



الكيمياء

الصف التاسع - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

9

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيساً)

تيسير أحمد الصبيحات

أسماء عبد الفتاح طحليش

بلال فارس محمود

جيالة محمود عطيّة

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسّرّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العنوانين الآتية:

📞 06-5376262 / 237 📩 06-5376266 📧 P.O.Box: 2088 Amman 11941

🌐 @nccdjor 📩 feedback@nccd.gov.jo 🌐 www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (8) 2022/12/15م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (135/2022) تاریخ 2022/12/28 م بدءاً من العام الدراسي 2022/2023 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 472 - 9

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2023/5/2606)

بيانات الفهرس الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	الكيمياء/ كتاب الطالب الصف التاسع الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج ، 2023
رقم التصنيف	375.001
الواصفات	/ تطوير المناهج / المقررات الدراسية / مستويات التعليم / المناهج /
الطبعة الأولى	

يتحمل المؤلف كامل المسؤلية القانونية عن محتوى مصنفه، ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.

British Library Cataloguing -in- Publication Data

A catalogue record for this publication is available from the Library.

1443 هـ / 2022 م
2025 – 2023 م

الطبعة الأولى (التجريبية)
أعيدت طباعته

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
	المقدمة
7	الوحدة الثالثة: نشاط الفلزات
9	تجربة استهلالية: بعض الخصائص الفيزيائية للفلزات
10	الدرس الأول: تفاعلات الفلزات
21	الدرس الثاني: سلسلة النشاط الكيميائي و تآكل الفلزات
32	الإثراء والتوسيع: استخلاص الحديد
33	مراجعة الوحدة
37	الوحدة الرابعة: الكيمياء الكهربائية
39	تجربة استهلالية: بطارية الليمون
40	الدرس الأول: التأكسد والاختزال والخلايا الجلفانية
59	الدرس الثاني: خلايا التحليل الكهربائي
69	الإثراء والتوسيع: النظارات ذاتية التلوين
70	مراجعة الوحدة
74	مسرُد المصطلحات
76	قائمة المراجع

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلوة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين.

انطلاقاً من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني وتسلیحه بالعلم والمعرفة، سعى المركز الوطني لتطوير المناهج بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها؛ لتكون مُعِيناً للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

وَيُعُدُّ هذا الكتاب واحداً من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنِي بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفقَ أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالمياً؛ انسجاماً والقيمة الوطنية الراسخة، واستجابة لحاجات أبنائنا الطلبة والمعلّمين والمعلمات.

وقد جاء هذا الكتاب مُحَقّقاً مضموناً الإطارين العام والخاص للعلوم، ومعاييرها، ومؤشرات أدائها المتمثلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الحادي والعشرين، وقدر على مواجهة التحديات، ومتَّعِزٌ في الوقت نفسه - بأنتمائه الوطني. وتأسيساً على ذلك، فقد اعتمدت دورة التعلم الخمسية المنشقة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعليمية، وتُوفَّر له فرصةً عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلاً عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتَّأَلَّفُ الكتاب من وحدتين دراسيتين، هما: نشاطُ الفلزاتِ، والكيمياءُ الكهربائيةُ.

أُلْحِقَ بكتاب الكيمياء كتاباً للأنشطة والتجارب العملية التي تبني مهارات العمل المخبري، وتحتوي جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة، بدءاً بعرض الأساس النظري لكل تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات السلامة، وانتهاءً بأسئلة

التحليل والاستنتاج. وتضمن الكتاب أيضاً أسئلة تفكير تحاكي أسئلة STEAM؛ بغية تعزيز فهم الطالب موضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديه.

ونحن إذ نقدم هذه الطبعة من الكتاب، فإننا نؤمل أن يسهم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية المتعلم، وتنمية اتجاهات حبّ التعلم ومهارات التعلم المستمر، فضلاً عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوعة، ورصد ملاحظات المعلمين والمعلمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

اللوبادة

نشاط الفلزات

Reactivity of Metals

3



أتَأْمُلُ الصُّورَةَ

تتفاعلُ الفلزاتُ معَ الهواءِ والماءِ بسرعاتٍ مختلفةٍ وفقاً لنشاطِها الكيميائيّ. فمثلاً، يصدأُ الحديدُ ببطءٍ، أمّا فلزُ الصوديوم، فيتفاعلُ معَ الهواءِ والماءِ بسرعةٍ كبيرةٍ. فلماذا تختلفُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيّ؟ وكيفَ يمكنُ ترتيبُ الفلزاتِ وفقاً لنشاطِها الكيميائيّ؟

الفكرة العامة:

تحتَّلُّ الفلزاتُ في نشاطها الكيميائيٌّ عندَ تفاعُلِها معَ الهواءِ والماءِ والحموضِ، وبناءً على هذا الاختلافِ رُتبَّتُ الفلزاتُ في سلسلةٍ نشاطٍ كيميائيٍّ، ويُمْكِنُ عنْ طرِيقِ هذا الترتيبِ التنبؤُ بنواتجِ تفاعُلِها هُنَّهُ الفلزاتِ.

الدرسُ الأوَّل: تفاعُلُ الفلزاتِ

الفكرةُ الرئيْسُّ: تتفاوتُ الفلزاتُ في سرعةِ تفاعُلِها معَ كُلَّ من غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفِّفِ، ويعُبَّرُ عنْ تفاعُلِها بمعادلاتِ كيميائيةٍ موزوَّنةٍ.

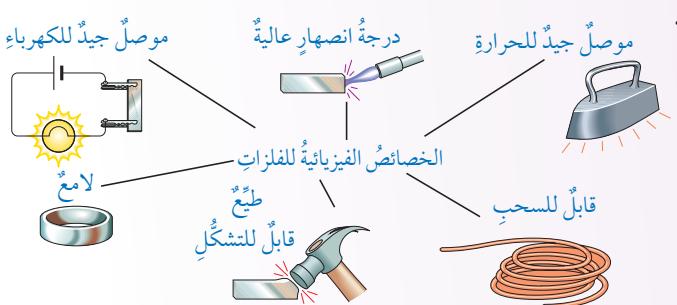
الدرسُ الثانِي: سلسلةُ النشاطِ الكيميائيٍّ وتأكُّلُ الفلزاتِ

الفكرةُ الرئيْسُّ: رُتبَّتُ الفلزاتُ وفقاً لسرعةِ تفاعُلِها معَ الهواءِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيٍّ، التي يُمْكِنُ الاستفادةُ منها بالتنبؤِ بحدوثِ التفاعُلاتِ وقابليةِ الفلزاتِ للتآكُّلِ.

تجربة استهلاكية

بعض الخصائص الفيزيائية للفلزات

المواد والأدوات: أطباق بلاستيكية تحتوي عيناتٍ من فلزاتٍ مختلفةٍ على صورة أشرطةٍ أو أسلاكٍ من النحاس Cu، والألمنيوم Al، والحديد Fe، الخارصين Zn، المغنيسيوم Mg، مطرقةٌ صغيرةٌ، ورقٌ صنفريٌّ، بطاريةٌ، أسلاكٌ توصيلٌ، مصباحٌ، لاصقٌ بلاستيكيٌّ.



إرشادات السلامة:

- أرتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفافيش.
- أتوخى الحذر عند استخدام المطرقة.

خطوات العمل:

1 ألاحظ: أنظر الفلزات بورق الصنفري، ثم أدوّن ملاحظاتي عن: الحالة الفيزيائية، واللون، واللمعان لكل فلزٍ مستخدمٍ في النشاط.

2 ألاحظ: أضع عينة فلز المغنيسيوم على سطح صلب، ثم أطرقها بالمطرقة برفق. هل الفلز هشٌ ويتحطم أم أنه قابل للطرق ويتسطع؟ أدوّن ملاحظاتي.

3 أجرّب: أكرر الخطوة 2 لبقية الفلزات، ثم أدوّن ملاحظاتي.

4 أجرّب: أصل أجزاء الدارة الكهربائية (البطارية، أسلاك التوصيل، المصباح)، ثم أثبتها باللاصق، ثم أتفحصُ توصيل شريط المغنيسيوم للكهرباء. هل يضيء المصباح؟ أدوّن ملاحظاتي.

5 أجرّب: أكرر الخطوة 4 لبقية الفلزات، ثم أدوّن ملاحظاتي.

6 أنظم البيانات: أدوّن ملاحظاتي الخاصة بالخصوصيات الفيزيائية للفلزات في الجدول الآتي:

الفلز	الحالة الفيزيائية	اللون	اللمعان	القابلية للطرق	التوصيل الكهربائي
					Cu
					Al

التحليل والاستنتاج:

- أحدّد أربع خصائص فيزيائية عامة للفلزات.
- أُفسّر أهمية تنظيف سطح الفلز بورق الصنفري قبل فحصه.

تفاعل الفلزات مع غاز الأكسجين، والماء، وحمض الهيدروكلوريك المخفف

Reaction of Metals with Oxygen Gas, Water and Dilute Hydrochloric acid

عرفت سابقاً أنَّ الفلزات تقعُ يسارَ الجدولِ الدوريِّ ووسطَه، وتُعدُّ المجموعتانِ الأولى (IA) والثانية (IIA) منْ أكثرِ الفلزاتِ نشاطاً، وتُعدُّ العناصرُ الانتقاليةُ أيضًا منَ الفلزاتِ. انظرُ إلى الشكلِ (1). وتختلفُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ، ما يؤدِي إلى التفاوتِ في سرعةِ تفاعُلِها، فالصوديوم والبوتاسيوم منْ أكثرِها نشاطاً، في حينِ أنَّ الذهبَ والبلاتين منْ أقلِّها نشاطاً. فلماذا تفاوتُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ؟ وماذا يتُوجُّ منْ تفاعُلِها؟

الشكلُ (1): موقُعُ الفلزاتِ في الجدولِ الدوريِّ.

ال الفلزاتِ	أشباءُ الفلزاتِ	الغازاتُ النبيلةِ
الالفلزاتُ		
1A	2A	8A
H	Li Be	He
Na Mg	3B 4B 5B 6B 7B 8B 8B 1B 2B	Al Si Ge As Se Br Kr
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga In Sn Sb Te I Xe	19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 49 50 51 52 53 54	5 6 7 8 9 10 13 14 15 16 17 18 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe	37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54	19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 49 50 51 52 53 54
Cs Ba La-Lu Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn	55 56 57-71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86	5 6 7 8 9 10 13 14 15 16 17 18 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
Fr Ra Ac-Lr Rf Db Sg Bh Hs Mt Ds Rg Cn Nh Fl Mc Lv Ts Og	87 88 89-103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118	19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 49 50 51 52 53 54
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu	57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71	5 6 7 8 9 10 13 14 15 16 17 18 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr	89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103	5 6 7 8 9 10 13 14 15 16 17 18 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

الفكرةُ الرئيسيةُ:

تفاوتُ الفلزاتُ في سرعةِ تفاعُلِها معَ كُلِّ منَ غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ المخففِ، ويُعبَّرُ عنْ تفاعُلِها بمعادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.

نتائجُ التعلمُ:

- أُوضِّحُ المقصودُ بالمفاهيمِ الآتيةِ: نشاطُ الفلز، أكسيدُ الفلز، الملحُ، السوائلُ.
- أقارنُ نشاطَ الفلزاتِ عَبْرَ تفاعُلِها معَ غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ HCl المخففِ.
- أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ لتفاعُلِ بعضِ الفلزاتِ معَ الماءِ وغازِ الأكسجينِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ HCl المخففِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

Metal Reactivity	نشاطُ الفلز
Metal Oxide	أكسيدُ الفلز
Salt	الملحُ
Alloys	السوائلُ



الشكل (2): أشرطة لامعة من فلزِي الفضة والنحاس.

تتميزُ الفلزاتُ **Metals** بوجه عامٍ بأنَّها عناصرٌ صلبةٌ لامعةٌ قابلةٌ للطرق والسُّحبِ، أنظرُ إلى الشكل (2). كما أنَّها موصلةٌ للحرارةِ والكهرباءِ. تكونُ الفلزاتُ أيوناتٍ موجبةٍ نتاجٍ لفقدِها الإلكتروناتِ في تفاعلاتِها، وتتفاوتُ الفلزاتُ في سرعةِ تفاعليها معَ غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ تبعًا لتفاوتِ نشاطِها، ويُعرفُ **نشاطُ الفلز Metal Reactivity** بقدرةِ الفلزِ على فقدِ الإلكتروناتِ وتَكُونُ أيونِه الموجبِ. يختلفُ هذا النشاطُ باختلافِ موقعِ الفلزاتِ في الجدولِ الدوريِّ، وتركيبِها الإلكترونيِّي، وتفاوتِ حجومِ ذراتِها في المجموعةِ الواحدةِ. فكيفَ نستدِلُّ على نشاطِ الفلزاتِ؟ وما مؤشراتُ حدوثِ تفاعلاتِها؟

تفاعلُ الفلزاتِ معَ غازِ الأكسجينِ

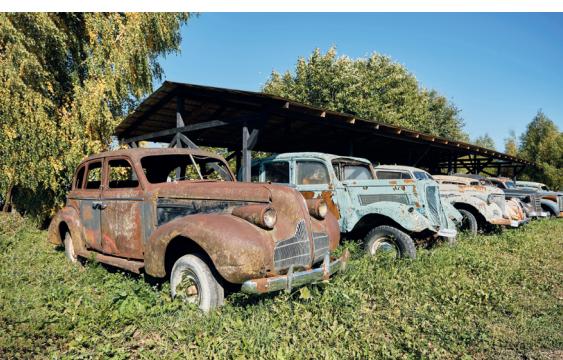
Reactions of Metals with Oxygen Gas

أتوقعُ: هل سيتغيرُ لونُ التفاح إذا تعرَّضَ للهواءِ بعدَ تقطيعِهِ؟ ما العلاقةُ بينَ ما يحدثُ له وبينَ ما يحدثُ لهيكلِ سيارةٍ مهجورة؟ يحتوي التفاحُ موادَّ عدَّةً مفيدةً للجسم، منها الحديدُ، وعندَ تعرَّضِ سطحِ التفاحِ لأكسجينِ الهواءِ، يتفاعلُ معَه فتتُّجُ منْ ذلكَ طبقةٌ بُنيَّةٌ داكنَةٌ، كما يتعرَّضُ الهيكلُ الحديديُّ للسيارةِ المهجورةِ لأكسجينِ الهواءِ الرطبِ، ويتفاعلُ معَه ويَتَّجُ منْ ذلكَ صدأُ الحديدِ كما في الشكل (3).

تفاعلُ الفلزاتِ معَ أكسجينِ الهواءِ الجويِّ، فيتغيرُ لونُ سطحِها ليصبحَ أقلَّ لمعانًا؛ نتيجةً تكونُ طبقةٌ صلبةٌ منْ أكسيدِ الفلزِ عليهِ.



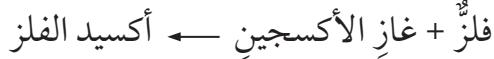
الشكل (3): سطحُ تفاحٍ مُعرَّضٌ للهواءِ وسيارةٌ صدأةً.



الشكل (3): سطحُ تفاحٍ مُعرَّضٌ للهواءِ وسيارةٌ صدأةً.

ويُعرف أكسيد الفلز Metal Oxide بأنه مركب كيميائي يتوج من تفاعل الفلز مع غاز الأكسجين.

ويُعبر عن تفاعل الفلز مع غاز الأكسجين بالمعادلة العامة الآتية:

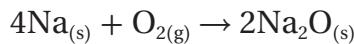


تفاعل الفلزات القلوية: الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم بسرعة مع غاز الأكسجين، فعند قطع فلز الصوديوم بالسكين، يتغير لون سطحه في مكان القطع من فضي لامع إلى رمادي باهت خلال ثوان نتيجة تفاعله مع أكسجين الهواء، وتكون طبقة من أكسيد الصوديوم Na_2O كما في الشكل (4).

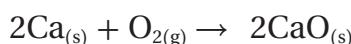


الشكل (4): طبقة من أكسيد الصوديوم.

والمعادلة الكيميائية الآتية تبين تفاعل فلز الصوديوم مع غاز الأكسجين:



وتفاعل الفلزات القلوية الأرضية مع غاز الأكسجين أيضاً، ولكن، بسرعة أقل من سرعة تفاعل الفلزات القلوية، فمثلاً، يتطلب تفاعل فلز الكالسيوم مع غاز الأكسجين بضع دقائق، وهذا يشير إلى أن سرعة تفاعله مع غاز الأكسجين أقل من سرعة تفاعل الصوديوم. والمعادلة الآتية تبين تفاعل فلز الكالسيوم مع غاز الأكسجين:



الشكل (5): شريط مغنيسيوم قاتم.

ويحتاج كذلك تفاعل فلز المغنيسيوم مع غاز الأكسجين مدةً من الزمن؛ فعند تركه معرضاً للهواء، يصبح سطحه قاتماً نتيجة تكون طبقة من أكسيد المغنيسيوم MgO عليه، أنظر إلى الشكل (5). ولذلك يجب حفظه في أوعية مغلقة، لكنه يتفاعل مع غاز الأكسجين بسرعة عند حرقه، ويتجو من ذلك التفاعل رماد أبيض من أكسيد المغنيسيوم MgO . ويتناول فلز الألمنيوم مع غاز الأكسجين بمرور الوقت، مكوناً طبقة رقيقة ومتمسكة من أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 على سطحه كما في الشكل (6).



الشكل (6): فلز الألمنيوم في إطار النافذة.

الشكل (7): صدأ الحديد.



ويكون صدأ الحديد نتيجة تفاعل فلز الحديد مع غاز الأكسجين بوجود الماء (الرطوبة)، فتظهر على سطحه مادة صلبة بنية هشة تختلف في لونها وصلابتها عن الحديد كما في الشكل (7).

أتحقق: أبعُر عن تفاعل فلز الليثيوم مع غاز الأكسجين بمعادلة كيميائية موزونة.

أفخر: أفسر: يحافظ فلز الذهب على بريقه مئات السنين.

أبحث عن سبب تكون الطبقة السوداء على سطح الحلي المصنوعة من الفضة، وعن طرائق إزالتها، مستعيناً بالإنترنت والمصادر العلمية المتاحة، ثم أكتب تقريراً عن ذلك، ثم أناقش فيه زملائي / زميلي.

الربط بالحياة

الزنجاري (جذارة النحاس) Patina: ت تعرض الأشياء المصنوعة من النحاس للهواء الجوي، فتتفاعل مع الأكسجين والماء وغاز ثاني أكسيد الكربون، ونتيجةً لذلك تكون على سطحها طبقة رقيقة، يتراوح لونها بين الأزرق الصافي والأخضر، بحسب نسبة تكون كربونات النحاس القاعدية (الزنجاري)، فتغلّف هذه الطبقة سطحها لحمايتها من التناكل. والزنجاري مادة سامة، لذا لا يُنصح بصنع أدوات الطهو من النحاس، ويستخدم من الزنجاري عند خلطه بالشيد (الجير) في دهن سيقان الأشجار لحمايتها من الحشرات ولمعالجة التصميغ.



تفاعل الفلزات مع الماء Reactions of Metals with Water

تعرض بعض الفلزات شائعة الاستخدام في حياتنا للماء، ولا يلاحظ حدوث تفاعل لها معه، فمثلاً، يمكننا الاستحمام ونحوه نرتدي الحلي المصنوعة من الذهب أو الفضة، كما يمكننا تنظيف الأواني المصنوعة من فلز الألمنيوم بالماء. فهل تفاعل الفلزات الأخرى مع الماء؟ وما مؤشرات حدوث تفاعلها معه؟

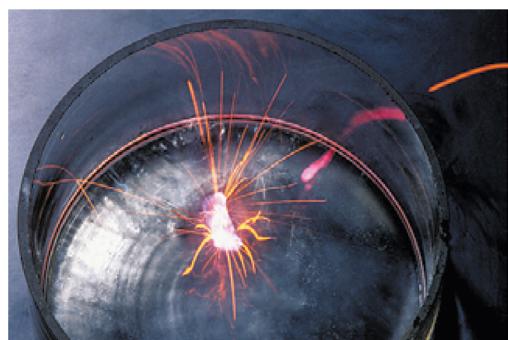
تفاعل الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية عموماً مع الماء، ويترتب من تفاعلها هيدروكسيد الفلز وغاز الهيدروجين وكمية من الحرارة وفقاً لمعادلة التفاعل العامة الآتية:

فلز + ماء \rightarrow هيدروكسيد الفلز + غاز الهيدروجين + حرارة
تفاوت الفلزات القلوية في سرعة تفاعلها مع الماء، فمثلاً، يتفاعل فلز الليثيوم بسرعة مع الماء، ويُستدل على سرعة تفاعله من كمية غاز الهيدروجين المتتصاعد وكمية الحرارة الناتجة من تفاعله، في حين يتفاعل الصوديوم مع الماء بسرعة أكبر من سرعة تفاعل الليثيوم، مُتسبباً بكمية كبيرة من غاز الهيدروجين والحرارة. أمّا تفاعل البوتاسيوم مع الماء، فيكون سريعاً جداً، مُتسبباً بحرارة كبيرة تؤدي إلى احتراق غاز الهيدروجين المتتصاعد بسرعة كبيرة بفرقة. انظر إلى الشكل (8).

المعادلة الآتية تبيّن نواتج تفاعل البوتاسيوم مع الماء:



تفاعل الليثيوم Li مع الماء.

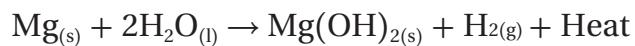


تفاعل البوتاسيوم K مع الماء.

الشكل (8):
تفاعل البوتاسيوم K
والليثيوم Li مع الماء.

وتتفاوتُ الفلزاتُ القلويةُ الأرضيةُ في سرعةِ تفاعُلِها معَ الماءِ، فعندَ وَضْعِ حُبيباتٍ منَ الـكالسيوم في الماءِ عندَ درجةِ حرارةِ الغرفةِ، تتصاعدُ فقاقيعٌ منْ غازِ الهيدروجينِ، ويَتَكَوَّنُ هيدروكسيدُ الـكالسيوم، ويَنْتَجُ منَ هذا التفاعُلِ كمِيَّةٌ منَ الحرارةِ. في حينِ يَتَفَاعَلُ فلَزُ الـمُغْنِيسيوم بِطَرِيقٍ شَدِيدٍ عندَ وَضْعِهِ في الماءِ الباردِ، مُتَبَعًا كمِيَّةً قَلِيلَةً منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ، وتزدادُ كمِيَّةُ الغازِ الناتِّجِ عندَ تسخينِ الماءِ والمعادلةِ الآتِيَّةِ

بُيَّنُ هذا التفاعُلَ:



أَتَحَقَّقُ: 

- أَكْتُبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزوَّنةَ لِتَفَاعُلِ فلَزِ الصُّودِيُومَ مَعَ الماءِ، ثُمَّ أُسَمِّيُ النَّوَاطِجَ.
- أُرْتَبُ الـفَلَزَاتِ: (Na, K, Mg, Ca) وَفُقَّا لِسُرُّعَةِ تَفَاعُلِهَا مَعَ الماءِ مِنَ الْأَكْثَرِ سُرُّعَةً إِلَى الْأَقْلَى سُرُّعَةً.

أَفَكَرْ: يُحَفَّظُ فلَزُ الـبُوتَاسِيُومَ فِي زِيَّتِ الـبِرَافِينِ، أَفْسَرْ ذَلِكَ.



أَبْحَثُ عَنْ وِجُودِ الـفَلَزَاتِ القلويةِ (K, Na, Li) فِي الطَّبِيعَةِ، مُسْتَعِينًا بِالْإِنْتَرْنَتِ وَالْمَصَادِرِ الْعَلْمِيَّةِ الْمَتَاحَةِ، ثُمَّ أَكْتُبُ تَقْرِيرًا عَنْهَا، ثُمَّ أَنْاقِشُ فِيهِ زَمَلَائِيًّا / زَمِيلَاتِيًّا.



الرِّبَطُ بِالصَّحةِ 

الـبَلَاتِينُ فلَزٌ لَوْنُهُ أَيْضُ لَامِعٌ، وَلَهُ كِثَافَةٌ عَالِيَّةٌ وَأَقْوَى مِنَ الـحَدِيدِ وَلَهُ مَرْوَنَةُ الـذَّهَبِ، لَا يَلْاحِظُ لَهُ تَفَاعُلٌ مَعَ كَثِيرٍ مِنَ الـمَوَادِ وَمِنْهَا الماءُ؛ لَذَا يُسْتَخَدَمُ فِي صَنَاعَةِ حَشُوَاتِ الـأَسْنَانِ، وَأَجَهْزَةِ تَنْظِيمِ ضَرِبَاتِ الْقَلْبِ الَّتِي تُرَزَّعُ دَاخِلَ الْجَسَمِ، وَكَذَلِكَ فِي صَنَاعَةِ الـبَرَاغِيِّ وَالـشَّرَائِحِ الَّتِي تُسْتَخَدَمُ فِي تَبِيَّتِ كَسُورِ الـعَصَامِ، وَأَيْضًا فِي الـمَفَاصِلِ وَالـمَعَدَاتِ وَالـأَدَوَاتِ الطَّبِيَّةِ.

تفاعل الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك المخفف

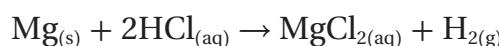
Reactions of Metals with Dilute Hydrochloric Acid

عند غسل الفلزات حولنا بالماء، مثل: الألمنيوم، والنحاس، والفضة، والذهب، فإنها لا تتفاعل معه. هل تتفاعل هذه الفلزات مع مواد أخرى؟

تفاعل العديد من الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف، وتحتفل في سرعة تفاعلها معه، بعضها سريع التفاعل، وبعضها يتفاعل بسرعة أقل، كما أن هنالك بعض الفلزات لا تتفاعل مع HCl المخفف.

يَتَّسِعُ من تفاعل الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك ملح بالإضافة إلى غاز الهيدروجين. **الملح** Salt هو مركب أيوني يتَّسِعُ من تفاعل الحمض، إما مع قاعدة وإما مع فلز، ويُسمى الملح الناتج من تفاعل الفلز مع حمض الهيدروكلوريك ملح كلوريد الفلز وفقاً لمعادلة التفاعل العامة الآتية:

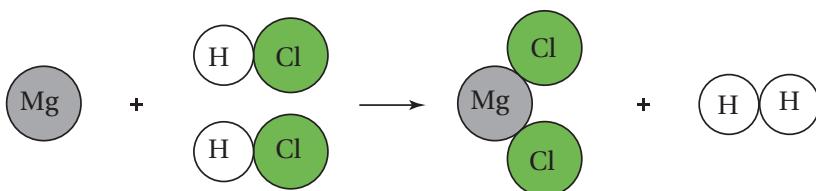
فلز + حمض الهيدروكلوريك \longrightarrow كلوريد الفلز + غاز الهيدروجين
يتتفاعل فلز المغنيسيوم بسرعة مع حمض الهيدروكلوريك المخفف كما في الشكل (9)، ويَتَّسِعُ من تفاعله ملح كلوريد المغنيسيوم وكمية كبيرة من فعالي غاز الهيدروجين إلى أن يختفي المغنيسيوم وفقاً لمعادلة الآتية:



ويلاحظ من معادلة التفاعل أن فلز المغنيسيوم حل محل الهيدروجين في حمض HCl أنظر إلى الشكل (10)، ويُعد هذا التفاعل مثالاً على تفاعلات الإحلال، وهذا النوع من التفاعلات سيُشرح في الدرس القادم من هذه الوحدة.

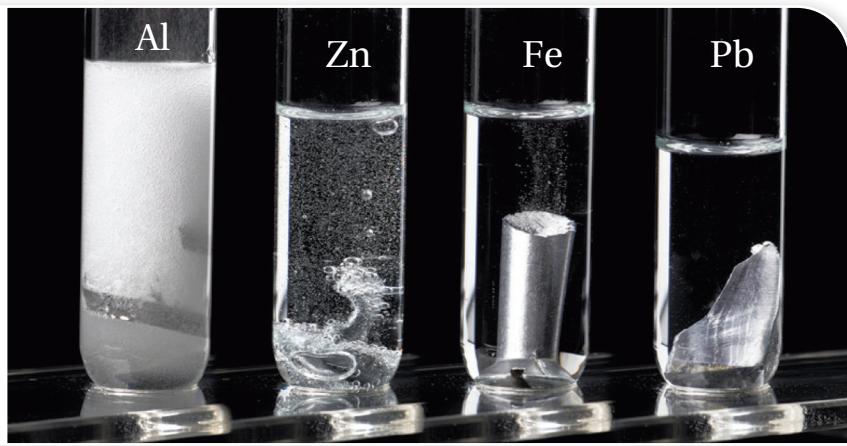


الشكل (9): تفاعل Mg مع حمض HCl المخفف.



الشكل (10): تمثيل تفاعل HCl مع Mg .

الشكل (11): تفاعل بعض الفلزات مع حمض HCl المخفف.



أَفْكَرْ: لا ينصح ب فهو الأغذية الغنية بالحموض في أوعية مصنوعة من فلز الألمنيوم.



الربط بالصناعة

إعادة تدوير (تصنيع) على الألمنيوم يُستخرج فلز الألمنيوم المستخدم في تصنيع علب المشربات الغازية من خام البوكسيت، ولأن عملية استخراج مكلفة، فإن إعادة استخدام العلب تُعد مُربحة اقتصادياً وصديقة للبيئة. وتتم عملية إعادة تدوير على الألمنيوم بخطوات عدّة تبدأ بجمعها، ثم ترقيتها، ثم تنظيفها وسحقها، ثم صهرها انتهاءً بإعادة تشكيلها ومعالجتها لمنع تفاعلها، ثم استخدامها.

كما تفاعل كل من الفلزات: الألمنيوم، والخارصين، والحديد، والرصاص مع حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف بسرعة متفاوتة، مُتّسجّلاً أملاح كلوريداتها وغاز الهيدروجين، كما في الشكل (11).

فمثلاً، يتفاعل فلز الألمنيوم مع حمض HCl المخفف بسرعة، وتصاعد كمية من فقاعات غاز الهيدروجين إلى أن يتّهي التفاعل، ويطلب التفاعل ثوانٍ عدّة ليظهر بوضوح، وذلك بسبب وجود طبقة رقيقة ومتّسكة من أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 على سطحه، كما يتفاعل الخارصين مع الحمض، مُتّسجّلاً غاز الهيدروجين بسرعة أقل من الألمنيوم إلى أن يختفي الخارصين، أمّا الحديد، فيتفاعل ببطء، مُتّسجّلاً كمية أقل من فقاعات الغاز، وأمّا الرصاص، فيتفاعل ببطء شديد مع HCl المخفف، حيث يظهر قليل من فقاعات الغاز على سطحه، أمّا فلزات النحاس والفضة والذهب، فإنّها لا تتفاعل مع حمض HCl المخفف.

أَتَحَقَّقَ:

- ما نواتج تفاعل فلز الألمنيوم Al مع حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف؟
- أكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل فلز الخارصين Zn مع حمض HCl المخفف.

الجدول (1): وصف تفاعل بعض الفلزات مع الماء البارد ومع حمض الهيدروكلوريك المخفف.

الفلز	رمزه	وصف التفاعل مع الماء البارد	وصف التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف
بوتاسيوم	K	تفاعل بسرعة كبيرة	تفاعل بسرعة متفاوتة
صوديوم	Na		
ليثيوم	Li		
كالسيوم	Ca		
معنيسيوم	Mg	يتفاعل ببطء	تفاعل بسرعة متفاوتة
المنيوم	Al		
خارصين	Zn		
حديد	Fe		
قصدير	Sn	لا تفاعل	لا تفاعل
رصاص	Pb		
نحاس	Cu		
فضة	Ag		
ذهب	Au		

يمكن وصف تفاعلات الفلزات المختلفة مع الماء البارد وحمض HCl المخفف كما في الجدول (1).

يتضح مما سبق أن غالبية الفلزات نشطة كيميائياً، وأن لها قابلية للتآكل بسبب تفاعಲها مع الهواء والماء، وتحسين خصائصها وملاءمتها للاستخدامات المختلفة، توصل الكيميائيون إلى تكوين **سبائك Alloys** وهي خليط من الفلز وعناصر أخرى قد تكون فلزات أو لفلزات، ومثال ذلك سبيكة الفولاذ التي تتكون من فلز الحديد مضافاً إليه نسبة محددة من الكربون، وتستخدم هذه السبيكة في الإنشاءات، وخطوط السكك الحديدية؛ نظراً إلى قوتها وصلابتها، ويمكن منزج سبيكة الفولاذ مع فلزات وعناصر أخرى لصنع سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ Stainless Steel التي تتكون من فلز الحديد مضافاً إليه الكروم والنحاس والنحاس بحسب محددة، وتستخدم في صناعة أواني الطبخ، وكذلك سبيكة البرونز Bronze التي تتكون من النحاس مضافاً إليه نسب محددة من الخارصين والقصدير، وتستخدم في صناعة التحف.

أتحقق: أحدد مكونات سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ.

الربط بالحياة

سبائك العملات الفلزية
تعد سبائك النحاس أقدم سبائك الفلزات التي عرفها الإنسان عبر التاريخ، إذ استخدمت قديماً في مجالات عد، منها سبائك العملات النحاسية، وتُصنع سبائك العملة فضية اللون من خلط 75% من مصهور فلز النحاس مع 25% من فلز النيكل، وتسمى (سبائك كوبرينيكل). أما سبائك العملة ذهبية اللون، فُصنع من خلط 97% من مصهور فلز النحاس مع 3% من فلز القصدير والخارصين.



التجربة ١

تفاعل الفلزات مع كل من الماء وحمض الهيدروكلوريك HCl المخفف

المواد والأدوات:

حببات الكالسيوم، شريط مغنيسيوم طوله 5 cm، قطع نحاس، قطع خارصين، ماء مقطّر، (8) أنابيب اختبار، حامل أنابيب، ورق صنفه، ملعقة، أعود ثقاب، مِهْبَارَانِ مدرجانِ سعة كلٌّ منها 25 mL، حمض الهيدروكلوريك المخفف تركيزه 0.5 M، ورق لاصق، قلم تخطيط.

إرشادات السلامة:

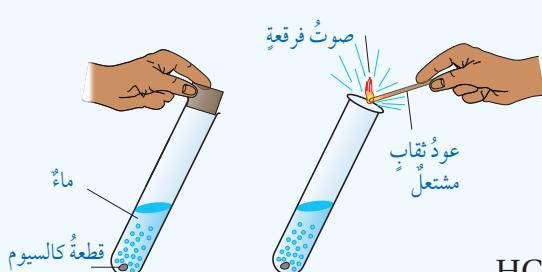
- أرتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفافيز.
- أتوخي الحذر عند إشعال عود الثقاب، وعنّ استخدام حمض الهيدروكلوريك لأنّه حارق للجلد والأقمشة.

خطوات العمل:

- أنظف شريط المغنيسيوم بورق الصنفه لإزالة طبقة الأكسيد التي تغلفه.
- أحضر أربعة أنابيب اختبار وألصق على كلٍّ منها اسم أحد الفلزات الأربع، ثم أضعها على حامل الأنابيب.
- أقيس: أضيف باستخدام المِهْبَارِ المدرج 10 mL من الماء المقطّر إلى كلٍّ أنبوب.
- أضع كميةً مناسبةً من الفلز في كلٍّ أنبوب اختبار وفقاً لاسم الفلز المكتوب عليه. الاحظ ما يحدث في كلٍّ أنبوب، ثم أدون ملاحظاتي.
- أجرب: أشعّل عود ثقاب وأقربه من فوهة أنبوب الكالسيوم والماء، ثم أدون ملاحظاتي.
- أكرر الخطوات من 1 إلى 4 باستخدام حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف.
- أنظم البيانات: أدون ملاحظاتي الخاصة بتفاعلات الفلزات في جدول البيانات الآتي:

رمز الفلز	حدوث تفاعل مع الماء وتصاعد فقاعي غاز H_2 نعم / لا
Mg	

التحليل والاستنتاج:



- أفسر حدوث فرقعة عند ترطيب عود الثقاب المشتعل من فوهة أنبوب الكالسيوم Ca والماء.
- أكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل فلز الكالسيوم Ca مع الماء.

- أرتّب الفلزات الأربع وفقاً لسرعة تفاعلها مع حمض HCl المخفف عمودياً من الأكثرين شاطاً إلى الأقل شاطاً.

مراجعة الدرس

- الفكرة الرئيسية: أفسر تفاوت الفلزات في نشاطها الكيميائي.
- أعدد مؤشرات حدوث تفاعل الفلزات مع الماء.
- أوضح المقصود بكل من: نشاط الفلز، السبائك.
- أفسر:** يحفظ فلز المغنيسيوم Mg في أوعية محكمة الإغلاق.
- أكتب معادلة كيميائية موزونة لكل تفاعل من التفاعليات الآتية:
 - الألミニوم Al مع غاز الأكسجين O_2 .
 - الصوديوم Na مع حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف.
- أتوقع:** إذا علمت أن الفلزات: (ليثيوم Li، صوديوم Na₁₁، بوتاسيوم K₁₉، روبيديوم Rb₃₇) تقع في المجموعة الأولى من الجدول الدوري. ما الفلز الأكثر نشاطاً في تفاعله مع كل من غاز الأكسجين O_2 والماء. أبرر إجابتي.
- أكمل المعادلات الكيميائية الآتية للتفاعلات التي يمكن حدوثها، ثم أزِّنها:
$$Al_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$$
$$Zn_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$$
$$Cu_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$$
$$Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow$$
- اختار الكلمة المناسبة مما يأتي؛ لأكمل بها الفراغات في العبارات أدناه: (الهيدروجين، أكسيد، أكثر نشاطاً، هيدروكسيد، الأكسجين، أقل نشاطاً)
 - فلز الصوديوم Na في تفاعله مع الماء من فلز البوتاسيوم K.
 - غاز الناتج من تفاعل الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك HCl هو
 - المركب الناتج من تفاعل فلز الليثيوم Li مع الماء يسمى الليثيوم.

سلسلة النشاط Reactivity Series

تُستخدم الفلزات في حياتنا اليومية في مجالاتٍ عمليةٍ عديدةٍ ومتعددةٍ، ويعتمد استخدام العناصر في المجالات المختلفة على خصائصها الفيزيائية والكيميائية أو نشاطها الكيميائي، وقد عرفت سابقاً أنَّ الفلزات تتفاوت في نشاطها الكيميائي خلال تفاعليها مع أكسجين الهواء والماء وحمض الهيدروكلوريك. بعضها نشط جدًا في تفاعله معها، مثل الصوديوم والبوتاسيوم، وبعضها أقل نشاطاً مثل الكالسيوم والمغنيسيوم، وبعضها لا يظهر له تفاعل مثل النحاس والذهب والفضة، وكذلك فلز التيتانيوم Ti الذي يتميز بمقاومته للتآكل بفعل سوائل الجسم وعدم تفاعله معها، ولذلك يُستخدم في تصنيع المفاصل الصناعية، التي يتم إدخالها جسم الإنسان في عمليات استبدال مفاصل الورك أو الركبة أو الكتف، أنظر إلى الشكل (12) الذي يبيّن استخدام التيتانيوم في المفاصل الصناعية. يتضح مما سبق أنَّ الفلزات تتفاوت في نشاطها واستخداماتها، فكيف يمكن ترتيب الفلزات وفقاً لنشاطها الكيميائي؟ وماذا يُطلق على هذا الترتيب؟



الشكل (12): استخدام التيتانيوم في المفاصل الصناعية.

الفكرة الرئيسية:

رتبة الفلزات وفقاً لسرعة تفاعليها مع الهواء والماء وحمض الهيدروكلوريك في سلسلة النشاط الكيميائي، التي يمكن الاستفادة منها بالتبؤ بحدوث التفاعلات وقابلية الفلزات للتآكل.

نتائج التعلم:

- أوضح المقصود بالمفاهيم الآتية: سلسلة النشاط الكيميائي، تفاعل الإحلال، تآكل الفلز، صدأ الحديد، الجلفنة.
- أرتُب بعض الفلزات الشائعة في سلسلة بحسب نشاطها الكيميائي ترتيباً صحيحاً.
- أقارن نتائج التجارب الخاصة بنشاط العناصر بالتوقعات المبنية على موقع العناصر في الجدول الدوري.
- أتوقع نتائج تفاعلات إحلال الفلزات، مستخدماً سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات.
- أُعبر عن تفاعلات الإحلال بمعادلات كيميائية موزونة.
- أحدد العوامل التي تساعد على حدوث تآكل الفلزات وحدوث الصدأ.
- أتعرف طرائق حماية الحديد من الصدأ.

المفاهيم والمصطلحات:

سلسلة النشاط الكيميائي

Chemical Activity Series

تفاعل الإحلال

Metal Corrosion

Iron Rust

Galvanizing

تأكل الفلز

صدأ الحديد

الجلفنة

ترتيب الفلزات في سلسلة النشاط

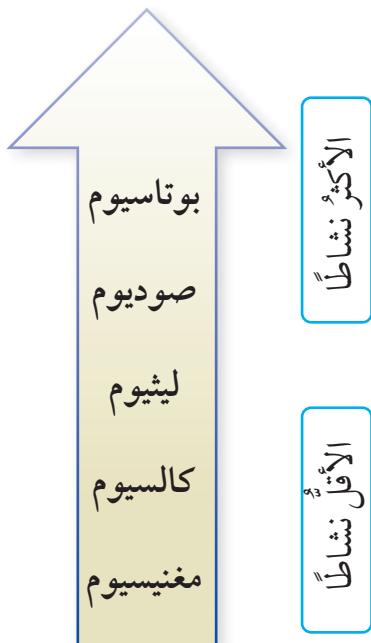
Arranging the Metals in the Activity Series

يُعدُّ الجدول الدوريُّ وسيلةً لترتيب العناصر الكيميائية وفقاً للتشابه والاختلاف في خصائصها؛ حيث تتشابه العناصر في المجموعة الواحدة بصورة عامة في خصائصها الكيميائية والفيزيائية، لكنَّها تتفاوت في تلك الخصائص بالاتجاه من الأعلى إلى الأسفل، في حين تدرج عناصر الدورة الواحدة في خصائصها الكيميائية والفيزيائية، بالاتجاه من اليسار إلى اليمين.

وكذلك تُعدُّ سلسلة النشاط الكيميائي Chemical Activity Series

طريقةً أخرى لترتيب العناصر، وهي ترتيب الفلزات وفقاً لنشاطها النسبي من الأكثر نشاطاً إلى الأقل نشاطاً، ويُطلق عليها أيضاً سلسلة التفاعلية، ويستفاد منها في التنبؤ بتفاعلات العناصر، وقدرة العنصر على أن يحل محلَّ عنصر آخر في أثناء التفاعل، ولها كثير من التطبيقات العملية، مثل الحصول على معلومات عن تفاعلات الفلزات مع الماء والحموض، والتنبؤ بكيفية استخدام الفلزات من خاماتها. إذًا، كيف تترتيب الفلزات في سلسلة النشاط؟ وكيف تمَّ التوصل إلى هذا الترتيب؟

تصنَّع الجواهُرُ والحلُّيُّ المستخدمةُ في الزينة في حياتنا من فلزَيِّ الذهبِ والفضة؛ وذلك لأنَّها تحافظُ على بريقها ولمعانِها مدةً طويلاً، ما يشيرُ إلى أنَّها لا تتأثُّرُ بالماء أو بالهواء الجويِّ المحيط، أما الجواهُرُ والحلُّيُّ التقليدية، فتصنَّع من النحاسِ وفلزاتِ أخرى، فنجد أنَّها تفقدُ بريقها ولمعانِها مع الزمِنِ، وتغطي سطحها طبقةً مутمةً، وهذا يعني أنَّها تتفاعلُ مع الماء والهواء المحيط، وهو يُعدُّ مؤشراً على تفاوتِ نشاطِ الفلزاتِ في تفاعلاتِها. وقد تعلَّمتُ في الدرسِ السابق أنَّ الفلزاتِ تتفاوت في تفاعلهما مع أكسجينِ الهواء والماء وحمضِ الهيدروكلوريك، فالفلزاتُ الأكثر نشاطاً مثل الصوديوم تتفاعلُ مع غازِ الأكسجين بسرعةٍ، ويكونُ تفاعلُ الكالسيوم بسرعةٍ أقلَّ، أمَّا الذهبُ، فلا يتفاعلُ مع غازِ الأكسجين، وعنَّد تفاعلِ الفلزاتِ مع الماء، فقد لاحظتُ أنَّ عناصرَ المجموعة الأولى تتفاوتُ في تفاعلهما مع الماء، فمثلاً، يتفاعلُ البوتاسيوم بسرعةٍ مع الماء،



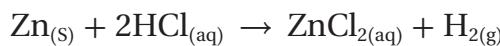
أما الصوديوم، فيتفاعل بسرعة أقل من البوتاسيوم، لكنه يتفاعل بسرعة أكبر من الليثيوم، وأما الكالسيوم والمنيسيوم في المجموعة الثانية، فيمكن ملاحظة تفاعل الكالسيوم مع الماء بسهولة، ويكون تفاعل المنيسيوم بطبياً، لكنه يتفاعل بسرعة مع الماء الساخن. عليه، يكون الكالسيوم أكثر نشاطاً من المنيسيوم، وبناءً على ذلك، يمكن ترتيب هذه الفلزات وفقاً لتفاعلها مع غاز الأكسجين والماء أو بحسب نشاطها كما في الشكل (13) الذي يبين ترتيبها وفقاً لنشاطها.

بالرجوع إلى موقع هذه العناصر في الجدول الدوري، أجده أنَّ الصوديوم يقع أسفل الليثيوم في المجموعة الأولى، وأنَّ ذرَّته أكبر حجماً من ذرَّة الليثيوم، عليه، فإنها تفقد الإلكترونات بسهولة أكثر من الليثيوم، وبذلك فهو أكثر نشاطاً من الليثيوم، أما البوتاسيوم، فيقع أسفل الصوديوم في المجموعة، وهو أكثر نشاطاً من الصوديوم، وهذا ينسجم وترتيب هذه العناصر في سلسلة النشاط، وكذلك بالنسبة إلى موقع عنصري الكالسيوم والمنيسيوم في الجدول، فالكالسيوم يقع أسفل المنيسيوم في المجموعة الثانية، عليه، فإنه أكثر نشاطاً منه، وهذا أيضاً ينسجم والتائج التي ثُوِّصَ إليها عن طريق تفاعل كلٍّ منها مع الماء، وينسجم وترتيبهما في سلسلة النشاط.

يُعدُّ كلٌّ من الحديد والألمانيوم والنحاس من الفلزات قليلة النشاط شائعة الاستخدام في حياتنا، فقد انتشر استخدام الحديد في القرن الماضي في صناعة الأبواب والنوافذ وأعمال البناء، إلا أنه استُبدل به الألمنيوم الذي بات يستخدم على نطاقٍ واسع في مجال صناعة النوافذ والأبواب وتزيين السقوف، فما علاقة ذلك بنشاط الفلزات وتفاعلاتها؟ يستفاد من تفاعلات الفلزات الشائعة الأقل نشاطاً مع حمض الهيدروكلوريك المُخفَّف HCl في مقارنة نشاط هذه الفلزات وترتيبها، فقد تعلمتُ أنَّ الألمنيوم أقل نشاطاً من المنيسيوم إلا أنه أكثر نشاطاً من الخارصين في تفاعلاته مع محلول الحمض، وعند مقارنتي كمية غاز الهيدروجين الناتجة من تفاعل كمية معينة من الخارصين مع محلول الحمض، أجده أنَّها أكبر من تلك التي تُنتَجُ من تفاعل كمية مماثلة من

الحديد خلال المدة الزمنية نفسها، ما يعني أنَّ الخارصين أكثر نشاطاً من الحديد، وأنَّ كمية معينة من الرصاص تُتَجَّعِّب كمية من غاز الهيدروجين أقل من تلك التي تُتَجَّعِّبها كمية مماثلة من الحديد عند تفاعل كلٍّ منهما مع محلول الحمض خلال المدة نفسها، في حين لا يتفاعل النحاس والفضة مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف.

تتميز الفلزات بأنَّها تُفقد الإلكترونات في أثناء تفاعلها، ويعتمد نشاطها الكيميائي على سهولة فقدانها الإلكترونات، وهذا يعني أنَّ الفلز الأكثَر نشاطاً يُفقد الإلكترونات بسهولة أكبر، فعند تفاعل الفلز مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl ، فإنَّ الفلز يُفقد الإلكترونات، في حين يكتسبها أيون الهيدروجين في محلول HCl ويكون غاز الهيدروجين، ومثال ذلك، تفاعل الخارصين Zn مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl كما في المعادلة الآتية:



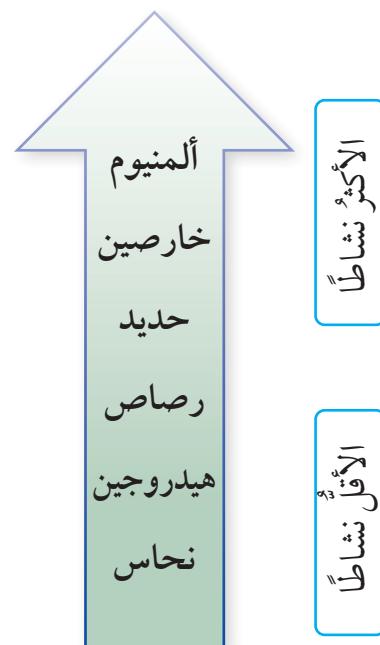
الاحظ أنَّ ملح كلوريد الخارصين وغاز الهيدروجين يَتَجَّانِ من هذا التفاعل، وهذا يعني أنَّ الخارصين أكثر نشاطاً من الهيدروجين، وأنَّ الفلز الذي يتفاعل مع محلول الحمض يكون أكثَر نشاطاً من الهيدروجين، أمَّا الفلز الذي لا يتفاعل معه، فهو أقل نشاطاً منه، وعليه، يمكن ترتيب هذه الفلزات بحسب تفاعلها مع محلول حمض الهيدروكلوريك أو نشاطها بالنسبة إلى الهيدروجين كما في الشكل (14) الذي يبيّن ترتيب هذه الفلزات وكذلك الهيدروجين وفقاً لنشاطها. ويمكن دمج الترتيبين السابقين الشكلين (13) و(14) للحصول على سلسلة نشاط للفلزات أكثر شمولاً كما في الشكل (15) الذي يبيّن جزءاً من سلسلة نشاط الفلزات والهيدروجين.

أتحقق: 

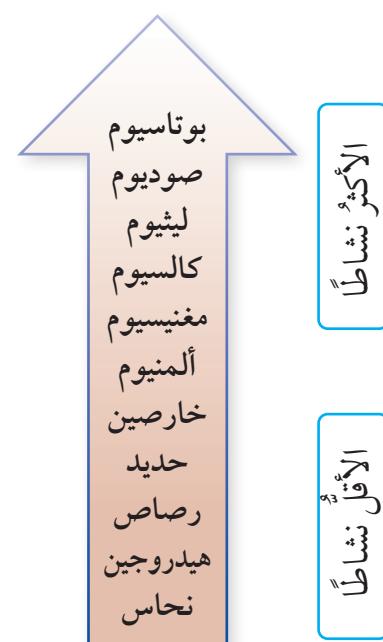
1- أحَدِّد الفلز الأكثَر نشاطاً في مجموعة الفلزات الآتية:

(الرصاص، المغنيسيوم، الخارصين، الألمنيوم).

2- أقترح طريقة للتحقق من ذلك، مُوضِّحاً إجابتي.



الشكل (14): ترتيب بعض الفلزات والهيدروجين وفقاً لنشاطها.



الشكل (15): جزء من سلسلة نشاط الفلزات والهيدروجين.



يُستخدم فلز الرصاص في تبطين خزانات السفن لنقل المواد الكيميائية الخطيرة، ويُستخدم طبقةً مبطنةً لخزانات حفظ المواد عالية الحموضة، مثل حمض الفوسفوريك والكربونيك، بسبب قلة النشاط الكيميائي للرصاص ومقاومته للتآكل.

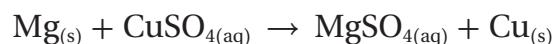


الشكل (16): ترسب الفضة على سلك النحاس.

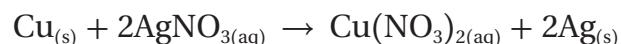
تفاعلات الإحلال Displacement Reactions

هناك العديد من الفلزات لا تتفاعل مع محلول حمض الهيدروكلوريك. فكيف يمكن إدراج هذه الفلزات ضمن سلسلة النشاط الكيميائي؟ يشير تفاعل الإحلال Displacement Reaction إلى أنَّ العنصر النشط يحل محلَّ العنصر الأقل نشاطاً في محلول أحد أملاحه أو مركباته في أثناء التفاعل، ويعُدُّ تفاعل الفلز مع محلول حمض الهيدروكلوريك مثلاً على هذا النوع من التفاعلات؛ فالفلز الأكثر نشاطاً من الهيدروجين يحل محلَّه في أثناء التفاعل، ففي تفاعل الخارصين مع محلول حمض الهيدروكلوريك حلَّ الخارصين محلَّ الهيدروجين، وهذا يعني أنَّ الخارصين أكثر نشاطاً من الهيدروجين وأنَّه يقع فوقه في سلسلة النشاط.

وكذلك عند تفاعل فلز المغنيسيوم مع محلول كبريتات النحاس CuSO_4 يلاحظ أنَّ المغنيسيوم يحل محلَّ النحاس في محلول، ويكون راسبٌ من ذرات النحاس، وهذا يعني أنَّ المغنيسيوم أكثر نشاطاً من النحاس، والمعادلة الآتية تبيّن ذلك:



ولا يحل النحاس Cu محلَّ المغنيسيوم في محلول كبريتات المغنيسيوم MgSO_4 وذلك لأنَّ النحاس أقل نشاطاً من المغنيسيوم. ويستفاد من هذا النوع من التفاعلات في تحديد نشاط الفلزات الأقل نشاطاً من الهيدروجين، والتبؤ بموقعها في سلسلة النشاط، فمثلاً، عند تفاعل النحاس Cu مع محلول نترات الفضة AgNO_3 نجد أنَّ النحاس يحل محلَّ الفضة في محلول، ويكون راسبٌ من الفضة كما في الشكل (16)، والمعادلة الآتية توضح ذلك:

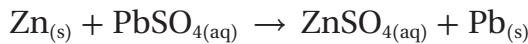


وهذا يعني أنَّ النحاس أكثر نشاطاً من الفضة، وعليه، يمكن ترتيب الفضة أسفل النحاس في سلسلة النشاط، ويمكن إعادة ترتيب الفلزات

في سلسلة النشاط كما في الشكل (17) الذي يبيّن سلسلة النشاط لعددٍ من الفلزات الشائعة والهيدروجين.

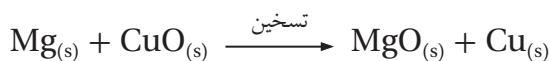
يتضح مما سبق أنَّه في تفاعلات الإحلال يمكن للفلز الأكثر نشاطاً أنْ يطرد الفلز الأقل نشاطاً من مركبَاته أو محلول أحدَ أملاحِه ليحل محلَّه، وبهذا يمكن استخلاص الفلز الأقل نشاطاً باستخدام فلز آخر أكثر نشاطاً.

فمثلاً، عند غمس صفيحة من الخارصين Zn في محلول كبريتات الرصاص $PbSO_4$ فإنه يتوقع حدوث تفاعل، ذلك أنَّ الخارصين أكثر نشاطاً من الرصاص، فيحل محلَّه، ويتجُّزِّر الرصاص على هيئة عنصر حٌ، كما يتضح في معادلة التفاعل الآتية:



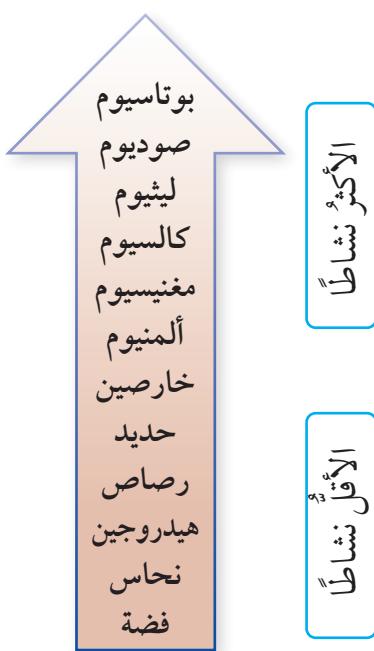
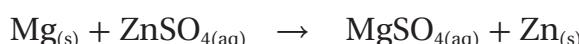
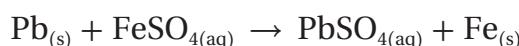
عند غمس صفيحة من النحاس Cu في محلول كبريتات الرصاص $PbSO_4$ فإنه لا يتوقع حدوث تفاعل؛ وذلك أنَّ النحاس أقل نشاطاً من الرصاص، فلا يمكنه أن يحل محلَّه، وبذلك لا يحدث تفاعل ولا يمكن استخلاص الرصاص باستخدام فلز النحاس.

كما يمكن استخلاص بعض العناصر قليلة النشاط من أكسيداتها، فمثلاً، عند تسخين مسحوق من المغنيسيوم Mg مع مسحوق من أكسيد النحاس CuO فإنَّ المغنيسيوم يحل محلَّ النحاس ويتجُّزِّر أكسيد المغنيسيوم MgO والنحاس Cu والمعادلة الآتية توضح ذلك:



يُطلق على هذا النوع من التفاعلات تفاعلات التنافس على الأكسجين؛ وذلك لأنَّ المغنيسيوم Mg يرتبط بالأكسجين بدلاً من النحاس، مُكوّناً أكسيد المغنيسيوم MgO .

أتحقق: أيُّ التفاعلين الآتيين قابل للحدوث بالاعتماد على سلسلة نشاط الفلزات؟



الشكل (17): سلسلة النشاط لعددٍ من الفلزات الشائعة، والهيدروجين.

الربط بالعلوم الحياتية

المغنيسيوم في الجسم
يحمي عنصر المغنيسيوم من الإصابة بالسكري، ويحافظ على انتظام نبضِ القلب والأوعية الدموية وارتفاع ضغطِ الدم. كما يمنع تكونَ الحصى في الجهاز البولي. وتكمّن أهمية هذا العنصر في أنَّ جميع عمليات الطاقة التي تجري في جسم الإنسان يتحكمُ فيها مركبُ أدينوسين ثلاثي الفوسفات، الذي يرتبط عملُه بالمغنيسيوم.



تآكل الفلزات Metal Corrosion



الشكل (18): كرسيٌّ متحركٌ.

لعلنا شاهدنا الكراسي المتحركة التي يستخدمها المرضى في المستشفيات ودور المسنين، وذوو الإعاقة لمساعدتهم على الحركة، وهذه الكراسي تُصنَع من الفولاذ وفلزاتٍ أخرى خفيفة الوزن مقاومة للتأكل، مثل الألミニوم والتitanium. أنظر إلى الشكل (18). فما المقصود بالتأكل؟ وكيف يمكن حماية الفلزات من التآكل؟

تفاعل الفلزات مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة، فتفقد العديد من خصائصها وتحول إلى مواد جديدة أكثر ثباتاً كيميائياً، كأكسيد الفلزات وهيدروكسيداتها وكربوناتها، وهو ما يسمى **تآكل الفلز Metal Corrosion**. فمثلاً يتآكل الحديد بفعل الهواء الجوي الرطب، فيتُسْجِّع صدأ الحديد الصلب الهش، ويتأكل النحاس مُكَوِّناً طبقةً على سطحِه تُسمَى الرنجرار، أنظر إلى الشكل (19) الذي يبيّن تآكل فلز النحاس.

عملية التآكل عملية بطيئة تعتمد على نشاط الفلز وطبيعة المركبات التي تتكون على سطحه نتيجة تفاعلِه مع مكونات الهواء، فمثلاً، يتفاعل فلز الكالسيوم مع أكسجين الهواء، مُكَوِّناً طبقةً من أكسيد الكالسيوم لا تمنع استمرار تآكله، في حين يتفاعل فلز الألミニوم مع أكسجين الهواء مُكَوِّناً طبقةً من أكسيد الألミニوم تمنع استمرار تآكله وتحميَه من التآكل.



الشكل (19): تآكل فلز النحاس.

صدأ الحديد Iron Rust

يُعدُّ الحديدُ منَ الفلزاتِ شائعَةِ الاستخدامِ في حيَاةِنا اليومنيةِ؛ فهوَ يُستخدمُ في بناءِ الجسورِ والمبانيِ، وصناعةِ الأبوابِ والنوافذِ وهيَاكلِ السياراتِ والقطاراتِ وغيرهاِ، إِلا أَنَّ هنَاكَ مشكلةً ترافقُ هذِهِ الاستخداماتِ وهيَ **صدأُ الحديدِ Iron Rust** وهوَ طبقةٌ هشَّةٌ منْ أكسيدِ الحديدِ $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (تشيرُ n إلى عددِ جُزيئاتِ الماءِ المرتبطةِ بـأكسيدِ الحديدِ) تنشَأُ على سطحِ الحديدِ نتْيَةً لِتفاعلِهِ معَ الأكسجينِ الْهَوَاءِ الجوَّيِّ بِوْجُودِ الماءِ أوْ بخارِ الماءِ، أَنْظُرْ إلى الشَّكْلِ (20) الَّذِي يبيِّنُ طبقةَ الصِّدأِ المُتَكَوِّنَةَ عَلَى أَنْبُوبِ تَصْرِيفِ الْمَيَاهِ العَادِمَةِ.



الشَّكْلُ (20): طبقةٌ منَ الصِّدأِ المُتَكَوِّنَةُ عَلَى أَنْبُوبِ تَصْرِيفِ الْمَيَاهِ العَادِمَةِ.

يَتَكَوَّنُ الصِّدأُ عَلَى سطحِ الحديدِ عِنْدَمَا يَتَفَاعَلُ مَعَ الأَكْسِجِينِ بِوْجُودِ الماءِ، مُكَوَّنًا طبقةً بُنْيَّةً هشَّةً عَلَى هَيَّةِ قَشْوَرِ تَرَاكِمٌ عَلَى سطحِ الحديدِ وَتَساقِطُ بِمُرُورِ الْوَقْتِ، فَيَنْكَشِفُ السطحُ مِنْ جَدِيدٍ مُعَرَّضًا لِلْهَوَاءِ الجوَّيِّ، فَيَتَفَاعَلُ مَعَ الأَكْسِجِينِ وَالْمَاءِ مِنْ أَخْرِيِّ، وَتَتَكَرُّرُ هذِهِ الْعَمَلِيَّةُ تَلَقَائِيًّا، مُسَبِّبَةً تَآكِلَةَ الْحَدِيدِ. وَبِهَذَا يُعَدُّ وَجُودُ الأَكْسِجِينِ وَالْمَاءِ أَوْ بخارِ الماءِ شَرْطَيْنِ رَئِيسيْنِ لِتَكُونَ الصِّدأُ. أَنْظُرْ إلى الشَّكْلِ (21) الَّذِي يبيِّنُ شُروطَ تَكُونِ الصِّدأِ.

أَفْكُرْ: أَفْسِرْ عَدَمُ استِخْدَامِ الحديدِ في صناعَةِ أَسْلَائِ التَّوْصِيلِ الْكَهْرَبَائِيِّ.

أَتَحَقَّقُ؟ أَحَدُدُ الشُّرُوطَ الْلَّازِمَةَ لِتَكُونَ الصِّدأً.



الشَّكْلُ (21): شُرُوطٌ تَكُونُ الصِّدأُ.

الشكل (22): منع الصدأ بالدهان أو التشحيم.



الشكل (23): جسور حديدي مجلفنة.

أَفْكِرْ: تُلصقُ قضبانٌ منَ الخارصين بهياكلِ السفنِ المصنوعةِ منِ الحديدِ. أفسِرْ ذلكَ.



أستخدمُ برنامجَ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، أو الكاميرا الرَّقْمِيَّة، وأصْمِمُ فيلِمًا قصِيرًا عنْ تآكلِ الفلزاتِ وطرائقِ تجنبِه، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي / زميلاتي في الصَّفَّ، أو أشارُكُمْ فِيهِ.

طرائق حماية الحديد من التآكل

Methods of Iron Protection from Corrosion

تحظى مشكلة تآكلِ الفلزاتِ باهتمامٍ كبيرٍ عالميًّا؛ لمالها من آثارٍ سلبيةٍ في الاقتصادِ بسببِ تلفِ الفلزاتِ المستخدمةٍ في المجالات الصناعية المختلفة، والصدأُ مثالٌ على تآكلِ الفلزاتِ عمومًا. فكيفَ يمكنُ الحدُّ منْ تكونِ الصدأ؟ وما الطرائقُ المتبعةُ في ذلكَ؟

يتكونُ الصدأُ بوجودِ الأكسجينِ والماءِ معاً، ويمكنُ الحدُّ منْ تكونِه بعزلِ الحديدِ عنْهما، وهناكَ طرائقٌ عدُّةٌ متبعةٌ لعزلِ الحديدِ ومنعِ تكونِ الصدأ، منها:

- طلاءُ سطحِ الحديدِ بطبقةٍ منَ الدهانِ أو الشَّحمةِ أو تغليفهُ بطبقةٍ منَ البلاستيكِ كما في الشكل (22).
- خلطُ الحديدِ بفلزاتٍ أخرى مثلِ الكرومِ والنِّيكيلِ لإنتاجِ سبائكَ لاصدأً مثلِ الفولاذِ المقاومِ للصدأ.
- تغطيةُ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍ آخرَ أكثرَ نشاطًا منَ الحديدِ، مثلِ الخارصينِ، حيثُ يتآكلُ الفلزُ بدلاً منَ الحديدِ ويحميه منَ التآكلِ، وتُسمى هذهِ العمليةَ **الجلفنة** Galvanizing. أنظرُ إلى الشكل (23).
- طلاءُ سطحِ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍ غيرِ الخارصينِ، مثلِ النِّيكيلِ أوِ الكرومِ أوِ القصديرِ بإجراءِ ترسيبِ كهربائيٍّ لها على سطحِ الحديدِ.

أَتَحَقَّقُ: أُبَيِّنُ الطرائقَ المستخدمةَ في حمايةِ الفلزاتِ منَ التآكلِ.

مراجعة الدرس

- الفكرة الرئيسية: أوضح كيف رتب الفلزات في سلسلة النشاط الكيميائي.
- أوضح المقصود بكل من: سلسلة النشاط الكيميائي، صدأ الحديد، عملية الجلفنة.
- أفسر** ما يأتي:
 - يعد النحاس فلزاً مناسباً لصناعة العملة الفلزية.
 - لا يمكن حفظ محلول كبريتات الحديد في وعاء من الألمنيوم.
- أجرى مجموعة من الطلبة تجربةً لمقارنة تفاعل أربعة فلزات مع حمض الكبريتيك H_2SO_4 المخفف. ودونوا ملاحظاتهم في جدول النتائج الآتي. أدرس هذه النتائج، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

الفلز	الملاحظات
الحديد	يُتَجَّعُ بعض الفوبيات، ولكن، لا يُسمَعُ صوت أزيز لتفاعل.
النحاس	لا يلاحظ تكوُّن فوبيات من الغاز.
المغنيسيوم	يكون التفاعل قوياً، وهناك كثيُّر من فوبيات الغاز المنبعث، ويسمع صوت أزيز لتفاعل، ويُسخَّن الأنبوب الذي يحدث فيه التفاعل.
الخارصين	يُتَجَّعُ بعض فوبيات الغاز ويمكن سماع أزيز هادئ لتفاعل.

- أحد المؤشرات التي لاحظها الطلبة التي تدل على حدوث التفاعل.
- اسمي الغاز المنبعث في أثناء التفاعل.
- استخدم النتائج في ترتيب هذه الفلزات في سلسلة نشاط مختصرة.
- أتبأ**: بالاعتماد على المعلومات الآتية التي زوَّد بها الطلبة عن بعض الفلزات بعد انتهاءهم من بناء السلسلة، أتبأ بموقع هذه الفلزات في السلسلة، ثم أعيد ترتيبها:
 - إذا أضيف الكالسيوم إلى الحمض، فإن التفاعل يكون خطراً، ولا يفضل إجراؤه في المختبر.

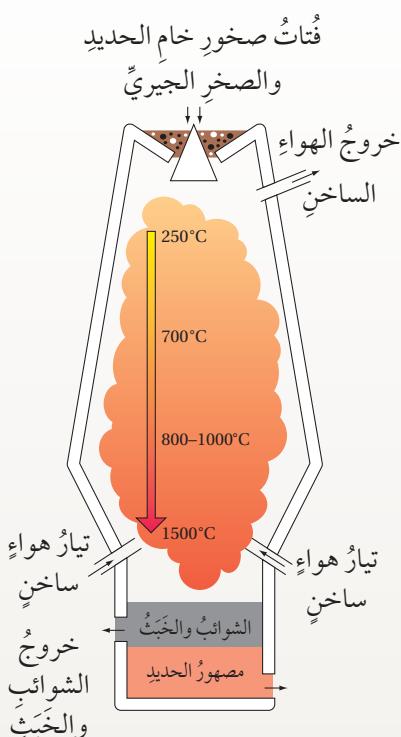
- إذا أضيف الرصاص إلى الحمض، ستكون بعض الفوقيع، ولكن، يبطئ شديد.
- إذا أضيف الألمنيوم إلى الحمض، فسيكون هناك كثير من الفوقيع، ويمكن سماع صوت أزيز التفاعل، وقد تنتهي حرارة من التفاعل.
- 5- **أتوّقُّعُ:** أي التفاعلات الآتية قابل للحدوث بالاعتماد على سلسلة نشاط الفلزات؟
- أ. $2\text{Al}_{(s)} + 3\text{CuSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)} + 3\text{Cu}_{(s)}$
- ب. $\text{Mg}_{(s)} + \text{CaCl}_{2(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{Ca}_{(s)}$
- ج. $\text{Ca}_{(s)} + \text{ZnCl}_{2(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{Zn}_{(s)}$
- 6- **أتوّقُّعُ:** بالاعتماد على سلسلة نشاط الفلزات، هل يمكن استخلاص الخارصين Zn من أكسيد ZnO باستخدام فلز الرصاص Pb ? أبرز إجابتي.
- 7- أدرس سلسلة نشاط الفلزات المبينة في الشكل، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



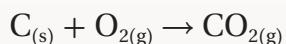
الإثراء والتلوّح

استخلاص الحديد Iron Extraction

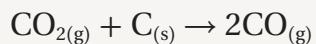
يُتَّبَعُ الْحَدِيدُ عَلَى نَطَاقٍ وَاسِعٍ جَدًّا عَالْمِيًّا بِطَرَائِقَ عَدِّيَّةٍ؛ حِيثُ تُسْخَرُجُ صَخْوَرُ الْقَشْرَةِ الْأَرْضِيَّةِ الَّتِي تَحْتَوِي خَامَاتِ الْحَدِيدِ مِثْلَ الْهَيْمَاتِيَّت (Fe_2O_3)، حِيثُ تُكَسَّرُ الصَّخْوَرُ الْكَبِيرُ وَتُطَحَّنُ، ثُمَّ يُنَقَّلُ خَامُ الْحَدِيدِ الْمُسْتَخْلَصُ مِنْهَا إِلَى فَرْنٍ بِدَرْجَةِ حَرَارَةٍ عَالِيَّةٍ يُسَمِّيُ الْفَرْنَ الْلَّافَحَ، أَنْظُرُ إِلَى الشَّكْلِ الْمُجَارِرِ، كَمَا يُضافُ الصَّخْرُ الْجَيْرِي (كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيُّوْم $CaCO_3$) لِتَنْقِيَّةِ الْحَدِيدِ النَّاتِحِ مِنَ الشَّوَائِبِ، وَتَتَمُّ هَذِهِ الْعَمَلِيَّةُ عَبَرَ ثَلَاثَ مَرَاحِلَ رَئِيْسِيَّةٍ كَمَا يَأْتِي:



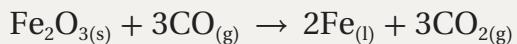
1- يُدْخَلُ خَامُ الْحَدِيدِ الْمَطْحُونُ وَفَحْمُ الْكَوْكِ وَالصَّخْرُ الْجَيْرِي الْجَزَءُ الْعُلُوِّيُّ مِنَ الْفَرْنِ، ثُمَّ تُضَخَّ كَمِيَّةٌ مِنَ الْهَوَاءِ السَّاخِنِ مِنْ خَلَالِ أَنَابِيبِ النَّفَخِ الْمُوْجَودَةِ أَسْفَلَ الْفَرْنِ، حِيثُ يَتَفَاعَلُ خَامُ الْحَدِيدِ مَعَ فَحْمِ الْكَوْكِ، وَيُتَّبَعُ هَذَا التَّفَاعُلُ ثَانِيًّا أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ CO_2 كَمَا فِي الْمَعَادِلَةِ الْأَتِيَّةِ:



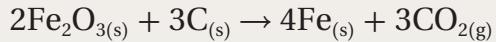
2- يَتَفَاعَلُ غَازُ ثَانِيِّ أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ النَّاتِحُ مَعَ فَحْمِ الْكَوْكِ مَرَّةً أُخْرَى لِتَكُونِ أُولِيِّ أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ كَمَا فِي الْمَعَادِلَةِ الْأَتِيَّةِ:



3- يَتَفَاعَلُ غَازُ أُولِيِّ أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ النَّاتِحُ CO مَعَ أَكْسِيدِ الْحَدِيدِ Fe_2O_3 وَيَتَّبَعُ مِنْ ذَلِكَ الْحَدِيدُ الْمَنْصَهُرُ، وَغَازُ ثَانِيِّ أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ CO_2 كَمَا فِي الْمَعَادِلَةِ الْأَتِيَّةِ:



يَنْدِفعُ الْحَدِيدُ الْمَنْصَهُرُ مِنَ الْفَتَحَاتِ أَسْفَلَ الْفَرْنِ لِتَبْرِيْدِهِ وَتَحْوِيلِهِ إِلَى مَادَّةٍ صُلْبَيَّةٍ، وَيُمْكِنُ كِتَابَةُ مَعَادِلَةِ التَّفَاعُلِ الْكَلِيَّةِ عَلَى النَّحْوِ الْأَتِيِّ:



ابحث أَبْحَثُ عَنْ خَصَائِصِ سِبَائِكِ الْفُولَادِ (Steel) وَأَهْمَمِ الْفَلَزَاتِ الدَّاخِلَةِ فِي تَرْكِيْبِهَا، مَسْتَعِينًا بِالْإِنْتَرْنَتِ وَالْمَصَادِرِ الْعَلْمِيَّةِ الْمَتَّاهِةِ، ثُمَّ أَصْمِمُ عَرْضًا تَقْدِيمِيًّا، ثُمَّ أَعْرِضُهُ عَلَى زَمَلَائِيِّ / زَمِيلَاتِيِّ.

مراجعة الوحدة

1. أوضح المقصود بكلٍّ من: أكسيد الفلز، تفاعل الإحلال، تأكُل الفلز.

2. **أفسر** ما يأتي:

أ. يحفظُ فلز الصوديوم تحت الكيروسين.

ب. يمكن استخلاص الحديد من أكاسيدٍ مثل Fe_2O_3 باستخدام الألミニوم.

ج. على الرغم من أنَّ البلاتين أقل نشاطاً من التصدير، إلا أنَّ علبَ المواد الغذائية المصنوعة من الحديد تُطلَى من الداخل بالتصدير لا البلاتين.

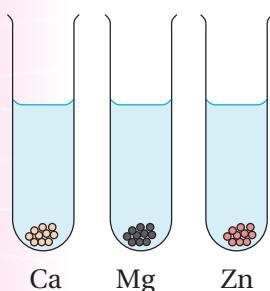
3. قطعَ مدرِّس الكيمياء عيناتٍ من فلزاتٍ لينةٍ بالسكين، وتركَها بحدٍّ مُعرَّضةً للهواء بعدَ أنْ كلفَ مجموعاتٍ من طلابِه حسابَ الرزِّ من المستغرق في تحولِ سطحِ كلٍّ فلزٌ في مكانِ القطعِ من لامٍ إلى باهٍ. وكانت النتائج كما يأتي:

الصوديوم (57) ثانيةً، الكالسيوم (دقيقتان ونصف)، البوتاسيوم (13) ثانيةً، الليثيوم (92) ثانيةً.

أ. أُحدِّدُ الفلزُ الأكثر سرعةً في تفاعلِه مع الهواء.

ب. أكتب معاَدلةً التفاعل للفلز الأقل سرعةً في تفاعلِه مع غازِ الأكسجين.

4. **أقارِنُ**: تفاوتَ سرعةِ تفاعلِ الفلزاتِ Ca , Mg , Zn مع الماء (في الشكلِ المجاورِ) برسمِ فوَّاقِي الغازِ الناتجةِ في كلِّ أنبوبٍ.



5. أكتبِ اسْمَ فلزٍ واحدٍ تنطبقُ عليهِ الخصائصُ في كُلِّ من العباراتِ الآتية، ثمَّ

أكتب معاَدلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ

أ. فلزٌ يتفاعلُ مع الماء بسرعةٍ مُتحرِّكاً على سطحِه.

ب. فلزٌ يتفاعلُ ببطءٍ مع حمضِ الهيدروكلوريك المخفَّفِ.

6. **أتَائِلُ** سلسلةَ النشاطِ المجاورةً، ثمَّ أُحدِّدُ الفقرةَ الصحيحةَ في ما يأتي:

أ. الفلزُ Y يتفاعلُ مع حمضِ الهيدروكلوريك HCl ويُتَّجِ غازَ الهيدروجينِ.

ب. الفلزُ X يتفاعلُ مع الماءِ.

ج. الفلزُ Y يحلُّ محلَّ الفلزُ X في المحلولِ المائيِّ لكبريتاتِ X_2SO_4 .

الأقل نشاطاً

فلزٌ مجهولٌ

Y

الهيدروجين

H

الخارصين

Zn

المغنيسيوم

Mg

فلزٌ مجهولٌ

X

الأكثر نشاطاً

مراجعة الوحدة

7. الجدول الآتي يوضح نتائج تجارب تفاعلات الفلزات: A, B, C, D مع الماء ومع حمض الهيدروكلوريك المخفف:

التجربة الثانية تفاعل الفلز مع حمض الهيدروكلوريك المخفف	التجربة الأولى تفاعل الفلز مع الماء	الفلز
تُنتج كمية كبيرة من فقاعات غاز الهيدروجين وبسرعة	تُنتج كمية من فقاعات غاز الهيدروجين	A
تُنتج كمية قليلة من فقاعات الغاز على سطحه	لا يحدث تفاعل	B
لا يحدث تفاعل	لا يحدث تفاعل	C
تُنتج كمية قليلة من فقاعات الغاز على سطحه	تُنتج كمية كبيرة من فقاعات الغاز على سطحه	D

أ. أحدد مثالين لإرشادات السلامة الواجب اتباعها عند إجراء التجارب في الجدول.

ب. أرتّب الفلزات في الجدول عمودياً، بدءاً بالفلز الأكثر نشاطاً.

ج. اختار رمز فلز من الجدول يمثل فلز النحاس، مبرراً اختياري.

د. **أُتوقع**: أي الفلزات في الجدول يمكن أن يكون الكالسيوم، ثم أكتب معادلة تفاعل الكالسيوم مع الحمض HCl.

8. عند تفاعل المغنيسيوم مع محلول كبريتات النحاس CuSO_4 يتربّس النحاس على هيئة ذرات النحاس الصلبة. أكتب معادلة تمثل التفاعل الناتج.

9. المعلومات الآتية تمثل بيانات مجموع تجارب أجريت على عدد من الفلزات الافتراضية الآتية:

(A, B, C, D, E). أستخدم هذه المعلومات في بناء سلسلة نشاط كيميائي لهذه الفلزات:

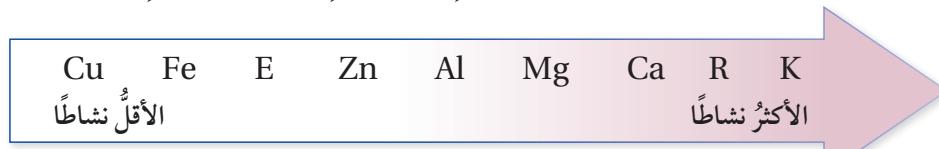
- يرسّب الفلز D الفلزات الأخرى في محاليلها المائية على هيئة عناصر حرة.

- يحل الفلز C محل الفلز A عند تسخين مسحوق C مع مسحوق من أكسيد A.

- يستخلص الفلز B الفلز E من خاماته، ولا يمكنه استخلاص الفلز A من خاماته.

مراجعة الوحدة

10. **أتاهم** سلسلة النشاط الآتية التي تتضمن فلزين مجهولين، ثم أجيبي عن الأسئلة التي تليها:

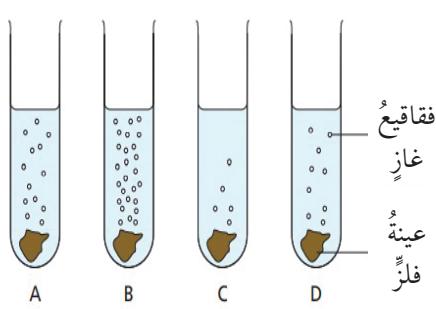


- هل يتفاعل الفلز R مع الماء البارد؟ أبرر إجابتي.
- هل يتفاعل الفلز E مع الماء البارد؟ أبرر إجابتي.
- هل يُرسّب الفلز R ذرات الفلز Mg في محلول كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4$ ؟ أبرر إجابتي.
- هل يتفاعل الفلز E مع حمض الهيدروكلوريك HCl المخفف؟ أبرر إجابتي.
- هل يمكن استخدام الفلز E في استخلاص الخارصين من أكسيد ZnO؟

11. اختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة في ما يأتي:

- الفلز الأسرع في تفاعله مع الماء البارد مما يأتي هو:
 - الخارصين
 - المغنيسيوم
 - النحاس
 - الصوديوم
- المادتان المتفاعلتان لتكوين ملح كلوريد المغنيسيوم هما:
 - مغنيسيوم وماء
 - مغنيسيوم وأكسجين
 - مغنيسيوم وبخار الماء
 - مغنيسيوم وحمض الهيدروكلوريك
- اسم الملح الناتج من تفاعل فلز الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك هو:
 - هيدروكلوريك الكالسيوم
 - ثاني أكسيد الكربون
 - كلورات الكالسيوم
- الغاز الناتج عند تفاعل الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك HCl هو:
 - الهيدروجين
 - الأكسجين
 - النيتروجين
 - ثاني أكسيد الكربون

مراجعة الوحدة



5. يُوضّح الشكل المجاور رموزاً افتراضيةً لعيناتٍ منَ الفلزاتِ تتفاعلُ معَ الماءِ، وعليه، فإنَّ الترتيبَ الصحيحَ لها مُبتدِئاً برمزِ الفلزِ الأكثرِ نشاطاً هوَ:

ADC_(s) → ب.

ABCD → أ.

DBCA → د.

BADC → ج.

6. الفلزُ الذي يقاومُ التآكلَ في ما يأتي هوَ:

ب. الألمنيوم

أ. المغنيسيوم

د. النحاسُ

ج. الخارصين

7. التفاعلُ غيرُ القابلِ للحدودِ بناءً على سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ هوَ:



8. الظرفُ المناسبُ لتكونُ صدأُ الحديدِ هوَ توافرُ:

ب. الأكسجينِ والماءِ

أ. الأكسجينِ

د. الهيدروجينِ والماءِ

ج. الماءِ

9. فلزُ R يقعُ بينَ الكالسيومِ والخارصينِ، وعليه، فإنَّ الطريقةَ الأُنْسَبَ للتحقُّقِ منْ ذلكَ تجربَةٌ تفاعليَّةٌ معَ:

ب. الماءِ

أ. الأكسجينِ

د. حمضِ الهيدروكلوريك

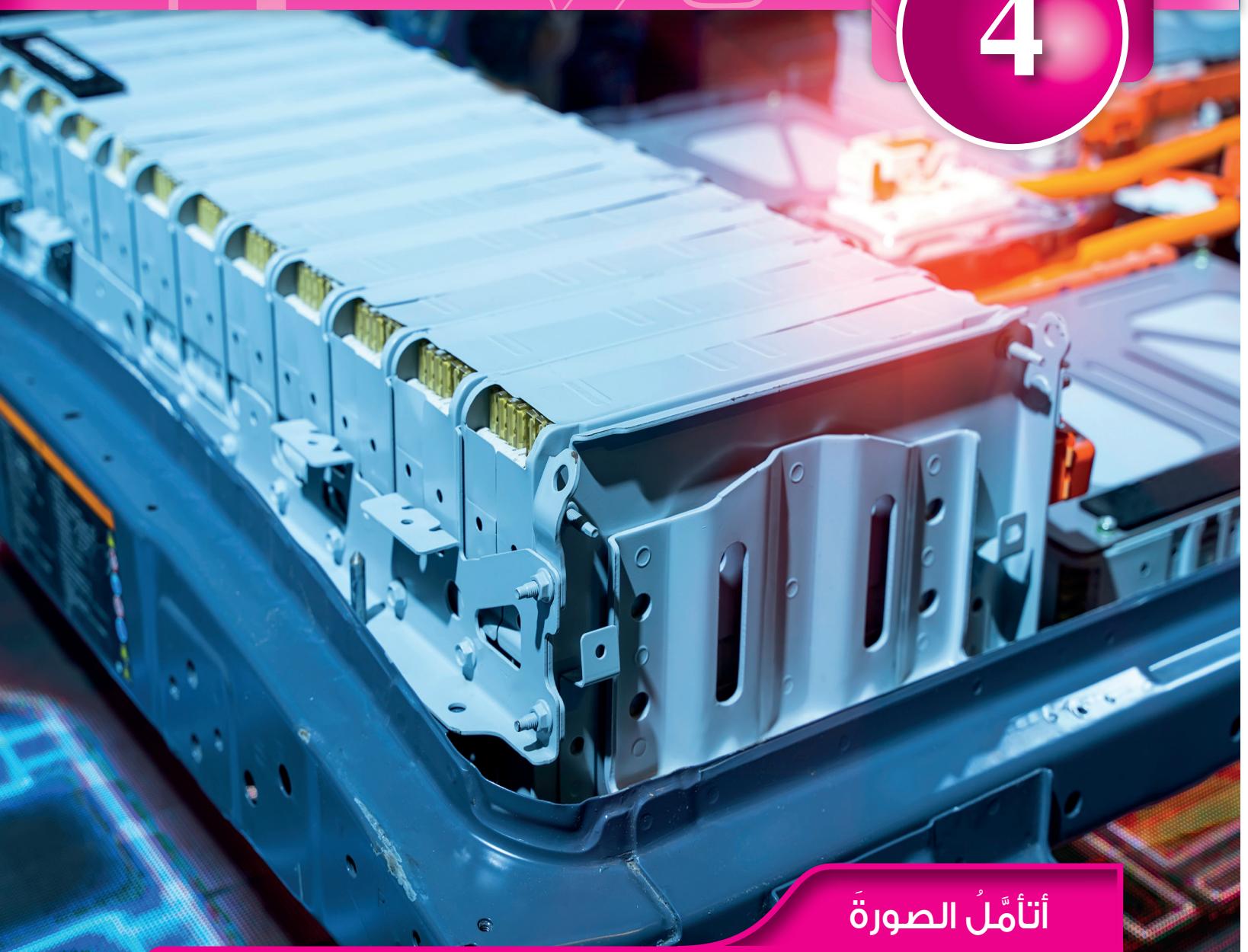
ج. الأكسجينِ والماءِ

الوحدة

4

الكيمياء الكهربائية

Electrochemistry



أتأمل الصورة

ازداد استخدام السيارات الكهربائية ازدياداً ملحوظاً عالمياً، وقد نتج ذلك من تطوير صناعة البطاريات اللازمة لتشغيلها بطارية أيون الليثيوم كما في الصورة. فما نوع التفاعلات التي تحدث فيها وتؤدي إلى إنتاج تيار كهربائي؟ وهل يمكن استخدام البطارية في إحداث تفاعلات يمكن توظيفها والاستفادة منها؟

الفكرة العامة:

تُعدُّ تفاعلات التأكسد والاختزال شائعةً في الطبيعة وضروريةً في الصناعة، وتتضمن انتقال الإلكترونات من المادة التي تتأكسد إلى المادة التي تختزل، ويصاحب ذلك إنتاج طاقة كهربائية أو استهلاكها.

الدرس الأول: التأكسد والاختزال والخلايا الجلفانية

الفكرة الرئيسية: توصف المادة بأنها تأكسدت أو اختزلت بالاعتماد على إضافة الأكسجين إليها أو نزعه منها، أو فقد الإلكترونات أو اكتسابها، ويُسمى التفاعل الحاصل تفاعلاً التأكسد والاختزال. يحدث هذا التفاعل في الخلية الجلفانية أيضاً، حيث تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

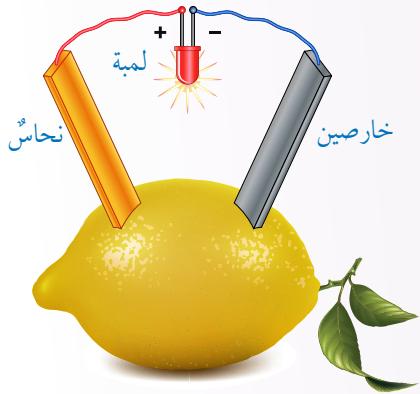
الدرس الثاني: خلايا التحليل الكهربائي

الفكرة الرئيسية: تُستخدم الطاقة الكهربائية في إحداث تفاعل التأكسد والاختزال في خلايا التحليل الكهربائي، ويمكن توظيفها في مجالات عدّة، منها الطلاء الكهربائي، واستخلاص بعض الفلزات من خاماتها.

تجربة استهلاكية

بطارية الليمون

المواد والأدوات: ليمونة كبيرة ناضجة، صفيحة خارصين Zn، صفيحة نحاس Cu، أسلاك توصيل، مصباح صغير وقاعدته، سكين.



إرشادات السلامة:

- أتّبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفافيز.

خطوات العمل:

- 1 أضغط الليمونة باليد إلى أن تصبح طرية تحتوي عصير ليمون.
- 2 أعمل في الليمونة ثقبين، ثم أدخل فيهما صفيحتي الخارصين والنحاس، وأحرص على إدخالهما حتى منتصف الليمونة تقريباً.

3 أجرّب: أصل صفيحة الخارصين بسلك توصيل، ثم أصل طرفه الآخر بقاعدة المصباح.

4 لاحظ: أكرر الخطوة السابقة مع صفيحة النحاس، وأدون ملاحظاتي: هل أضاء المصباح؟ علام يدل ذلك؟

التحليل والاستنتاج:

- 1 **أتوقع:** أي الفلزين يتفاعل مع حمض الليمون (حمض الستريك، وسنرمز إليه بالرمز HC)؟
- 2 أكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تفاعل الفلز مع حمض الستريك HC.
- 3 أكتب معادلة أيونية نهائية لتفاعل الفلز مع الحمض HC.
- 4 **أتوقع:** ما التغير الذي حدث للفلز عند تفاعله مع الحمض؟ هل اكتسب أم فقد إلكترونات؟
- 5 **أتوقع:** ما التغير الذي حدث لأيونات الهيدروجين H^+ عند تفاعل الحمض مع الفلز؟ هل اكتسبت أم فقدت إلكترونات؟
- 6 **أتوقع:** مصدر التيار الكهربائي المتولد في خلية الليمون.

مفهوم التأكسد والاختزال

Oxidation Reduction Concept

تعدّ تفاعلات التأكسد والاختزال من التفاعلات المألوفة في حياتنا اليومية؛ فصدأ الحديد واحتراق الفحم كما في الشكل (1)، وتحوّل لون قطعة تفاح إلى اللون البني ما هي إلا أمثلة على تفاعلات التأكسد والاختزال. فما التأكسد؟ وما الاختزال؟ وما تفاعل التأكسد والاختزال؟

مفهوم التأكسد والاختزال بالاعتماد على الأكسجين

Oxidation-Reduction Concept depending on Oxygen

اعتمد الكيميائيون قديماً مفهوم التأكسد إشارةً إلى تفاعل العنصر مع الأكسجين، مُتّجّاً أكسيداً العنصر، فمثلاً، يتفاعل فلز النحاس Cu مع غاز الأكسجين O_2 فيتّج أكسيد النحاس (II) CuO وفقاً للمعادلة الكيميائية الآتية:



وبهذا، فإنَّ فلز النحاس Cu قد تحوّل بعد التفاعل إلى أكسيد النحاس (II) CuO أي أنَّ Cu تأكسد.



الشكل (1): احتراق الفحم.

القلادة الرئيسية:

توصّف المادة بأنّها متأكسدة أو مختزلة بالاعتماد على إضافة الأكسجين إليها أو نزعه منها، أو فقد الإلكترونات أو اكتسابها، ويسّمى التفاعل الحاصل تفاعلاً التأكسد والاختزال. يحدث هذا التفاعل في الخلية الجل沃انية أيضاً، حيث تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

نتائج التعلم:

- أوضح مفهوم كلّ من: التأكسد، الاختزال، العامل المختزل، العامل المؤكسد، المصعد، المهبط.
- أميز من المعادلة الكيميائية المادة تأكسدت والتي اختزلت.
- أتعرّف أنواع الخلايا الكهربائية والمادة تأكسدت والتي اختزلت.
- أصمّ خليةً جل沃انيةً، ثم أحذّ أجزاءها ومبداً عملها.
- أكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات نصف الخلوية والتفاعل الكلّي الذي يحدث في الخلية.
- أستقصي أثر تفاوت الفلزات في نشاطها على فرق الجهد الكهربائي المتولّد في الخلية.
- أتعرّف بعض تطبيقات الخلايا الجل沃انية في الحياة اليومية.

المفاهيم والمصطلحات:

Oxidation	التأكسد
Reduction	الاختزال
تفاعلات التأكسد والاختزال	

Oxidation-Reduction Reactions

Half Oxidation Reaction	نصف تفاعل التأكسد
Half Reduction Reaction	نصف تفاعل الاختزال
Oxidizing Agent	عامل المؤكسد
Reducing Agent	عامل المختزل
Electrochemical Cells	الخلايا الكهربائية
Galvanic Cells	الخلايا الجل沃انية
Electrode	القطب
Anode	المصعد
Cathode	المهبط
Fuel Cell	خلية الوقود

تُعدُّ تفاعلات التنافس على الأكسجين أيضًا من تفاعلات التأكسد والاختزال كما في تفاعل فلز الخارصين Zn مع أكسيد النحاس CuO (II) الموضح في المعادلة الآتية:



يتضح من المعادلة السابقة أنَّ فلز الخارصين Zn اتَّحدَ مع الأكسجين، فتتجَّزء منه أكسيد الخارصين ZnO لذلك توصف عملية اتَّحاد أو ارتباط العنصر (أو المركب) بالأكسجين **أَنَّهَا تأكسد** **Oxidation** وهذا يعني أنَّ Zn قد تأكسَّدَ. في حين تُبيَّنُ المعادلة أنَّ أكسيد النحاس CuO (II) تحول إلى Cu وذلك بتنزع الأكسجين منه، وهذا يعني اختزالَ الأيون Cu^{2+} في أكسيد النحاس CuO (II) لذلك توصف عملية نزع الأكسجين من المركب **أَنَّهَا اختزال** **Reduction**.

اللَّاحظُ من التفاعل السابق وجود مادتين: إحداهما تتأكسدُ والأخرى تخترَّلُ بالتفاعل نفسه، ويُطلقُ على هذا النوع من التفاعلات **تفاعلات التأكسد والاختزال** **Oxidation–Reduction Reactions**

المثالُ ١



يُستخدم تفاعلُ الشيرمايت في لحام السكك الحديدية، إذ ينْتُجُ منْ هذا التفاعل كميةٌ كبيرةٌ من الطاقة الحرارية الكافية لصهرِ الحديد، ما يتيح صَبَّ الحديد المشهور مباشِرَةً في الشُّقُوقِ في مسارِ سكةِ الحديد. والشيرمايت هو تفاعلُ أكسيدِ الحديد (III) Fe_2O_3 مع فلزَ الألمنيوم Al مُتَبَيَّغاً أكسيدَ الألمنيوم Al_2O_3 وفلزَ الحديد Fe . أحدُ المادَّةِ التي تأكسَّدَتْ والمادَّةِ التي اخترَّلَتْ في المعادلة الآتية:

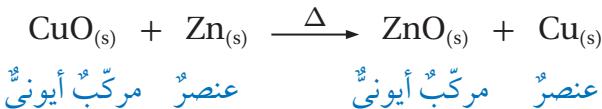


الحلُّ:

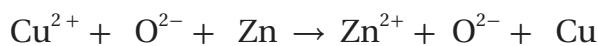
اللَّاحظُ منَ المعادلة أنَّ ذرةَ الألمنيوم Al تحولَتْ إلى أكسيدَ الألمنيوم Al_2O_3 وهذا يعني أنَّها اتَّحدَتْ معَ الأكسجين، أيُّ أنَّ ذرةَ الألمنيوم تأكسَّدَتْ. كذلكَ الْلَّاحظُ منَ المعادلة تحولَ أكسيدِ الحديد Fe_2O_3 إلى ذرةِ الحديد Fe وهذا يعني نزعَ الأكسجين منه، أيُّ أنَّ أيُّونَ الحديد Fe^{3+} في أكسيدِ الحديد Fe_2O_3 حدَثَ لهُ اختزالٌ.

مفهوم التأكسد والاختزال بالاعتماد على انتقال الإلكترونات Oxidation-Reduction Concept Depending on Electrons Transfer

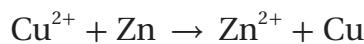
تصف التفاعلات السابقة التأكسد على أنه اتحاد عنصر أو المركب مع الأكسجين، في حين يصف الاختزال نزع الأكسجين من المركب، ولكن، هل تفاعلات التأكسد والاختزال كلها تتضمن التفاعل مع الأكسجين؟ للإجابة عن هذا السؤال، أنظر إلى معادلة تفاعل فلزخارصين مع أكسيد النحاس :CuO (II)



أكتب المعادلة على الصورة الأيونية الآتية:



أحذف الأيونات المترفرجة التي تظهر على طرفي المعادلة، وهي أيونات الأكسجين، فتبقى المعادلة الأيونية النهائية:



الاحظ من المعادلة أن ذرة الخارصين Zn في المواد المتفاعلة تحولت إلى أيون الخارصين Zn^{2+} في المواد الناتجة، وأن أيون النحاس Cu^{2+} في المواد المتفاعلة تحول إلى ذرة النحاس Cu في المواد الناتجة كما يأتي:



أقسم المعادلة قسمين كما يأتي:



ثم أضيف عددًا من الإلكترونات إلى كل نصف بعد الشحنات الموجبة نفسها لموازنتها كما يأتي:



وبهذا، فإن أيون النحاس Cu^{2+} قد اكتسب إلكترونين لتكوين ذرة

نحاس Cu ويوصف أيون النحاس Cu^{2+} أنه اخترل، في حين فقدت ذرة الخارصين Zn إلكتروني وتكون أيون الخارصين Zn^{2+} ، فتوصف ذرة الخارصين Zn أنها تأكسدت. وبات ينظر إلى التأكسد على أنه فقد الإلكترونات في أثناء التفاعل، أما الاختزال، فهو اكتساب الإلكترونات في أثناء التفاعل. والتأكسد والاختزال عمليات مترابطة، لا يمكن حدوث إحداهما دون الأخرى.

تسمى المعادلة التي تظهر فيها الإلكترونات جهة الماء المتفاعلة نصف تفاعل الاختزال **Half Reduction Reaction**، أما المعادلة التي تظهر فيها الإلكترونات جهة الماء الناتجة، فتسمى نصف تفاعل التأكسد **Half Oxidation Reaction**.

يتضح مما سبق أن ذرة الخارصين Zn فقدت إلكتروني واكتسبيا من أيون النحاس Cu^{2+} وهذا يعني أن عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال؛ لذلك لا تكتب الإلكترونات في معادلة تفاعل التأكسد والاختزال.

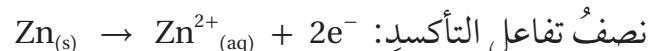
المثال 2

أحد المادّة التي تأكسد وتلك التي تختزل في معادلة التفاعل الآتية:



الحل:

الاحظ تحول ذرة الخارصين Zn إلى أيون الخارصين Zn^{2+} وهذا يعني أن الذرة فقدت إلكتروني، أي أنها تأكسدت.



الاحظ تحول أيون النيكل Ni^{2+} إلى ذرة النيكل Ni وهذا يعني أن أيون النيكل اكتسب إلكتروني، أي أنه اخترل.



المثال 3

يتفاعل فلز الألمنيوم Al مع أيونات الفضة Ag^+ وفقاً لمعادلة التفاعل

الآتية:



أكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال.

الحل:

الاحظ تحول ذرة الألمنيوم Al إلى أيون الألمنيوم Al^{3+} وهذا يعني أنَّ الذرة فقدَت ثلاثة إلكترونات، أيَّ أنها تأكسدت.



الاحظ تحول أيون الفضة Ag^+ إلى ذرة الفضة Ag وهذا يعني أنَّ أيون الفضة اكتسب إلكترونًا واحدًا، أيَّ حدث له اختزال.

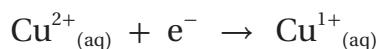


ولكي يكون عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة، فإنَّ ذرة Al واحدة تفقد ثلاثة إلكترونات، وكلَّ أيون فضة Ag^+ يكتسب إلكترونًا واحدًا؛ لذلك يجب توافر ثلاثة أيونات فضة Ag^+ لاكتساب الإلكترونات الثلاثة، ويتتحقق ذلك بضرب معادلة نصف تفاعل الاختزال في العدد 3 لذلك يمكن التعبير عن نصف تفاعل الاختزال كما يأتي:



أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن مفهومي التأكسد والاختزال وفقاً لإضافة الميدروجين إلى العنصر أو نزعه، وكذلك وفقاً للتغير في عدد التأكسد، ثم أكتب تقريراً أناقش فيه زملاي / زميلاتي في الصّفّ.

تحقق: هل أيون النحاس Cu^{2+} يتأكسد أم يختزل وفقاً لنصف التفاعل الآتي؟ أفسر إجابتي.



العامل المختزل والعامل المؤكسد

الربط بالحياة

تُعد الألعاب النارية مثالاً على تفاعلات التأكسد والاختزال، وتتضمن الألعاب النارية وجود العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة والمواد الملونة؛ فالعوامل المؤكسدة مثل الترات والكلورات تُنتج الأكسجين اللازم للاحتراق، أما العوامل المختزلة مثل الكبريت والكربون، فإنها تتفاعل مع الأكسجين لإنتاج طاقة حرارية كافية لحدوث الانفجار. والألوان الناتجة تعود إلى وجود أيونات الفلزات؛ فأيونات الليثيوم والسترونشيوم مسؤولة عن اللون الأحمر، أما أيونات المغنيسيوم والكالسيوم، فتُنتج اللون الأبيض، وأما أيونات النحاس، فتُنتج اللون الأزرق. ويجب توخي الحذر عند استخدام الألعاب النارية لما قد تسببه من أضرار.

تكون عمليتا التأكسد والاختزال مترافقتين؛ فتأكسد مادة في التفاعل الكيميائي يقابلها اختزال مادة أخرى في التفاعل نفسه. ويُطلق على المادة التي تتأكسد في أثناء التفاعل وتسبب اختزال غيرها **العامل المختزل** Reducing Agent. أما المادة التي تختزل وتسبب تأكسد غيرها، فيُطلق عليها **العامل المؤكسد** Oxidising Agent فمثلاً، في تفاعل فلزّ الخارصين Zn مع أكسيد النحاس (II) CuO كما في المعادلة الآتية:



فإنَّ الخارصين Zn هو العامل المختزل لأنَّه تأكسد، وتسبب في اختزال أكسيد النحاس CuO، أما أكسيد النحاس CuO فهو العامل المؤكسد لأنَّه اختزل، وتسبب في تأكسد الخارصين Zn وعلى الرغم من أنَّ التأكسد أو الاختزال يحدث لذرَّة واحدة في المركب أو الأيون متعدد الذرات، إلا أنَّ كامل المركب أو الأيون يسمى العامل المختزل أو العامل المؤكسد وليس الذرة وحدها. فمثلاً، يحدث الاختزال لأيون النحاس في أكسيد النحاس CuO إلا أنَّ أكسيد النحاس يسمى عاملاً مؤكسداً وليس أيون النحاس وحده.

المثال 4

أُحدِّد العامل المختزل في نصف التفاعل الآتي:



الحلُّ:

ألاَّ حظُّ أنَّ ذرة Na قد فقدت إلكترونًا واحدًا، فتكونَ الأيون Na^{+} وهذا يعني أنَّ ذرة Na قد تأكسدت فهي العامل المختزل.

أتحقق: أُحدِّد العامل المؤكسد في نصف التفاعل الآتي:

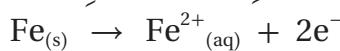


التأكسد والاختزال وعلاقته بانتاج الكهرباء

Oxidation-Reduction Produce Electricity

عند رؤيتنا قنديل البحر مضيئاً ، أنظر إلى الشكل (2) ، فهذا يدل على حدوث تفاعلٍ تأكسدٍ واختزالٍ مُنْتَجٌ للطاقة الضوئية . كذلك عند حدوث عملية البناء الضوئي في النباتات ، يحدث تفاعلٍ تأكسدٍ واختزالٍ يمتص الضوء . فهل يمكن لتفاعلٍ التأكسد والاختزال أنْ يُنْتَجَ أو يمتص طاقةً كهربائيةً؟

درست سابقاً أنَّ الفلزات تتفاوت في نشاطها ، وأنَّ الفلزَ الأنشطَ يحل محلَ الفلزَ الأقلَ نشاطاً ، ويتم ذلك عن طريق تفاعلٍ التأكسد والاختزال؛ إذ يتأكسدُ الفلزُ الأنشطُ ويختزلُ أيوناتِ الفلزِ الأقلِ نشاطاً الموجدة معه في وعاءٍ التفاعلِ ، فمثلاً ، عند وضع مسماٍ من الحديد Fe في محلولٍ كبريتات النحاس $CuSO_4$ فإنَّ الحديدَ يتأكسدُ بفقدِ إلكترونيْن ، ويتحول إلى أيونِ الحديد Fe^{2+} بحسبِ نصفِ تفاعلٍ التأكسد الآتي:



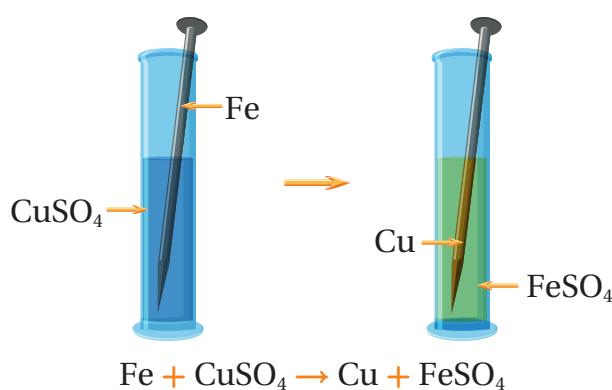
وتنتقلُ الإلكتروناتُ مباشرةً إلى أيوناتِ النحاس Cu^{2+} الموجدة في محلولِ ، حيث تكتسبُها وتتحولُ إلى ذراتِ النحاس Cu بحسبِ نصفِ تفاعلِ الاختزال الآتي:



ويترسبُ النحاسُ على مسماٍ الحديدِ كما يوضحُ الشكل (3). توصلَ العلماءُ إلى أنه يمكنُ الاستفادةُ منْ تفاعلي التأكسد والاختزالِ اللذينِ حدثاً بوصفهما مصدراً للطاقة الكهربائية . فكيفَ يتم ذلك؟ وماذا تسمى الأدواتُ التي تحدثُ بها هذهِ التفاعلات؟

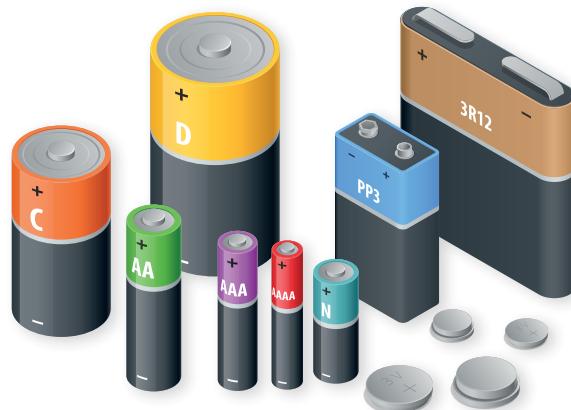


الشكل (2): قنديل بحرٌ مضيءٌ.



الشكل (3): ترسبُ النحاس على مسماٍ الحديدِ.

الشكل (4): أشكال مختلفة من البطاريات.



الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical Cells

تُسمى الأدوات التي تحدث فيها تفاعلات تأكسيد واحتزال مُستجدة للطاقة الكهربائية أو مستهلكة لها **الخلايا الكهروكيميائية** وتقسم نوعين: **الخلايا الجلفانية**، و**الخلايا التحليل الكهربائي**.

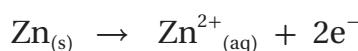
البطاريات أكثر الأمثلة شيوعاً على **الخلايا الجلفانية**؛ فجميع البطاريات مثل بطاريات الساعات، والهاتف المحمول، والسيارة الكهربائية، فضلاً عن البطاريات المستخدمة في كثير من الأجهزة والألعاب، أنظر إلى الشكل (4)، تُعد **الخلايا جلفانية Galvanic Cells** وتحتاج تيار كهربائي، أي تتحول الطاقة الكيميائية فيها إلى طاقة إلى إنتاج تيار كهربائي، أي مكونات الخلية الجلفانية البسيطة؟ وكيف تعمل؟

الخلايا الجلفانية البسيطة Simple Galvanic Cells

تتكون الخلية الجلفانية البسيطة من وعاء يحتوي صفيحتين فلزيتين مغمومتين في محلول كهربائي لأحد أملاح الفلز الأقل نشاطاً، وتشكل الصفيحتان قطبي الخلية، ويُعرف **القطب Electrode** بأنه مادة صلبة موصلة في دارة كهربائية ينقل الإلكترونات من محلول أو المصهور وإليه، أما محلول الكهربائي، فهو محلول يحتوي أيونات موجبة وسالبة حرّة الحركة تسمح بمرور التيار الكهربائي.

ت تكون الخلية الجلفانية من صفيحتي خارصين ونحاس، تشكلان قطبي الخلية، وهما مغموسان في محلول كبريتات النحاس CuSO_4 حيث يتفكك ملح كبريتات النحاس في الماء إلى أيونات حرة الحركة. وتتصل كل صفيحة بسلك يتصل بالفولتميتر، وتشير حركة مؤشر الفولتميتر إلى مرور تيار كهربائي، وتنتقل الإلكترونات في الخلية السابقة من قطب الخارصين Zn عبر الأسلامك إلى قطب النحاس Cu ، أنظر إلى الشكل (5)، أما قراءة الفولتميتر، فتمثل فرق الجهد الكهربائي المتدول في الخلية. ولتفسير ذلك؛ فإنّه عند المقارنة بين الخارصين والنحاس، أجده أنّ الخارصين أكثر نشاطاً من النحاس، أي أنه أكثر ميلاً إلى التأكسد من النحاس، وهو ما يولّد فرق جهد كهربائي بين قطبي الخلية يدفع الإلكترونات الناتجة من تأكسيد ذرات الخارصين Zn إلى الحركة من قطب الخارصين Zn عبر الأسلامك باتجاه قطب النحاس Cu ، حيث تكتسبها أيونات النحاس Cu^{2+} الموجودة في المحلول وتخزن مكونة ذرات النحاس Cu التي تترسب على صفيحة النحاس.

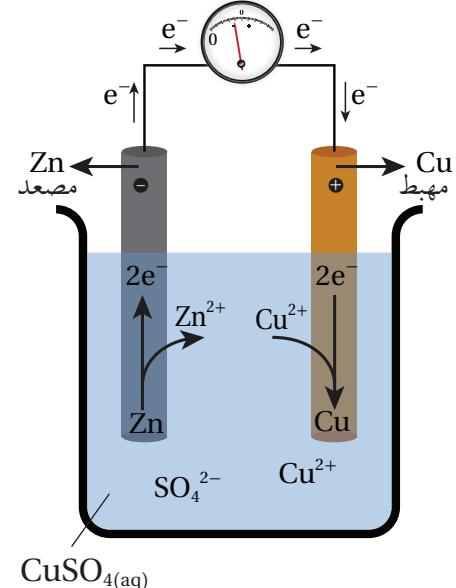
ويسمى القطب الذي يحدث عنده نصف تفاعل التأكسد **المصعد Anode** ويمثل القطب السالب في الخلية لأنّه مصدر الإلكترونات فيها، وهو قطب الخارصين، حيث تأكسدت ذراته كما توضح المعادلة الآتية التي تمثل نصف تفاعل التأكسد:



ويسمى القطب الذي يحدث عنده نصف تفاعل الاختزال **المهبط Cathode** ويمثل القطب الموجب في الخلية، حيث تتحرّك الإلكترونات نحوه وهو قطب النحاس، والمعادلة الآتية تمثل نصف تفاعل الاختزال:



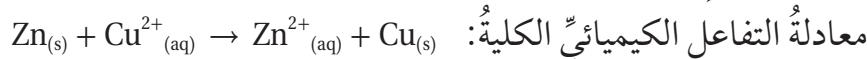
أما التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية الجلفانية، فهو مجموع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال، بحيث أجمع المواد يسار السهم معًا والمواد يمين السهم معًا، أما الإلكترونات، فيجب أن يكون عدده



الشكل (5): خلية جلفانية بسيطة.

أهم: أتوقع التغير الذي يحدث في كتلة قطب الخارصين Zn في الخلية.

الإلكترونات المفقودة مساوياً لعدد الإلكترونات المكتسبة، كما يتضح في المعادلات الآتية:



المثال 5

خلية جلفانية بسيطة قطباها هما فلز المغنيسيوم Mg وفلز النحاس Cu في محلول كبريتات النحاس CuSO_4 ،

أستعين بسلسلة النشاط الكيميائي على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

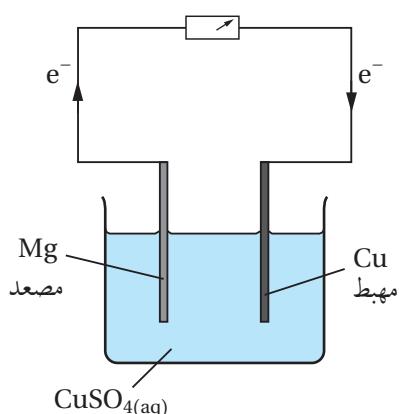
1- أرسم الخلية الجلفانية، ثم أحدد المصعد والمهبط واتجاه حركة الإلكترونات فيها على الرسم.

2- أكتب نصف تفاعل التأكسد والاختزال في الخلية.

3- أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الكلي في الخلية.

4- أتوقع التغير في كتلة صفيحة النحاس بعد استخدام الخلية مدة من الزمن.

الحل:



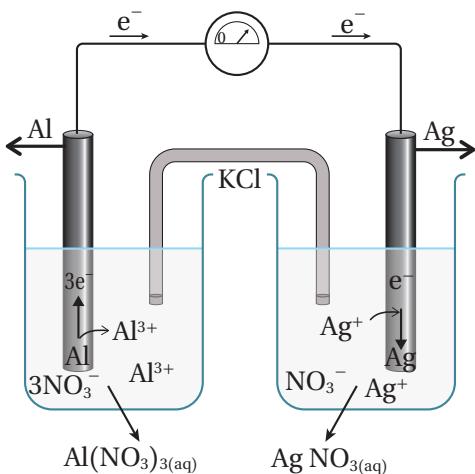
1- أرجع إلى سلسلة النشاط الكيميائي وأحدد موضع كل من المغنيسيوم والنحاس في السلسلة، سأجد أن المغنيسيوم يقع أعلى من النحاس فيها، أي أنه أكثر نشاطاً منه. أي أكثر ميلاً لفقد الإلكترونات أو التأكسد، وعليه، فإن المغنيسيوم يمثل المصعد في الخلية الجلفانية، ويمثل النحاس المهبط، وتحرك الإلكترونات من المصعد Mg إلى المهبط Cu، حيث تكتسبها أيونات النحاس Cu^{2+} وتحترل.



4- أتوقع زيادة كتلة صفيحة النحاس نظراً إلى ترسب ذرات النحاس Cu عليها.

ويوجد نوع آخر من الخلايا الجلفانية يتكون من وعاءين؛ إذ يحتوي كل وعاء صفيحة فلزية تمثل القطب، مغموسة في محلول لأحد الأملاح المكون للصفيحة، ويتصل القطبان بأسلاك توصيل وبفولتميتر، أما الوعاءان، فيوصلان بما يسمى القنطرة الملحيّة، وهي أنبوب على شكل حرف L يحتوي محلولاً مشبعاً لأحد الأملاح مثل KCl؛ وظيفتها المحافظة على التوازن الكهربائي في الخلية.

المثال 6



الخليةُ جلفانيةُ قطباها من الألمنيوم Al في محلول نترات الألمنيوم $Al(NO_3)_3$ والفضة Ag في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ أجيُ عن الأسئلة الآتية مُستعيناً بالشكل المجاور:

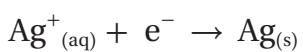
- أحدُ المصدَ والمهبط وشحنة كل منها.
- أكتب نصفِ تفاعلِ التأكسد والاختزال.
- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الكلية في الخلية الجلفانية.
- ما وظيفة القنطرة الملحية في الخلية؟

الحلُّ:

1- الاحظُ من الشكل حركة الإلكترونات من قطب الألمنيوم Al باتجاه قطب الفضة Ag، فيكون قطب Al هو المصدَ وشحنته (−)، وقطب Ag هو المهبط وشحنته (+).

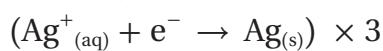


2- نصفُ تفاعلِ التأكسدِ:

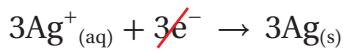


نصفُ تفاعلِ الاختزالِ:

3- أجمعُ نصفِ تفاعلِ التأكسدِ والاختزالِ معاً بعد التأكيد من أنَّ عدد الإلكترونات المفقودة تساوي عدد الإلكترونات المكتسبة، وإذا كانت غير متساوية، أضربُ كلَّ نصفِ تفاعل في معامل، بحيثٌ تصبح متساوية. هنا سُيُضربُ نصفُ تفاعلِ الاختزالِ في الرقم (3) كما يأتي:



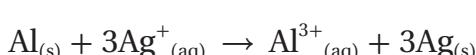
نصفُ تفاعلِ الاختزالِ:



فتصبحُ المعادلةُ:



نصفُ تفاعلِ التأكسدِ:



معادلةُ التفاعلِ الكيميائيِ الكليةُ:

4- وظيفة القنطرة الملحية: المحافظة على التوازن الكهربائي في الخلية.

أتحققُ: خلية جلفانية بسيطة قطباها فلز الحديد Fe وفلز الرصاص Pb في محلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ في الأسئلة الآتية:

مستعيناً بسلسلة النشاطِ الكيميائيِ أجيُ عن الأسئلة الآتية:

1- أحدُ المصدَ والمهبط واتجاه حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية.

2- أكتب نصفِ تفاعلِ التأكسدِ والاختزالِ فيها.

3- أُفسِرُ نقصانَ كتلةِ صفيحةِ الحديد Fe بعد تشغيلِ الخلية مدةً من الزمن.

التجربة ١

بناء خلية جلفانية

المواد والأدوات:

محلول تركيزه (1M) من كبريتات النحاس CuSO_4 ، صفيحتا خارصين Zn ونحاس Cu، ورق صنفرة، فولتميتر، أسلاك توصيل، كأس زجاجية سعتها 200 mL، مخبر مدرب.

إرشادات السلامة:

- ألتزم بـإرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفافيز.

خطوات العمل:

- 1- **أقيس**: أحضر كأساً زجاجية، وأقيس بالمخابر المدرج 150 mL من محلول كبريتات النحاس، ثم أسكبها في الكأس.
- 2- **أجرب**: أنظف صفيحتي النحاس والخارصين جيداً بورق الصنفرة.
- 3- **الاحظ**: أصل أسلاك التوصيل من طرف الصفيحة ومن الطرف الآخر بالفولتميتر، بحيث أصل صفيحة النحاس بالطرف الموجب (+)، وصفيحة الخارصين بالسالب، ثم أضع صفيحتي النحاس والخارصين في الكأس على أن تكونا متباعدتين، ثم لاحظ تحرك مؤشر الفولتميتر، ثم أدون قراءته.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحدد** المصعد والمهبط في الخلية الجلفانية.
2. **أحدد** اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية.
3. **أتوقع** التغيير في كتلتى صفيحتي الخارصين والنحاس.
4. أكتب التفاعل الكلى في الخلية الجلفانية.

فرق الجهد الكهربائي في الخلايا الجلفانية المختلفة

Electric Potential Difference in different Galvanic Cells

في البطولات الرياضية الدولية، تجرى القرعة لتوزيع الفرق على مجموعات لتنظيم المباريات بينها، انظر إلى الشكل (6)، ويكون الفريق محظوظاً عندما تقع القرعة مع فرق أقل قوة وأقل استعداداً منه، إذ يتوقع أن تكون نتائج المباريات لصالحه وبفارق كبير، يحدث ما يشبه



الشكل (6): توزيع الفرق.

أَفَكُرْ: هل يمكن تحديد فلزين يشكلان خليةً جلفانيةً لها أقل فرق جهد كهربائيٍ اعتماداً على سلسلة النشاط الكيميائيٍ؟ أفسر إجابتي.

ذلك عند استخدام أزواج مختلفةٍ من الفلزات لتشكيل خلايا جلفانية، فإن فرق الجهد الكهربائي الناتج يعتمد على موقع كلا الفلزين في سلسلة النشاط الكيميائي، فكلما زاد الفرق بين الفلزين في النشاط، زاد فرق الجهد الكهربائي الناتج من الخلية الجلفانية المكونة منهما.

مثلاً، عند تشكيل خلية جلفانية قطباها الخارصين Zn والحديد Fe فإنه ينتج فرق جهد كهربائي أقل من فرق الجهد الكهربائي الناتج من خلية جلفانية قطباها الخارصين Zn والنحاس Cu، وبالرجوع إلى سلسلة النشاط الكيميائي في الشكل (7)،لاحظ أن الخارصين والحديد متتاليان في السلسلة، وهذا يعني أن فرقاً قليلاً في النشاط الكيميائي بينهما، أما الخارصين والنحاس، فهما أكثر تباعدًا، وهذا يدل على وجود فرق كبير في النشاط الكيميائي بينهما وهو ما يولد فرق جهد كهربائي كبيراً في خلية خارصين - نحاس (Zn-Cu) مقارنة بفرق الجهد الكهربائي المتولد في خلية خارصين - حديد (Zn-Fe).

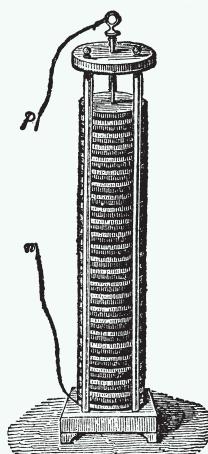
أَتَحَقَّقُ: أتوقع التغيير في فرق الجهد الكهربائي الناتج إذا استُخدِمَ قطب من الألمنيوم بدلاً من قطب الخارصين في خلية (خارصين - حديد). هل سيداد أم سيقل أم أنه لن يتغير؟ أبرر إجابتي.

بوراسيوم	K	أكثُر نشاطاً
صوديوم	Na	
ليثيوم	Li	
كالسيوم	Ca	
مغنيسيوم	Mg	
الألمنيوم	Al	
خارصين	Zn	
حديد	Fe	
قصدير	Sn	
رصاص	Pb	
نحاس	Cu	
فضة	Ag	
ذهب	Au	أقل نشاطاً

الشكل (7): سلسلة النشاط الكيميائي.

الربط بتاريخ العلم

أسهمت أعمال العالمين لويجي غالفاني Luigi Galvani وأليساندرو فولتا Alessandro Volta في التوصل إلى بناء أول بطارية؛ فقد لاحظ غالفاني أنه عند وصل قطبين فلزيين مثل الخارصين والنحاس بسلك ووضعهما معًا في عضلة ساق ضفدع، فإن ساق الضفدع تتنفس، وهذا يشير إلى توليد تيار كهربائي. ثم، توصل فولتا إلى أنه يمكن الحصول على النتيجة نفسها باستخدام عمود من أقراص الخارصين والنحاس بالتناوب مفصولةً بلوح مقوى منقوع في محلول ملحي، وعندما وصل سلكاً بطرفيه العمود، تدفق تيار كهربائي، فبات هذا الجهاز هو أول بطارية. وقد سُمِّيَتْ وَحْدَةُ فرق الجهد الكهربائي "فولت" تكريماً للعالم فولتا.



التجربة 2

مقارنة فرق الجهد الكهربائي في الخلايا الجلفانية المختلفة

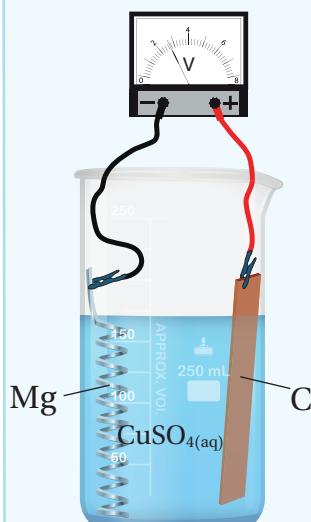
المواد والأدوات:

محلول كبريتات النحاس تركيزه (1 M)، صفائح من: نحاس، ورصاص، وألミニوم، وشريط من المغنيسيوم، ورق صنفه، فولتميتر، أسلاك توصيل، (3) كؤوس زجاجية سعتها 250 mL ومخبار مدرج.

إرشادات السلامة:

- التزم إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفافيز.

خطوات العمل:



1- أحضر (3) كؤوس زجاجية نظيفة وجافة، وأضع على كل منها شريط لاصقاً وأرقّها من (1-3)، ثم أدوّن على كل كأس الأقطاب المستخدمة في تشكيل الخلايا الجلفانية:

(Pb-Cu), (Al-Cu), (Mg-Cu) على الترتيب.

2- أقيس بالمختبر المدرج 150 mL من محلول كبريتات النحاس، ثم أسكبها في الكأس (1)، وأكرر ذلك بالنسبة إلى الكأسين 2 و3.

3- أجرّب: أنظف صفائح النحاس والألミニوم والرصاص وشريط المغنيسيوم جيداً بورق الصنفه، وألف شريط المغنيسيوم لفّا حلزونياً كما في الشكل السابق.

4- لاحظ: أصلّ أسلاك التوصيل من طرف الصفيحة ومن الطرف الآخر بالفولتميتر، بحيث أصلّ صفيحة النحاس بالطرف الموجب (+)، وشريط المغنيسيوم بالطرف السالب، ثم أضع صفيحة النحاس وشريط المغنيسيوم في الكأس (1) على أن يكونا متبعدين، ثم لاحظ تحرك مؤشر الفولتميتر، ثم أدوّن قراءته.

5- أجرّب: أكرر الخطوة (4) باستخدام الأقطاب (ألミニوم - نحاس)، (رصاص - نحاس)، باستخدام الكأسين 2 و3 (إذا لم تتوافر صفائح عدّة من النحاس، تُغسل الصفيحة بالماء وتُجفّف ويعاد استخدامها).

التحليل والاستنتاج:

- أتوقع ترتيب الفلزات وفقاً لنشاطها بناءً على قيم فرق الجهد الكهربائي المقيس للخلايا الجلفانية.
- أفارّ بين الترتيب الذي حصلت عليه وترتيب الفلزات في سلسلة النشاط الكيميائي.

تطبيقات الخلايا الجلفانية Galvanic Cells Applications

البطاريات Batteries

تُعدُّ البطاريات مثلاً على الخلايا الجلفانية التي يحدث فيها تفاعل التأكسيد والاختزال، حيث تتحول الطاقة الكيميائية فيها إلى طاقة كهربائية. وهناك أنواع مختلفة من البطاريات، منها البطاريات الأولية، وهي البطاريات التي لا يمكن إعادة شحنها عندما تنفذ، مثل البطارية الجافة، وهناك البطاريات الثانوية، وهي البطاريات القابلة لإعادة الشحن، مثل بطارية السيارة.

البطاريات الجافة Dry Cells

تُعدُّ البطارية الجافة Dry Cells من أقدم أنواع البطاريات وأكثرها استخداماً، ومن أشهر الأمثلة عليها بطارية (خارصين-جرافيت) التي تتكون من الأجزاء الآتية، انظر إلى الشكل (8).

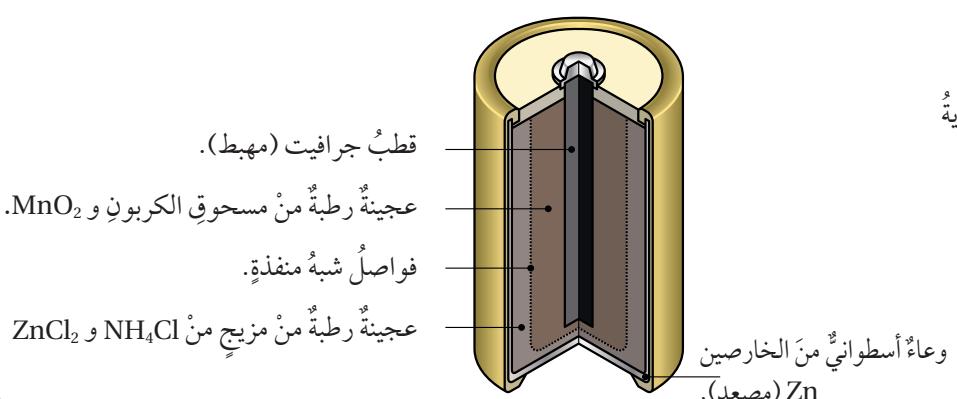
المهبط: يتكون من قطب من الجرافيت، ويحاط بعجينة رطبة من مزيج من أكسيد المغنيز (IV) MnO_2 ومسحوق الجرافيت (الكربون).

المحلول الكهربائي: عجينة رطبة من مزيج من مادتي كلوريد الأمونيوم NH_4Cl وكلوريد الخارصين ZnCl_2 ، ولها خصائص حمضية.

المصعد: يتكون من وعاء أسطواني من فلز الخارصين، ويفصله عن العجينة الرطبة غشاء شبه منفذ.

وتحلُّ قيمة فرق الجهد الناتج من هذه الخلية 1.5V .

أبحث: في مصادر المعرفة المناسبة عن البطاريات الجافة القلوية، ومكوناتها، ومزاياها، وفرق الجهد الناتج منها، ثم أكتب تقريراً عن ذلك، ثم أشارك فيه زملائي / زميلاتي في الصف.



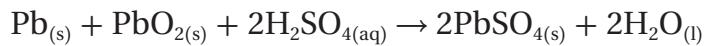


الشكل (9): بطارية السيارة.

أبحث: في الإنترن特 عن طرائق التخلص من بطاريات أيون الليثيوم التالفة في الأردن، ثم أكتب تقريراً عن ذلك، ثم أشارك فيه زملائي / زميلاتي في الصف.

بطارية السيارة (بطارية الرصاص الحمضية)

تُعدُّ بطارية الرصاص الحمضية Lead–Acid Battery مثالاً على البطاريات الثانوية التي يعاد شحنُها، وتحتوي 6 خلايا جلوفانية، وتتكون كل خلية من المصدِّ الذي يتكون من ألواح من الرصاص Pb، ويكون المهبِّط من ألواح من الرصاص مغطاة بأسيد الرصاص PbO₂ (IV)، وتُغمرُ الألواح في محلول حمض الكبريتيك H₂SO₄، الذي يمثل محلول الكهري لـ 12 أمّا التفاعل الكلائي الذي يحدث فيها، فهو:

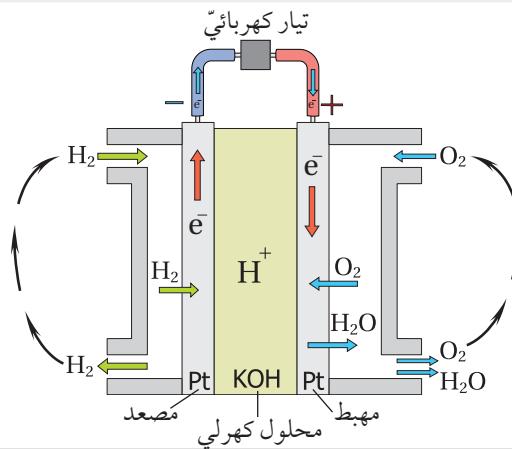


الربط بالتقنيات



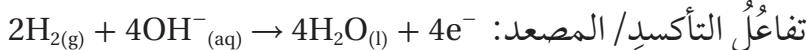
رافق التطور الكبير في الأجهزة الإلكترونية تطُورُ بطارياتها، فظهرَت بطارية أيون الليثيوم، التي تمتاز بوزنها الخفيف، وتُنتج كميات كبيرة من الطاقة بالنسبة إلى حجمها، نظراً إلى النشاط الكبير لفلز الليثيوم، ويمكن للبطارية أن تكون أولية أو ثانوية. وباتت شائعة الاستخدام في: الهواتف، والحواسيب المحمولة، والسيارات الكهربائية، وغيرها، وينصح بعدم التخلص من هذه البطاريات عند تلقيها مع النفايات المنزلية؛ لأنَّها تشَكُّل خطراً، فضلاً عن احتوائها على عناصر مهمة يمكن إعادة تدويرها والاستفادة منها من قبل الجهات المختصة.

الشكل (10): خلية الوقود.



Fuel Cell خلية الوقود

تُعدُّ خلية الوقود Fuel Cell خليةً جلفانيةً، لكنها تختلفُ عن غيرها بتزوُّدها بالمواد المتفاعلة أو الوقود باستمرارٍ، وهو غالباً غازُ الهيدروجين. يوضح الشكل (10) خليةً وقودٍ تُستخدمُ غازَي الهيدروجين والأكسجين، وتكونُ من قطبيْن من البلاتين يمثلاً المصعدَ والمهبطَ و محلولَ كهربائيٍّ منْ هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، يُضخُّ غازُ الهيدروجين إلى المصعدِ وغازُ الأكسجين إلى المهبطِ في الخلية، وعليه، تحدُّثُ التفاعلاتُ الآتيةُ:



تُستخدمُ خلايا الوقود في المركبات الفضائية للحصول على الطاقة، كما يستفيدُ روادُ الفضاء من الماء الناتج للشرب، وفي بعض الدول تُستخدمُ في وسائل النقل، مثل السيارات والباصات، وتُستخدمُ أيضاً مصدرًا احتياطياً للطاقة للتشغيل عند الضرورة. وتميُّز خلية الوقود بأنها غير ملوثةٍ للبيئة، وتُنتج كميةً كبيرةً من الطاقة.

أتحقق:

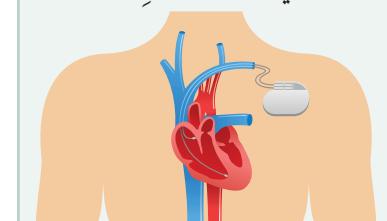
1- أقارنُ بينَ الخلية الجافةِ وبطارية السيارةِ منْ حيثُ نوعُ البطاريةِ،

وفرقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منها .

2- أكتبُ المعادلة الكلية لتفاعلٍ في خليةِ الوقود.

الربط بالطب

منظم ضرباتِ القلب هو جهازٌ صغيرٌ الحجمٍ يُزرعُ في الصدرِ للتحكمِ في نبضاتِ القلب. يتكونُ منْ جزأين: مولدٌ للنبضاتِ، ووصلاتٌ (أقطاب). أمّا مولدُ النبضاتِ، فيتكونُ منْ حافظةٍ معدنيةٍ صغيرةٍ تضمُّ بطاريةً وداراتٍ كهربائيةً تتحكمُ في معدلِ النبضاتِ الكهربائيةِ المُرسلةِ إلى القلب. وأما الموصلاتُ (الأقطابُ)، فيُوضعُ سلكٌ إلى ثلاثةِ أسلاكٍ مرنَّةٍ ومعزولةٍ في حُجْرَةٍ واحدةٍ أو أكثرٍ منْ حُجْراتِ القلب، وترسلُ النبضاتِ الكهربائيةَ لضبطِ معدلِ نبضاتِ القلب. أمّا الأجهزةُ الحديثةُ، فلا تتطلبُ موصلاتٍ، إنما تُزرعُ مباشرةً في عضلةِ القلبِ.



مراجعة الدرس

1- الفكرةُ الرئيْسَةُ: كيْفَ تُتَجَّعُ الخلايا الجلْفانِيَّةُ تياراً كهربائِيًّا؟

2- أوضَحُ المقصودَ بـكُلِّ مَا يَأْتِي:

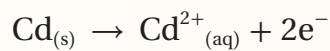
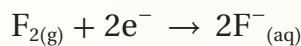
- أ. الخلايا الكهربائيَّة
ب. المصعدُ
ج. العاملُ المؤكِّسُ
- 3- أقارِنُ: أملأُ الجدولَ الآتيَ الَّذِي يتضمنُ المقارنةَ بينَ التأكُّسِ والاختزالِ:

الاختزال	التأكُّسُ	التفاعل	وجهُ المقارنةِ
			وَفْقًا لِوْجُودِ الأُكسجينِ
			وَفْقًا لِلإِلْكْتروناتِ

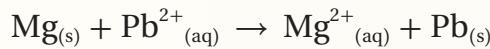
4- أُحدِّدُ المادَّةُ الَّتِي تأكَّسَتْ وَالمادَّةُ الَّتِي اخْتَرَزَتْ فِي المعادلَةِ الكيميائيَّةِ الآتِيَّةِ:



5- أُحدِّدُ المادَّةُ الَّتِي تأكَّسَتْ وَالمادَّةُ الَّتِي اخْتَرَزَتْ فِي نصفِ التفاعلينِ الآتَيَيْنِ:



6- أَسْتَنْتَجُ العاملَ المختَرَلَ وَالعاملَ المؤكِّسَ فِي المعادلَةِ الكيميائيَّةِ الآتِيَّةِ:



7- وُرَّعَتْ صفائحُ فلزيةٍ للعناصرِ: (نحاس Cu، رصاص Pb، المنيوم Al، خارصين Zn) عَلَى مجموعاتِ الْطَّلَبَةِ فِي الصَّفَّ، وَطَلِبَ إِلَى كُلِّ مَجْمُوعَةٍ:

- تشكيلُ خليةٍ جلْفانِيَّةٍ بسيطَةٍ مُخْتَلِفَةٍ باسْتِخْدَامِ زوجٍ مِنَ الْفَلَزَاتِ وَمَحْلُولٍ كهربائيٍّ مناسِبٍ (يمكُنُ استِخْدَامُ أَمْلَاحِ نتراتِ الْفَلَزَاتِ، إِذَ إِنَّ جَمِيعَ النتراتِ تذوبُ فِي الماءِ).

- تنظيمُ المَعْلُومَاتِ الْخَاصَّةِ بِالخَلْيَةِ فِي الجدولِ الآتِيِّ:

قطبُ الخليةِ	المصعدُ	المهبطُ	المحلولُ الكهربائي	اتجاهُ حركةِ الإلكتروناتِ
				مِنْ قَطْبِ... إِلَى قَطْبِ...

- الاستِعانَةُ بِسَلْسَلَةِ النَّشَاطِ الكيميائيِّ وبالجدولِ لِلإِجَابَةِ عَنِ الْأَسْلَةِ الآتِيَّةِ:

أ. أَسْتَنْتَجُ عَدَدَ الخلايا الجلْفانِيَّةِ الَّتِي يَمْكُنُ تَكْوِينُهَا.

ب . **أستنتج**: أملأ الجدول بحيث يتضمن المعلومات الخاصة بكل خلية.

ج . أحدد الفلزين اللذين يشكلان قطبي الخلية الجلفانية التي تنتج أعلى فرق جهد كهربائي، ثم أبرر إجابتي.

8- خلية جلفانية بسيطة قطباها القصدير Sn والنحاس Cu مغموسان في محلول كهربائي، عند تشغيل الخلية لوحظ أن اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر من قطب القصدير إلى قطب النحاس، علماً أن القصدير يكون أيون Sn^{2+} بناءً على ذلك، أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ . أحدد المصعد والمهبط وشحنته كل منهما في الخلية.

ب . ما المحلول الكهربائي الذي يمكن استخدامه في هذه الخلية.

ج . أكتب نصفي تفاعل التأكسيد والاختزال.

د . أكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية الجلفانية.

ه . **أستنتج** التغيير في كتلة Sn بعد انتهاء التجربة.

9- يوضح الجدول فرق الجهد الكهربائي الناتج من أربع خلايا جلفانية بسيطة مكونة من أزواج من الفلزات: A, B, C, D، علماً أن A أقل هذه الفلزات نشاطاً، وأن جميع هذه الفلزات تكون أيونات شحنتها $+2$ ، أتأمله جيداً، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

رقم الخلية	قطبا الخلية		فرق الجهد الكهربائي (V) الناتج من الخلية
	فلز 1	فلز 2	
1	A	B	0.1
2	A	C	2.2
3	A	D	1.6
4	B	C	1.9

أ . **أستنتج** رمز الفلز الأكثر نشاطاً، ثم أفسر إجابتي.

ب . أرتّب الفلزات وفقاً لتزايد نشاطها الكيميائي.

ج . أرسم خلية جلفانية بسيطة تمثل الخلية (3)، ثم أوضح عليها: المصعد، والمهبط، والمحلول الكهربائي المقترن، واتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلام، وقراءة الفولتميتر.

د . **أستنتج**: أكتب رمزي المصعد والمهبط في الخلية B-C

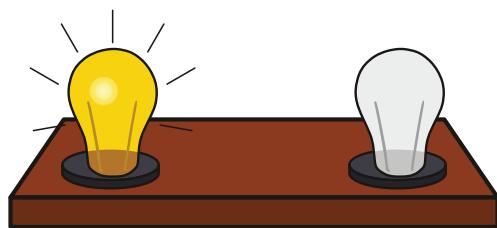
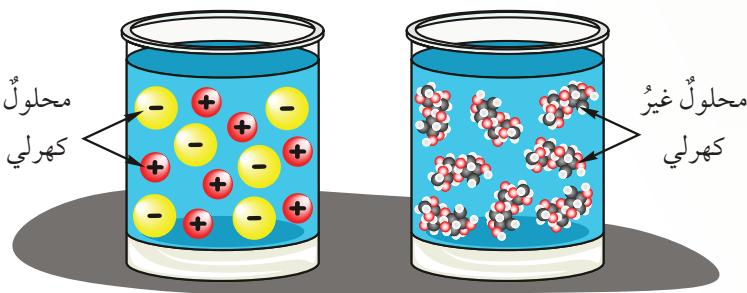
توصيل محلالي المركباتِ ومصاهيرها التيار الكهربائيَّ

درستُ سابقاً أنَّ المركباتِ الأيونيةَ تتفككُ في الماءِ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ، وأنَّ محلاليها موصلةٌ للتيارِ الكهربائيٌّ، وأنَّ محلالي الحموضِ ومحاليلِ القواعدِ موصلةٌ للتيارِ الكهربائيٌّ، وأنَّ هناكَ مركباتٍ أخرىَ محلاليها غيرُ موصلةٌ للتيارِ الكهربائيٌّ. فماذا تسمى هذهِ الموادُ؟ وما الخصائصُ المشتركةُ بينها؟

الموادُ الكهربائيةُ Electrolytes

والموادُ غيرُ الكهربائيةِ Non-Electrolytes

تُعرَفُ المادةُ الكهربائيةُ The Electrolyte بأنَّها مادةٌ تتفككُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ حرَّةُ الحركةِ عندَ صهرِها أوْ إذابتها في الماءِ. قدرةُ هذهِ الأيوناتِ على التحرُّكِ في جميعِ الاتجاهاتِ وباتجاهِ الأقطابِ المخالفةِ لها في الشُّحنةِ يجعلُ مصاهيرها ومحاليلها موصلةً للتيارِ الكهربائيٌّ، أنظرُ إلى الشُّكَلِ (11).



الفكرةُ المُبَشَّهَةُ:

تُستخدمُ الطاقةُ الكهربائيةُ في إحداثِ تفاعلِ التأكسِدِ والاختزالِ في خلايا التحليلِ الكهربائيٌّ، ويمكنُ توظيفُ ذلكَ في مجالاتٍ عدَّةٍ، منها الطلاءُ الكهربائيٌّ واستخلاصُ بعضِ الفلزاتِ من خاماتها.

نتائجُ التعلمُ:

- أُوضِّحُ المقصودُ بالمفاهيمِ الآتيةِ: المادةُ الكهربائيةُ، المادةُ غيرُ الكهربائيةُ، التحليلُ الكهربائيُّ، الطلاءُ الكهربائيُّ.
- أستقصي أثرَ مرورِ التيارِ الكهربائيٌّ في محلولٍ أوْ مصهورِ مادةٍ كهربائيةٍ.
- أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً تمثلُ التفاعلاتِ التي تحدثُ على الأقطابِ لمصهورِ أوْ محلولِ مادةٍ كهربائيةٍ.
- أتبَّأُ بنوافِجِ التحليلِ الكهربائيٌّ لمحلولٍ أوْ مصهورِ مادةٍ كهربائيةٍ.
- أتعرَّفُ بعضَ تطبيقاتِ خلايا التحليلِ الكهربائيٌّ، مثلِ استخلاصِ بعضِ الفلزاتِ والطلاءِ الكهربائيٌّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

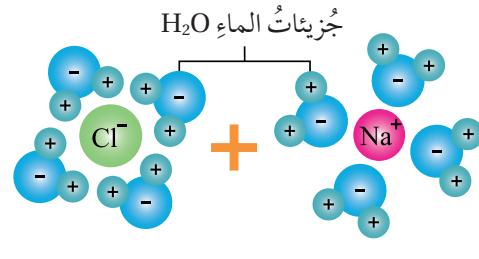
المادةُ الكهربائيةُ	Electrolyte
المادةُ غيرُ الكهربائيةُ	Non-Electrolyte
التحليلُ الكهربائيُّ	Electrolysis
الطلاءُ الكهربائيُّ	Electroplating

الشكلُ (11): الموادُ الكهربائيةُ
والموادُ غيرُ الكهربائيةِ.



بلوره ملح كلوريد الصوديوم NaCl

ماء



محلول كلوريد الصوديوم NaCl

الشكل (12): ملح NaCl الصلب و محلول NaCl .

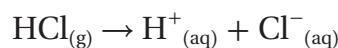
ينطبق ذلك على المركبات الأيونية، مثل: NaCl , KBr , AgNO_3 , KOH ، فمثلاً، يتفكّك ملح كلوريد الصوديوم NaCl في الماء بحسب المعادلة الآتية:



الاحظ من المعادلة أنه يتوجّ من ذوبانه في الماء أيونات الصوديوم Na^+ وأيونات الكلوريد Cl^- حرّة الحركة. ويوضح الشكل (12) أنّ ملح NaCl يتفكّك إلى أيونات حرّة الحركة عند إذابته في الماء. وكذلك عند صهّره بالحرارة فإنه يتفكّك إلى أيونات حرّة الحركة بحسب المعادلة الآتية:

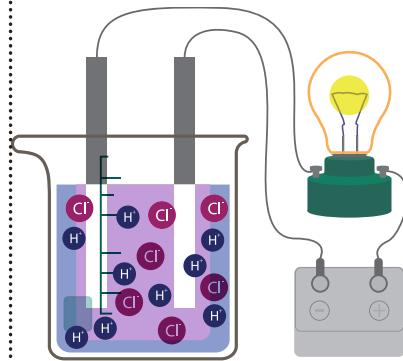


إنّ وجود هذه الأيونات حرّة الحركة يفسّر توصيل محلول ملح NaCl ومصهوره التيار الكهربائي، وعليه، فإنّ NaCl مادة كهربائية. وكذلك فإنّ الحموص مثل حمض HNO_3 , HCl , H_2SO_4 ، وغيرها تُعدّ مواداً كهربائية على الرغم من أنّها جزيئات متعادلة وليسّت أيونية؛ وذلك لأنّها تتّainen في الماء مُتّجّهةً أيونات حرّة الحركة كما في الشكل (13)، وتوضّح المعادلة الآتية تائين حمض HCl في الماء:



أمّا المادة غير الكهربائية **Non-Electrolytes** فهي مادة لا تتفكّك إلى أيونات حرّة الحركة عند صهّرها أو ذوبانها في الماء؛ لذلك فإنّ مصاہيرها ومحاليلها غير موصلة للتيار الكهربائي، مثل السّكر.

أتحقّق: ما الشروط الواجب توافرها في المادة لوصفها بالكهربائية؟



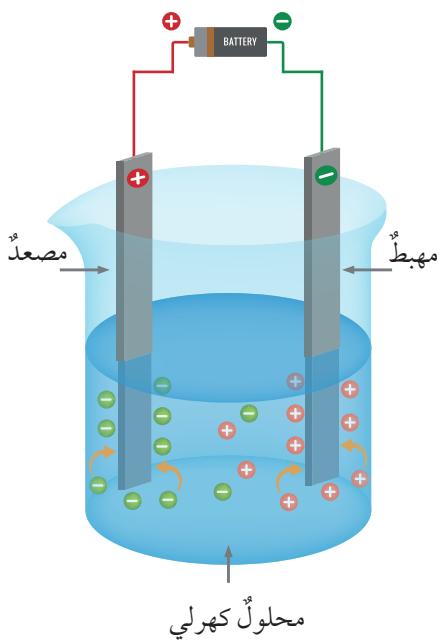
الشكل (13): توصيل محلول HCl التيار الكهربائي.

أفّكر: هل يُعدّ مصهور الشمع مادة كهربائية؟



التحليل الكهربائي Electrolysis

يؤدي مرور تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهربائية إلى إحداث تفاعل التأكسد والاختزال، وتسمى هذه العملية **التحليل الكهربائي** **Electrolysis** أمّا الدارة الكهربائية المستخدمة في ذلك، فتسمى **خلية تحليل كهربائي** **Electrolysis Cell** وهي النوع الثاني من الخلايا الكهروكيميائية، حيث تحوّل فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية، والشكل (14) يمثل خلية تحليل كهربائي.



الشكل (14): خلية تحليل كهربائي.

تتكوّن خلية التحليل الكهربائي من وعاء يحتوي محلولاً أو مصهوراً لمادة كهربائية، وقطبي جرافيت وهما قطبان خاملان لا يشتراكان في التفاعل، إنما ينقلان الإلكترونات من محلول أو المصهور الكهربائي وإليه، ويتصلان ببطاريه عبر أسلاك توصيل، بحيث يتصل أحد القطبين بالقطب الموجب للبطاريه، ويسمي المصعد Anode أمّا الآخر، فيتصل بالقطب السالب للبطاريه، ويسمي المهبط Cathode وعند مرور التيار الكهربائي في محلول أو المصهور، تحرّك الأيونات السالبة باتجاه القطب الموجب (المصعد)، وتتحرّك الأيونات الموجبة باتجاه القطب السالب (المهبط).

أمّا التفاعلات التي تحدث في خلية التحليل الكهربائي لمصهور المادة الكهربائية، فإنّ الأيونات السالبة تتأكسد، عند المصعد، أمّا الأيونات الموجبة، فتختزل عند المهبط. أمّا في محلول المادة الكهربائية، فيحتمل اختزال الأيون الموجب أو الماء عند المهبط، وكذلك يحتمل تأكسد الأيون السالب أو الماء عند المصعد، وعليه، قد تختلف نواتج عملية التحليل الكهربائي بسبب وجود الماء.

أتحقق:

- أقارن بين تحولات الطاقة في الخلية الجلفانية وخلية التحليل الكهربائي.
- أحدّد التفاعل الذي يحدث عند كلّ من المصعد والمهبط في خلية التحليل الكهربائي.

التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهربائية

Electrolysis of Molten Electrolyte

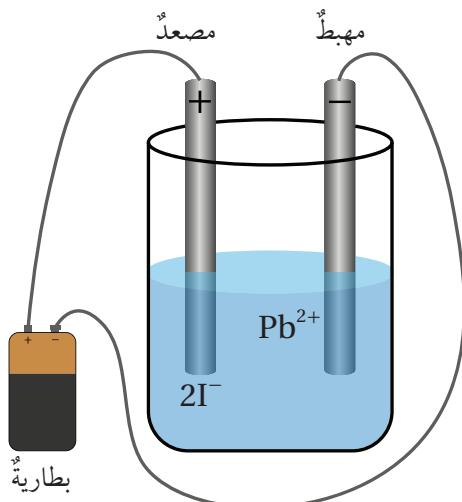
عند تمرير تيار كهربائي في مصهور مادة كهربائية، فإن الأيونات السالبة تتأكسد عند المصعد، أمّا الأيونات الموجبة، فتحترز عند المهبط، والأمثلة الآتية توضح ذلك.

المثال 7

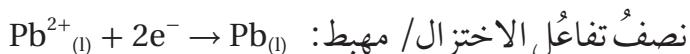
أكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث على الأقطاب والتفاعل الكلي عند التحليل الكهربائي لمصهور يوديد الرصاص PbI_2 ، ثم أكتب نواتج التحليل الكهربائي له.

الحل:

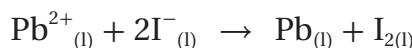
يوديد الرصاص PbI_2 مركب أيوني صلب يتفكك عند صهره بالحرارة بحسب المعادلة الآتية:



عند تمرير تيار كهربائي في المصهور، تتحرك أيونات الرصاص الموجبة Pb^{2+} باتجاه المهبط، وتحترز، مكونة ذرات الرصاص Pb ، في حين تتحرك الأيونات السالبة I^- باتجاه المصعد وتأكسد، مكونة جزيئات اليود I_2^- كما توضح المعادلات الآتية:



أمّا معادلة التفاعل الكلي، فهي مجموع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال على النحو الآتي:



أي أنه عند التحليل الكهربائي لمصهور يوديد الرصاص PbI_2 يتكون الرصاص Pb واليود I_2 .

المثال 8

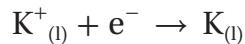
أكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث على الأقطاب عند التحليل الكهربائي لمصهور بروميد البوتاسيوم KBr ، ثم أكتب نواتج التحليل الكهربائي له.

الحل

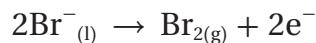
بروميد البوتاسيوم مركب أيوني يتفكك عند صهره بالحرارة بحسب المعادلة الآتية:



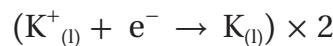
عند تمرير تيار كهربائي في مصهور مادة كهربائية، تتحرك أيونات البوتاسيوم الموجبة K^+ إلى القطب السالب (المهبط)، ويخترز مكوناً البوتاسيوم، كما يأتي: نصف تفاعل الاختزال / مهبط:



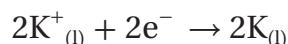
أما أيون البروميد السالب Br^- فيتحرك إلى القطب الموجب (المصعد) ويتآكسد، مكوناً جزءاً من البروم، كما يأتي: نصف تفاعل التأكسد / مصعد:



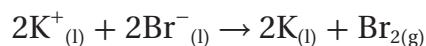
أضرب نصف تفاعل الاختزال في 2:



فيصبح:



أما معادلة التفاعل الكلي، فهو:



ونواتج التحليل الكهربائي لمصهور بروميد البوتاسيوم KBr هي تكون البوتاسيوم K والبروم Br_2 .

أتحقق: عند التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الكالسيوم CaCl_2 .

- أكتب نصف تفاعل المصعد والمهبط والتفاعل الكلي.
- أحدد نواتج التحليل الكهربائي للمصهور.

التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهربائية

Electrolysis of an Electrolyte Solution

عند إذابة المادة الكهربائية في الماء، فإنها تتفكّك إلى أيوناتٍ موجبة وسالبة حرّة الحركة، وعند تمرير تيارٍ كهربائيٍّ في المحلول، يتحرّك الأيون الموجب وهو أيون الفلز باتجاه المهبط. وهناك احتمالان: إما أن تختزل أيونات الفلز الموجبة ويتكوّن الفلز، وإما أن يختزل الماء ويتكوّن غاز الهيدروجين، واعتماداً على سلسلة النشاط الكيميائي (الشكل 7)، فإنَّ الفلزات مثل: (Au, Fe, Sn, Pb, Cu, Ag) هي التي تترسّب نتيجة اختزال أيوناتها الموجبة.

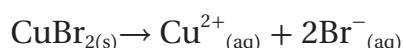
أما الفلزات مثل: (Al, Mg, Ca, Li, Na, K) في السلسلة، فلا تختزل أيوناتها ويختزل الماء ويتضاعف غاز الهيدروجين. أما عند المصعد، فإنَّ أيونات الكلوريد Cl^- وأيونات البروميد Br^- وأيونات اليوديد I^- تتأكسد مكوّنة جزيئات Cl_2 , Br_2 , I_2 . والأمثلة الآتية توضح ذلك.

المثال ٩

أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس CuBr_2 (II).

الحل

أكتب معادلة تفكّك ملح بروميد النحاس CuBr_2 في الماء:



عند مرور تيارٍ كهربائيٍّ في محلول بروميد النحاس فإنَّ أيونات النحاس الموجبة Cu^{2+} تتحرّك باتجاه المهبط وتختزل، ويتكوّن النحاس كما يأتي:



أما أيونات البروميد السالبة Br^- فتتحرّك باتجاه قطب المصعد وتأكسد، ويتكوّن البروم Br_2 كما يأتي:



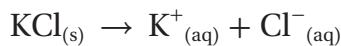
أيَّ أنَّ نواتج التحليل الكهربائي هي تكون النحاس Cu عند المهبط، وتكون البروم Br_2 عند المصعد.

المثال 10

أستنتاج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl .

الحل

أكتب معادلة تفكيك ملح كلوريد البوتاسيوم KCl في الماء:



أيونات K^{+} لا تختزل عند المهبط، بل يختزل الماء ويكون غاز الهيدروجين H_2 كما يأتي:



أما أيونات الكلوريد السالبة Cl^{-} فتحرك باتجاه القطب الموجب و تأسد، ويكون غاز الكلور Cl_2 كما يأتي:

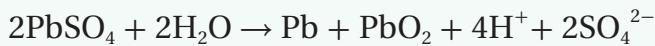


أي أن نواتج التحليل الكهربائي هي غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط، وغاز الكلور Cl_2 عند المصعد.

✓ **أتحقق:** أستنتاج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد الصوديوم NaI .

الربط بالحياة

شحن البطارية: البطارية خلية جلفانية يحدث فيها تفاعل تأسد واحتزال يُتيح تياراً كهربائياً، وعندما يعاد شحن البطارية، فإنها تعمل بوصفها خلية تحليل كهربائي؛ إذ يمر فيها تيار كهربائي يتسبب في حدوث تفاعل التأسد والاحتزال، وهو عكس التفاعل الذي يحدث في أثناء استخدام البطارية، فمثلاً، في بطارية السيارة فإن التفاعل الذي يحدث في أثناء الشحن هو:



وهو عكس التفاعل المُتيح للطاقة فيها، وتحدث عملية الشحن آلياً عبر محرك السيارة. أما في الهواتف والحواسيب المحمولة والسيارات الكهربائية وغيرها، فإن الشحن يتم باستخدام مصدر خارجي للتيار الكهربائي.



تطبيقات خلايا التحليل الكهربائي

Electrolysis Cells Applications

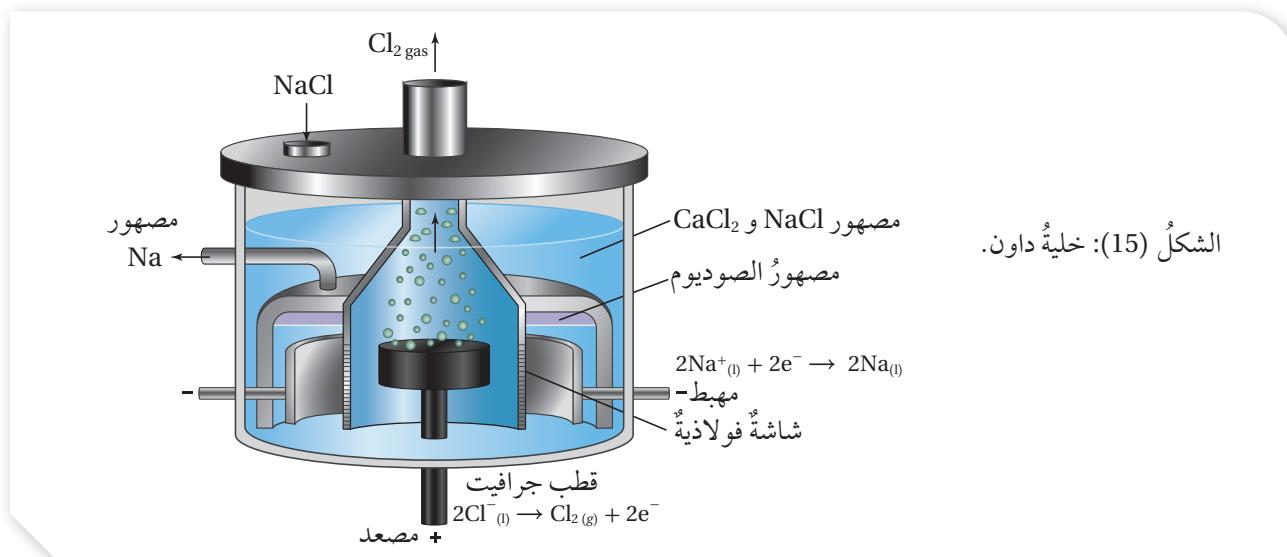
تُحَوَّلُ خلَايَا التَّحْلِيلِ الْكَهْرَبَائِيِّ الطَّاقَةَ الْكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى طَاقَةٍ كِيمِيَّيَّةٍ باسْتِخْدَامِ تِيَارٍ كَهْرَبَائِيٍّ يَؤْدِي إِلَى إِحْدَاثِ تَفَاعُلٍ التَّكْسِدِ وَالْأَخْتِرَالِ، وَلِهَذِهِ الْخَلَايَا تَطْبِيقَاتٌ مَهْمَّةٌ، فَمَثَلًا، تُحْضُرُ الْفَلَزَاتُ النَّشِطَةُ كَالْصُودِيُومِ وَالْمَغْنِيُومِ بِالْتَّحْلِيلِ الْكَهْرَبَائِيِّ لِمَصَاهِيرِ الْكَلُورِيدَاتِ الْخَاصَّةِ بِهَا، وَكَذَلِكَ الْطَلَاءُ الْكَهْرَبَائِيُّ لِلْحُلُّيِّ أَوِ الْأَدَوَاتِ الْمَنْزِلِيَّةِ، سَوَاءً لِإِكْسَابِهَا مَظَهَرًا جَمِيلًا أَوْ لِحِمَايَتِهَا مِنَ التَّاَكُلِ.

استخلاص الصوديوم Extracting Sodium

تُستخدم عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl في استخلاص الصوديوم صناعيًّا باستخدام خلية داون Down's Cell الموضحة في الشكل (15)، عند تمرير تيار كهربائيًّا في مصهور كلوريد الصوديوم NaCl تتحرّك أيونات الكلوريد السالبة Cl^- باتجاه المصعد؛ حيث تأكّسُد مكوّنة غاز الكلور كما في المعادلة الآتية:

نصف تفاعل التأكسيد / مصعد: $2\text{Cl}^{-}_{(\text{l})} \rightarrow \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^{-}$

ألا حظ أنَّ المصعدَ في الخليةِ محااطٌ بشاشةٍ فولاذيةٍ تعزلُ غازَ الكلورِ الناتجَ، وتنمُّ تفاعلهُ مع الصوديوم الناتجِ، ويخرجُ غازُ الكلورِ من مخرجٍ خاصٍّ به.



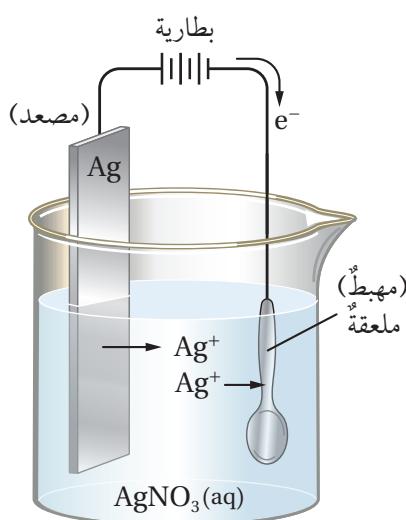
الشكل (15): خلية داون.



استخدام برماج

صانع الأفلام (Movie Maker) أو الكاميرا الرّقميّة، وأصصم فيلماً قصيراً عن التّحليل الكهربائيّ لمصاہير الأملاح ومحاليلها، وتطبيقات خلايا التّحليل الكهربائيّ، ثمّ أعرضه على زملائي / زميلاتي في الصّفّ، وأناقشهم فيه.

إنَّ الميدالية الذهبية التي يُكرَّمُ بها الفائزون في الألعاب الأولمبية لا تحتوي إلا جزءاً بسيطاً من الذهب، وللجنَّة الأولمبية العالمية هيَ مِنْ يُضْعَفُ مواصفاتِ الميداليات الأولمبية، وتتوافقُ على التصميم المقدَّم منَ الدولة المستضيفة. إذ يبلغُ قُطْرُ الميدالية الذهبية 85، وتبلغُ كتلتها (556 g)، (550 g) منها منَ الفضةِ الخالصة، وتُطلَى بطبقةٍ منَ الذهب كتلتها (6 g)، وعلى الرغمِ منَ ذلك، فإنَّ فرحة الفوز بالميدالية الذهبية كبيرة.

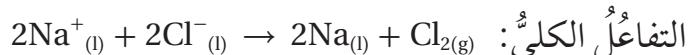


الشكل (16): طلاء ملعة بالفضة.
ما التغيير الذي يطرأ على كتلة قطبِ الفضة؟

أمّا أيوناتُ الصوديوم الموجبة Na^+ فتتحرَّكُ باتجاهِ المهبطِ، وتحدُث لها عمليةُ اختزالٍ، وت تكونُ ذراتُ الصوديوم كما في المعادلة الآتية:



وللحصول على معادلةِ التفاعل الكلّي، أجمعُ نصفي تفاعلِ التأكُّسِدِ والاختزالِ:



أيُّ أنَّ نواتجَ عمليةِ التحليلِ الكهربائيٍّ هيَ الصوديوم عندَ المهبطِ وغازُ الكلور عندَ المصعدِ.

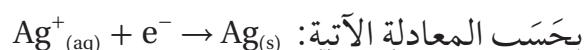
الطلاء الكهربائيٌّ Electroplating

درستُ سابقاً أنهُ يمكنُ حمايةُ العديدِ منَ الفلزاتِ منَ التآكلِ بطلاطِها بفلزٍ آخرَ، فمثلاً، منْ طرائقِ حمايةِ الحديدِ طلاوةُ بطبقةٍ منَ الخارصين، وهوَ ما يُسمَّى جلفنةَ الحديدِ، في حينِ تُعطَى بعضُ الفلزاتِ بطبقةٍ منَ فلزاتٍ أخرىٍ لإكسابِها مظهراً جميلاً.

تتضمنُ عمليةُ **الطلاء الكهربائيٌّ** **Electroplating** ترسيبَ طبقةٍ رقيقةٍ منَ المادةِ المرادِ طلاءُ بها على سطحِ المادةِ المرادِ طلاوتها. فإذا أريدَ طلاءً ملعةً بالفضةِ، توصلُ الملعقةُ بالقطبِ السالبِ للبطاريةِ، حيثُ تمثلُ المهبطُ في خليةِ التحليلِ الكهربائيٍّ، ويوصلُ قطبُ منَ الفضةِ وهيَ المادةُ المرادُ طلاءُ بها بالقطبِ الموجبِ للبطاريةِ، حيثُ يمثلُ المصعدُ، وكلاهما موضوعُ في محلولٍ كهربائيٍّ لأحدِ أملاحِ الفضةِ مثلِ محلولِ نتراتِ الفضةِ كما في الشكلِ (16)، عندَ إغلاقِ الدارةِ الكهربائية تتأكُّسُ ذراتُ الفضةِ المكونةُ للمصعدِ بحسبِ المعادلةِ الآتية:



وكذلكَ فإنَّ أيوناتِ الفضةِ تختزلُ وترسبُ على الملعقةِ (المهبطِ)



بحسبِ المعادلةِ الآتيةِ: بذلكَ يتمُّ طلاءُ الملعقةِ بالفضةِ.

أتحققُ: يُطلَى كثيُّرُ منَ الأدواتِ الفولاذيةِ كهربائياً بطبقةٍ منَ الكروم Cr لحمايتها منَ الصدأ. أكتبُ نصفي تفاعلِ التأكُّسِدِ والاختزالِ اللذينِ يحدُثانِ فيها. (شحنةُ أيونِ الكروم $3+$)

مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسية: كيف تسهم حركة الأيونات في إصال التيار الكهربائي في المحاليل المائية.

2- أوضح المقصود بكل مما يأتي:

ب. التحليل الكهربائي.

أ. المادة غير الكهربائية.

3- أفسر:

أ. بروميد الخارصين مركب أيوني صيغته $ZnBr_2$, غير موصل للتيار الكهربائي في حالة الصلابة.

ب. عند التحليل الكهربائي لمصهور $NaCl$ في خلية داون، يحاط المصعد بشاشة فولاذية.

4- أستنتج: أكمل الجدول الآتي:

عند المهبط	عند المصعد	نوافذ التحليل الكهربائي المصهور
		بروميد الفضة $AgBr$
		كلوريد الرصاص $PbCl_2$ (II)
المغنيسيوم Mg	اليود I_2	

5- يُراد استخدام الطلاء الكهربائي في طلاء خاتم نحاسي بالفضة.

أ. أحدد مكونات خلية الطلاء الكهربائي المستخدمة في ذلك.

ب. أكتب أنصاف التفاعلات التي تحدث عند كل من المصعد والمهبط.

6- عند التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم يتوج غاز الكلور. بناءً على ذلك، أجيب عن السؤالين الآتيين:

أ. أحدد القطب الذي يتكون عنده غاز الكلور.

ب. أكتب نصف التفاعل الذي يؤدي إلى تكوين غاز الكلور Cl_2 .

ج. أحدد القطب الذي يتكون عنده غاز الهيدروجين.

7- أكتب معادلات تمثل أنصاف التفاعلات الآتية:

أ. تكوين الألمنيوم Al من أيونات الألمنيوم Al^{3+} .

ب. تكوين البروم Br_2 من أيونات البروميد Br^- .

الإثراء والتلوّن

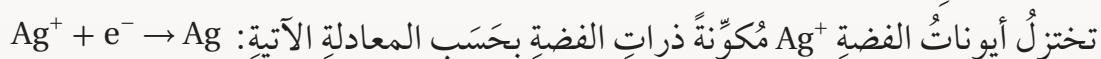
النظارات ذاتية التلوّن

Photochromic Glass



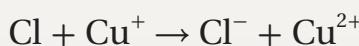
يفضلُ بعض الأشخاصِ الذينَ يرتدونَ النظاراتِ الطبيَّة ذاتَ العدساتِ ذاتية التلوّنِ عندَ التعرُّضِ للضَّوءِ Photochromic Lenses، حيثُ تصبحُ داكنَةً عندَ تعرُّضِها للضَّوءِ الساطعِ، ما يغنينَهم عنِ النظاراتِ الشمسيَّةِ. يمكنُ تفسيرُ هذا التغييرِ في اللونِ استجابةً للضَّوءِ اعتمادًا على تفاعلاتِ التأكسِيد والاختزالِ. فمنَ المأمولِ أنَّ العدساتِ في النظاراتِ العاديَّة مصنوعَةٌ منَ الزجاجِ الشفافِ للضَّوءِ المرئيِّ، أمَّا في العدساتِ ذاتية التلوّنِ، فيُعالِجُ الزجاجُ فيها بإضافةِ بلوراتِ كلوريد الفضةِ AgCl وبلوراتِ كلوريد النحاسِ $(\text{I})\text{CuCl}$ في أثناءِ تصنيعِ زجاجِ العدسةِ.

منْ خصائصِ كلوريد الفضةِ أنَّه يتأثَّرُ بالضَّوءِ، حيثُ تحدثُ لهُ التفاعلاتُ الآتيةُ:



تختزلُ أيوناتُ الفضةِ Ag^+ مُكوَّنةً ذراتِ الفضةِ بحسبِ المعادلةِ الآتيةِ: وتنَاسُدُ أيوناتُ الكلوريد Cl^- مُكوَّنةً ذراتِ الكلورِ بحسبِ المعادلةِ الآتيةِ: تتجمَّعُ ذراتُ الفضةِ معاً وتمُنُّ انتقالَ الضَّوءِ، ما يؤدِي إلى تغميقِ لونِ زجاجِ العدسةِ، ويحدثُ ذلكَ فورَ التعرُّضِ للضَّوءِ. وحتى تكونَ هذِه النظاراتُ عمليَّة، يجبُ أنْ يحدُثَ العكسُ منْ ذلكَ بعيدًا عنِ الضَّوءِ (في الظلِّ أو الليلِ) وهوَ ما يقومُ بهِ كلوريد النحاسِ $(\text{I})\text{CuCl}$.

فعنَّدَ وقوفِ الشخصِ في الظلِّ يحدُثُ التفاعلُ الآتيُ:



تختزلُ أيوناتُ Cu^+ ذراتِ الكلورِ التي تكونَتْ نتيجةً للتعرُّضِ للضَّوءِ وتحوَّلُها إلى أيوناتِ Cl^- ، وكذلكَ تنَاسُدُ أيوناتُ Cu^+ إلى Cu^{2+} ، ثمَّ تفاعُلُ أيوناتُ Cu^{2+} معَ ذراتِ الفضةِ التي تكونَتْ نتيجةً للتعرُّضِ للضَّوءِ وتوَكِسُدُها إلى أيوناتِ الفضةِ Ag^+ وتختزلُ إلى Cu^+ بحسبِ المعادلةِ الآتيةِ:



وبذلكَ تصبحُ العدسةُ شفافةً مِرَّةً أخرى.

أبحث أبحثُ عنْ فوائدَ آخرِي للعدساتِ ذاتية التلوّنِ، مستعينًا بالإِنترنت والمصادرِ العلميَّة المتاحةِ، ثمَّ أصمِّمُ عرضاً تقدِيمياً، ثمَّ أعرِضُهُ على زملائي / زميلاتي.

مراجعة الوحدة

1. **أقارنُ** بينَ الخليةِ الجلفانيةِ وخليةِ التحليلِ الكهربائيِّ بحسبِ الجدولِ الآتي:

نوع الخلية	وجه المقارنة	ال الخليةِ الجلفانية	خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ
تحولات الطاقة في الخلية			
التفاعل الذي يحدث عند المصعد			
التفاعل الذي يحدث عند المهبط			
شحنة المصعد			
شحنة المهبط			

2. أوضحُ المقصودَ بكلِّ منَ:

أ. الاختزالِ. ب. القطبِ. ج. الطلاءِ الكهربائيِّ.

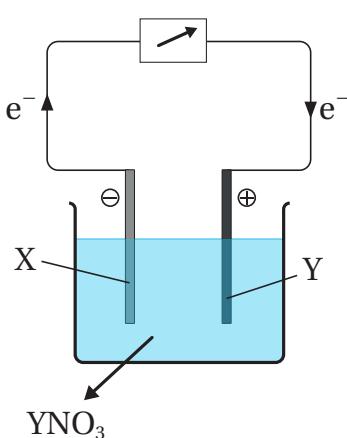
3. **أفسرُ** ما يأتي، مستعيناً بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ:

أ. فرقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منْ خليةِ جلفانيةِ قطباها (خارصين - فضة) أكبرُ منْ فرقُ الجهدِ الناتجُ منْ خليةِ جلفانيةِ قطباها (حديد - نحاس).

ب. يُستخلصُ المغنيسوم منْ مصهورِ كلوريد المغنيسوم بالتحليلِ الكهربائيِّ للمصهورِ.

4. تُتَّبِعُ بطاريةُ السيارةِ فرقَ جهدِ كهربائيِّ يساوي (12 V). هلْ يمكنُ استخدامُ (8) بطارياتٍ جافةٍ عوضاً عنها لقيادةِ السيارة؟ أبُرِّرُ إجابتي.

5. **أتأمِّلُ** الشكلَ المجاورَ الذي يمثلُ خليةَ كهروكيميائيةَ، قطباها الفلزانِ Y, X في محلولِ كهروليِّ YNO_3 , ثمَّ أجيِّبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ. ما نوعُ الخليةِ الكهروكيميائيةِ؟

ب. أَحدُدُ المصعدَ والمهبطَ في الخليةِ.

ج. أَيُّ الفلزُينِ أَكْثُرُ نشاطاً؟

د. أَحدُدُ الفلزَ الذي تحدُثُ لَهُ عمليَّةٌ تَأكُسِّدِ.

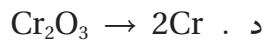
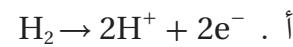
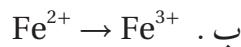
ه. ماذا تُسمّى المادَّةُ التي تحدُثُ لَهَا عمليَّةٌ اختزالٍ؟

و. ما التغييرُ الذي يطرأُ على كتلةِ القطبِ Y؟

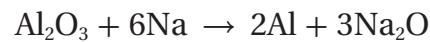
6. أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ فقرةٍ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

مراجعة الوحدة

1. نصفُ التفاعلِ الذي يمثلُ الاختزالَ في ما يأتي هوَ:



2. العاملُ المختزلُ في التفاعلِ الآتي هوَ:



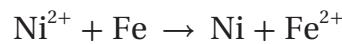
د . Na

ج . Na_2O

ب . Al

أ . Al_2O_3

3. العاملُ المؤكسدُ في التفاعلِ الآتي هوَ:



د . Fe^{2+}

ج . Ni

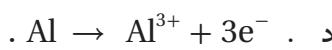
ب . Fe

أ . Ni^{2+}

4. واحدةٌ منَ العملياتِ الآتية لا تُعدُّ تأكسداً:

ب . فقدُ الإلكتروناتِ.

أ . تفاعلُ العنصر معَ الأكسجينِ.



ج . كَسبُ الإلكتروناتِ.

5. الوصفُ الصحيحُ لنصفِ التفاعل $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$ هوَ:

ب . أيوناتُ المغنيسيوم تفقدُ الإلكتروناتِ.

أ . أيوناتُ المغنيسيوم تتأكسدُ.

د . نصفُ تفاعلٍ اختزالٍ.

ج . نصفُ تفاعلٍ تأكسدٍ.

6. العاملُ المؤكسدُ هوَ المادةُ التي:

ب . ترتبط بالأكسجين في أثناءِ التفاعلِ.

أ . يحدثُ لها تأكسدٌ.

د . تفقدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

ج . تؤكسدُ مادةً آخرَ.

7. في التفاعلِ الآتي: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ يكونُ العاملُ المختزلُ:

د . CO_2

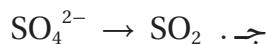
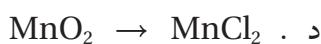
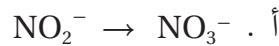
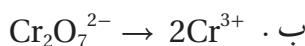
ج . Fe

ب . CO

أ . Fe_2O_3

مراجعة الوحدة

8. واحدٌ منْ أنصافِ التفاعلاتِ غير الموزونة الآتية يمثلُ تفاعلاً تأكسديًّا:



9. المادةُ التي تتأكسدُ هيَ المادةُ التي:

ب . تكسُبُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

أ . تُفقدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

د . تسبُبُ تأكسدَ مادةً أخرى.

ج . يَتَنزَعُ الأكسجينَ منها.

10. الوصفُ الصحيحُ للمادةِ التي تحدثُ لها عمليةُ احتزالٍ في تفاعلٍ ما هوَ:

ب . تمثلُ العاملَ المؤكسدَ.

أ . يَحدُثُ فيها فقدُ في الإلكتروناتِ.

د . يتحولُ فلزُ الفضةِ إلى أكسيدِ الفضةِ.

ج . تمثلُ العاملَ المختزلَ.

11. التفاعلُ الذي يحدُثُ عندَ المهبطِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيٍّ لمحلولِ بروميد النحاس CuBr_2 باستخدامِ

أقطابِ جرافيت هوَ:

ب . احتزالُ أيوناتِ النحاسِ

أ . تأكسدُ النحاسِ

د . احتزالُ الماءِ

ج . تأكسدُ الماءِ

12. يَتَّسِعُ منْ عمليةِ التحليلِ الكهربائيٍّ لمصهورِ يوديد البوتاسيوم KI :

ب . الكلور والبوتاسيوم

أ . اليود والبوتاسيوم

د . اليود والصوديوم

ج . الكلور والصوديوم

13. يحدُثُ التفاعلُ الآتي في خليةِ جلفانيَّةٍ: $\text{Cd} + \text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Ni}$ وعليهِ، فإنَّ العبارةَ غيرَ الصحيحةِ

في ما يأتي هيَ:

ب . Ni^{2+} عاملٌ مؤكسدٌ

أ . Cd عاملٌ مختزلٌ

د . Cd يمثلُ المصدعَ

ج . Ni يمثلُ المصدعَ

14. عندَ التحليلِ الكهربائيٍّ لمصهورِ فلوريد البوتاسيوم KF فإنَّ التفاعلَ الحاصلَ عندَ المهبطِ هوَ:

ب . احتزالُ F^-

أ . تأكسدُ F^-

د . احتزالُ K^+

ج . تأكسدُ K^+

مراجعة الوحدة

15. يتكونُ عند المتصعد في خلية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الليثيوم LiCl .

أ. O_2 .

ب. Li .

ج. H_2 .

د. Cl_2 .

16. يتكونُ عند المهبط في خلية التحليل الكهربائي لمحلول بروميد البوتاسيوم KBr :

أ. Br .

ب. H_2 .

ج. O_2 .

د. K .

17. في الخلية الجلفانية التي تفاعلها: $\text{Zn} + \text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Ni}$

أ. يكونُ القطب Zn هو القطب الموجب.

ب. تزدادُ كتلة القطب Ni .

ج. تسيرُ الإلكتروناتُ من القطب Ni إلى القطب Zn .

د. يكونُ القطب Ni هو القطب السالب.

18. الفلز الذي يمكن تحضيره بالتحليل الكهربائي لمحلوله، هو:

أ. Na .

ب. Ag .

ج. Mg .

19. أيُّ الجمل الآتية غيرُ صحيحةٍ في ما يتعلّق بالخلية الجلفانية:

أ. المتصعد سالبُ الشحنة.

ب. المهبط موجبُ الشحنة.

ج. التأكسدُ يحدثُ عند المهبط.

د. تحرُكُ الإلكتروناتُ من المتصعد إلى المهبط.

د. تحرُكُ الإلكتروناتُ من المتصعد إلى المهبط.

أ. شحنة القطب Z موجبة

ب. شحنة القطب Q موجبة

ج. كتلة Z تقلُّ بمرورِ الزمن

د. كتلة Q تزدادُ بمرورِ الزمن

مسرد المصطلحات

- **أكسيد الفلز Metal Oxide**: مركب كيميائي ينتج من تفاعل الفلز مع الأكسجين.
- **الاختزال Reduction**: نزع الأكسجين من المركب، أو اكتساب الإلكترونات.
- **التأكسد Oxidation**: اتحاد أو ارتباط العنصر (أو المركب) بالأكسجين، أو فقد الإلكترونات.
- **تآكل الفلز Metal Corrosion**: تكون طبقة جديدة على سطح الفلز تنتج من تفاعل الفلز مع مكونات الهواء، ما يجعل الفلز أضعف وأكثر هشاشة.
- **تفاعل الإحلال Displacement Reaction**: التفاعل الذي يحل فيه العنصر النشط محل العنصر الأقل نشاطاً.
- **تفاعل التأكسد والاختزال Oxidation-Reduction Reaction**: التفاعل الذي تحدث فيه عمليتان متراقبان، إدراكهما تأكسد والأخر اختزال.
- **التحليل الكهربائي Electrolysis**: تمرير تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهربائية، يؤدي إلى إحداث تفاعل تأكسد واحتزال.
- **الجلفنة Galvanizing**: تغطية الحديد بطبقة من فلز آخر أكثر نشاطاً من الحديد، حيث يتآكل الفلز بدلاً من الحديد ويحميه من التآكل.
- **خلية الوقود Fuel Cell**: خلية جلافية يحدث فيها تفاعل تأكسد واحتزال مُنتج للطاقة الكهربائية، تزودان باستمرار بالمواد المتفاعلة أو الوقود.
- **خلية التحليل الكهربائي Electrolysis Cell**: الخلايا الكهروكيميائية التي تتحول فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.
- **الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical Cells**: الأداة التي تحدث فيها تفاعلات تأكسد واحتزال وهي مُنتجة للطاقة الكهربائية أو مستهلكة لها.
- **الخلايا الجلفانية Galvanic Cells**: الأداة التي يحدث فيها تفاعل تأكسد واحتزال مُنتج للطاقة الكهربائية.

- سلسلة النشاط الكيميائي **Chemical Activity Series**: ترتيب الفلزات وفقاً لنشاطها النسبي، من الأكثر نشاطاً إلى الأقل نشاطاً، ويطلق عليها أيضاً سلسلة التفاعلية.

• السبائك **Alloys**: وهي خليط من الفلز وعناصر أخرى قد تكون فلزات أو لافلزات.

• صدأ الحديد **Iron Rust**: طبقة هشة من أكسيد الحديد $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (تشير n إلى عدد جزيئات الماء المرتبطة بأكسيد الحديد) تتكون على سطح الحديد نتيجة تفاعله مع أكسجين الهواء الجوي بوجود الماء أو بخار الماء.

• الطلاء الكهربائي **Electroplating**: ترسيب طبقة رقيقة من المادة المراد الطلاء بها سطح المادة المراد طلاؤها.

• عامل مخزل **Reducing Agent**: المادة التي تتأكسد وتسبب اختزال غيرها.

• عامل مؤكسد **Oxidizing Agent**: المادة التي تختزل وتسبب تأكسد غيرها.

• عملية الجلفنة **Galvanizing Process**: تغطية الحديد بطبقة من فلز آخر أكثر نشاطاً من الحديد، مثل الخارصين، حيث يتاكل الفلز بدلاً من الحديد ويمتنع تأكله.

• القطب **Electrode**: مادة صلبة موصلة في دارة كهربائية، تنقل الإلكترونات من المحلول أو المصهور وإليه.

• المادة الكهربائية **Electrolyte**: مادة تتفكك إلى أيونات موجبة وأخر سالبة حرقة عند صهرها أو إذابتها في الماء.

• المادة غير الكهربائية **Non-Electrolyte**: مادة لا تتفكك إلى أيونات حرقة عند صهرها أو ذوبانها في الماء بل تبقى على هيئة جزيئات متعادلة.

• المصعد **Anode**: القطب الذي تحدث عند عملية التأكسد.

• المهبط **Cathode**: القطب الذي تحدث عند عملية الاختزال.

• الملح **Salt**: مادة ناتجة من تفاعل الحمض مع قاعدة أو مع فلز.

• نشاط الفلز **Metal Reactivity**: سرعة فقد الفلز إلكتروناته في التفاعل وتكون أيوناته الموجب.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع العربية:

1. خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج 2، 2009.
2. محمد الدرملي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة، ماهيتها، عناصرها**، دار العلم والإيمان، ودار الجديد للنشر والتوزيع، 2018.

ثانياً- المراجع الأجنبية:

1. Ebbing, Gammon, **General Chemistry**, 11th Ed, Houghton Mifflin Company, 2017.
2. Harper Collins, Collins International GCSE, **Chemistry**, Cambridge UK, 2014.
3. Harper Collins, Collins A & As, **Chemistry**, Cambridge UK, 2014.
4. Myers, Thomas, Oldham, **Chemistry**, Online Ed, Holt, Rinehart Winston, 2006.
5. Raymond Chang, **Chemistry**, 10th Edition, Singapore, 2010.
6. Sarquis Mickey, Jerry, **Modern Chemistry**. Houghton Mifflin, 2017.
7. Staley, Matta, Waterman, **Chemistry**, Pearson Education, 2017.
8. Stevens Zumdal, **Chemistry**, 20th Ed, Boston, New York, 2018.