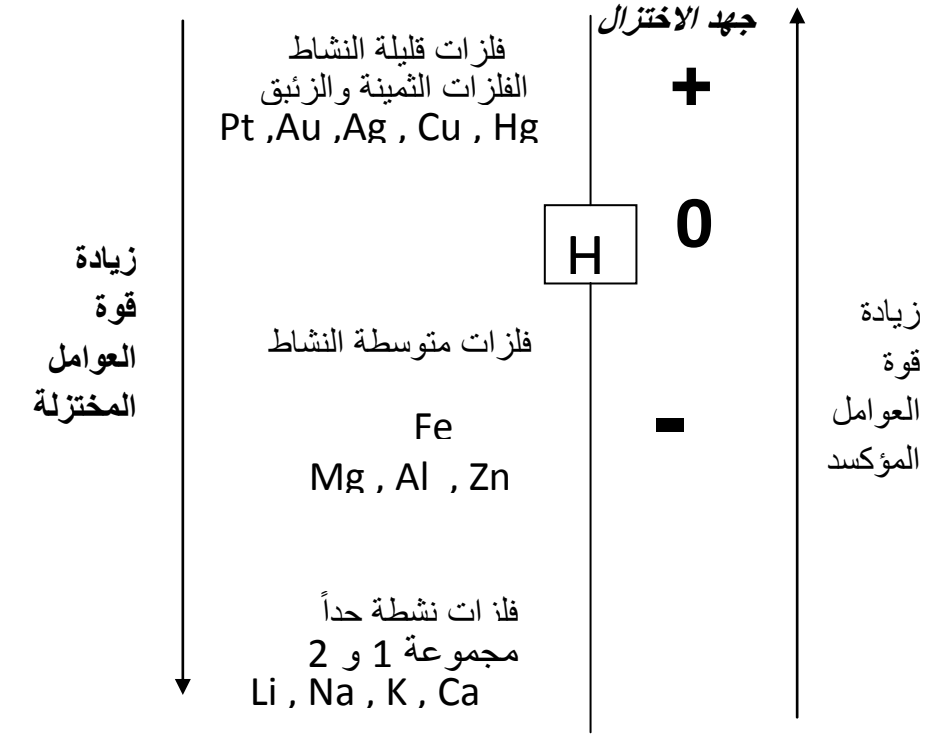
2- ما اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية الفولتية الواردة في الفقرة 1 .

3- اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية المكونة من قطبي كروم وهيدروجين .

4- اكتب التفاعلات النصفية عند القطبين للخلية الواردة في الفقرة 3 .

الإجابات :1- Al و Ag 2- Al إلى Ag 3- Cr / Cr^{3+} // H^+ / H_2

4- الآنود $Cr \longrightarrow Cr^{3+} + 3e^-$ الكاثود $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$



- رتب الأيونات التالية تنازلياً حسب قوتها كعامل مؤكسدة :

الأيون	Ag^{+}	Mg^{+2}	Cu^{2+}	Pb^{+2}
جهد الاختزال(V)	+0.80	-2.37	+0.34	-0.13

الترتيب :(الأقوى): Ag^{+} ثم Cu^{2+} ثم Pb^{2+} ثم Mg^{2+} (الأضعف)

* يحتوي الجدول التالي على نتائج مجموعة من التجارب والمطلوب :

تكون راسب	$Cu^{2+} + Zn$
لا تفاعل	$2Ag + Cu^{2+}$
تكون راسب	$Zn^{2+} + Mn$
تكون راسب	$Fe^{2+} + Zn$
لا تفاعل	$Cu + H_2SO_4$

1- أي الفلزات الأقوى كعامل مختزل ؟
2- اختر فلزين يمكن استخدامهما لعمل خلية فولتية لها أكبر جهد كهربائي .
3- أي الفلزات يستخدم لمنع تآكل أنابيب الفولاذ بطريقة الجلفنة؟
4- إذا علمت أن جهد اختزال Cu^{2+} يساوي 0.34 V فما قيمة جهد الخلية المكونة من قطبي نحاس وهيدروجين قياسيين ؟

الإجابات : 1- Mn 2- Ag و Mn 3- Zn 4- 0.34 V

الخـلايـــا الإلكتـــروليتيـــة:

خلايا تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية .
مم تتكون الخلية الإلكتروليتية ؟
من وعاء يحتوي على قطبين في محلول إلكتروليت موصولين بقطبي بطارية .

* مقارنة بين الخلية الإلكتروليتية والخلية الفولتية :

	الخلية الفولتية	الخلية الإلكتروليتية
إشارة الآنود	سالب	موجب
إشارة الكاثود	موجب	سالب
نوع تفاعل الآنود	أكسدة	أكسدة
نوع تفاعل الكاثود	اختزال	اختزال
تلقائية التفاعل	أكسدة – اختزال تلقائي	أكسدة – اختزال غير تلقائي
الطاقة	مصدر (تنتج) طاقة كهربائية	تحتاج إلى طاقة كهربائية
تحول الطاقة	كيميائية إلى كهربائية	كهربائية إلى كيميائية
جهد الخلية	موجب	سالب

- ما أوجه الشبه بين الخلية الفولتية و الخلية الإلكتروليتية .
1- يحدث فيهما تفاعلات أكسدة – اختزال
2- كلاهما يحتوي على آنود وكاثود وإلكتروليت
- ما أوجه الاختلاف بين الخلية الفولتية و الخلية الإلكتروليتية .

الخلية الفولتية : تفاعل تلقائي - مصدر(تُنتج) للطاقة الكهربائية - تحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية
الخلية الإلكتروليتية :تفاعل غير تلقائي- تحتاج إلى طاقة كهربائية- تحول الطاقة من كهربائية إلى كيميائية

* ادرس الجدول المقابل وأجب عن الأسئلة التالية :
1- أي الخلايا يمثل خلية تحليل كهربائي ؟
2- حدد الفلز الذي يمثل الكاثود في الخلية 1 ؟
3- ما شحنة قطب الخارصين في الخليتين 2 و 4؟
4- ما الفلز الذي سيوصل بالقطب السالب من البطارية في الخلية 5 ؟

الرقم	للخلية	ترميز الخلية
1	+0.35	$Zn/ Zn^{2+} // Fe^{2+} /Fe$
2	+1.61	$Mg/ Mg^{2+} // Zn^{2+} /Zn$
3	-0.18	$Ni/ Ni^{2+} // Fe^{2+} /Fe$
4	+0.62	$Zn/ Zn^{2+} // Sn^{2+} /Sn$
5	-0.46	$Ag/ Ag^{+} // Cu^{2+} /Cu$

الإجابات : 1- 3 و 5 2- Fe 3- (+) و(–) بالترتيب 4- Cu

* ادرس الجدول التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه :

الرقم	التفاعل	جهد الخلية
1	$Cu + Pb^{2+} \longrightarrow Cu^{2+} + Pb$	-0.48 V
2	$Ni + Zn^{2+} \longrightarrow Ni^{2+} + Zn$	-0.53 V
3	$Ni + Cu^{2+} \longrightarrow Ni^{2+} + Cu$	+0.57 V
4	$Mg + Ni^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Ni$	+2.14 V

1- أي الخلايا يمثل خلايا إلكتروليتية ؟
2- أي الأيونات يمثل العامل المؤكسد الأقوى ؟
3- أي الفلزات يمثل العامل المختزل الأضعف ؟
4- اختر فلزاً يمكن أن يتأكسد بواسطة أيونات النيكل Ni^{2+} ولا يتأكسد بأيونات المغنيسيوم Mg^{2+} ؟
5- فسر : عدم تفاعل النحاس مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف .
الإجابات : 1- (1 و 2) 2- Cu^{2+} 3- Cu 4- Zn
5- لأن عامل مختزل أضعف من الهيدروجين لذلك لا يمكنه أن يختزل أيوناته من مركباتها .

الطـلاء الكهربـائـــــي :

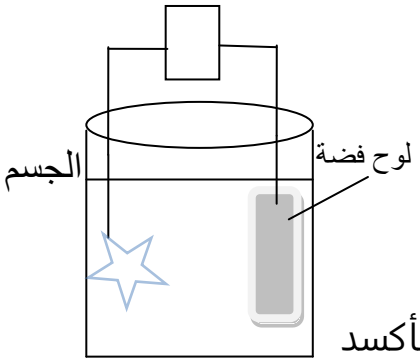
العملية الإلكتروليتية التي يُختزل فيها أيون فلزي ويترسب خلالها فلز صلب على سطح معين .
* في عملية الطلاء :
1- ما القطب الذي توصل به المادة المراد طلاؤها ؟
2- ما القطب الذي توصل به المادة المراد الطلاء بها؟
3- ما المحلول (نوع الإلكتروليت) في الخلية؟

4- ماذا يحدث لكتلة الآنود ؟ 5- ماذا يحدث لكتلة الكاثود ؟

الإجابات :1- السالب (الكاثود) 2- الموجب(الآنود) 3- أيونات المادة المراد(الفلز) الطلاء بها
4- تقل 5- تزداد

*** في عملية الطلاء يتم نقل الفلز المراد الطلاء به من الآنود إلى الكاثود**

* الشكل المجاور يبين خلية طلاء جسم بطبقة من الفضة والمطلوب :



1- ما نوع الخلية ؟ 2- لأي قطب يوصل لوح الفضة؟
3- ماذا يحدث لكتلة لوح الفضة ؟ ولماذا ؟
4- ماذا يحدث لكتلة الجسم المراد طلاؤه ؟ ولماذا ؟
5- اكتب معادلة التفاعل عند الآنود .
6- اكتب معادلة التفاعل عند الكاثود .

الإجابات : 1- إلكتروليتية 2- الآنود(+) 3- تقل ، لأن ذرات الفضة تتأكسد
4- تزداد ، لأن أيونات الفضة تُختزل 5- $Ag \longrightarrow Ag^+ + e^-$
6- $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$

* صف الطلاء الكهربائي .

عملية ترسيب طبقة رقيقة من فلز على مادة الكاثود وهذه الطبقة مرتبطة بالآنود في وجود إلكتروليت هو ملح الفلز الذي تطلى به المادة.

الخلايا القابلة لإعادة الشحن :

تعمل كخلية فولتية وخلية إلكتروليتية .

مثال : بطارية السيارة .

تركيب بطارية السيارة :- تتكون من ست خلايا موصولة على التوالي وتنتج 12V .

- تستخدم في بدء تشغيل السيارة وإضاءة المصابيح ...

- تتكون كل خلية من رصاص pb و ثاني أكسيد الرصاص PbO_2 [أكسيد رصاص (IV)] مغمورة في محلول حمض الكبريتيك H_2SO_4 .

خلال التفريغ – عند بدء تشغيل السيارة- عند الاستخدام : تعمل كخلية فولتية :

الآنود : رصاص Pb / الكاثود : ثاني أكسيد الرصاص PbO_2

الإلكتروليت :حمض الكبريتيك H_2SO_4

التفاعل عند الآنود $Pb + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4 + 2e^-$

التفاعل النصفي للكاثود: $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

التفاعل النهائي $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

خلال التفريغ :

1- يترسب مسحوق أبيض من كبريتات الرصاص(II) على الأقطاب .

2- يستهلك حمض الكبريتيك فتقل كثافته (تركيزه) .

3- تعمل كخلية فولتية فتتحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية .

4- تقل القوة المحركة (يتم تعويضها من الدينامو) .

أثناء الشحن (تعمل كخلية إلكتروليتية) :

تنعكس التفاعلات النصفية وجميع العمليات (عكس التفريغ) .

* علل : 1- تقوم الخلية القابلة لإعادة الشحن بجمع كيمياء الأكسدة والاختزال لكلتا الخليتين الفولتية والإلكتروليتة .

خلال التفريغ: تحدث تفاعلات أكسدة –اختزال ذاتية فتتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية وهذا ما يميز الخلية الفولتية .

عند إعادة الشحن: تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية خلال تفاعلات أكسدة –اختزال وهذا ما يميز الخلية الإلكتروليتة .

2- في بطارية المركم الرصاصي (بطارية السيارة) لايمكن إعادة شحن البطارية بشكل غيرمحدود .

لأن قسماً من كبريتات الرصاص(II) التي تتجمع على الأقطاب بشكل مسحوق يسقط خلال سير السيارة وتصبح كمياتها غير كافية لإعادة الشحن .

3- تعمل البطارية القابلة لإعادة الشحن كخلية فولتية وخلية إلكتروليتية .

عند إعادة الشحن تعمل كخلية إلكتروليتة وعند الاستخدام تمد الأجهزة بالطاقة فتعمل كخلية فولتية .

- هل يمكن تحديد درجة تفريغ البطارية بقياس كثافة حمض الكبريتيك ؟ كيف ؟

نعم ، في الشحن يزداد تركيز الحمض فتزداد كثافته ، وفي التفريغ يحدث العكس .

التحـليـل الكهـربائـــي

عملية إمرار التيار الكهربائي عبر خلية يكون جهد الخلية فيها سالباً وتسبب حدوث تفاعل أكسدة واختزال .

*الطاقة الكهربائية الخارجية (الفولتية) التي تسبب تفاعلاً غير تلقائي يجب أن تكون أكبر من الجهد الذي ينتجه تفاعل الخلية التلقائي .

* أمثلة على التحليل الكهربائي : (خلايا إلكتروليتية)

1- الطلاء الكهربائي 2- إعادة شحن البطارية 3- التحليل الكهربائي للماء

4- تنقية الفلزات 5- إنتاج الألومنيوم بالتحليل الكهربائي .

- ما البديل غير المنسجم علمياً مع التبرير ؟

بطارية الزئبق ، بطارية السيارة ، بطارية خارصين- كربون ، البطارية القلوية .

البديل : بطارية السيارة التبرير :لأنها قابلة لإعادة الشحن والباقي غير قابل .

التحليــل الكهـــربائـــــي للمـــــــــــــاء

الناتج عند الآنود	غاز O_2 و H_3O^+
الناتج عند الكاثود	غاز H_2 و OH^-
التفاعل عند الآنود	$6H_2O \longrightarrow 4e^- + O_2 + 4H_3O^+$
التفاعل عند الكاثود	$4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-$
استخدام الناتجين H_2 و O_2	في خلايا الوقود
هل العملية تلقائية أم تحتاج إلى طاقة؟ بر ذلك .	ليست تلقائية ، وتحتاج إلى طاقة ، لأن عملية تفكك الماء تحتاج إلى طاقة وليست تلقائية
كيف تحسن من قدرة الماء على التوصيل الكهربائي؟	بإضافة قليل من إلكتروليت قوي مثل H_2SO_4 أو NaCl

إنتــاج الألمنيــوم بالتحليـل الكهربائــي للبوكسيت النقي

اسم الطريقة	هول – هيرولت
الخام	البوكسيت
الشوائب	أكاسيد الحديد والسيلكون والتيتانيوم
المادة التي يعالج بها الخام ، والهدف	هيدروكسيد الصوديوم NaOH ،التنقية من الشوائب
مادة الآنود	كربون (جرافيت)
مادة الكاثود	فولاذ
الناتج عند الآنود	CO_2
الناتج عند الكاثود	ألمنيوم
التفاعل النهائي	$2Al_2O_3 + 3C \longrightarrow 3CO_2 + 4Al$
ماذا يحدث لمادة الآنود ؟ ولماذا ؟	تتآكل وتغير بشكل دوري ، لأن الكربون يتفاعل مع الأكسجين الناتج ويتصاعد غاز CO_2
فائدة الكريوليت Na_3AlF_6	تقليل الطاقة حيث ينصهر عند $970\ ^0C$ فيذوب فيه البوكسيت
سبب استخدام هذه الطريقة في مصنع دوبال	توفر الطاقة

* فصل الألومينا(أكسيد الألمنيوم) من خام البوكسيت :

1- يعالج البوكسيت بهيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الألومينا ولا يتفاعل مع الشوائب .
2- تفصل الألومينا عن المركبات الصلبة .
3- ترسب للحصول على الألومينا النقية .

* علل: 1- نجاح صناعة الألومنيوم بدولة الإمارات .
لتوفر الطاقة .
2- لا يمكن استخدام الماء في الخلية الإلكتروليتية لإنتاج الألمنيوم.

يختزل الماء بسهولة أكبر من أيونات الألمنيوم لأن للماء جهد اختزال أكبر من أيونات الألمنيوم .

3- كلفة إعادة تدوير الألمنيوم أقل من كلفة استخراجه من خام البوكسيت .

لأن استخراجه من البوكسيت يتم خلال التحليل الكهربائي وهذا يتطلب كمية كبيرة من الطاقة .

* ما العملية التي تحدث للألمنيوم عند استخلاصه من Al_2O_3؟

أ- أكسدة ب- تعادل ج- اتحاد د- اختزال

* يحتوي خام النحاس على فلز الخارصين الذي يتأكسد مع Cu خلال عملية التنقية الإلكتروليتية ، مع ذلك فإن أيونات Zn^{2+} لا تُختزل فيما بعد حين تُختزل أيونات Cu^{2+} إلى Cu عند الكاثود للحصول على فلز النحاس النقي ، كيف يمكن لـ Zn أن يتأكسد مع Cu لكن أيوناتهما لا تُختزل معاً .

تفاعلات الاختزال :

$$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn \qquad E^0 = -0.76\ V$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu \qquad E^0 = +0.34\ V$$

Zn يتأكسد تلقائياً ، Cu يحتاج إلى 0.34V + ليتأكسد ومع ذلك فإن Cu^{2+} يُختزل تلقائياً بينما يحتاج Zn^{2+} إلى 0.76 V + لكي يُختزل ، لذلك إذا كانت الفولتية المبذولة أقل من 0.76 V فإن أيونات Cu^{2+} فقط ستُختزل وبالتالي تتم عملية تنقية النحاس فقط ويبقى الخارصين في المحلول على شكل Zn^{2+} .