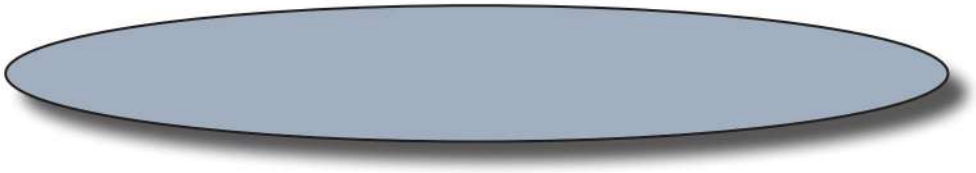
دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الكيمياء



للسنة الثانية من مرحلة التعليم الثانوي

(القسم العلمي)

الدرس الخامس

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:

1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9-2 الطلاء بالكهرباء: التغطية بطبقة رقيقة واقية من فلز
Electroplating: Coating with a Thin Protective Layer of Metal

من الاستخدامات الشائعة للتحليل الكهربائي تكوين طبقة رقيقة من فلز واقٍ على سطح فلز آخر قابل للصدأ، وتسمى بعملية **الطلاء الكهربائي**. مثال لذلك **جلفنة** الحديد، حيث يغطى سطح الحديد كهربائيًا بطبقة من الخارصين. و الفولاذ غير القابل للصدأ هو أيضًا حديد مطلي كهربائيًا أولًا بالنيكل ثم بطبقة رقيقة جدًّا من فلز أغلى وأكثر جاذبية هو الكروم.

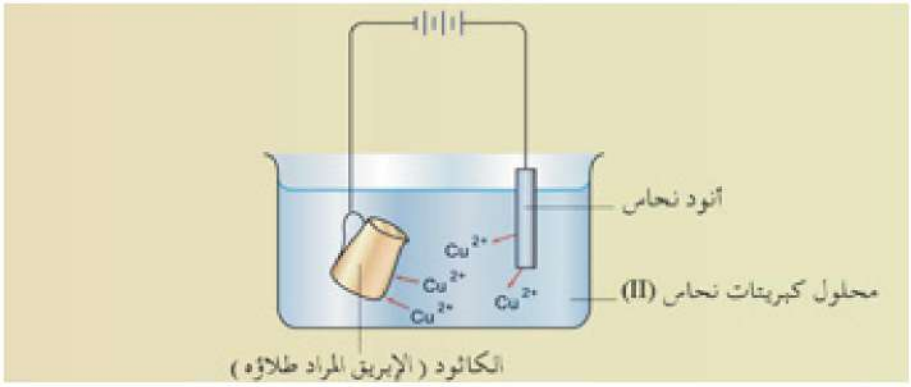
في الطلاء الكهربائي بصفة عامة نعتبر الجسم المراد طلاؤه (الإبريق مثلًا) كاثودًا، أما الأنود فيصنع من الفلز المراد الطلاء به (النحاس). ويكون الإلكتروليت محلولًا لملح ذلك الفلز (كبريتات نحاس II).

الأنود: (يتأين أنود النحاس) $Cu\,(s) \longrightarrow Cu^{2+}\,(aq) + 2e^-$

الكاثود: (يترسب النحاس على الجسم) $Cu^{2+}\,(aq) + 2e^- \rightarrow Cu\,(s)$

الطلاء الكهربائي	
الفلز	الجسم
الخارصين (جلفنة)	صناديق قمامة، جرادل
الكروم	مصادم السيارة، ومقابض الدراجة
الفضة	الساعات، الأساور
النحاس	الأطباق
النيكل (EPNS)	السكاكين (فولاذ نيكل مطلي بالكهرباء)
الذهب	الحلي والساعات

جدول 6



شكل 2-10 الطلاء الكهربائي

10-2 تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية: الخلايا والنضائد
Chemical to Electrical Energy: Cells and Batteries

يسمى الجهاز الذي يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية **خلية** أو **نضيدة** (مجموعة من الخلايا). ويتكون من زوج من الفلزات المختلفة في إلكتروليت.

في شكل 2-11 يذوب الفلز الأكثر فاعلية، (الماغنسيوم) في الحمض المخفف ويُكوِّن أيونات ماغنسيوم مما ينتج إلكترونات. ويعمل الماغنسيوم أثناء إنتاج الإلكترونات كقطب سالب.

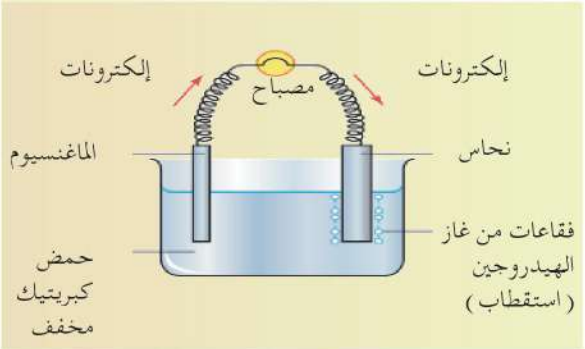
إلكترونات أيونات الماغنسيوم فلز الماغنسيوم

$$Mg\,(s) \longrightarrow Mg^{2+}\,(aq) + 2e^-$$

تنتقل تلك الإلكترونات بعد ذلك إلى قطب النحاس، كما تنتج فقاعات غاز الهيدروجين عند ذلك القطب. وأثناء تلقي الإلكترونات يكون النحاس القطب الموجب.

غاز هيدروجين إلكترونات أيونات هيدروجين

$$2H^+\,(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2\,(g)$$



شكل 2-11 خلية بسيطة تعمل

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويعتبر إنتاج الإلكترونات وحركتها كهرباءً، ومن ثم توليد طاقة كهربائية، فيضيء المصباح. يمكن عمومًا تمثيل التفاعل الكيميائي بالمعادلة الأيونية:

$$Mg\,(s) + 2H^{+}\,(aq) \rightarrow Mg^{2+}\,(aq) + H_2\,(g)$$

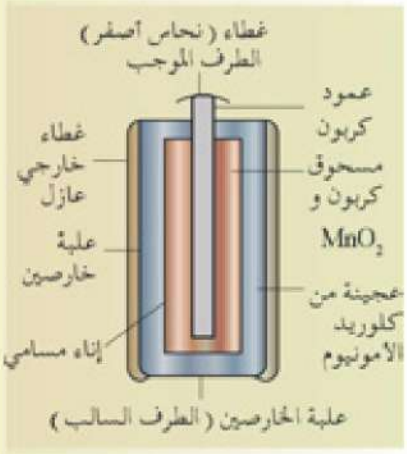
وتعتمد شدة إضاءة المصباح على الفرق بين فاعلية العنصرين. فالماغنسيوم والنحاس يبعدان عن بعضهما في **سلسلة الفاعلية الكيميائية (النشاط الكيميائي)** للفلزات، لذلك يكون المصباح متوهجًا، ولكن نظرًا لسرعة ذوبانية الماغنسيوم في الحمض، فلا يستمر المصباح مضيئًا لمدة طويلة. ويتغطى أيضًا قطب النحاس بفقاعات من غاز الهيدروجين التي تمنع سريان الكهرباء، و يسمى ذلك **بالاستقطاب**. أما إذا أجريت التجربة بفلزين آخرين أقل فاعلية مثل الخارصين أو الحديد بدلًا من الماغنسيوم، فإن شدة الإضاءة تكون أقل، ولكن يستمر المصباح مضيئًا لمدة أطول.

شكل 2-12 يعتمد جهد الخلية على موضع الفلزات في سلسلة الفاعلية. يبعد الماغنسيوم والنحاس عن بعضهما في السلسلة، لذلك يكون جهدهما عالٍ.

11-2 الخلايا الجافة: سهلة النقل ورخيصة الثمن
Dry Cells: Portable and Cheap

إذا كان الإلكتروليت في الخلايا عجينة وليس سائلًا، تسمى الخلية **خلية جافة**. ويشيع استخدام تلك الخلايا في المنازل، وفي الساعات، ومصابيح الجيب، والألعاب، وآلات الحلاقة، وأدوات كهربائية أخرى كثيرة. ويتميز ذلك النوع من الخلايا بكونه مصدرًا نقّالًا للطاقة، وبرخص ثمنه.

يبين شكل 2-13 قطاعًا طوليًا في خلية جافة نموذجية. تتكون الخلية من عمود كربون داخل إناء مسامّي من كربون مسحوق وأكسيد منجنيز (IV). ويكون الإلكتروليت عبارة عن عجينة من كلوريد أمونيوم، ويكون القطب الآخر علبة الخارصين للخلية نفسها. تعمل علبة الخارصين كطرف سالب لأنها تنتج إلكترونات.



شكل 2-13 خلية جافة.

خارصين أيونات خارصين إلكترونات

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

يكون الطرف الموجب هو عمود الكربون، بسطحه المحاط بمسحوق كربون. ويتواجد أيضًا أكسيد منجنيز (IV) الذي يعمل **كمخلوط مضاد للاستقطاب** يساعد على أكسدة غاز الهيدروجين الناتج عند أخذ أيونات الأمونيوم المتواجدة بالإلكتروليت الإلكترونات الناتجة من قطب الخارصين.

هيدروجين أمونيا إلكترونات أيونات الأمونيوم

$$2NH_4^{+}\,(aq) + 2e^{-} \longrightarrow 2NH_3\,(g) + H_2\,(g)$$

يكون جهد معظم الخلايا الجافة حوالي 1.5 فولت، ولكن يصل جهد النضائد من هذه الخلايا إلى 90 فولتًا أو أكثر. وعندما تُستهلك المواد الكيميائية في الخلية يحدث **ارتشاح** بسبب ذوبان قطب الخارصين فتنتج أيونات الخارصين. وتكون العجينة التي ترشح إلى الخارج أكّالة للغاية، لذلك يجب استبدال الخلايا والنضائد بمجرد تلفها.

مجموعة من الخلايا والنضائد

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- الإلكتروليتات سوائل تحتوي على أيونات. وقد تكون موادَّ أيونية مصهورة، أو محاليلَ مائية لمواد أيونية.
- اللاإلكتروليتات سوائل تساهمية لا توصل الكهرباء.
- التحليل الكهربائي تحلل كيميائي لمادة أيونية (مصهورة أو في محلول) باستخدام الكهرباء.
- الكاتيونات أيونات موجبة (فلزات وهيدروجين) تنتقل إلى الكاثود (القطب السالب).
- الأنيونات أيونات سالبة (لافلزات وشقوق حمضية) تنتقل إلى الأنود (القطب الموجب).
- تنتقل أيونات الصوديوم إلى الكاثود أثناء التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور، وتُكوِّن فلز صوديوم مصهورًا $Na^+(\ell) + e^- \rightarrow Na(\ell)$. تُكوِّن أيونات الكلوريد عند الأنود غاز كلور $2Cl^-(\ell) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
- يحدث التفريغ الانتقائي للشحنة (فقد الشحنة التفضيلي) إذا انجذب أكثر من نوع واحد من الكاتيونات أو الأنيونات للأنود أو للكاثود. الأيون الذي يفقد شحنته، هو الذي يتطلب أقل طاقة ليفقد شحنته.
- تنتقل أيونات الهيدروجين إلى الكاثود أثناء التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المائي المخفف، وتُكوِّن غاز الهيدروجين ($2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$). تفرغ أيونات الهيدروكسيد شحنتها عند الأنود، وتُكوِّن غاز الأكسجين ($4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(\ell) + 4e^-$).
- توجد عوامل أخرى بجانب تفريغ الشحنة الانتقائي تؤثر على نواتج التحليل الكهربائي، كتركيز الأيون ونوع القطب (خامل أو نشط).
- تتضمن التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي تصنيع هيدروكسيد الصوديوم، واستخلاص الألومنيوم، وتنقية النحاس والطلاء الكهربائي.
- أثناء تنقية النحاس، يصبح النحاس غير النقي هو الأنود ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$)، ويترسب النحاس النقي على الكاثود ($Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$).
- أثناء الطلاء الكهربائي، يكون فلز الطلاء هو الأنود، ويكون الإلكتروليت محلولًا مائيًّا لأحد أملاح فلز الطلاء، ويكون الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود.
- تنتج الكهرباء في الخلايا البسيطة عند وضع فلزين مختلفين في إلكتروليت. ويحدد الفرق في الفاعلية الكيميائية بين الفلزين الجهد الكهربائي للخلية الإلكتروليتية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم

اللاإلكتروليت: سوائل تساهمية لا توصل الكهرباء مثل الإيثانول ومحلول السكر.

إلكتروليت: سائل (مائي أو مصهور) موصل للكهرباء.

الإلكتروليت الضعيف: سوائل تحتوي فقط على أيونات قليلة مثل الأحماض الضعيفة (حمض الكربونيك)، أو القلويات الضعيفة (محلول الأمونيا).

الإلكتروليت القوي: سوائل متأينة تمامًا مثل الأحماض القوية (حمض الكبريتيك)، أو القلويات القوية (هيدروكسيد صوديوم).

التحليل الكهربائي: تحلل كيميائي للإلكتروليت بمرور الكهرباء.

الإلكتروليت	الأقطاب	ناتج الأنود	ناتج الكاثود
بروميد رصاص مصهور	جرافيت	غاز بروم	رصاص مصهور
حمض كبريتيك مخفف	بلاتين	غاز أكسجين	غاز هيدروجين
حمض هيدروكلوريك مخفف	جرافيت	غاز أكسجين	غاز هيدروجين
حمض هيدروكلوريك مركز	جرافيت	غاز كلور	غاز هيدروجين
محلول كبريتات نحاس	جرافيت	غاز أكسجين	نحاس
محلول كبريتات نحاس	نحاس	يتأين أنود النحاس	نحاس

الأنيونات		الكاتيونات
SO_4^{2-}	سهولة فقد الشحنة ↓	K^+
NO_3^-		Mg^{2+}
Cl^-		Fe^{2+}
Br^-		Cu^{2+}
OH^-		Ag^+

التطبيقات الصناعية

التنقية بالكهرباء: تكرير أو تنقية الفلزات غير النقية كالنحاس.

الطلاء بالكهرباء: يكون الجسم المراد طلاؤه الكاثود، ويكون الأنود من الفلز المراد الطلاء به (النحاس)، ويكون الإلكتروليت محلولًا لأحد أملاح الفلز (كبريتات نحاس (II)).

استخلاص الفلزات: يستخدم التحليل الكهربائي لاستخلاص الفلزات الفعالة كاستخلاص الألومنيوم من خاماته.

الخلايا: أدوات تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. الخلايا البسيطة لها قطبين مغمورين في إلكتروليت (مرتبط بسلسلة الفاعلية الكيميائية).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا