المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الكيمياء

الصف التاسع - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

9

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الكيمياءُ

الصفُّ التاسعُ - كتابُ الطالبِ

الفصلُ الدراسيُّ الثاني

9

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود

تيسير أحمد الصبيحات

جميلة محمود عطية

أسماء عبد الفتاح طحليش

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

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

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

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقم (2022/8)، تاريـخ 15/ 2022/12م، وقرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2022/135) تاريـخ 2022/12/28 م بـدءًا من العام الـدراسي 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

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف 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.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1443 هـ / 2022 م
أُعيدت طباعته 1444 هـ / 2023 م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ ..... **الصفحـةُ**

المقدِّمةُ .....

الوحدةُ الثالثةُ: نشاطُ الفلزاتِ **7**

تجرِبةٌ استهلاليّةٌ: بعضُ الخصائصِ الفيزيائيةِ للفلزاتِ 9

الدرسُ الأولُ: تفاعلاتُ الفلزاتِ 10

الدرسُ الثاني: سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ وتآكلُ الفلزاتِ 21

الإثراءُ والتوسُّعُ: استخلاصُ الحديدِ 32

مراجعةُ الوحدةِ 33

الوحدةُ الرابعةُ: الكيمياءُ الكهربائيةُ **37**

تجرِبةٌ استهلاليّةٌ: بطاريةُ الليمونِ 39

الدرسُ الأولُ: التأكسدُ والاختزالُ والخلايا الجلفانيةُ 40

الدرسُ الثاني: خلايا التحليلِ الكهربائيِّ 59

الإثراءُ والتوسُّعُ: النظاراتُ ذاتيةُ التلوُّنِ 69

مراجعةُ الوَحدةِ 70

مسردُ المصطلحاتِ 74

قائمةُ المراجعِ 76

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

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

وَيُعدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى 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 عالميًّا؛ انسجامًا والقِيَم الوطنية الراسخة، واستجابة لحاجات أبنائِنا الطلبة والمعلِّمين والمعلمات.

وقد جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا مضامين الإطارين العام والخاص للعلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المتمثلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الحادي والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتَزٍّ -في الوقت نفسه- بأنتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر له فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

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

أُلحِقَ بكتاب الكيمياء كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية التي تنمي مهارات العمل المخبري، ويحتوي جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة، بدءًا بعرض الأساس النظري لكلّ تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات السلامة، وانتهاءً بأسئلة

التحليل والاستنتاج. وَتَضَمَّنَ الكتاب أيضًا أسئلة تفكير تحاكي أسئلة STEAM؛ بُغْيَةَ تعزيز فهم الطالب موضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديه.

ونحن إذْ نُقدّمُ هذه الطبعةَ منَ الكتاب، فإنّا نؤمِّل أن يُسهِمَ في تحقيق الأهداف والغايات النهائيّة المنشودة لبناء شخصيّة المتعلّم، وتنمية اتجاهات حُبّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرّ، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواهُ، وإثراءِ أنشطته المتنوّعة، ورصد ملاحظات المعلّمين والمعلمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدةُ 3

نشاطُ الفلزاتِ

Reactivity of Metals

أتأمَّلُ الصورةَ

تتفاعلُ الفلزاتُ معَ الهواءِ والماءِ بسرعاتٍ مختلفةٍ وَفْقًا لنشاطِها الكيميائيِّ. فمثلًا، يصدأُ الحديدُ ببطءٍ، أما فلزُّ الصوديوم، فيتفاعلُ معَ الهواءِ والماءِ بسرعةٍ كبيرةٍ. فلماذا تختلفُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ؟ وكيفَ يمكنُ ترتيبُ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها الكيميائيِّ؟

الفكرةُ العامَّةُ:

تختلفُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ عندَ تفاعلِها معَ الهواءِ والماءِ والحموضِ، وبناءً على هذا الاختلافِ رُتِّبَتِ الفلزاتُ في سلسلةِ نشاطٍ كيميائيٍّ، ويمكنُ عنْ طريقِ هذا الترتيبِ التنبؤُ بنواتجِ تفاعلاتِ هذِهِ الفلزاتِ.

الدرسُ الأوَّلُ: تفاعلاتُ الفلزاتِ

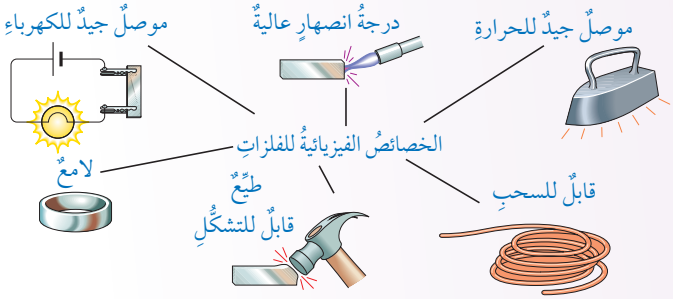
الفكرةُ الرئيسةُ: تتفاوتُ الفلزاتُ في سرعةِ تفاعلِها معَ كلٍّ من غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك المخففِ، ويُعبَّرُ عنْ تفاعلاتِها بمعادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.

الدرسُ الثاني: سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ وتآكلُ الفلزاتِ

الفكرةُ الرئيسةُ: رُتِّبَتِ الفلزّاتُ وَفْقًا لسرعةِ تفاعلِها معَ الهواءِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريكِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، التي يمكنُ الاستفادةُ منها بالتنبؤِ بحدوثِ التفاعلاتِ وقابليةِ الفلزاتِ للتآكُلِ.

بعضُ الخصائصِ الفيزيائيةِ للفلزاتِ

الموادُّ والأدواتُ: أطباقٌ بلاستيكيةٌ تحتوي عيناتٍ منْ فلزاتٍ مختلفةٍ على صورةِ أشرطةٍ أوْ أسلاكٍ منَ النحاسِ Cu، والألمنيوم Al، والحديدِ Fe، الخارصين Zn، المغنيسيوم Mg، مطرقةٌ صغيرةٌ، ورقُ صنفرةٍ، بطاريةٌ، أسلاكُ توصيلٍ، مصباحٌ، لاصقٌ بلاستيكيٌّ.



إرشاداتُ السلامةِ:

- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفافيزَ.
- أتوخّى الحذرَ عندَ استخدامِ المطرقةِ.

خُطُواتُ العملِ:

1. **أُلاحظُ:** أنظفُ الفلزاتِ بورقِ الصنفرةِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي عنِ: الحالةِ الفيزيائيةِ، واللونِ، واللمعانِ لكلِّ فلزٍّ مُستخدَمٍ في النشاطِ.
2. **أُلاحظُ:** أضعُ عينةَ فلزِّ المغنيسيوم على سطحٍ صُلبٍ، ثمَّ أطرقُها بالمطرقةِ برفقٍ. هلِ الفلزُّ هشٌّ ويتحطمُ أمْ أنَّهُ قابلٌ للطرْقِ ويتسطحُ؟ أدوِّنُ ملاحظاتي.
3. **أُجرّبُ:** أكررُ الخطوةَ 2 لبقيةِ الفلزاتِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي.
4. **أُجرّبُ:** أصلُ أجزاءَ الدارةِ الكهربائيةِ (البطاريةَ، أسلاكَ التوصيلِ، المصباحَ)، ثمَّ أثبتُها باللاصقِ، ثمَّ أتفحصُ توصيلَ شريطِ المغنيسيوم للكهرباءِ. هلْ يضيءُ المصباحُ؟ أدوِّنُ ملاحظاتي.
5. **أُجرّبُ:** أكررُ الخطوةَ 4 لبقيةِ الفلزاتِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي.
6. **أُنظّمُ البياناتِ:** أُدوِّنُ ملاحظاتي الخاصةَ بالخصائصِ الفيزيائيةِ للفلزاتِ في الجدولِ الآتي:

الفلزُّ	الحالةُ الفيزيائيةُ	اللونُ	اللمعانُ	القابليةُ للطرْقِ	التوصيلُ الكهربائيُّ
النحاس Cu					
الألمنيوم Al					

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- أُحدّدُ أربعَ خصائصَ فيزيائيةٍ عامةٍ للفلزاتِ.

2- **أُفسّرُ** أهميةَ تنظيفِ سطحِ الفلزِّ بورقِ الصنفرةِ قبلَ فحصِهِ.

57 La Cerium 140.12

الفكرةُ الرئيسةُ:

تتفاوتُ الفلزاتُ في سرعةِ تفاعلِها معَ كلٍّ منَ غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك المخففِ، ويُعبَّرُ عنْ تفاعلاتِها بمعادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ الآتيةِ: نشاطُ الفلزِّ، أُكسيدُ الفلزِّ، المِلحُ، السبائكُ.
- أقارنُ نشاطَ الفلزاتِ عَبْرَ تفاعلِها مع غازِ الأكسجينِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ.
- أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً موزونةً لتفاعلاتِ بعضِ الفلزاتِ معَ الماءِ وغازِ الأكسجينِ وحمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

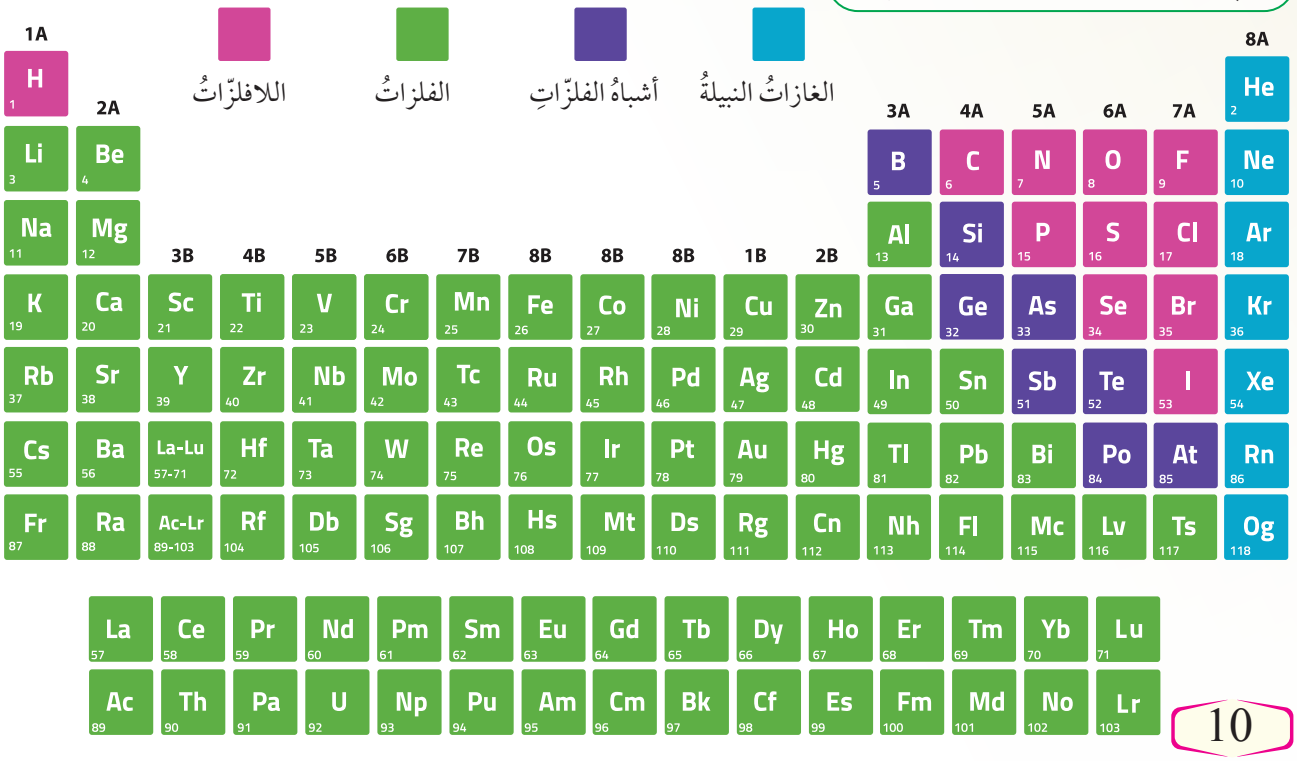
نشاطُ الفلزِّ	Metal Reactivity
أكسيدُ الفلزِّ	Metal Oxide
المِلحُ	Salt
السبائكُ	Alloys

تفاعلُ الفلزاتِ معَ غازِ الأكسجينِ، والماءِ، وحمضِ الهيدروكلوريك المخففِ

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

عرفْتُ سابقًا أنَّ الفلزاتِ تقعُ يسارَ الجدولِ الدوريِّ ووسطَهُ، وتُعَدُّ المجموعتانِ الأولى (IA) والثانيةُ (IIA) منْ أكثرِ الفلزاتِ نشاطًا، وتُعَدُّ العناصرُ الانتقاليةُ أيضًا منَ الفلزاتِ. أنظرُ إلى الشكلِ (1). وتختلفُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ، ما يؤدي إلى التفاوُتِ في سرعةِ تفاعُلِها، فالصوديوم والبوتاسيوم منْ أكثرِها نشاطًا، في حينِ أنَّ الذهبَ والبلاتين منْ أقلِّها نشاطًا. فلماذا تتفاوتُ الفلزاتُ في نشاطِها الكيميائيِّ؟ وماذا يَنتُجُ منْ تفاعُلِها؟

الشكلُ (1): مواقعُ الفلزاتِ في الجدولِ الدوريِّ.



الشكلُ (2): أشرطةٌ لامعةٌ من فلزَّي الفضةِ والنحاسِ.

تتميزُ الفلزاتُ Metals بوجه عامٍّ بأنَّها عناصرُ صُلبةٌ لامعةٌ قابلةٌ للطَّرْقِ والسَّحْبِ، أنظرُ إلى الشكلِ (2). كما أنَّها موصلةٌ للحرارةِ والكهرباءِ.

تكَـونُ الفلـزاتُ أيونـاتٍ موجبـةً نتيجـةً لفَقْدِهـا الإلكتروناتِ في تفاعلاتِهـا، وتتفـاوتُ الفلزاتُ في سـرعةِ تفاعلِها معَ غاز الأكسـجينِ والمـاءِ وحمـضِ الهيدروكلوريـك المُخفّـفُ تِبعًـا لتفاوتِ نشـاطِها، ويُعـرفُ **نشـاطُ الفلـزِّ Metal Reactivity** بقُـدرةِ الفلـزِّ علـى فقـدِ الإلكترونـاتِ وتَكَوُّنِ أيونِـهِ الموجبِ. يختلفُ هذا النشـاطُ باختلافِ مواقـعِ الفلـزاتِ فـي الجـدولِ الـدوريِّ، وتركيبِهـا الإلكترونـيِّ، وتفـاوتِ حجـومِ ذراتِهـا فـي المجموعـةِ الواحـدةِ. فكيـفَ نسـتدلُّ علـى نشـاطِ الفلـزاتِ؟ ومـا مؤشـراتُ حـدوثِ تفاعلاتِها؟

تفاعلُ الفلزاتِ معَ غازِ الأكسجينِ
Reactions of Metals with Oxygen Gas

أتوقـعُ: هـلْ سيتغيَّرُ لونُ التفاحِ إذا تعرَّضَ للهواءِ بعدَ تقطيعِـهِ؟ ما العلاقةُ بينَ ما يحدثُ لَهُ وبينَ ما يحدثُ لهيكلِ سيارةٍ مهجورةٍ؟ يحتوي التفاحُ موادَّ عدةً مفيدةً للجسمِ، منها الحديدُ، وعندَ تعرُّضِ سطحِ التفاحةِ لأكسجينِ الهواءِ، يتفاعلُ معَهُ فتَنتُجُ منْ ذلكَ طبقةٌ بُنّيّةٌ داكنةٌ، كما يتعرضُ الهيكلُ الحديديُّ للسيارةِ المهجورةِ لأكسجينِ الهواءِ الرطبِ، ويتفاعلُ معَهُ ويَنتُجُ منْ ذلكَ صدأُ الحديدِ كما في الشكلِ (3).

الشكلُ (3): سطحُ تفاحةٍ مُعرَّضٌ للهواءِ وسيارةٌ صدِئةٌ.

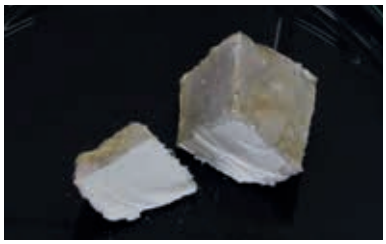
تتفاعلُ الفلزاتُ معَ أكسجينِ الهواءِ الجويِّ، فيتغيرُ لونُ سطحِها ليصبحَ أقلَّ لمعانًا؛ نتيجةَ تكوُّنِ طبقةٍ صُلبةٍ منْ أكسيدِ الفلزِّ عليهِ.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ويُعرَفُ **أكسيدُ الفلزِّ Metal Oxide** بأنَّهُ مركّبٌ كيميائيٌّ ينتُجُ منْ تفاعلِ الفلزِّ معَ غازِ الأكسجينِ.

ويُعبَّرُ عنْ تفاعلِ الفلزِّ معَ غازِ الأكسجينِ بالمعادلةِ العامةِ الآتيةِ:

فلزٌّ + غازِ الأكسجينِ ⟵ أكسيد الفلز

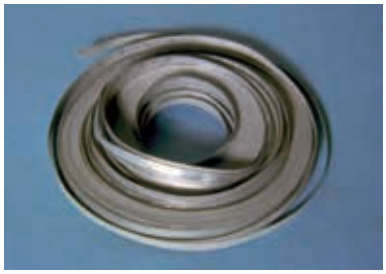


الشكلُ (4): تفاعلُ فلزِّ الصوديوم معَ الأكسجينِ.

تتفاعلُ الفلزاتُ القلويةُ: الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم بسرعةٍ معَ غازِ الأكسجينِ، فعندَ قَطْعِ فلزِّ الصوديوم بالسكينِ، يتغيرُ لونُ سطحِهِ في مكانِ القَطْعِ منْ فضيٍّ لامعٍ إلى رماديٍّ باهتٍ خلالَ ثوانٍ نتيجةَ تفاعلِهِ معَ أكسجينِ الهواءِ، وتتكوّنُ طبقةٌ منْ أكسيدِ الصوديوم Na_2O كما في الشكلِ (4).

والمعادلةُ الكيميائيةُ الآتيةُ تبيّنُ تفاعلَ فلزِّ الصوديوم معَ غازِ الأكسجينِ:

$$4Na_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Na_2O_{(s)}$$



الشكلُ (5): شريطُ مغنيسيوم قاتمٍ.

وتتفاعلُ الفلزاتُ القلويةُ الأرضيةُ مع غازِ الأكسجينِ أيضًا، ولكنْ، بسرعةٍ أقلَّ منْ سرعةِ تفاعُلِ الفلزاتِ القلويةِ، فمثلًا، يتطلبُ تفاعلُ فلزِّ الكالسيوم معَ غازِ الأكسجينِ بضعَ دقائقَ، وهذا يشيرُ إلى أنَّ سرعةَ تفاعلِهِ معَ غازِ الأكسجينِ أقلُّ منْ سرعةِ تفاعلِ الصوديوم. والمعادلةُ الآتيةُ تبيّنُ تفاعلَ فلزِّ الكالسيوم معَ غازِ الأكسجينِ:

$$2Ca_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CaO_{(s)}$$

الشكلُ (6): فلزُّ الألمنيوم في إطاراتِ النوافذِ.

ويحتاجُ كذلكَ تفاعلُ فلزِّ المغنيسيوم معَ غازِ الأكسجينِ مدةً منَ الزمنِ؛ فعندَ ترْكِهِ مُعرَّضًا للهواءِ، يصبحُ سطحُهُ قاتمًا نتيجةَ تكوُّنِ طبقةٍ منْ أكسيدِ المغنيسيوم MgO عليهِ، أنظرُ إلى الشكلِ (5). ولذلكَ يجبُ حفظُهُ في أوعيةٍ مغلقةٍ، لكنَّهُ يتفاعلُ معَ غازِ الأكسجينِ بسرعةٍ عندَ حرقِهِ، ويَنتُجُ منْ ذلكَ التفاعلِ رمادٌ أبيضُ منْ أكسيدِ المغنيسيوم MgO . ويتفاعلُ فلزُّ الألمنيوم معَ غازِ الأكسجينِ بمرورِ الوقتِ، مُكوِّنًا طبقةً رقيقةً ومتماسكةً منْ أكسيدِ الألمنيوم Al_2O_3 على سطحِهِ كما في الشكلِ (6).

الشكلُ (7): صدأُ الحديدِ.

ويتكونُ صدأُ الحديدِ نتيجةَ تفاعلِ فلزِّ الحديدِ معَ غازِ الأكسجينِ بوجودِ الماءِ (الرطوبةِ)، فتظهرُ على سطحِهِ مادةٌ صُلبةٌ بُنيّةٌ هشَّةٌ تختلفُ في لونِها وصلابتِها عنِ الحديدِ كما في الشكلِ (7).

أتحقَّق: أعبِّرُ عنْ تفاعلِ فلزِّ الليثيومِ معَ غازِ الأكسجينِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.

أفكِّر: يحافظُ فلزُّ الذهبِ على بريقِهِ مئاتِ السنينَ.

أبحثُ عنْ سببِ تكوُّنِ الطبقةِ السوداءِ على أسطحِ الحُلِيِّ المصنوعةِ منَ الفضةِ، وعنْ طرائقِ إزالتِها، مستعينًا بالإنترنت والمصادرِ العلميةِ المتاحةِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أناقشُ فيه زملائي/ زميلاتي.

الربطُ بالحياةِ

الزنجارُ (جنزارةُ النحاسِ) Patina: تتعرضُ الأشياءُ المصنوعةُ منَ النحاسِ للهواءِ الجويِّ، فتتفاعَلُ معَ الأكسجينِ والماءِ وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ، ونتيجةً لذلكَ تتكونُ على سطحِها طبقةٌ رقيقةٌ، يتراوحُ لونُها بينَ الأزرقِ الصافي والأخضرِ، بحسبِ نسبةِ تكوُّنِ كربوناتِ النحاسِ القاعديةِ (الزنجارِ)، فتُغلِّفُ هذهِ الطبقةُ سطحَها لحمايتِها منَ التآكُلِ. والزنجارُ مادةٌ سامةٌ؛ لذا لا يُنصَحُ بصنعِ أدواتِ الطهوِ منَ النحاسِ، ويستفادُ منَ الزنجارِ عندَ خلطِهِ بالشيدِ (الجيرِ) في دَهْنِ سيقانِ الأشجارِ لحمايتِها منَ الحشراتِ ولمعالجةِ التصمُّغِ.

تفاعلُ الفلزاتِ معَ الماءِ Reactions of Metals with Water

تتعرضُ بعضُ الفلزاتِ شائعةِ الاستخدامِ في حياتِنا للماءِ، ولا يُلاحَظُ حدوثُ تفاعُلٍ لها معَهُ، فمثلًا، يمكنُنا الاستحمامُ ونحنُ نرتدي الحُلِيَّ المصنوعةَ منَ الذهبِ أوِ الفضةِ، كما يمكنُنا تنظيفُ الأواني المصنوعةِ منْ فلزِّ الألمنيوم بالماءِ. فهلْ تتفاعَلُ الفلزاتُ الأخرى معَ الماءِ؟ وما مؤشراتُ حدوثِ تفاعُلِها معَهُ؟

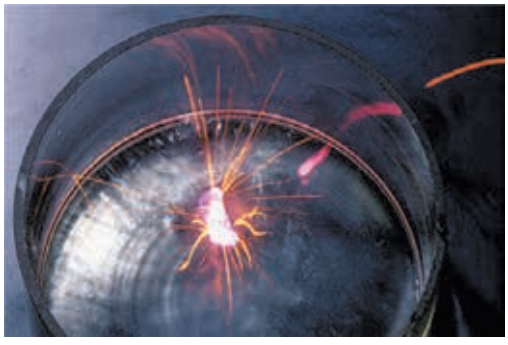
تتفاعَلُ الفلزاتُ القلويةُ والفلزاتُ القلويةُ الأرضيةُ عمومًا معَ الماءِ، وينتُجُ منْ تفاعُلِها هيدروكسيد الفلزِّ وغازُ الهيدروجين وكميةٌ منَ الحرارةِ وَفْقًا لمعادلةِ التفاعلِ العامةِ الآتيةِ:

فلزٌّ + ماءٍ ⟵ هيدروكسيد الفلز + غازِ الهيدروجين + حرارةٍ

تتفاوتُ الفلزاتُ القلويةُ في سرعةِ تفاعلِها معَ الماءِ، فمثلًا، يتفاعلُ فلزُّ الليثيوم بسرعةٍ معَ الماءِ، ويُستدَلُّ على سرعةِ تفاعلِهِ منْ كميةِ غازِ الهيدروجينِ المتصاعدِ وكميةِ الحرارةِ الناتجةِ منْ تفاعلِهِ، في حينِ يتفاعلُ الصوديوم معَ الماءِ بسرعةٍ أكبرَ منْ سرعةِ تفاعلِ الليثيوم، مُنتِجًا كميةً كبيرةً منْ غازِ الهيدروجينِ والحرارةِ. أمّا تفاعلُ البوتاسيوم معَ الماءِ، فيكونُ سريعًا جـدًّا، مُنتِجًا حرارةً كبيرةً تـؤدي إلى احتراقِ غازِ الهيدروجينِ المتصاعدِ بسرعةٍ كبيرةٍ بفرقعةٍ. أنظرُ إلى الشكلِ (8).

المعادلةُ الآتيةُ تبيّنُ نواتجَ تفاعلِ البوتاسيوم معَ الماءِ:

$$2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(aq)} + H_{2(g)} + Heat$$



تفاعلُ البوتاسيوم K معَ الماءِ.

تفاعلُ الليثيوم Li معَ الماءِ.

الشكلُ (8):
تفاعُلا البوتاسيوم K والليثيوم Li معَ الماءِ.

وتتفاوتُ الفلزاتُ القلويـةُ الأرضيـةُ في سرعـةِ تفاعلِها معَ الماءِ، فعندَ وَضْعِ حُبَيْباتٍ منَ الكالسيوم في الماءِ عندَ درجـةِ حرارةِ الغرفـةِ، تتصاعدُ فقاقيعُ منْ غازِ الهيدروجينِ، ويتكونُ هيدروكسيد الكالسيوم، ويَنتُجُ منَ هذا التفاعلِ كميةٌ منَ الحرارةِ. في حينِ يتفاعلُ فلزُّ المغنيسيوم ببطءٍ شديدٍ عندَ وَضْعِهِ في الماءِ الباردِ، مُنتِجًا كميةً قليلةً منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ، وتزدادُ كميةُ الغازِ الناتجِ عندَ تسخينِ الماءِ والمعادلةُ الآتيةُ تُبيِّنُ هذا التفاعلَ:

$$Mg_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Mg(OH)_{2(s)} + H_{2(g)} + Heat$$

أتحقَّقُ:

1- أكتبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ لتفاعلِ فلزِّ الصوديوم معَ الماءِ، ثمَّ أُسمّي النواتجَ.

2- أُرتّبُ الفلزاتِ: (Na، K، Mg، Ca) وَفْقًا لسرعةِ تفاعُلِها معَ الماءِ منَ الأكثرِ سرعةً إلى الأقلِّ سرعةً.

أُفكّرُ: يُحفَظُ فلزُّ البوتاسيوم في زيتِ البرافين.

أبحثُ عنْ وجودِ الفلزاتِ القلويـةِ (K, Na, Li) في الطبيعـةِ، مُستعينًا بالإنترنـت والمصـادرِ العلميـةِ المتاحـةِ، ثمَّ أكتـبُ تقريـرًا عنها، ثـمَّ أناقـشُ فيـهِ زملائي/ زميلاتي.

الربطُ بالصِّحةِ

البلاتيـن فلـزٌّ لونُـهُ أبيضُ لامـعٌ، ولَـهُ كثافـةٌ عاليةٌ وأقـوى منَ الحديـدِ ولَـهُ مرونـةُ الذهـبِ، لا يلاحَـظُ لَـهُ تفاعُـلٌ مـعَ كثيـرٍ منَ المـوادِّ ومنهـا المـاءُ؛ لذا يُستخدَمُ في صناعةِ حشـواتِ الأسـنانِ، وأجهـزةِ تنظيمِ ضرباتِ القلـبِ التي تُزرَعُ داخلَ الجسـمِ، وكذلكَ فـي صناعـةِ البراغـي والشـرائحِ التـي تُسـتخدَمُ فـي تثبيتِ كسـورِ العظـامِ، وأيضًـا فـي المفاصـلِ والمعـداتِ والأدواتِ الطبيةِ.

تفاعُلُ الفلزاتِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ

Reactions of Metals with Dilute Hydrochloric Acid

عندَ غسلِ الفلزاتِ حولَنا بالماءِ، مثلِ: الألمنيوم، والنحاسِ، والفضةِ، والذهبِ، فإنها لا تتفاعلُ معَهُ. فهلْ تتفاعَلُ هذِهِ الفلزاتُ معَ موادَّ أخرى؟

تتفاعلُ العديدُ منَ الفلزاتِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ، وتختلفُ في سرعةِ تفاعُلِها معَهُ، فبعضُها سريعُ التفاعُلِ، وبعضُها يتفاعَلُ بسرعةٍ أقلَّ، كما أنَّ هنالكَ بعضَ الفلزاتِ لا تتفاعَلُ معَ HCl المخففِ.

يَنتُجُ منْ تفاعُلِ الفلزاتِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك ملحٌ بالإضافةِ إلى غازِ الهيدروجين. **الملحُ Salt** هوَ مركّبٌ أيونيٌّ يَنتُجُ منْ تفاعُلِ الحمضِ، إمّا معَ قاعدةٍ وإمّا معَ فلزٍّ، ويُسمّى الملحُ الناتجُ منْ تفاعُلِ الفلزِّ معَ حمضِ الهيدروكلوريك ملحَ كلوريد الفلزِّ وَفْقًا لمعادلةِ التفاعُلِ العامةِ الآتيةِ:

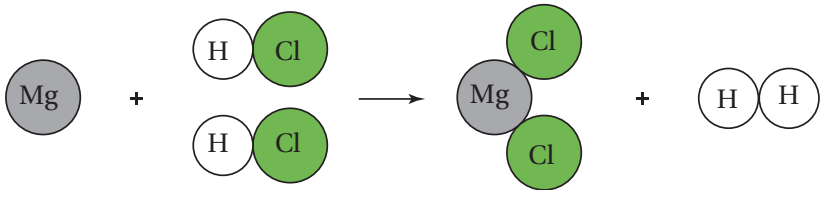
فلزٌّ + حمضِ الهيدروكلوريك ⟵ كلوريد الفلز + غازِ الهيدروجين

يتفاعَلُ فلزُّ المغنيسيوم بسرعةٍ معَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ كما في الشكلِ (9)، ويَنتُجُ منْ تفاعُلِهِ ملحُ كلوريد المغنيسيوم وكميةٌ كبيرةٌ منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ إلى أنْ يختفِيَ المغنيسيوم وَفْقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

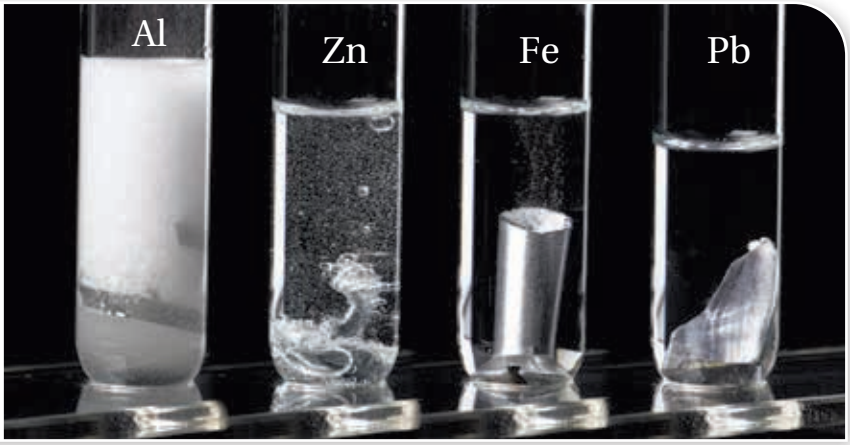
$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

ويلاحَظُ منْ معادلةِ التفاعُلِ أنَّ فلزَّ المغنيسيوم حلَّ محلَّ الهيدروجينِ في حمضِ HCl أنظرُ إلى الشكلِ (10)، ويُعَدُّ هذا التفاعُلُ مثالًا على تفاعلاتِ الإحلالِ، وهذا النوعُ منَ التفاعلاتِ سيُشرَحُ في الدرسِ القادمِ منْ هذِهِ الوَحْدةِ.

الشكلُ (9): تفاعُلُ Mg معَ حمضِ HCl المخفف.



الشكلُ (10): تمثيلُ تفاعُلِ Mg معَ HCl.



الشكلُ (11): تفاعُلُ بعضِ الفلزاتِ معَ حمضِ HCl المخففِ.

كما تتفاعَلُ كلٌّ منَ الفلزاتِ: الألمنيوم، والخارصينِ، والحديدِ، والرصاصِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ بسرعةٍ متفاوتةٍ، مُنتِجةً أملاحَ كلوريداتِها وغازَ الهيدروجينِ، كما في الشكلِ (11).

فمثلًا، يتفاعَلُ فلزُّ الألمنيوم معَ حمضِ HCl المخففِ بسرعةٍ، وتتصاعدُ كميةٌ منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ إلى أنْ ينتهِيَ التفاعُلُ، ويتطلبُ التفاعُلُ ثوانيَ عدةً ليظهرَ بوضوحٍ، وذلكَ بسببِ وجودِ طبقةٍ رقيقةٍ ومتماسكةٍ منْ أكسيدِ الألمنيوم Al_2O_3 على سطحِهِ، كما يتفاعَلُ الخارصين معَ الحمضِ، مُنتِجًا غازَ الهيدروجين بسرعةٍ أقلَّ منَ الألمنيوم إلى أنْ يختفِيَ الخارصين، أمّا الحديدُ، فيتفاعَلُ ببطءٍ، مُنتِجًا كميةً أقلَّ منْ فقاقيعِ الغازِ، وأمّا الرصاصُ، فيتفاعَلُ ببطءٍ شديدٍ معَ HCl المخففِ، حيثُ يَظهرُ قليلٌ منْ فقاقيعِ الغازِ على سطحِهِ، أمّا فلزاتُ النحاسِ والفضةِ والذهبِ، فإنَّها لا تتفاعَلُ معَ حمضِ HCl المخففِ.

أتحقَّقُ:

1- ما نواتجُ تفاعُلِ فلزِّ الألمنيوم Al معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ؟

2- أكتبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ لتفاعُلِ فلزِّ الخارصينِ Zn معَ حمضِ HCl المخففِ.

أُفكِّرُ: لا يُنصَحُ بطهوِ الأغذيةِ الغنيةِ بالحموضِ في أوعيةٍ مصنوعةٍ منْ فلزِّ الألمنيوم.

الربطُ بالصناعةِ

إعادةُ تدويرِ (تصنيعِ) علبِ الألمنيوم

يُستخرَجُ فلزُّ الألمنيوم المستخدمُ في تصنيعِ علبِ المشروباتِ الغازيةِ منْ خامِ البوكسيت، ولأنَّ عمليةَ استخراجِهِ مكلفةٌ، فإنَّ إعادةَ استخدامِ العلبِ تُعَدُّ مُربحةً اقتصاديًّا وصديقةً للبيئةِ. وتتمُّ عمليةُ إعادةِ تدويرِ علبِ الألمنيوم بخطواتٍ عدةٍ تبدأُ بجَمْعِها، ثمَّ ترقيقِها، ثمَّ تنظيفِها وسحقِها، ثمَّ صهْرِها انتهاءً بإعادةِ تشكيلِها ومُعالجتِها لمنعِ تفاعلِها، ثُمَّ استخدامِها.

الجدولُ (1): وصْفُ تفاعُلِ بعضِ الفلزاتِ معَ الماءِ الباردِ ومعَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ.

الفلزُّ	رمزُهُ	وصْفُ التفاعُلِ معَ الماءِ الباردِ	وصْفُ التفاعُلِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ
بوتاسيوم	K	تتفاعَلُ بسرعةٍ متفاوتةٍ	تتفاعَلُ بسرعةٍ كبيرةٍ
صوديوم	Na		
ليثيوم	Li		
كالسيوم	Ca		يتفاعَلُ بسرعةٍ
مغنيسيوم	Mg	يتفاعَلُ ببطءٍ	تتفاعَلُ بسرعةٍ متفاوتةٍ
ألمنيوم	Al	لا تتفاعَلُ	
خارصين	Zn		
حديدٌ	Fe		
قصدير	Sn		
رصاصٌ	Pb		
نحاسٌ	Cu	لا تتفاعَلُ	لا تتفاعَلُ
فضةٌ	Ag		
ذهبٌ	Au		

يمكنُ وصفُ تفاعُلاتِ الفلزاتِ المختلفةِ معَ الماءِ الباردِ وحمضِ HCl المخففِ كما في الجدولِ (1).

يتضحُ مما سبقَ أنَّ غالبيةَ الفلزاتِ نشطةٌ كيميائيًّا، وأنَّ لها قابليةً للتآكُلِ بسببِ تفاعُلِها معَ الهواءِ والماءِ، ولتحسينِ خصائصِها وملاءمتِها للاستخداماتِ المختلفةِ، توصَّلَ الكيميائيونَ إلى تكوينِ **السبائكَ Alloys** وهي خليطٌ منَ الفلزِّ وعناصرَ أخرى قدْ تكونُ فلزاتٍ أوْ لافلزاتٍ، ومثالُ ذلكَ سبيكةُ الفولاذِ التي تتكوّنُ منْ فلزِّ الحديدِ مضافًا إليهِ نسبةٌ محددةٌ منَ الكربونِ، وتُستخدَمُ هذهِ السبيكةُ في الإنشاءاتِ، وخطوطِ السككِ الحديديةِ؛ نظرًا إلى قوتِها وصلابتِها، ويمكنُ مَزْجُ سبيكةِ الفولاذِ معَ فلزاتٍ وعناصرَ أخرى لصنعِ سبيكةُ الفولاذِ المقاومِ للصدأِ Stainless Steel التي تتكونُ منْ فلزِّ الحديدِ مُضافًا إليهِ الكروم والنيكل والكربونُ بنسبٍ محددةٍ، وتُستخدَمُ في صناعةِ أواني الطبخِ، وكذلكَ سبيكةُ البرونزِ Bronze التي تتكونُ منَ النحاسِ مُضافًا إليهِ نِسَبٌ محددةٌ منَ الخارصينِ والقصديرِ، وتُستخدَمُ في صناعةِ التحفِ.

✓ **أتحقَّقُ**: أحدّدُ مكوناتِ سبيكةِ الفولاذِ المقاومِ للصدأِ.

الربطُ بالحياةِ

سبائكُ العملاتِ الفلزيةِ

تُعَدُّ سبائكُ النحاسِ أقدمَ سبائكِ الفلزاتِ التي عرفَها الإنسانُ عبْرَ التاريخِ، إذِ استُخدِمَتْ قديمًا في مجالاتِ عدةٍ، منها سبائكُ العملاتِ النحاسيةِ، وتُصنَعُ سبائكُ العملةِ فضيةُ اللَّونِ منْ خَلْطِ 75% منْ مصهورِ فلزِّ النحاسِ معَ 25% منْ فلزِّ النيكل، وتسمى (سبيكةَ كوبرنيكل). أما سبائكُ العملةِ ذهبيةِ اللَّونِ، فتُصنَعُ منْ خَلْطِ 97% منْ مصهورِ فلزِّ النحاسِ معَ 3% منْ فلزَّي القصديرِ والخارصينِ.

التجربة 1

تفاعُلُ الفلزاتِ معَ كلٍّ منَ الماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ

الموادُّ والأدواتُ:

حبيباتُ الكالسيوم، شريطُ مغنيسيوم طولُهُ 5 cm، قِطَعُ نحاسٍ، قِطَعُ خارصين، ماءٌ مُقطَّرٌ، (8) أنابيبِ اختبارٍ، حاملُ أنابيبَ، ورقُ صنفرةٍ، ملعقةٌ، أعوادُ ثقابٍ، مِخباران مدرجانِ سعةُ كلٍّ منهما 25 mL، حمضُ الهيدروكلوريك المخففُ تركيزُهُ 0.5 M، ورقٌ لاصقٌ، قلمُ تخطيطٍ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفافيزَ.
- أتوخى الحذرَ عندَ إشعالِ عودِ الثقابِ، وعندَ استخدامِ حمضِ الهيدروكلوريك لأنَّهُ حارقٌ للجلدِ والأقمشةِ.

خطُواتُ العملِ:

1 - أُنظّفُ شريطَ المغنيسيوم بورقِ الصنفرةِ لإزالةِ طبقةِ الأكسيدِ التي تغلفُهُ.

2 - أُحضرُ أربعةَ أنابيبِ اختبارٍ وألصقُ على كلٍّ منها اسمَ أحدِ الفلزاتِ الأربعةِ، ثمَّ أضعُها على حاملِ الأنابيبِ.

3 - **أقيسُ:** أضيفُ باستخدامِ المِخبارِ المدرجِ 10 mL منَ الماءِ المُقطَّرِ إلى كلِّ أنبوبٍ.

4 - أضعُ كميةً مناسبةً منَ الفلزِّ في كلِّ أنبوبِ اختبارٍ وَفْقًا لاسمِ الفلزِّ المكتوبِ عليهِ. أُلاحظُ ما يحدثُ في كلِّ أنبوبٍ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي.

5 - **أُجرّبُ:** أشعلُ عودَ ثقابٍ وأقربُهُ منْ فوهةِ أنبوبِ الكالسيوم والماءِ، ثمَّ أدوِّنُ ملاحظاتي.

6 - أُكرّرُ الخُطواتِ منْ 1 إلى 4 باستخدامِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ.

7 - **أُنظّمُ البياناتِ:** أدوِّنُ ملاحظاتي الخاصةَ بتفاعلاتِ الفلزاتِ في جدولِ البياناتِ الآتي:

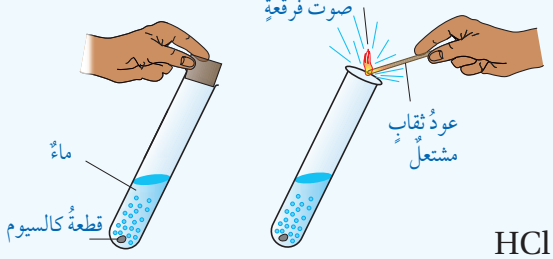
رمزُ الفلزِّ	حدوثُ تفاعُلٍ معَ الماءِ وتصاعدُ فقاقيعِ غازِ H_2 نَعَم / لا	حدوثُ تفاعُلٍ معَ HCl المخففِ وتصاعُدُ فقاقيعِ غازِ H_2 نَعَم / لا
Mg		

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 . **أُفسّرُ** حدوثَ فرقعةٍ عندَ تقريبِ عودِ الثقابِ المشتعلِ منْ فوهةِ أنبوبِ الكالسيوم Ca والماءِ.

2 . أكتبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ لتفاعُلِ فلزِّ الكالسيوم Ca معَ الماءِ.

3 . **أُرتّبُ** الفلزاتِ الأربعةَ وَفْقًا لسرعةِ تفاعُلِها معَ حمضِ HCl المخففِ عموديًّا منَ الأكثرِ نشاطًا إلى الأقلِّ نشاطًا.



مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُفسِّرُ تفاوتَ الفلزّاتِ في نشاطِها الكيميائيِّ.

2- أعدّدُ مؤشراتِ حدوثِ تفاعُلِ الفلزاتِ معَ الماءِ.

3- أُوضّحُ المقصودَ بكلٍّ منْ: نشاطِ الفلزِّ، السبائكِ.

4- **أفسرُ:** يُحفَظُ فلزُّ المغنيسيوم Mg في أوعيةٍ محكمةِ الإغلاقِ.

5- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً لكلِّ تفاعُلٍ منَ التفاعليْنِ الآتييْنِ:

أ . الألمنيوم Al معَ غازِ الأكسجينِ O_2.

ب . الصوديوم Na معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ.

6- إذا علمْتُ أنَّ الفلزاتِ: (ليثيوم $_{3}Li$، صوديوم $_{11}Na$، بوتاسيوم $_{19}K$، روبيديوم $_{37}Rb$) تقعُ في المجموعةِ الأولى منَ الجدولِ الدوريِّ.

أتوقَّعُ الفلزَّ الأكثرَ نشاطًا في تفاعلِهِ معَ كلٍّ منَ غازِ الأكسجينِ O_2 والماءِ. أبررُ إجابتي.

7- أكملُ المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ للتفاعلاتِ التي يمكنُ حدوثُها، ثمَّ أزِنُها:

$Al_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$

$Zn_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

$Cu_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$

$Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow$

8- أختارُ الكلمةَ المناسبةَ ممّا يأتي؛ لأكملَ بها الفراغاتِ في العباراتِ أدناهُ:

(الهيدروجين، أكسيد، أكثر نشاطًا، هيدروكسيد، الأكسجين، أقلّ نشاطًا)

أ . فلزُّ الصوديوم Na ..... في تفاعلِهِ معَ الماءِ منْ فلزِّ البوتاسيوم K.

ب . الغازُ الناتجُ منْ تفاعُلِ الفلزاتِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl هوَ .....

جـ . المركبُ الناتجُ من تفاعلِ فلزِّ الليثيومِ Li مع الماءِ يُسمّى ..... الليثيومِ.

الدرسُ 2

سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ وتآكُلُ الفلزاتِ

Reactivity Series and Corrosion of Metals

الفكرةُ الرئيسةُ:

رُتِّبَتِ الفلزّاتُ وَفْقًا لسرعة تفاعلِها معَ الهواءِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، التي يمكنُ الاستفادةُ منها بالتنبؤِ بحدوثِ التفاعلاتِ وقابليةِ الفلزاتِ للتآكُلِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ الآتيةِ: سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ، تفاعلُ الإحلالِ، تآكُلُ الفلزِّ، صدأُ الحديدِ، الجلفنةُ.
- أُرتِّبُ بعضَ الفلزاتِ الشائعةِ في سلسلةٍ بحَسَبِ نشاطِها الكيميائيِّ ترتيبًا صحيحًا.
- أقارنُ نتائجَ التجاربِ الخاصةِ بنشاطِ العناصرِ بالتوقعاتِ المبنيةِ على مواقعِ العناصرِ في الجدولِ الدوريِّ.
- أتوقّعُ نتائجَ تفاعلاتِ إحلالِ الفلزاتِ، مُستخدِمًا سلسلةَ النشاطِ الكيميائيِّ للفلزاتِ.
- أُعبِّرُ عَنْ تفاعلاتِ الإحلالِ بمعادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.
- أحددُ العواملَ التي تساعدُ على حُدوثِ تآكُلِ الفلزّاتِ وحُدوثِ الصدأِ.
- أتعرّفُ طرائقَ حمايةِ الحديدِ منَ الصدأِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

سلسلةُ النشاطِ الكيميائيّ Chemical Activity Series

تفاعُلُ الإحلالِ Displacement Reaction

تآكُلُ الفلزِّ Metal Corrosion

صدأُ الحديدِ Iron Rust

الجلفنةِ Galvanizing

سلسلةُ النشاطِ Reactivity Series

تُستخدَمُ الفلزاتُ في حياتِنا اليوميةِ في مجالاتٍ عمليةٍ عديدةٍ ومتنوعةٍ، ويَعتمدُ استخدامُ العناصرِ في المجالاتِ المختلفةِ على خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ أوْ نشاطِها الكيميائيِّ، وقد عرفْتُ سابقًا أنَّ الفلزاتِ تتفاوتُ في نشاطِها الكيميائيِّ خلالَ تفاعُلِها معَ أكسجينِ الهواءِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك. فبعضُها نشِطٌ جدًّا في تفاعُلِهِ مَعَها، مثلَ الصوديوم والبوتاسيوم، وبعضُها أقلُّ نشاطًا مثلَ الكالسيوم والمغنيسيوم، وبعضُها لا يظهرُ لَهُ تفاعُلٌ مثلَ النحاسِ والذهبِ والفضةِ، وكذلكَ فلزُّ التيتانيوم Ti الذي يتميَّزُ بمُقاومتِهِ التآكُلَ بفعلِ سوائلِ الجسمِ وعدمِ تفاعلِهِ معَها، ولذلكَ يُستخدمُ في تصنيعِ المفاصلِ الصناعيةِ، التي يتمُّ إدخالُها جسمَ الإنسانِ في عملياتِ استبدالِ مفاصلِ الوَرِكِ أوْ الركبةِ أوِ الكتفِ، أنظرُ إلى الشكلِ (12) الذي يبيّنُ استخدامَ التيتانيوم في المفاصلِ الصناعيةِ.

يتضحُ مما سبقَ أنَّ الفلزاتِ تتفاوتُ في نشاطِها واستخداماتِها، فكيفَ يمكنُ ترتيبُ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها الكيميائيِّ؟ وماذا يُطلَقُ على هذا الترتيبِ؟

الشكلُ (12): استخدامُ التيتانيوم في المفاصلِ الصناعيةِ.

ترتيبُ الفلزاتِ في سلسلةِ النشاطِ

Arranging the Metals in the Activity Series

يُعَدُّ الجدولُ الدوريُّ وسيلةً لترتيبِ العناصرِ الكيميائيةِ وَفْقًا للتشابهِ والاختلافِ في خصائصِها؛ حيثُ تتشابهُ العناصرُ في المجموعةِ الواحدةِ بصورةٍ عامةٍ في خصائصِها الكيميائيةِ والفيزيائيةِ، لكنَّها تتفاوتُ في تلكَ الخصائصِ بالاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ، في حينِ تتدرجُ عناصرُ الدورةِ الواحدةِ في خصائصِها الكيميائيةِ والفيزيائيةِ، بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ.

وكذلكَ تُعَدُّ **سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ Chemical Activity Series** طريقةً أخرى لترتيبِ العناصرِ، وهيَ ترتيبُ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها النسبيِّ منَ الأكثرِ نشاطًا إلى الأقلِّ نشاطًا، ويُطلَقُ عليها أيضًا **سلسلةُ التفاعليةِ**، ويستفادُ منها في التنبؤِ بتفاعلاتِ العناصرِ، وقدرةِ العنصرِ على أنْ يحلَّ محلَّ عنصرٍ آخرَ في أثناءِ التفاعلِ، ولها كثيرٌ منَ التطبيقاتِ العمليةِ، مثلِ الحصولِ على معلوماتٍ عنْ تفاعلاتِ الفلزاتِ معَ الماءِ والحموضِ، والتنبؤِ بكيفيةِ استخلاصِ الفلزاتِ منْ خاماتِها. إذًا، كيفَ تترتبُ الفلزاتُ في سلسلةِ النشاطِ؟ وكيفَ تمَّ التوصُّلُ إلى هذا الترتيبِ؟

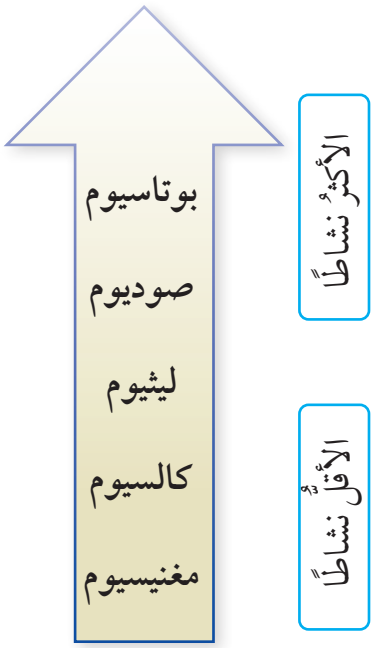
تُصنَعُ الجواهرُ والحُلِيُّ المُستخدَمةُ في الزينةِ في حياتِنا منْ فلزَّي الذهبِ والفضةِ؛ وذلكَ لأنَّها تحافظُ على بريقِها ولمعانِها مدةً طويلةً، ما يشيرُ إلى أنَّها لا تتأثرُ بالماءِ أوْ بالهواءِ الجويِّ المحيطِ، أما الجواهرُ والحُلِيُّ التقليديةُ، فتُصنَعُ منَ النحاسِ وفلزاتٍ أخرى، فنجدُ أنَّها تفقدُ بريقَها ولمعانَها معَ الزمنِ، وتغطي سطحَها طبقةٌ معتمةٌ، وهذا يعني أنَّها تتفاعَلُ معَ الماءِ والهواءِ المحيطِ، وهوَ يُعَدُّ مُؤشِّرًا على تفاوُتِ نشاطِ الفلزاتِ في تفاعلاتِها. وقدْ تعلمْتُ في الدرسِ السابقِ أنَّ الفلزاتِ تتفاوتُ في تفاعلِها معَ أكسجينِ الهواءِ والماءِ وحمضِ الهيدروكلوريك، فالفلزاتُ الأكثرُ نشاطًا مثلَ الصوديوم تتفاعلُ معَ غازِ الأكسجينِ بسرعةٍ، ويكونُ تفاعُلُ الكالسيوم بسرعةٍ أقلَّ، أمّا الذهبُ، فلا يتفاعَلُ معَ غازِ الأكسجينِ، وعندَ تفاعُلِ الفلزاتِ معَ الماءِ، فقدْ لاحظْتُ أنَّ عناصرَ المجموعةِ الأولى تتفاوتُ في تفاعلِها معَ الماءِ، فمثلًا، يتفاعلُ البوتاسيوم بسرعةٍ معَ الماءِ،

أمّا الصوديوم، فيتفاعلُ بسرعةٍ أقلَّ منَ البوتاسيوم، لكنَّهُ يتفاعَلُ بسرعةٍ أكبرَ منَ الليثيوم، وأمّا الكالسيوم والمغنيسيوم في المجموعةِ الثانيةِ، فيمكنُ ملاحظةُ تفاعُلِ الكالسيوم معَ الماءِ بسهولةٍ، ويكونُ تفاعُلُ المغنيسيوم بطيئًا، لكنَّهُ يتفاعلُ بسرعةٍ معَ الماءِ الساخنِ. وعليهِ، يكونُ الكالسيوم أكثرَ نشاطًا منَ المغنيسيوم، وبناءً على ذلك، يمكنُ ترتيبُ هذِهِ الفلزاتِ وَفْقًا لتفاعلِها معَ غازِ الأكسجينِ والماءِ أوْ بحَسَبِ نشاطِها كما في الشكلِ (13) الذي يبيّنُ ترتيبَها وَفْقًا لنشاطِها.

بالرجوع إلى مواقعِ هذِهِ العناصرِ في الجدولِ الدوريِّ، أجدُ أنَّ الصوديوم يقعُ أسفلَ الليثيوم في المجموعةِ الأولى، وأنَّ ذَرَّتَهُ أكبرُ حجمًا منْ ذَرَّةِ الليثيوم، وعليهِ، فإنها تفْقِدُ الإلكتروناتِ بسهولةٍ أكثرَ منَ الليثيوم، وبذلكَ فهوَ أكثرُ نشاطًا منَ الليثيوم، أما البوتاسيوم، فيقعُ أسفلَ الصوديوم في المجموعةِ، وهوَ أكثرُ نشاطًا منَ الصوديوم، وهذا ينسجمُ وترتيبَ هذِهِ العناصرِ في سلسلةِ النشاطِ، وكذلكَ بالنسبةِ إلى موقعِ عنصرَي الكالسيوم والمغنيسيوم في الجدولِ، فالكالسيوم يقعُ أسفلَ المغنيسيوم في المجموعةِ الثانيةِ، وعليهِ، فإنَّهُ أكثرُ نشاطًا منهُ، وهذا أيضًا ينسجمُ والنتائجَ التي تُوصِّلَ إليها عنْ طريقِ تفاعُلِ كلٍّ منهما معَ الماءِ، وينسجمُ وترتيبَهما في سلسلةِ النشاطِ.

يُعَدُّ كلٌّ منَ الحديدِ والألمنيوم والنحاسِ منَ الفلزاتِ قليلةِ النشاطِ شائعةِ الاستخدامِ في حياتِنا، فقدِ انتشرَ استخدامُ الحديدِ في القرنِ الماضي في صناعةِ الأبوابِ والنوافذِ وأعمالِ البناءِ، إلا أنَّهُ استُبدلَ بهِ الألمنيوم الذي باتَ يُستخدَمُ على نطاقٍ واسعٍ في مجالِ صناعةِ النوافذِ والأبوابِ وتزيينِ السقوفِ، فما علاقةُ ذلكَ بنشاطِ الفلزاتِ وتفاعلاتِها؟

يستفادُ منْ تفاعلاتِ الفلزاتِ الشائعةِ الأقلِّ نشاطًا معَ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ HCl في مقارنةِ نشاطِ هذِهِ الفلزاتِ وترتيبِها، فقدْ تعلمْتُ أنَّ الألمنيوم أقلُّ نشاطًا منَ المغنيسيوم إلا أنَّهُ أكثرُ نشاطًا منَ الخارصينِ في تفاعلِهِ معَ محلولِ الحمضِ، وعندَ مقارنتي كميةَ غازِ الهيدروجين الناتجةَ منْ تفاعُلِ كميةٍ معينةٍ منَ الخارصين معَ محلولِ الحمضِ، أجدُ أنَّها أكبرُ منْ تلكَ التي تَنتُجُ منْ تفاعُلِ كميةٍ مماثلةٍ منَ



الشكلُ (13): ترتيبُ بعضِ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها.

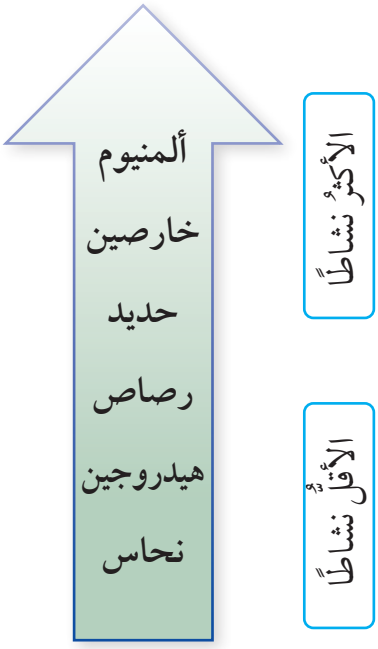
الحديدِ خلالَ المدةِ الزمنيةِ نفسِها، ما يعني أنَّ الخارصينَ أكثرُ نشاطًا منَ الحديدِ، وأنَّ كميةً معينةً منَ الرصاصِ تُنتِجُ كميةً منَ غازِ الهيدروجين أقلَّ منْ تلكَ التي تُنتِجُها كميةٌ مماثلةٌ منَ الحديدِ عندَ تفاعُلِ كلٍّ منهما مـعَ محلولِ الحمضِ خـلالَ المدةِ نفسِها، في حينِ لا يتفاعَـلُ النحاسُ والفضةُ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ.

تتميزُ الفلزاتُ بأنَّها تفْقِدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ تفاعلِها، ويعتمدُ نشاطُها الكيميائيُّ على سهولةِ فَقْـدِها الإلكتروناتِ، وهـذا يعني أنَّ الفلزَّ الأكثرَ نشاطًا يفْقِدُ الإلكتروناتِ بسهولةٍ أكبرَ، فعندَ تفاعُلِ الفلزِّ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl، فإنَّ الفلزَّ يفْقِدُ الإلكتروناتِ، في حينِ يكتسبُها أيـونُ الهيدروجينِ في محلولِ HCl ويتكونُ غـازُ الهيدروجينِ، ومثالُ ذلكَ، تفاعُلُ الخارصينِ Zn معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl كما في المعادلةِ الآتيةِ:

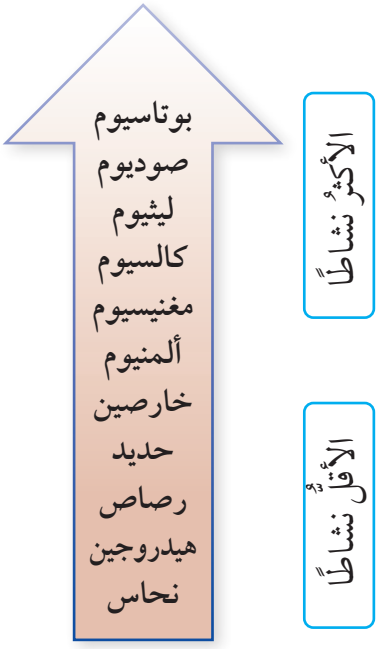
$$Zn_{(S)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

أُلاحظُ أنَّ ملحَ كلوريد الخارصينِ وغازَ الهيدروجينِ يَنتُجانِ منْ هذا التفاعلِ، وهذا يعني أنَّ الخارصينَ أكثرُ نشاطًا منَ الهيدروجينِ، وأنَّ الفلزَّ الذي يتفاعَلُ معَ محلولِ الحمضِ يكونُ أكثرَ نشاطًا منَ الهيدروجينِ، أمّا الفلزُّ الذي لا يتفاعَلُ معَـهُ، فهوَ أقـلُّ نشاطًا منـهُ، وعليهِ، يمكنُ ترتيبُ هذِهِ الفلزاتِ بحَسَبِ تفاعُلِها معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك أوْ نشاطِها بالنسبةِ إلى الهيدروجينِ كما في الشكلِ (14) الذي يبيّنُ ترتيبَ هذِهِ الفلزاتِ وكذلكَ الهيدروجينُ وَفْقًا لنشاطِها.

ويمكنُ دمـجُ الترتيبَيْنِ السـابقيْنِ الشكلَيْنِ (13) و(14) للحصولِ على سلسلةِ نشاطٍ للفلزاتِ أكثرَ شمولًا كما في الشكلِ (15) الذي يبيّنُ جزءًا منْ سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ والهيدروجينِ.



الشكلُ (14): ترتيبُ بعضِ الفلزاتِ والهيدروجينِ وَفْقًا لنشاطِها.



الشكلُ (15): جزءٌ منْ سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ والهيدروجينِ.

✓ أتحقَّقُ:

1- أُحدّدُ الفلزَّ الأكثرَ نشاطًا في مجموعةِ الفلزاتِ الآتيةِ:
(الرصاصُ، المغنيسيوم، الخارصين، الألمنيوم).

2- **أقترحُ** طريقةً للتحقُّقِ منْ ذلكَ، مُوضِّحًا إجابتي.

تفاعلاتُ الإحلالِ Displacement Reactions

هناكَ العديدُ منَ الفلزاتِ لا تتفاعَلُ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك. فكيفَ يمكنُ إدراجُ هذهِ الفلزاتِ ضمنَ سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ؟

يشيرُ **تفاعُلُ الإحلالِ Displacement Reaction** إلى أنَّ العنصرَ النشطَ يحُلُّ محلَّ العنصرِ الأقلِّ نشاطًا في محلولِ أحدِ أملاحِهِ أو مركباتِهِ في أثناءِ التفاعُلِ، ويُعَدُّ تفاعُلُ الفلزِّ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك مثالًا على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ؛ فالفلزُّ الأكثرُ نشاطًا منَ الهيدروجينِ يحُلُّ محلَّهُ في أثناءِ التفاعلِ، ففي تفاعُلِ الخارصينِ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك حلَّ الخارصينُ محلَّ الهيدروجينِ، وهذا يعني أنَّ الخارصينَ أكثرُ نشاطًا منَ الهيدروجينِ وأنَّهُ يقعُ فوقَهُ في سلسلةِ النشاطِ.

وكذلكَ عندَ تفاعُلِ فلزِّ المغنيسيوم معَ محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$ يُلاحَظُ أنَّ المغنيسيوم يحلُّ محلَّ النحاسِ في المحلولِ، ويتكونُ راسبٌ منْ ذراتِ النحاسِ، وهذا يعني أنَّ المغنيسيوم أكثرُ نشاطًا منَ النحاسِ، والمعادلةُ الآتيةُ تبيّنُ ذلكَ:

$$Mg_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow MgSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

ولا يحلُّ النحاسُ Cu محلَّ المغنيسيوم في محلولِ كبريتاتِ المغنيسيوم $MgSO_4$ وذلكَ لأنَّ النحاسَ أقلُّ نشاطًا منَ المغنيسيوم.

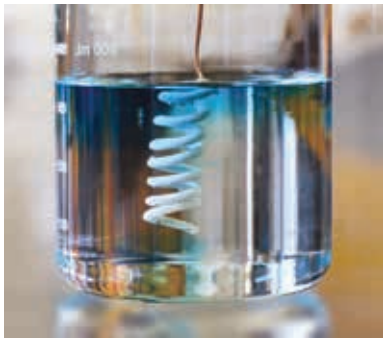
ويستفادُ منْ هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ في تحديدِ نشاطِ الفلزاتِ الأقلِّ نشاطًا منَ الهيدروجين، والتنبؤِ بمواقعِها في سلسلةِ النشاطِ، فمثلًا، عندَ تفاعُلِ النحاسِ Cu معَ محلولِ نترات الفضةِ $AgNO_3$ نجدُ أنَّ النحاسَ يحُلُّ محلَّ الفضةِ في المحلولِ، ويتكونُ راسبٌ منَ الفضةِ كما في الشكلِ (16)، والمعادلةُ الآتيةُ توضّحُ ذلكَ:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

وهذا يعني أنَّ النحاسَ أكثرُ نشاطًا منَ الفضةِ، وعليهِ، يمكنُ ترتيبُ الفضةِ أسفلَ النحاسِ في سلسلةِ النشاطِ، ويمكنُ إعادةُ ترتيبِ الفلزاتِ

الربطُ بالصناعةِ

يُستخدَمُ فلزُّ الرصاصِ في تبطينِ خزاناتِ السفنِ لنقلِ الموادِّ الكيميائيةِ الخطرةِ، ويُستخدَمُ طبقةً مبطنةً لخزاناتِ حفظِ الموادِّ عاليةِ الحموضةِ، مثلِ حمضَي الفوسفوريك والكبريتيك، بسببِ قلةِ النشاطِ الكيميائيِّ للرصاصِ ومقاومتِهِ التآكلَ.



الشكلُ (16): ترسُّبُ الفضةِ على سلكِ النحاسِ.

في سلسلةِ النشاطِ كما في الشكلِ (17) الذي يبيّنُ سلسلةَ النشاطِ لعددٍ منَ الفلزاتِ الشائعةِ والهيدروجينِ.

يتضحُ مما سبقَ أنَّهُ في تفاعلاتِ الإحلالِ يمكنُ للفلزِّ الأكثرِ نشاطًا أنْ يطردَ الفلزَّ الأقلَّ نشاطًا منْ مركّباتِهِ ليحُلَّ محلَّهُ، وبهذا يمكنُ استخلاصُ الفلزِّ الأقلِّ نشاطًا منْ مركّباتِهِ باستخدامِ فلزٍّ آخرَ أكثرَ نشاطًا.

فمثلًا، عندَ غمسِ صفيحةٍ منَ الخارصينِ Zn في محلولِ كبريتاتِ الرصاصِ $PbSO_4$ فإنَّهُ يُتوقَّعُ حدوثُ تفاعُلٍ، ذلكَ أنَّ الخارصينَ أكثرُ نشاطًا منَ الرصاصِ، وبذلكَ فإنَّهُ يحلُّ محلَّهُ، وينتُجُ الرصاصُ على هيئةِ عنصرٍ حرٍّ، وهذا يعني أنَّهُ يمكنُ استخلاصُ الرصاصِ منْ مركّباتِهِ عندَ تفاعلِها معَ فلزٍّ آخرَ أكثرَ نشاطًا منَ الرصاصِ كما يتضحُ في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ:

$$Zn_{(s)} + PbSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Pb_{(s)}$$

عندَ غمسِ صفيحةٍ منَ النحاسِ Cu في محلولِ كبريتاتِ الرصاصِ $PbSO_4$ فإنَّهُ لا يُتوقَّعُ حدوثُ تفاعُلٍ؛ وذلكَ أنَّ النحاسَ أقلُّ نشاطًا منَ الرصاصِ، فلا يمكنُهُ أنْ يحلَّ محلَّهُ، وبذلكَ لا يحدثُ تفاعُلٌ ولا يمكنُ استخلاصُ الرصاصِ منْ مركّباتِهِ باستخدامِ فلزِّ النحاسِ.

كما يمكنُ استخلاصُ بعضِ العناصرِ قليلةِ النشاطِ منْ أكاسيدِها، فمثلًا، عندَ تسخينِ مسحوقٍ منَ المغنيسيومِ Mg معَ مسحوقٍ منْ أكسيدِ النحاسِ CuO فإنَّ المغنيسيومَ يحلُّ محلَّ النحاسِ ويَنتُجُ أكسيدُ المغنيسيومِ MgO والنحاسُ Cu والمعادلةُ الآتيةُ توضحُ ذلكَ:

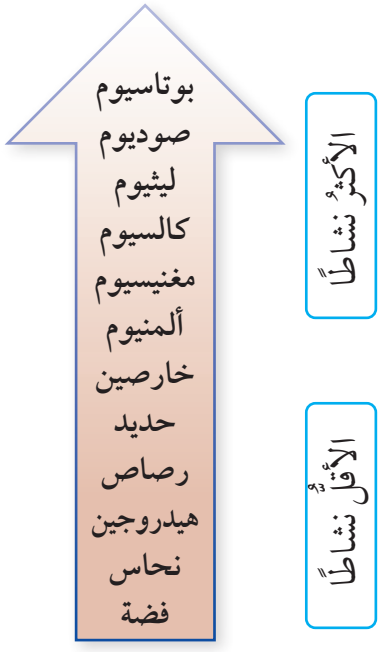
$$Mg_{(s)} + CuO_{(s)} \xrightarrow{\text{تسخين}} MgO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

يُطلَقُ على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ تفاعلاتُ التنافسِ على الأكسجينِ؛ وذلكَ لأنَّ المغنيسيومَ Mg يرتبطُ بالأكسجينِ بدلًا منَ النحاسِ، مُكوِّنًا أكسيدَ المغنيسيومِ MgO

✓ **أتحقَّقُ:** أيُّ التفاعلينِ الآتيينِ قابلٌ للحدوثِ بالاعتمادِ على سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ؟

$$Pb_{(s)} + FeSO_{4(aq)} \rightarrow PbSO_{4(aq)} + Fe_{(s)}$$

$$Mg_{(s)} + ZnSO_{4(aq)} \rightarrow MgSO_{4(aq)} + Zn_{(s)}$$



الشكلُ (17): سِلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ.

الربطُ بالعلومِ الحياتيةِ

المغنيسيوم في الجسمِ

يحمي عنصرُ المغنيسيومِ منَ الإصابةِ بالسكري، ويحافظُ على انتظامِ نبضِ القلبِ والأوعيةِ الدمويةِ وارتفاعِ ضغطِ الدمِ. كما يمنعُ تكوُّنَ الحصى في الجهازِ البولي. وتكمنُ أهميةُ هذا العنصرِ في أنَّ جميعَ عملياتِ الطاقةِ التي تجري في جسمِ الإنسانِ يتحكمُ فيها مركّبُ أدينوسين ثلاثيُّ الفوسفاتِ، الذي يرتبطُ عملُهُ بالمغنيسيومِ.

تآكُلُ الفلزاتِ Metal Corrosion

لعلَّنا شاهدْنا الكراسي المتحركةَ التي يستخدمُها المرضى في المستشفياتِ ودورِ المسنينَ، وذوو الإعاقةِ لمساعدتِهمْ على الحركةِ، وهذِهِ الكراسي تُصنَعُ منَ الفولاذِ وفلزاتٍ أخرى خفيفةِ الوزنِ مقاومةٍ للتآكلِ، مثلِ الألمنيوم والتيتانيوم. أنظرُ إلى الشكلِ (18). فما المقصودُ بالتآكلِ؟ وكيفَ يمكنُ حمايةُ الفلزاتِ منَ التآكلِ؟

الشكلُ (18): كرسيٌّ متحركٌ.

تتفاعلُ الفلزاتُ معَ الهواءِ الجويِّ والموادِّ في البيئةِ المحيطةِ، فتفقدُ العديدَ منْ خصائصِها وتتحوَّلُ إلى موادَّ جديدةٍ أكثرَ ثباتًا كيميائيًّا، كأكاسيد الفِلِزّات وهيدروكسيداتها وكبريتيداتها وكربوناتها، وهوَ ما يسمى **تآكُلَ الفلزِّ Metal Corrosion**. فمثلًا يتآكلُ الحديدُ بفعلِ الهواءِ الجويِّ الرطْبِ، فينتُجُ صدأُ الحديدِ الصُّلبِ الهشِّ، ويتآكلُ النحاسُ مُكوِّنًا طبقةً على سطحِهِ تُسمّى الزّنجارَ، أنظرُ إلى الشكلِ (19) الذي يبيّنُ تآكُلَ فلزِّ النحاسِ.

عمليةُ التآكُلِ عمليةٌ بطيئةٌ تعتمدُ على نشاطِ الفلزِّ وطبيعةِ المركّباتِ التي تتكونُ على سطحِهِ نتيجةَ تفاعلِهِ معَ مكوناتِ الهواءِ، فمثلًا، يتفاعلُ فلزُّ الكالسيوم معَ أكسجينِ الهواءِ، مُكوِّنًا طبقةً منْ أكسيدِ الكالسيوم لا تمنعُ استمرارَ تآكُلِهِ، في حينِ يتفاعلُ فلزُّ الألمنيوم معَ أكسجينِ الهواءِ مُكوِّنًا طبقةً منْ أكسيدِ الألمنيوم تمنعُ استمرارَ تآكُلِهِ وتحميهِ منَ التآكُلِ.

الشكلُ (19): تآكُلُ فلزِّ النحاسِ.

صدأُ الحديدِ Iron Rust

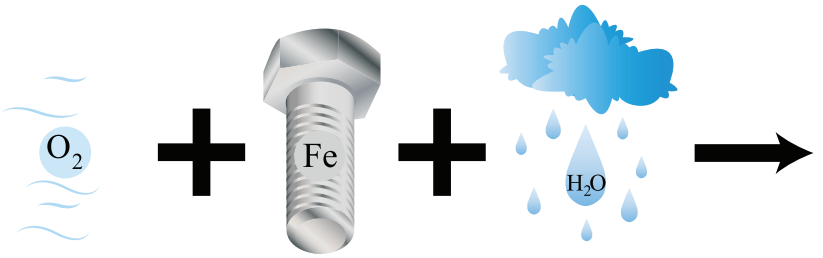
يُعَدُّ الحديـدُ منَ الفلزاتِ شائعـةِ الاستخدامِ في حياتِنا اليوميـةِ؛ فهوَ يُستخدَمُ في بناءِ الجسورِ والمباني، وصناعـةِ الأبوابِ والنوافـذِ وهياكلِ السياراتِ والقطاراتِ وغيرِها، إلا أنَّ هناكَ مشكلةً ترافقُ هذهِ الاستخداماتِ وهيَ **صدأُ الحديدِ Iron Rust** وهوَ طبقةٌ هشّةٌ منْ أكسيدِ الحديدِ $Fe_2O_3.nH_2O$ (تشيرُ n إلى عددِ جُزَيْئاتِ الماءِ المرتبطةِ بأكسيدِ الحديـدِ) تنشأُ على سطحِ الحديدِ نتيجةَ تفاعُلِهِ معَ أكسجينِ الهواءِ الجويِّ بوجودِ الماءِ أوْ بخارِ الماءِ، أنظرُ إلى الشكلِ (20) الذي يبيّنُ طبقةَ الصدأِ المتكونةَ على أنبوبِ تصريفِ المياهِ العادمةِ.

الشكلُ (20): طبقةٌ منَ الصدأِ المتكونةُ على أنبوبِ تصريفِ المياهِ العادمةِ.

يتكوَّن الصـدأُ على سـطحِ الحديـدِ عنـدَما يتفاعلُ معَ الأكسجينِ بوجودِ الماءِ، مُكوِّنًا طبقةً بُنّيَّةً هشّةً على هيئةِ قشورٍ تتراكمُ على سطحِ الحديـدِ وتتساقطُ بمرورِ الوقتِ، فينكشفُ السـطحُ منْ جديـدٍ مُعرَّضًا للهواءِ الجويِّ، فيتفاعَلُ معَ الأكسجينِ والماءِ مرةً أخرى، وتتكررُ هذهِ العمليةُ تلقائيًّا، مُسبِّبةً تآكُلَ الحديدِ. وبهذا يُعَدُّ وجودُ الأكسجينِ والماءِ أوْ بخـارِ الماءِ شرطيْنِ رئيسيْنِ لتكوُّن الصـدأِ. أنـظرُ إلى الشكلِ (21) الذي يبيّنُ شروطَ تكوُّن الصدأِ.

أُفكّرُ: أُفسّـرُ عـدمَ اسـتخدامِ الحديـدِ في صنـاعةِ أسـلاكِ التوصيـلِ الكهربائـيِّ.

✓ **أتحقَّقُ:** أُحدّدُ الشروطَ اللازمةَ لتكوُّنِ الصدأِ.



الشكلُ (21): شروطُ تكوُّنِ الصدأِ.

$$3O_2 + 4Fe + 2H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3.H_2O$$

الشكلُ (22): منعُ الصدأِ بالدهانِ أوِ التشحيمِ.

طرائقُ حمايةِ الحديدِ منَ التآكُلِ
Methods of Iron Protection from Corrosion

تحظى مشكلةُ تآكُلِ الفلزاتِ باهتمامٍ كبيرٍ عالَميًّا؛ لما لها منْ آثارٍ سلبيةٍ في الاقتصادِ بسببِ تلفِ الفلزاتِ المستخدمةِ في المجالاتِ الصناعيةِ المختلفةِ، والصدأُ مثالٌ على تآكُلِ الفلزاتِ عمومًا. فكيفَ يمكنُ الحدُّ منْ تكوُّنِ الصدأِ؟ وما الطرائقُ المتبعةُ في ذلكَ؟

يتكونُ الصدأُ بوجودِ الأكسجينِ والماءِ معًا، ويمكنُ الحدُّ منْ تكوُّنِهِ بعزلِ الحديدِ عنْهما، وهناكَ طرائقُ عدةٌ متبعةٌ لعزلِ الحديدِ ومنعِ تكوُّنِ الصدأِ، منها:

- طلاءُ سطحِ الحديدِ بطبقةٍ منَ الدهانِ أوِ الشَّحمةِ أوْ تغليفُهُ بطبقةٍ منَ البلاستيكِ كما في الشكلِ (22).
- خلطُ الحديدِ بفلزاتٍ أخرى مثلِ الكروم والنيكل لإنتاجِ سبائكَ لا تصدأُ مثلِ الفولاذِ المقاومِ للصدأِ.
- تغطيةُ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍّ آخرَ أكثرَ نشاطًا منَ الحديدِ، مثلِ الخارصين، حيثُ يتآكَلُ الفلزُّ بدلًا منَ الحديدِ ويحميهِ منَ التآكُلِ، وتُسمّى هذهِ العمليةَ **الجلفنةَ Galvanizing**. أنظرُ إلى الشكلِ (23).
- طلاءُ سطحِ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍّ غيرِ الخارصين، مثلِ النيكل أوِ الكروم أوِ القصديرِ بإجراءِ ترسيبٍ كهربائيٍّ لها على سطحِ الحديدِ.

الشكلُ (23): جسورُ حديدٍ مجلفنةٌ.

أفكّرُ: تُلصَقُ قضبانٌ منَ الخارصينِ بهياكلِ السفنِ المصنوعةِ منِ الحديدِ. أفسرُ ذلكَ.

أستخدِمُ برنامجَ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، أوِ الكاميرا الرَّقْميةَ، وأُصمِّمُ فيلمًا قصيرًا عنْ تآكُلِ الفلزاتِ وطرائقِ تجنُّبِهِ، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي/ زميلاتي في الصّفِّ، أوْ أشاركُهمْ فيهِ.

أتحقَّقُ: أُبيّنُ الطرائقَ المستخدمةَ في حمايةِ الفلزاتِ منَ التآكلِ.

مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ**: أوضحُ كيفَ رُتِّبَتِ الفلزاتُ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ.

2- أُوضّحُ المقصودَ بكلٍّ منْ: سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، صدأِ الحديدِ، عمليةِ الجلفنةِ.

3- **أُفسّرُ** ما يأتي:

أ . يُعَدُّ النحاسُ فلزًّا مناسبًا لصناعةِ العملةِ الفلزية.

ب . لا يمكنُ حفظُ محلولِ كبريتاتِ الحديدِ في وعاءٍ منَ الألمنيوم.

4- أجرى مجموعةٌ منَ الطلبةِ تجربةً لمقارنةِ تفاعُلِ أربعةِ فلزاتٍ معَ حمضِ الكبريتيك H_2SO_4 المخففِ.

ودوَّنوا ملاحظاتِهمْ في جدولِ النتائجِ الآتي. أدرسُ هذِهِ النتائجَ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليها:

الفلزُّ	الملاحظاتُ
الحديدُ	يُنتِجُ بعضَ الفقاقيعِ، ولكنْ، لا يُسمَعُ صوتُ أزيزٍ للتفاعلِ.
النحاسُ	لا يُلاحَظُ تكوُّنُ فقاقيعَ منَ الغازِ.
المغنيسيوم	يكونُ التفاعلُ قويًّا، وهناكَ كثيرٌ منْ فقاقيعِ الغازِ المنبعثِ، ويُسمَعُ صوتُ أزيزٍ للتفاعلِ، ويُسخَّنُ الأنبوبُ الذي يحدثُ فيهِ التفاعلُ.
الخارصين	يُنتِجُ بعضَ فقاقيعِ الغازِ ويمكنُ سماعُ أزيزٍ هاديءٍ للتفاعلِ.

أ . أُحدّدُ المؤشراتِ التي لاحظَها الطلبةُ التي تدلُّ على حدوثِ التفاعلِ.

ب . أُسمّي الغازَ المنبعثَ في أثناءِ التفاعلِ.

جـ . أستخدمُ النتائجَ في ترتيبِ هذِهِ الفلزاتِ في سلسلةِ نشاطٍ مختصرةٍ.

د . **أتنبّأُ**: بالاعتمادِ على المعلوماتِ الآتيةِ التي زُوِّدَ بها الطلبةُ عنْ بعضِ الفلزاتِ بعدَ انتهائِهمْ منْ بناءِ السلسلةِ، أتنبأُ بمواقعِ هذِهِ الفلزاتِ في السلسلةِ، ثمَّ أعيدُ ترتيبَها:

- إذا أضيفَ الكالسيوم إلى الحمضِ، فإنَّ التفاعلَ يكونُ خطرًا، ولا يُفضَّلُ إجراؤُهُ في المختبرِ.

– إذا أضيفَ الرصاصُ إلى الحمضِ، ستتكوّنُ بعضُ الفقاقيعِ، ولكنْ، ببطءٍ شديدٍ.

– إذا أضيفَ الألمنيوم إلى الحمضِ، فسيكونُ هناكَ كثيرٌ منَ الفقاقيعِ، ويمكنُ سماعُ صوتِ أزيزِ التفاعلِ، وقدْ تَنتُجُ حرارةٌ منَ التفاعلِ.

5- **أتوقّعُ**: أيُّ التفاعلاتِ الآتيةِ قابلٌ للحدوثِ بالاعتمادِ على سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ؟

أ. $2Al_{(s)} + 3CuSO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3Cu_{(s)}$

ب. $Mg_{(s)} + CaCl_{2(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Ca_{(s)}$

جـ. $Ca_{(s)} + ZnCl_{2(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + Zn_{(s)}$

6- **أتوقّعُ**: بالاعتمادِ على سلسلةِ نشاطِ الفلزاتِ، هلْ يمكنُ استخلاصُ الخارصين Zn منْ أكسيدِهِ ZnO باستخدامِ فلزِّ الرصاصِ Pb؟ أبررُ إجابتي.

7- أدرسُ سلسلةَ نشاطِ الفلزاتِ المبينةِ في الشكلِ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ. أحددُ الفلزَّ الذي يُحفَظُ تحتَ الكازِ.

ب. أحددُ الفلزاتِ التي يمكنُ أنْ تتفاعلَ معَ الماءِ الباردِ.

جـ. أحددُ فلزًّا لا يتفاعلُ معَ الماءِ الباردِ، إنما يتفاعلُ معَ الماءِ الساخنِ أوْ بخارِ الماءِ.

د. **أتوقّعُ** أيَّ هذِهِ الفلزاتِ لا يظهر له تفاعل مع أكسجين الهواء.

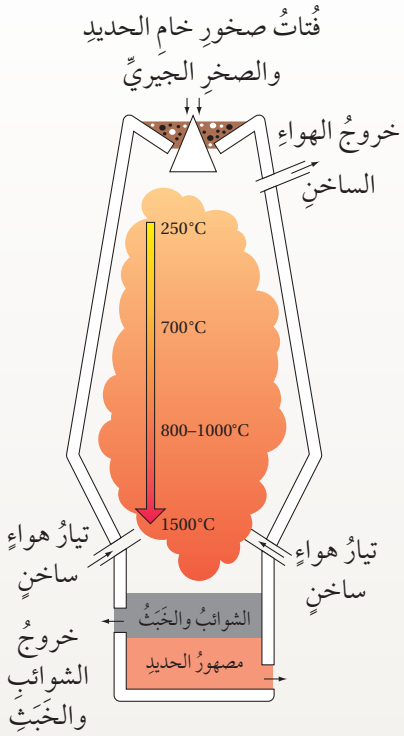
هـ. **أتوقّعُ**: ماذا يحدثُ لفلزَّي الكالسيوم والرصاصِ عندَ تسخينِ كلٍّ منهما معَ غازِ الأكسجينِ؟

و. **أتوقّعُ** أيَّ هذِهِ الفلزاتِ يمكنُ أنْ يوجدَ حرًّا في الطبيعةِ.

ز. **أتوقّعُ** أيَّ هذِهِ الفلزاتِ يمكنُهُ أنْ يحلَّ محلَّ الحديدِ في مركّباتِهِ، ولا يمكنُهُ أنْ يحلَّ محلَّ المغنيسيوم في مركّباتِهِ.

استخلاصُ الحديدِ
Iron Extraction

يُنتَجُ الحديدُ على نطاقٍ واسعٍ جدًّا عالميًّا بطرائقَ عدةٍ؛ حيثُ تُستخرَجُ صخورُ القشرةِ الأرضيةِ التي تحتوي خاماتِ الحديدِ مثلَ الهيماتيت (Fe_2O_3)، حيثُ تُكسَّرُ الصخورُ الكبيرةُ وتُطحَنُ، ثمَّ يُنقَلُ خامُ الحديدِ المُستخلَصُ منها إلى فرنٍ بدرجةِ حرارةٍ عاليةٍ يُسمّى الفرنَ اللافحَ، أنظرُ إلى الشكلِ المجاورِ، كما يُضافُ الصخرُ الجيري (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) لتنقيةِ الحديدِ الناتجِ منَ الشوائبِ، وتتمُّ هذهِ العمليةُ عَبْرَ ثلاثِ مراحلَ رئيسةٍ كما يأتي:



1- يُدخَلُ خامُ الحديدِ المطحونُ وفحمُ الكوك والصخرُ الجيري الجزءَ العُلويَّ منَ الفرنِ، ثمَّ تُضَخُّ كميّةٌ منَ الهواءِ الساخنِ منْ خلالِ أنابيبِ النفخِ الموجودةِ أسفلَ الفرنِ، حيثُ يتفاعَلُ خامُ الحديدِ معَ الفحمِ الحجريِّ (الكوك)، ويُنتِجُ هذا التفاعُلُ ثانيَ أكسيدِ الكربونِ CO_2 كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

2- يتفاعلُ غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ الناتجُ معَ فحمِ الكوك مرةً أخرى لتكوينِ أولِ أكسيدِ الكربونِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

3- يتفاعلُ غازُ أولِ أكسيدِ الكربونِ الناتجُ CO معَ أكسيدِ الحديدِ Fe_2O_3 ويَنتُجُ منْ ذلكَ الحديدُ المنصهرُ، وغازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)}$$

يندفعُ الحديدُ المنصهرُ منَ الفتحاتِ أسفلَ الفرنِ لتبريدِهِ وتحويلِهِ إلى مادةٍ صُلبةٍ، ويمكنُ كتابةُ معادلةِ التفاعلِ الكليةِ على النحوِ الآتي:

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

أبحث أبحثُ عنْ خصائصِ سبائكِ الفولاذِ (Steel) وأهمِّ الفلزاتِ الداخلةِ في تركيبِها، مستعينًا بالإنترنت والمصادرِ العلميةِ المتاحةِ، ثمَّ أصممُ عرضًا تقديميًّا، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي/ زميلاتي.

1 . أُوضّح المقصودَ بكلٍّ منْ: أكسيدِ الفلزِّ، تفاعلِ الإحلالِ، تآكُلِ الفلزِّ.

2 . **أُفسّرُ** ما يأتي:

أ . يُحفَظُ فلزُّ الصوديوم تحتَ الكيروسين.

ب . يمكنُ استخلاصُ الحديدِ منْ أكاسيدِهِ مثلِ Fe_2O_3 باستخدامِ الألمنيوم.

جـ . على الرغمِ منْ أنَّ البلاتينَ أقلُّ نشاطًا منَ القصديرِ، إلا أنَّ عُلبَ الموادِّ الغذائيةِ المصنوعةَ منَ الحديدِ تُطلى منَ الداخلِ بالقصديرِ لا البلاتينِ.

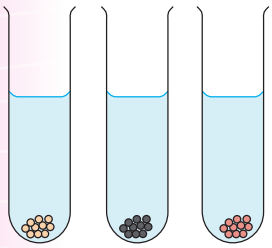
3 . قطّعَ مدرِّسُ الكيمياءِ عيناتٍ منْ فلزاتٍ لينةٍ بالسكينِ، وتركَها بحذرٍ مُعرَّضةً للهواءِ بعدَ أنْ كلّفَ مجموعاتٍ منْ طلابِهِ حسابَ الزمنِ المستغرقِ في تحوُّلِ سطحِ كلِّ فلزٍّ في مكانِ القطعِ منْ لامعٍ إلى باهتٍ. وكانتِ النتائجُ كما يأتي:

الصوديوم (57) ثانيةً، الكالسيوم (دقيقتانِ ونصفٌ)، البوتاسيوم (13) ثانيةً، الليثيوم (92) ثانيةً.

أ . أُحدّدُ الفلزَّ الأكثرَ سرعةً في تفاعلِهِ معَ الهواءِ.

ب . أكتبُ معادلةَ التفاعلِ للفلزِّ الأقلِّ سرعةً في تفاعلِهِ معَ غازِ الأكسجينِ.

4 . **أُميّزُ** تفاوتَ سرعةِ تفاعلِ الفلزاتِ Ca, Mg, Zn معَ الماءِ (في الشكلِ المجاورِ) برسمِ فقاقيعِ الغازِ الناتجةِ في كلِّ أنبوبٍ.



5 . أكتبُ اسمَ فلزٍّ واحدٍ تنطبقُ عليهِ الخصائصُ في كلٍّ منَ العباراتِ الآتيةِ، ثمَّ أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ:

أ . فلزٌّ يتفاعلُ معَ الماءِ بسرعةٍ مُتحرِّكًا على سطحِهِ.

ب . فلزٌّ يتفاعلُ ببطءٍ معَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ.

6 . **أتأمّلُ** سلسلةَ النشاطِ المجاورةَ، ثمَّ أحددُ الفقرةَ الصحيحةَ في ما يأتي:

أ . الفلزُّ Y يتفاعلُ معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl ويُنتِجُ غازَ الهيدروجينِ.

ب . الفلزُّ X يتفاعلُ معَ الماءِ.

جـ . الفلزُّ Y يحلُّ محلَّ الفلزِّ X في المحلولِ المائيِّ لكبريتاتِهِ X_2SO_4.

7 . الجدولُ الآتي يوضحُ نتائجَ تجارِبِ تفاعلاتِ الفلزاتِ: A, B, C, D معَ الماءِ ومعَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ:

الفلزُّ	التجربةُ الأولى تفاعُلُ الفلزِّ معَ الماءِ	التجربةُ الثانيةُ تفاعُلُ الفلزِّ معَ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ
A	تَنتُجُ كميةٌ منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ	تَنتجُ كميةٌ كبيرةٌ منْ فقاقيعِ غازِ الهيدروجينِ وبسرعةٍ
B	لا يحدثُ تفاعُلٌ	تَنتُجُ كميةٌ قليلةٌ منْ فقاقيعِ الغازِ على سطحِهِ
C	لا يحدثُ تفاعُلٌ	لا يحدثُ تفاعُلٌ
D	تَنتُجُ كميةٌ قليلةٌ منْ فقاقيعِ الغازِ على سطحِهِ	تَنتُجُ كميةٌ كبيرةٌ منْ فقاقيعِ الغازِ

أ . أُحدّدُ مثاليْنِ لإرشاداتِ السلامةِ الواجبِ اتباعُها عندَ إجراءِ التجارِبِ في الجدولِ.

ب . **أُرتّبُ** الفلزاتِ في الجدولِ عموديًّا، بَدْءًا بالفلزِّ الأكثرِ نشاطًا.

جـ . **أختارُ** رمزَ فلزٍّ منَ الجدولِ يمثلُ فلزَّ النحاسِ، مُبرِّرًا اختياري.

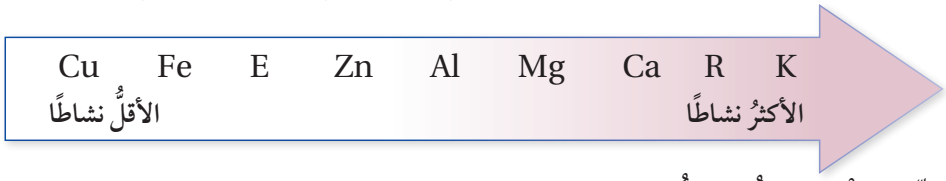
د . **أُقرّرُ** أيَّ الفلزاتِ في الجدولِ يمكنُ أنْ يكونَ الكالسيوم، ثمَّ أكتبُ معادلةَ تفاعُلِ الكالسيوم معَ الحمضِ HCl.

8 . عندَ تفاعُلِ المغنيسيوم معَ محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$ يترسَّبُ النحاسُ على هيئةِ ذراتِ النحاسِ الصُّلبةِ. أكتبُ معادلةً تمثِّلُ التفاعُلَ الناتجَ.

9 . المعلوماتُ الآتيةُ تمثلُ بياناتِ مجموعِ تجارِبَ أُجرِيَتْ على عددٍ منَ الفلزاتِ الافتراضيةِ الآتيةِ: (A، B، C، D، E). أستخدمُ هذِهِ المعلوماتِ في بناءِ سلسلةِ نشاطٍ كيميائيٍّ لهذِهِ الفلزاتِ:

- يرسِّبُ الفلزُّ D الفلزاتِ الأخرى في محاليلِها المائيةِ على هيئةِ عناصرَ حرةٍ.
- يحلُّ الفلزُّ C محلَّ الفلزِّ A عندَ تسخينِ مسحوقِ C معَ مسحوقٍ منْ أكسيدِ A.
- يستخلصُ الفلزُّ B الفلزَّ E منْ خاماتِهِ، ولا يمكنُهُ استخلاصُ الفلزِّ A منْ خاماتِهِ.

10 . **أتأمَّلُ** سلسلةَ النشاطِ الآتيةَ التي تتضمنُ فلزينِ مجهولَيْنِ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليها:



أ . **أتوقّعُ**: هلْ يتفاعلُ الفلزُّ R معَ الماءِ الباردِ؟ أبررُ إجابتي.

ب . **أتوقّعُ**: هلْ يتفاعلُ الفلزُّ E معَ الماءِ الباردِ؟ أبررُ إجابتي.

جـ . **أتنبّأُ**: هلْ يُرسِّبُ الفلزُّ R ذراتِ الفلزِّ Mg في محلولِ كبريتاتِ المغنيسيوم $MgSO_4$؟ أبررُ إجابتي.

د . **أستنتجُ**: هلْ يتفاعلُ الفلزُّ E معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl المخففِ؟ أبررُ إجابتي.

هـ . **أتنبّأُ**: هلْ يمكنُ استخدامُ الفلزِّ E في استخلاصِ الخارصينِ منْ أكسيدِهِ ZnO؟

11 . أختارُ الإجابةَ الصحيحةَ لكلِّ فقرةٍ في ما يأتي:

1. الفلزُّ الأسرعُ في تفاعلِهِ معَ الماءِ الباردِ ممّا يأتي هوَ:

أ . الخارصين　　ب . المغنيسيوم

جـ . الصوديوم　　د . النحاسُ

2. المادتانِ المتفاعلتانِ لتكوينِ ملحِ كلوريد المغنيسيوم هما:

أ . مغنيسيوم وماءٌ　　ب . مغنيسيوم وأكسجين

جـ . مغنيسيوم وبخارُ الماءِ　　د . مغنيسيوم وحمضُ الهيدروكلوريك

3. اسمُ الملحِ الناتجِ منْ تفاعُلِ فلزِّ الكالسيوم معَ حمضِ الهيدروكلوريك هوَ:

أ . هيدروكلوريك الكالسيوم　　ب . كلور الكالسيوم

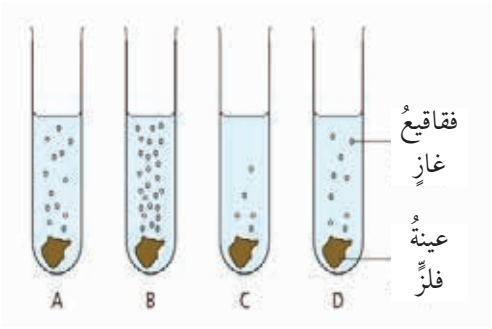
جـ . كلوريد الكالسيوم　　د . كلورات الكالسيوم

4. الغازُ الناتجُ عندَ تفاعُلِ الفلزاتِ معَ حمضِ الهيدروكلوريك HCl هوَ:

أ . الهيدروجين　　ب . الأكسجين

جـ . النيتروجين　　د . ثاني أكسيد الكربون

5. يُوضّحُ الشكلُ المجاورُ رموزًا افتراضيةً لعيناتٍ منَ الفلزاتِ تتفاعَلُ معَ الماءِ، وعليهِ، فإنَّ الترتيبَ الصحيحَ لها مُبتدِئًا برمزِ الفلزِّ الأكثرِ نشاطًا هوَ:



أ. ABCD ⟶ ب. ADCB ⟶

جـ. BADC ⟶ د. DBCA ⟶

6. الفلزُّ الذي يقاومُ التآكُلَ في ما يأتي هوَ:

أ. المغنيسيوم ب. الألمنيوم

جـ. الخارصين د. النحاسُ

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

أ. $CuO_{(s)} + Mg_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + MgO_{(s)}$

ب. $PbO_{(s)} + Zn_{(s)} \rightarrow Pb_{(s)} + ZnO_{(s)}$

جـ. $CaO_{(s)} + Zn_{(s)} \rightarrow Ca_{(s)} + ZnO_{(s)}$

د. $CuO_{(s)} + Pb_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + PbO_{(s)}$

8. الظرفُ المناسبُ لتكوُّنِ صدأِ الحديدِ هوَ توافرُ:

أ. الأكسجينِ ب. الأكسجينِ والماءِ

جـ. الماءِ د. الهيدروجين والماءِ

9. فلزُّ R يقعُ بينَ الكالسيوم والخارصينِ، وعليهِ، فإنَّ الطريقةَ الأنسبَ للتحقُّقِ منْ ذلكَ تجربةُ تفاعلِهِ معَ:

أ. الأكسجينِ ب. الماءِ

جـ. الأكسجينِ والماءِ د. حمضِ الهيدروكلوريك

الوحدةُ 4

الكيمياءُ الكهربائيةُ

Electrochemistry

أتأمَّلُ الصورةَ

ازدادَ استخدامُ السياراتِ الكهربائيةِ ازديادًا ملحوظًا عالميًّا، وقدْ نَتَجَ ذلكَ منْ تطوُّرِ صناعةِ البطارياتِ اللازمةِ لتشغيلِها كبطاريةِ أيونِ الليثيوم كما في الصورةِ. فما نوعُ التفاعلاتِ التي تحدثُ فيها وتؤدي إلى إنتاجِ تيارٍ كهربائيٍّ؟ وهلْ يمكنُ استخدامُ البطّاريّةِ في إحداثِ تفاعلاتٍ يمكنُ توظيفُها والاستفادةُ منها؟

الفكرةُ العامَّةُ:

تُعَدُّ تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ شائعةً في الطبيعةِ وضروريةً في الصناعةِ، وتتضمنُ انتقالَ الإلكتروناتِ منَ المادةِ التي تتأكسدُ إلى المادةِ التي تختزلُ، ويصاحبُ ذلكَ إنتاجَ طاقةٍ كهربائيةٍ أوْ استهلاكَها.

الدرسُ الأوَّلُ: التأكسدُ والاختزالُ والخلايا الجلفانيةُ

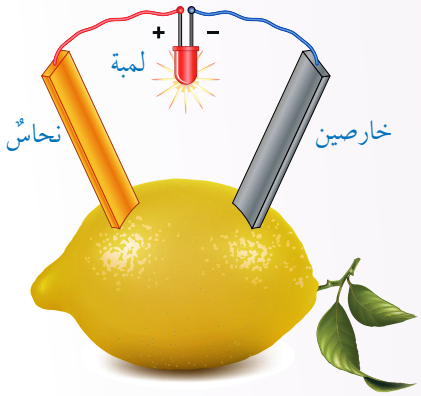
الفكرةُ الرئيسةُ: توصَفُ المادةُ بأنها تأكسدَتْ أوْ اختُزِلتْ بالاعتمادِ على إضافةِ الأكسجينِ إليها أوْ نزعِهِ منها، أوْ فَقْدِ الإلكتروناتِ أوِ اكتسابِها، ويُسمّى التفاعلُ الحاصلُ تفاعلَ التأكسدِ والاختزالِ. يحدثُ هذا التفاعلُ في الخليةِ الجلفانيةِ أيضًا، حيثُ تتحولُ فيها الطاقةُ الكيميائيةُ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ.

الدرسُ الثاني: خلايا التحليلِ الكهربائيِّ

الفكرةُ الرئيسةُ: تُستخدَمُ الطاقةُ الكهربائيةُ في إحداثِ تفاعلِ التأكسدِ والاختزالِ في خلايا التحليلِ الكهربائيِّ، ويمكنُ توظيفُها في مجالاتٍ عدةٍ، منها الطلاءُ الكهربائيُّ، واستخلاصُ بعضِ الفلزاتِ منْ خاماتِها.

بطاريةُ الليمونِ

الموادُّ والأدواتُ: ليمونةٌ كبيرةٌ ناضجةٌ، صفيحةُ خارصين Zn، صفيحةُ نحاسٍ Cu، أسلاكُ توصيلٍ، مصباحٌ صغيرٌ وقاعدتُهُ، سكينٌ.



إرشاداتُ السلامةِ:

- أتّبعُ إرشاداتِ السلامةِ العامّةِ في المختبرِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفافيزَ.

خُطُواتُ العملِ:

1. أضغطُ الليمونةَ باليدِ إلى أنْ تصبحَ طريةً تحتوي عصيرَ ليمونٍ.
2. أُعمِلُ في الليمونةِ ثقبيْنِ، ثمَّ أُدخِلُ فيهما صفيحتَي الخارصينِ والنحاسِ، وأحرِصُ على إدخالِهما حتى منتصفِ الليمونةِ تقريبًا.
3. **أُجرّبُ:** أصلُ صفيحةَ الخارصينِ بسلكِ توصيلٍ، ثمَّ أصلُ طرفَهُ الآخَرَ بقاعدةِ المصباحِ.
4. **أُلاحظُ:** أكررُ الخطوةَ السابقةَ معَ صفيحةِ النحاسِ، وأُدوِّنُ ملاحظاتي: هلْ أضاءَ المصباحُ؟ علامَ يدلُّ ذلكَ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أتوقّعُ:** أيُّ الفلزيْنِ يتفاعلُ معَ حمضِ الليمونِ (حمض الستريك، وسنرمزُ إليهِ بالرمزِ HC)؟

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً تمثلُ تفاعلَ الفلزِّ معَ حمضِ الستريك HC.

3- أكتبُ معادلةً أيونيةً نهائيةً لتفاعلِ الفلزِّ معَ الحمضِ HC.

4- **أتوقّعُ:** ما التغيرُ الذي حدثَ للفلزِّ عندَ تفاعلِهِ معَ الحمضِ؟ هلِ اكتسبَ أمْ فَقَدَ إلكتروناتٍ؟

5- **أتوقّعُ:** ما التغيرُ الذي حدثَ لأيوناتِ الهيدوجين H^+ عندَ تفاعُلِ الحمضِ معَ الفلزِّ؟ هلِ اكتسبَتْ أمْ فَقَدَتْ إلكتروناتٍ؟

6- **أتوقّعُ** مصدرَ التيارِ الكهربائيِّ المتولدِ في خليةِ الليمونِ.

التأكسدُ والاختزالُ والخلايا الجلفانيةُ
Oxidation - reduction and Galvanic Cells

الدرسُ 1

الفكرةُ الرئيسةُ:

توصَفُ المادةُ بأنها مُتأكسِدةٌ أوْ مُختزَلةٌ بالاعتمادِ على إضافةِ الأكسجينِ إليها أوْ نزعِهِ منها، أوْ فَقْدِ الإلكتروناتِ أوِ اكتسابِها، ويُسمّى التفاعلُ الحاصلُ تفاعلَ التأكسدِ والاختزالِ. يحدثُ هذا التفاعلُ في الخليةِ الجلفانيةِ أيضًا؛ حيثُ تتحولُ فيها الطاقةُ الكيميائيةُ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضحُ مفهومَ كلٍّ منَ: التأكسدِ، الاختزالِ، العاملِ المختزلِ، العاملِ المؤكسدِ، المصعدِ، المهبطِ.
- أميزُ منَ المعادلةِ الكيميائيةِ المادةَ التي تأكسدَتْ والتي اختزلَتْ.
- أتعرفُ أنواعَ الخلايا الكهركيميائيةِ وتحولاتِ الطاقةِ فيها.
- أصممُ خليةً جلفانيةً، ثمَّ أحددُ أجزاءَها ومبدأَ عملِها.
- أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً تمثلُ التفاعلاتِ نصفَ الخلويةِ والتفاعلَ الكليَّ الذي يحدثُ في الخليةِ.
- أستقصي أثرَ تفاوتِ الفلزاتِ في نشاطِها على فرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ المتولدِ في الخليةِ.
- أتعرَّفُ بعضَ تطبيقاتِ الخلايا الجلفانيةِ في الحياةِ اليوميةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

التأكسدُ	Oxidation
الاختزالُ	Reduction
تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ	Oxidation–Reduction Reactions
نصفُ تفاعلِ التأكسدِ	Half Oxidation Reaction
نصفُ تفاعلِ الاختزالِ	Half Reduction Reaction
العاملُ المؤكسدُ	Oxidizing Agent
العاملُ المختزلُ	Reducing Agent
الخلايا الكهركيميائيةُ	Electrochemical Cells
الخلايا الجلفانيةُ	Galvanic Cells
القطبُ	Electrode
المصعدُ	Anode
المهبطُ	Cathode
خليةُ الوقودِ	Fuel Cell

مفهومُ التأكسدِ والاختزالِ
Oxidation Reduction Concept

تُعَدُّ تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ منَ التفاعلاتِ المألوفةِ في حياتِنا اليوميةِ؛ فصدأُ الحديدِ واحتراقُ الفحمِ كما في الشكلِ (1)، وتحوُّلُ لونِ قطعةِ تفاحٍ إلى اللونِ البنيِّ ما هيَ إلا أمثلةٌ على تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ. فما التأكسدُ؟ وما الاختزالُ؟ وما تفاعلُ التأكسدِ والاختزالِ؟

مفهومُ التأكسدِ والاختزالِ بالاعتمادِ على الأكسجينِ
Oxidation-Reduction Concept depending on Oxygen

اعتمدَ الكيميائيونَ قديمًا مفهومَ التأكسدِ إشارةً إلى تفاعلِ العنصرِ معَ الأكسجينِ، مُنتِجًا أكسيدَ العنصرِ، فمثلًا، يتفاعلُ فلزُّ النحاسِ Cu معَ غازِ الأكسجينِ O_2 فينتُجُ أكسيدُ النحاسِ (II) CuO وَفْقًا للمعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$2Cu_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CuO_{(s)}$$

وبهذا، فإنَّ فلزَّ النحاسِ Cu قدْ تحوَّلَ بعدَ التفاعلِ إلى أكسيدِ النحاسِ (II) CuO أيْ أنَّ Cu تأكسَدَ.

الشكلُ (1): احتراقُ الفحمِ.

تُعَدُّ تفاعلاتُ التنافسِ على الأكسجينِ أيضًا منَ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ كما في تفاعلِ فلزِّ الخارصينِ Zn معَ أكسيدِ النحاسِ CuO (II) الموضحِ في المعادلةِ الآتيةِ:

$$CuO_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

يتضحُ منَ المعادلةِ السابقةِ أنَّ فلزَّ الخارصينِ Zn اتَّحدَ معَ الأكسجينِ، فنتجَ منهُ أكسيدُ الخارصين ZnO لذلكَ توصفُ عمليةُ اتِّحادُ أوْ ارتباطُ العنصرِ (أوِ المركَّبِ) بالأكسجين أنَّها **تأكسُدٌ Oxidation** وهذا يعني أنَّ Zn قدْ تأكسَدَ. في حينِ تُبيِّنُ المعادلةُ أنَّ أكسيدَ النحاسِ CuO (II) تحوَّلَ إلى Cu وذلكَ بنزعِ الأكسجينِ منهُ، وهذا يعني اختزالَ الأيون Cu^{2+} في أكسيدِ النحاسِ CuO (II) لذلكَ توصفُ عمليةُ نزعِ الأكسجينِ منَ المركّبِ أنَّها **اختزالٌ Reduction.**

أُلاحظُ منَ التفاعلِ السابقِ وجودَ مادتينِ: إحداهما تتأكسدُ والأخرى تختزلُ بالتفاعلِ نفسِهِ، ويُطلَقُ على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ **تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ Oxidation–Reduction Reactions**

✓ **أتحقَّقُ:** أحددُ المادةَ التي تأكسدَتْ وتلكَ التي اختُزِلَتْ في معادلةِ تفاعُلِ أكسيدِ الحديدِ Fe_2O_3 (III) معَ الكربون C:

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)}$$

المثالُ 1

يُستخدَمُ تفاعُلُ الثيرمايت في لحامِ السككِ الحديديةِ، إذْ يَنتُجُ منْ هذا التفاعُلِ كميةٌ كبيرةٌ منَ الطاقةِ الحراريةِ الكافيةِ لصهْرِ الحديدِ، ما يتيحُ صَبَّ الحديدِ المصهورِ مباشرةً في الشقوقِ في مسارِ سكةِ الحديدِ.
والثيرمايت هوَ تفاعُلُ أكسيدِ الحديدِ Fe_2O_3 (III) معَ فلزِّ الألمنيوم Al مُنتِجًا أكسيدَ الألمنيوم Al_2O_3 وفلزَّ الحديدِ Fe. أحددُ المادةَ التي تأكسدَتْ والمادةَ التي اختزلَتْ في المعادلةِ الآتيةِ:

$$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + Al_2O_{3(s)}$$

الحلُّ:

أُلاحظُ منَ المعادلةِ أنَّ ذرةَ الألمنيوم Al تحوّلَتْ إلى أكسيدِ الألمنيوم Al_2O_3 وهذا يعني أنَّها اتَّحدتْ معَ الأكسجينِ، أيْ أنَّ ذرةَ الألمنيوم تأكسدَتْ.

كذلكَ أُلاحظُ منَ المعادلةِ تحوُّلَ أكسيدِ الحديدِ Fe_2O_3 إلى ذرةِ الحديدِ Fe وهذا يعني نزعَ الأكسجينِ منهُ، أيْ أنَّ أيونَ الحديدِ Fe^{3+} في أكسيد الحديدِ Fe_2O_3 حدثَ لَهُ اختزالٌ.

مفهومُ التأكسدِ والاختزالِ بالاعتمادِ على انتقالِ الإلكتروناتِ
Oxidation-Reduction Concept Depending on Electrons Transfer

تصفُ التفاعلاتُ السابقةُ التأكسدَ على أنَّهُ اتِّحادُ العنصرِ أوِ المركَّبِ معَ الأكسجينِ، في حينِ يصفُ الاختزالُ نزعَ الأكسجينِ منَ المركَّبِ، ولكنْ، هلْ تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ كلُّها تتضمنُ التفاعلَ معَ الأكسجينِ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، أنظرُ إلى معادلةِ تفاعُلِ فلزِّ الخارصينِ معَ أكسيدِ النحاسِ (II) CuO:

$$CuO_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

مركّبٌ أيونيٌّ عنصرٌ مركّبٌ أيونيٌّ عنصرٌ

أكتبُ المعادلةَ على الصورةِ الأيونيةِ الآتيةِ:

$$Cu^{2+} + O^{2-} + Zn \rightarrow Zn^{2+} + O^{2-} + Cu$$

أحذفُ الأيوناتِ المتفرجةَ التي تظهرُ على طرفَي المعادلةِ، وهيَ أيوناتُ الأكسجينِ، فتتبقى المعادلةُ الأيونيةُ النهائيةُ:

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

أُلاحظُ منَ المعادلةِ أنَّ ذرةَ الخارصينِ Zn في الموادِّ المتفاعلةِ تحولَتْ إلى أيونِ الخارصينِ Zn^{2+} في الموادِّ الناتجةِ، وأنَّ أيونَ النحاسِ Cu^{2+} في الموادِّ المتفاعلةِ تحوَّلَ إلى ذرةِ النحاسِ Cu في الموادِّ الناتجةِ كما يأتي:

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

أقسمُ المعادلةَ قسميْنِ كما يأتي:

$$Cu^{2+} \rightarrow Cu$$

$$Zn \rightarrow Zn^{2+}$$

ثمَّ أضيفُ عددًا منَ الإلكتروناتِ إلى كلِّ نصفٍ بعددِ الشِّحناتِ الموجبةِ نفسِها لموازنتِها كما يأتي:

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

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

وبهذا، فإنَّ أيونَ النحاسِ Cu^{2+} قدِ اكتسبَ إلكترونينِ لتكوينِ ذرةِ

نحاسٍ Cu ويوصفُ أيونُ النحاسِ Cu^{2+} أنَّهُ اختزلَ، في حينِ فقدَتْ ذرةُ الخارصينِ Zn إلكترونينِ وتكوَّنَ أيونُ الخارصينِ Zn^{2+}، فتوصفُ ذرةُ الخارصينِ Zn أنها تأكسدَتْ. وباتَ يُنظَرُ إلى **التأكسدِ** على أنَّهُ فَقَدَ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ، أما **الاختزالُ**، فهوَ اكتسابُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ. والتأكسُدُ والاختزالُ عمليَّتانِ مُتلازمتانِ، لا يُمكنُ حدوثُ إحداهُما دونَ الأُخرى.

تسمى المعادلةُ التي تظهرُ فيها الإلكتروناتُ جهةَ الموادِّ المتفاعلةِ **نصفَ تفاعلِ الاختزالِ Half Reduction Reaction**، أما المعادلةُ التي تظهرُ فيها الإلكتروناتُ جهةَ الموادِّ الناتجةِ، فتسمى **نصفَ تفاعلِ التأكسدِ Half Oxidation Reaction.**

يتّضحُ مما سبقَ أنَّ ذرةَ الخارصينِ Zn فقدَتْ إلكترونينِ واكتُسِبا منْ أيونِ النحاسِ Cu^{2+} وهذا يعني أنَّ عددَ الإلكتروناتِ المفقودةِ في نصفِ تفاعُلِ التأكسدِ يساوي عددَ الإلكتروناتِ المكتسبةِ في نصفِ تفاعُلِ الاختزالِ؛ لذلكَ لا تُكتَبُ الإلكتروناتُ في معادلةِ تفاعلِ التأكسدِ والاختزالِ.

أستخدِمُ برنامجَ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، وأصممُ فيلمًا ألخصُ فيهِ تعريفَ التأكسدِ والاختزالِ وَفْقًا لتغيُّرِ الأكسجينِ وفَقْدِ الإلكتروناتِ وكسْبِها، ثمَّ أُناقشُ فيها زملائي/ زميلاتي.

المثالُ 2

أُحدّدُ المادةَ التي تتأكسدُ وتلكَ التي تُختزَلُ في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ:

$$Zn_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}$$

الحلُّ:

أُلاحظُ تحوُّلَ ذرةِ الخارصينِ Zn إلى أيونِ الخارصينِ Zn^{2+} وهذا يعني أنَّ الذرةَ فقدَتْ إلكترونينِ، أيْ أنها تأكسدَتْ.

نصفُ تفاعلِ التأكسدِ: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

أُلاحظُ تحوُّلَ أيونِ النيكل Ni^{2+} إلى ذرةِ النيكل Ni وهذا يعني أنَّ أيونَ النيكل اكتسبَ إلكترونينِ، أيْ أنَّهُ اختزلَ.

نصفُ تفاعلِ الاختزالِ: $Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$

المثالُ 3

يتفاعلُ فلزُّ الألمنيوم Al معَ أيوناتِ الفضةِ Ag^+ وَفْقًا لمعادلةِ التفاعلِ الآتيةِ:

$$Al_{(s)} + 3Ag^+_{(aq)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$$

أكتبُ نصفَ تفاعلِ التأكسدِ ونصفَ تفاعلِ الاختزالِ.

الحلُّ:

أُلاحظُ تحوُّلَ ذرةِ الألمنيوم Al إلى أيونِ الألمنيوم Al^{3+} وهذا يعني أنَّ الذرةَ فَقَدَتْ ثلاثةَ إلكتروناتٍ، أيْ أنَّها تأكسدَتْ.

نصفُ تفاعلِ التأكسدِ: $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

أُلاحظُ تحوُّلَ أيونِ الفضةِ Ag^+ إلى ذرةِ الفضةِ Ag وهذا يعني أنَّ أيونَ الفضةِ اكتسبَ إلكترونًا واحدًا، أيْ حدثَ لَهُ اختزالٌ.

نصفُ تفاعلِ الاختزالِ: $Ag^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

ولكيْ يكونَ عددُ الإلكتروناتِ المفقودةِ يساوي عددَ الإلكتروناتِ المكتسبةِ، فإنَّ ذرةَ Al واحدةً تفقِدُ ثلاثةَ إلكتروناتٍ، وكلَّ أيونِ فضةٍ Ag^+ يكتسبُ إلكترونًا واحدًا؛ لذلكَ يجبُ توافرُ ثلاثةِ أيوناتِ فضةٍ Ag^+ لاكتسابِ الإلكتروناتِ الثلاثةِ، ويتحققُ ذلكَ بضربِ معادلةِ نصفِ تفاعُلِ الاختزالِ في العددِ 3 لذلكَ يمكنُ التعبيرُ عنْ نصفِ تفاعلِ الاختزالِ كما يأتي:

$$3Ag^+_{(aq)} + 3e^- \rightarrow 3Ag_{(s)}$$

أتحقَّقُ: هلْ أيونُ النحاسِ Cu^{2+} يتأكسدُ أمْ يُختزَلُ وَفْقًا لنصفِ التفاعلِ الآتي؟ أفسرُ إجابتي.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^{1+}_{(aq)}$$

أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ مفهومَي التأكسدِ والاختزالِ وَفْقًا لإضافةِ الهيدروجين إلى العنصرِ أوْ نزعِهِ، وكذلكَ وَفْقًا للتغيُّرِ في عددِ التأكسدِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا أناقشُ فيهِ زملائي/ زميلاتي في الصّفِّ.

العاملُ المختزلُ والعاملُ المؤكسدُ Reducing and Oxidising Agents

تكونُ عمليتا التأكسدِ والاختزالِ مترافقتينِ؛ فتأكسُدُ مادةٍ في التفاعلِ الكيميائيِّ يقابلُهُ اختزالُ مادَّةٍ أُخرى في التفاعلِ نفسِهِ. ويُطلَقُ على المادةِ التي تتأكسَدُ في أثناءِ التفاعلِ وتسببُ اختزالَ غيرِها **العاملُ المختزلُ Reducing Agent**. أما المادةُ التي تُختَزَلُ وتسببُ تأكسُدَ غيرِها، فيُطلَقُ عليها **العاملُ المؤكسدُ Oxidising Agent** فمثلًا، في تفاعُلِ فلزِّ الخارصين Zn معَ أكسيدِ النحاسِ CuO (II) كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$CuO_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

فإنَّ الخارصين Zn هوَ العاملُ المختزلُ لأنَّهُ تأكسَدَ، وتسببَ في اختزالِ أكسيدِ النحاسِ CuO (II) أما أكسيدُ النحاسِ CuO (II) فهوَ العاملُ المؤكسدُ لأنَّهُ اختزلَ، وتسببَ في تأكسُدِ الخارصين Zn وعلى الرغمِ منْ أنَّ التأكسُدَ أوِ الاختزالَ يحدثُ لذرةٍ واحدةٍ في المركّبِ أوِ الأيونِ متعددِ الذراتِ، إلا أنَّ كاملَ المركّبِ أوِ الأيونِ يسمى العاملَ المختزلَ أوِ العاملَ المؤكسدَ وليس الذرةُ وَحْدَها. فمثلًا، يحدثُ الاختزالُ لأيونِ النحاسِ في أكسيدِ النحاسِ CuO (II) إلا أنَّ أكسيدَ النحاسِ يسمى عاملًا مؤكسدًا وليسَ أيونُ النحاسِ وَحْدَهُ.

المثالُ 4

أُحدّدُ العاملَ المختزلَ في نصفِ التفاعلِ الآتي:

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

الحلُّ:

أُلاحظُ أنَّ ذرةَ Na قدْ فَقَدَتْ إلكترونًا واحدًا، فتكوَّنَ الأيونُ Na^{+} وهذا يعني أنَّ ذرةَ Na قدْ تأكسدَتْ فهيَ العاملُ المختزلُ.

أتحقَّقُ: أُحدّدُ العاملَ المؤكسدَ في نصفِ التفاعلِ الآتي:

$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Sn_{(s)}$$

الربطُ بالحياةِ

تُعَدُّ الألعابُ الناريةُ مثالًا على تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ، وتتضمنُ الألعابُ الناريةُ وجودَ العواملِ المؤكسدةِ والعواملِ المختزلةِ والموادِّ الملونةِ؛ فالعواملُ المؤكسدةُ مثلُ النترات والكلورات تُنتِجُ الأكسجينَ اللازمَ للاحتراقِ، أما العواملُ المختزلةُ مثلُ الكبريتِ والكربونِ، فإنَّها تتفاعلُ معَ الأكسجينِ لإنتاجِ طاقةٍ حراريةٍ كافيةٍ لحدوثِ الانفجارِ. والألوانُ الناتجةُ تعودُ إلى وجودِ أيوناتِ الفلزاتِ؛ فأيوناتُ الليثيوم والسترونشيوم مسؤولةٌ عنِ اللونِ الأحمرِ، أما أيوناتُ المغنيسيوم والكالسيوم، فتُنتِجُ اللونَ الأبيضَ، وأما أيوناتُ النحاسِ، فتُنتِجُ اللونَ الأزرقَ. ويجبُ توخّي الحذرِ عندَ استخدامِ الألعابِ الناريةِ لما قدْ تسببُهُ منْ أضرارٍ.

التأكسدُ والاختزالُ وعلاقتُهُ بإنتاجِ الكهرباءِ
Oxidation-Reduction Produce Electrictiy

عندَ رؤيتِنا قنديلَ البحرِ مضيئًا ، أنظرُ إلى الشكلِ (2)، فهذا يدلُّ على حدوثِ تفاعُلِ تأكسدٍ واختزالٍ مُنتِجٍ للطاقةِ الضوئيةِ. كذلكَ عندَ حدوثِ عمليةِ البناءِ الضوئيِّ في النباتاتِ، يحدثُ تفاعُلُ تأكسدٍ واختزالٍ يمتصُّ الضَّوْءَ. فهلْ يمكنُ لتفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ أنْ يُنتِجَ أوْ يمتصَّ طاقةً كهربائيةً؟

الشكلُ (2): قنديلُ بحرٍ مُضيءٌ.

درسْتُ سابقًا أنَّ الفلزاتِ تتفاوتُ في نشاطِها، وأنَّ الفلزَّ الأنشطَ يحلُّ محلَّ الفلزِّ الأقلِّ نشاطًا، ويتمُّ ذلكَ عنْ طريقِ تفاعُلِ التأكسدِ والاختزالِ؛ إذْ يتأكسدُ الفلزُّ الأنشطُ ويختزلُ أيوناتِ الفلزِّ الأقلِّ نشاطًا الموجودةَ معَهُ في وعاءِ التفاعُلِ، فمثلًا، عندَ وضعِ مسمارٍ منَ الحديدِ Fe في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$ فإنَّ الحديدَ يتأكسدُ بفَقْدِ إلكترونيْنِ، ويتحوَّلُ إلى أيونِ الحديدِ Fe^{2+} بحَسَبِ نصفِ تفاعُلِ التأكسُدِ الآتي:

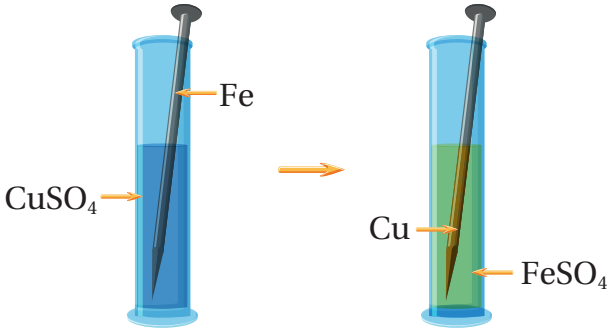
$$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

وتنتقلُ الإلكتروناتُ مباشرةً إلى أيوناتِ النحاسِ Cu^{2+} الموجودةِ في المحلولِ، حيثُ تكتسبُها وتتحوَّلُ إلى ذراتِ النحاسِ Cu بحَسَبِ نصفِ تفاعُلِ الاختزالِ الآتي:

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

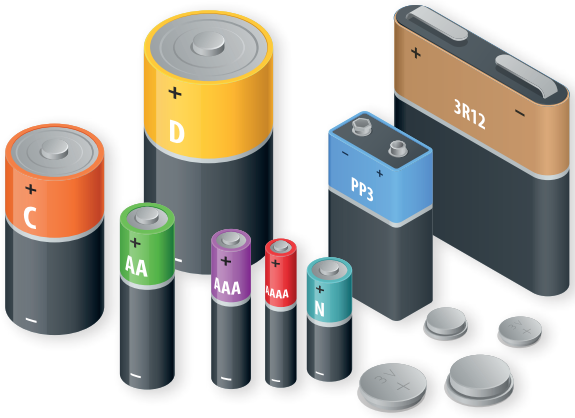
ويترسبُ النحاسُ على مسمارِ الحديدِ كما يوضحُ الشكلُ (3).

توصَّلَ العلماءُ إلى أنَّهُ يمكنُ الاستفادةُ منْ تفاعلَي التأكسدِ والاختزالِ اللذيْنِ حدَثا بوصفِهما مصدرًا للطاقةِ الكهربائيةِ. فكيفَ يتمُّ ذلكَ؟ وماذا تُسمّى الأدواتُ التي تحدثُ بها هذِهِ التفاعلاتُ؟



$$Fe + CuSO_4 \rightarrow Cu + FeSO_4$$

الشكلُ (3): ترسُّبُ النحاسِ على مسمارِ الحديدِ.



الشكلُ (4): أشكالٌ مختلفةٌ منَ البطارياتِ.

الخلايا الكهركيميائيةُ Electrochemical Cells

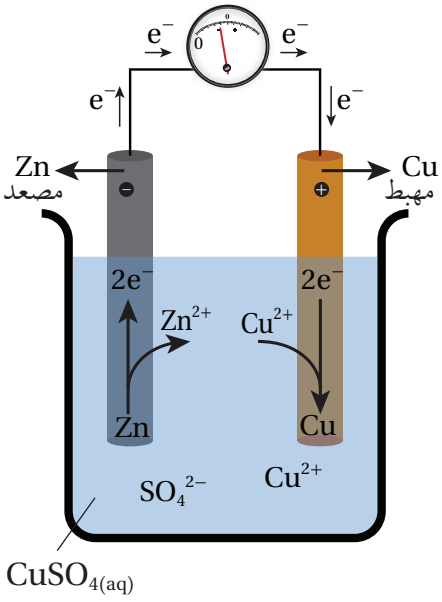
تُسمّى الأدواتُ التي تحدثُ فيها تفاعلاتُ تأكسُدٍ واختزالٍ مُنتِجةٌ للطاقةِ الكهربائيةِ أوْ مستهلكةٌ لها **الخلايا الكهركيميائيةَ Electrochemical Cells** وتقسمُ نوعيْنِ: الخلايا الجلفانيةَ، وخلايا التحليلِ الكهربائيِّ.

البطّاريات أكثرُ الأمثلةِ شيوعًا على الخلايا الجلفانيةِ؛ فجميعُ البطارياتِ مثلِ بطارياتِ: الساعةِ، والهاتفِ المحمولِ، والسيارةِ الكهربائيةِ، فضلًا عنِ البطارياتِ المستخدمةِ في كثيرٍ منَ الأجهزةِ والألعابِ، أنظرُ إلى الشكلِ (4)، تُعَدُّ **خلايا جلفانيةٌ Galvanic Cells** وتُعرفُ بأنَّها الأدواتُ التي يحدثُ فيها تفاعلا تأكسُدٍ واختزالٍ يؤديانِ إلى إنتاجِ تيارٍ كهربائيٍّ، أيْ تتحوَّلُ الطاقةُ الكيميائيةُ فيها إلى طاقةٍ كهربائيةٍ. فما مكوناتُ الخليةِ الجلفانيةِ البسيطةِ؟ وكيفَ تعملُ؟

الخلايا الجلفانيةِ البسيطةِ Simple Galvanic Cells

تتكونُ الخليةُ الجلفانيةُ البسيطةُ منْ وعاءٍ يحتوي صفيحتيْنِ فلزيتيْنِ مغموستيْنِ في محلولٍ كهرلي لأحدِ أملاحِ الفلزِّ الأقلِّ نشاطًا، وتشكلُ الصفيحتانِ قطبَي الخليةِ، ويُعرَفُ **القطبُ Electrode** بأنَّهُ مادةٌ صُلبةٌ موصلةٌ في دارةٍ كهربائيةٍ يَنقلُ الإلكتروناتِ منَ المحلولِ أوِ المصهورِ وإليهِ، أما المحلولُ الكهرلي، فهوَ محلولٌ يحتوي أيوناتٍ موجبةً وسالبةً حرةَ الحركةِ تسمحُ بمرورِ التيارِ الكهربائيِّ.

تتكوَّنُ الخليّةُ الجلفانيّةُ منْ صفيحتَي خارصين ونحاسٍ، تشكلانِ قطبَي الخليةِ، وهما مغموسانِ في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$ حيثُ يتفككُ ملحُ كبريتاتِ النحاسِ في الماءِ إلى أيوناتٍ حرةِ الحركةِ. وتتصلُ كلُّ صفيحةٍ بسلكٍ يتصلُ بالفولتميتر، وتشيرُ حركةُ مؤشرِ الفولتميتر إلى مرورِ تيارٍ كهربائيٍّ، وتنتقِلُ الإلكتروناتُ في الخليةِ السابقة منْ قطبِ الخارصينِ Zn عبرَ الأسلاكِ إلى قطبِ النحاسِ Cu، أنظرُ إلى الشكلِ (5)، أما قراءةُ الفولتميتر، فتمثلُ فَرْقَ الجهدِ الكهربائيِّ المتولدِ في الخليةِ. ولتفسيرِ ذلكَ؛ فإنَّهُ عندَ المقارنةِ بينَ الخارصينِ والنحاسِ، أجدُ أنَّ الخارصين أكثرُ نشاطًا منَ النحاسِ، أيْ أنَّهُ أكثرُ مَيْلًا إلى التأكسُدِ منَ النحاسِ، وهوَ ما يولِّدُ فَرْقَ جهدٍ كهربائيٍّ بينَ قطبَي الخليةِ يدفعُ الإلكتروناتِ الناتجةَ منْ تأكسُدِ ذراتِ الخارصين Zn إلى الحركةِ منْ قطبِ الخارصين Zn عبرَ الأسلاكِ باتجاهِ قطبِ النحاسِ Cu، حيثُ تكتسبُها أيوناتُ النحاسِ Cu^{2+} الموجودةُ في المحلولِ وتختزلُ مكوِّنةً ذراتِ النحاسِ Cu التي تترسّبُ على صفيحةِ النحاسِ.



الشكلُ (5): خليّةٌ جلفانيّةٌ بسيطةٌ.

أفكّرُ: أتوقّعُ التغيرَ الذي يحدثُ لكتلةِ قطبِ الخارصين Zn في الخليةِ.

ويُسمّى القطبُ الذي يحدثُ عندَهُ نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ **المصعدَ Anode** ويمثلُ القطبَ السالبَ في الخليةِ لأنَّهُ مصدرُ الإلكتروناتِ فيها، وهوَ قطبُ الخارصين، حيثُ تأكسدَتْ ذراتُهُ كما توضحُ المعادلةُ الآتيةُ التي تمثلُ نصفَ تفاعُلِ التأكسُدِ:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$$

ويُسمّى القطبُ الذي يحدثُ عندَهُ نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ **المهبطَ Cathode** ويمثلُ القطبَ الموجبَ في الخليةِ، حيثُ تتحركُ الإلكتروناتُ نحوَهُ وهوَ قطبُ النحاسِ، والمعادلةُ الآتيةُ تمثلُ نصفَ تفاعُلِ الاختزالِ:

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

أما التفاعُلُ الكليُّ الذي يحدثُ في الخليةِ الجلفانيةِ، فهوَ مجموعُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ، بحيثُ أجمعُ الموادَّ يسارَ السهمِ معًا والموادَّ يمينَ السهمِ معًا، أما الإلكتروناتُ، فيجبُ أنْ يكونَ عددُ

الإلكتروناتِ المفقودةِ مساويًا لعددِ الإلكتروناتِ المكتسبةِ، كما يتضحُ في المعادلاتِ الآتيةِ:

نصفُ تفاعلِ التأكسدِ/ مصعد: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصفُ تفاعلِ الاختزالِ/ مهبط: $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

معادلةُ التفاعلِ الكيميائيِّ الكليةُ: $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

المثالُ 5

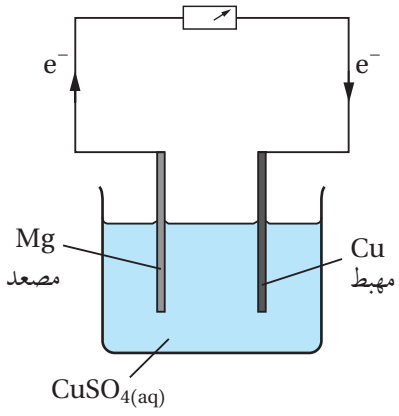
خليةٌ جلفانيةٌ بسيطةٌ قطباها هما فلزُّ المغنيسيوم Mg وفلزُّ النحاسِ Cu في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$، أستعينُ بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ على الإجابةِ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

1- أرسمُ الخليةَ الجلفانيةَ، ثمَّ أحددُ المصعدَ والمهبطَ واتجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ فيها على الرسمِ.

2- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ في الخليةِ.

3- أكتبُ معادلةً كيميائيةً تمثلُ التفاعلَ الكليَّ في الخليةِ.

4- أتوقّعُ التغيُّرَ في كتلةِ صفيحةِ النحاسِ بعدَ استخدامِ الخليةِ مدةً منَ الزمنِ.



الحلُّ:

1- أرجعُ إلى سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ وأحددُ موضعَ كلٍّ منَ المغنيسيوم والنحاسِ في السلسلةِ، سأجدُ أنَّ المغنيسيوم يقعُ أعلى منَ النحاسِ فيها، أيْ أنَّهُ أكثرُ نشاطًا منهُ. أيْ أكثرُ ميلًا لفَقْدِ الإلكتروناتِ أوِ التأكسد، وعليهِ، فإنَّ المغنيسيوم يمثلُ المصعدَ في الخليةِ الجلفانيةِ، ويمثلُ النحاسُ المهبطَ، وتتحركُ الإلكتروناتُ منَ المصعدِ Mg إلى المهبطِ Cu، حيث تكتسبها أيونات النحاس Cu^{2+} وتُختزَل.

2- نصفُ تفاعلِ التأكسُدِ/ مصعد $Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

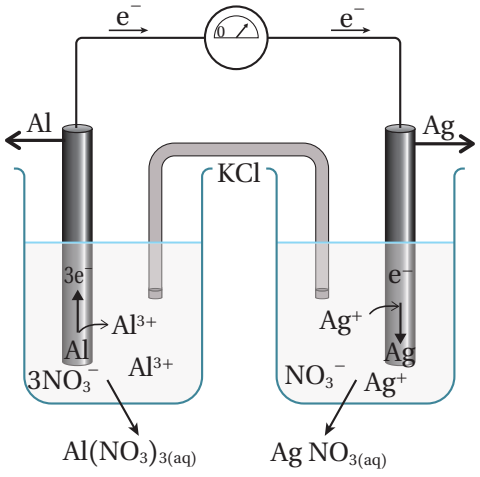
نصفُ تفاعلِ الاختزالِ/ مهبط $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

3- أجمعُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ: $Mg_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

4- أتوقّعُ زيادةَ كتلةِ صفيحةِ النحاسِ نظرًا إلى ترسُّبِ ذراتِ النحاسِ Cu عليها.

ويوجدُ نوعٌ آخرُ منَ الخلايا الجلفانيّة يتكوّنُ منْ وعاءَينِ؛ إذْ يحتوي كلُّ وعاءٍ صفيحةً فلزيةً تمثلُ القطبَ، مغموسةً في محلولٍ لأحدِ أملاحِ الفلزِّ المكوِّنِ للصفيحةِ، ويتصلُ القطبانِ بأسلاكِ توصيلٍ وبفولتميتر، أما الوعاءانِ، فيوصلانِ بما يُسمّى القنطرةَ الملحيةَ، وهيَ أنبوبٌ على شكلِ حرفِ ∪ يحتوي محلولًا مُشبَعًا لأحدِ الأملاحِ مثل KCl؛ وظيفتُها المحافظةُ على التعادلِ الكهربائيِّ في الخليةِ.

المثالُ 6



خليةٌ جلفانيةٌ قطباها منَ الألمنيوم Al في محلولِ نترات الألمنيوم $Al(NO_3)_3$ والفضةِ Ag في محلولِ نترات الفضةِ $AgNO_3$ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ مُستعينًا بالشكلِ المجاورِ:

1- أُحدّدُ المصعدَ والمهبطَ وشِحْنة كل منهما.

2- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ.

3- أكتبُ معادلةَ التفاعلِ الكيميائي الكليةَ في الخليةِ الجلفانيةِ.

4- ما وظيفةُ القنطرةِ الملحيةِ في الخليةِ؟

الحلُّ:

1- أُلاحظُ منَ الشكلِ حركةَ الإلكتروناتِ منْ قطبِ الألمنيوم Al باتجاهِ قطبِ الفضةِ Ag، فيكونُ قطبُ Al هوَ المصعدَ وشِحْنتُهُ (−)، وقطبُ Ag هوَ المهبطَ وشِحْنتُهُ (+).

2- نصفُ تفاعلِ التأكسُدِ: $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ: $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

3- أجمعُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ معًا بعدَ التأكدِ منْ أنَّ عددَ الإلكتروناتِ المفقودةِ تساوي عددَ الإلكتروناتِ المكتسبةِ، وإذا كانَتْ غيرَ متساويةٍ، أضرِبُ كلَّ نصفِ تفاعُلٍ في معاملٍ، بحيثُ تصبحُ متساويةً. هنا سيُضرَبُ نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ في الرَّقْمِ (3) كما يأتي:

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ: $(Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}) \times 3$

فتصبحُ المعادلةُ: $3Ag^+_{(aq)} + 3\cancel{e^-} \rightarrow 3Ag_{(s)}$

نصفُ تفاعُلِ التأكسدِ: $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3\cancel{e^-}$

معادلةُ التفاعُلِ الكيميائي الكليةُ: $Al_{(s)} + 3Ag^+_{(aq)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$

4- وظيفةُ القنطرةِ الملحيةِ: المحافظةُ على التعادلِ الكهربائيِّ في الخليةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** خليةٌ جلفانيةٌ بسيطةٌ قطباها فلزُّ الحديدِ Fe وفلزُّ الرصاصِ Pb في محلولِ نترات الرصاصِ $Pb(NO_3)_2$ مستعينًا بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

1- أُحدّدُ المصعدَ والمهبطَ واتجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ في الخليةِ الجلفانيةِ.

2- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ فيها.

3- أُفسّرُ نقصانَ كتلةِ صفيحةِ الحديدِ Fe بعدَ تشغيلِ الخليةِ مدةً منَ الزمنِ.

التجربةُ 1

بناءُ خليةٍ جلفانيةٍ

الموادُّ والأدواتُ:

محلولٌ تركيزُهُ (1M) منْ كبريتاتِ النحاسِ $CuSO_4$، صفيحتا خارصين Zn ونحاسٍ Cu، ورقُ صنفرةٍ، فولتميتر، أسلاكُ توصيلٍ، كأسٌ زجاجيةٌ سَعَتُها 200 mL، مِخبارٌ مدرّجٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- ألتزمُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفافيزَ.

خُطُواتُ العملِ:

1- **أقيسُ:** أحضرُ كأسًا زجاجيةً، وأقيسُ بالمِخبارِ المدرّجِ 150 mL منْ محلولِ كبريتاتِ النحاسِ، ثمَّ أسكبُها في الكأسِ.

2- **أُجرّبُ:** أنظفُ صفيحتَي النحاسِ والخارصين جيدًا بورقِ الصنفرةِ.

3- **أُلاحظُ:** أصلُ أسلاكَ التوصيلِ منْ طرفٍ بالصفيحةِ ومنَ الطرفِ الآخرِ بالفولتميتر، بحيثُ أصلُ صفيحةَ النحاسِ بالطرفِ الموجبِ (+)، وصفيحةَ الخارصينِ بالسالبِ، ثمَّ أضعُ صفيحتَي النحاسِ والخارصين في الكأسِ على أنْ تكونا متباعدتيْنِ، ثمَّ أُلاحظُ تحرُّكَ مؤشرِ الفولتميتر، ثمَّ أدوِّنُ قراءتَهُ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُحدّدُ** المصعدَ والمهبطَ في الخليةِ الجلفانيةِ.
2. **أُحدّدُ** اتجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ في الخليةِ الجلفانيةِ.
3. **أتوقّعُ** التغيُّرَ في كتلتَي صفحيتَي الخارصينِ والنحاسِ.
4. أكتبُ التفاعلَ الكليَّ في الخليةِ الجلفانيةِ.

فَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ في الخلايا الجلفانيةِ المختلفةِ

Electric Potential Difference in different Galvanic Cells

في البطولاتِ الرياضيةِ الدوليةِ، تُجرى قرعةٌ لتوزيعِ الفِرَقِ على مجموعاتٍ لتنظيمِ المبارياتِ بينَها، أنظرُ إلى الشكلِ (6)، ويكونُ الفريقُ محظوظًا عندَما توقِعُهُ القرعةُ معَ فِرَقٍ أقلَّ قوةً وأقلَّ استعدادًا منهُ، إذْ يُتوقَّعُ أنْ تكونَ نتائجُ المبارياتِ لصالحِهِ وبفارقٍ كبيرٍ، يحدثُ ما يشبهُ

الشكلُ (6): توزيعُ الفِرَقِ.

أُفكّر: هلْ يمكنُ تحديدُ فلزيْنِ يشكلانِ خليةً جلفانيةً لها أقلُّ فَرْقِ جهدٍ كهربائيٍّ اعتمادًا على سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ؟ أفسرُ إجابتي.

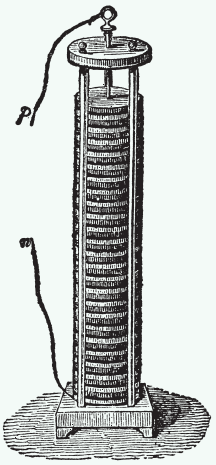
ذلكَ عندَ استخدامِ أزواجٍ مختلفةٍ منَ الفلزاتِ لتشكيلِ خلايا جلفانيةٍ، فإنَّ فَرْقَ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجَ يعتمدُ على موقعِ كِلا الفلزيْنِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، فكلما زادَ الفَرْقُ بينَ الفلزيْنِ في النشاطِ، زادَ فَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منَ الخليةِ الجلفانيةِ المكوَّنةِ منهما.

فمثلًا، عندَ تشكيلِ خليةٍ جلفانيةٍ قطباها الخارصين Zn والحديدُ Fe فإنَّه ينتج فَرْقَ جهدٍ كهربائيٍّ أقلَّ منْ فَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجِ منْ خليةٍ جلفانيةٍ قطباها الخارصين Zn والنحاسُ Cu، وبالرجوعِ إلى سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ في الشكلِ (7)، أُلاحظُ أنَّ الخارصينَ والحديدَ متتاليانِ في السلسلةِ، وهذا يعني أنَّ فَرْقًا قليلًا في النشاطِ الكيميائيِّ بينَهُما، أما الخارصينُ والنحاسُ، فهما أكثرُ تباعُدًا، وهذا يدلُّ على وجودِ فَرْقٍ كبيرٍ في النشاطِ الكيميائيِّ بينَهُما وهوَ ما يولِّدُ فَرْقَ جهدٍ كهربائيٍّ كبيرًا في خليةِ خارصين – نحاس (Zn–Cu) مقارنةً بفَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ المتولِّدِ في خليةِ خارصين – حديد (Zn–Fe).

الشكلُ (7): سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ.

أتحقَّق: أتوقعُ التغيُّرَ في فَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجِ إذا استُخدِمَ قطبٌ منَ الألمنيوم بدلًا منْ قطبِ الخارصين في خليةِ (خارصين–حديد). هلْ سيزدادُ أمْ سيقلُّ أمْ أنَّهُ لنْ يتغيَّرَ؟ أبررُ إجابتي.

الربطُ بتاريخِ العِلْمِ



أسهمَتْ أعمالُ العالِمَيْنِ لويجي جالفاني Luigi Galvani وأليساندرو فولتا Alessandro Volta في التوصُّلِ إلى بناءِ أولِ بطاريةٍ؛ فقدْ لاحظَ جالفاني أنَّهُ عندَ وصْلِ قطبيْنِ فلزيْنِ مثلِ الخارصين والنحاسِ بسلكٍ ووضعِهما معًا في عضلةِ ساقِ ضِفْدَعٍ، فإنَّ ساقَ الضِّفْدَعِ تنتفضُ، وهذا يشيرُ إلى تولُّدِ تيارٍ كهربائيٍّ. ثُمَّ، توصَّلَ فولتا إلى أنَّهُ يمكنُ الحصولُ على النتيجةِ نفسِها باستخدامِ عمودٍ منْ أقراصِ الخارصين والنحاسِ بالتناوبِ مفصولةً بلوحٍ مقوًّى منقوعٍ في محلولٍ ملحيٍّ، وعندَما وصَّلَ سلكًا بطرفَيِ العمودِ، تدفَّقَ تيارٌ كهربائيٌّ، فباتَ هذا الجهازُ هوَ أولَ بطاريةٍ. وقدْ سُمِّيَتْ وَحْدةُ فَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ "فولت" تكريمًا للعالِمِ فولتا.

التجربة 2

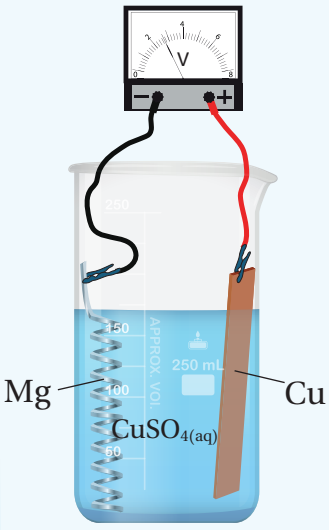
مقارنةُ فَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ في الخلايا الجلفانيةِ المختلفةِ

الموادُّ والأدواتُ:

محلولُ كبريتاتِ النحاسِ تركيزُهُ (1 M)، صفائحُ منْ: نحاسٍ، ورصاصٍ، وألمنيوم، وشريطٌ منَ المغنيسيوم، ورقُ صنفرةٍ، فولتميتر، أسلاكُ توصيلٍ، (3) كؤوسٍ زجاجيةٍ سعتُها 250 mL ومخبارٌ مدرّجٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- ألتزمُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفافيزَ.



خُطُواتُ العملِ:

1- أُحضرُ (3) كؤوسٍ زجاجيةٍ نظيفةٍ وجافةٍ، وأضعُ على كلٍّ منها شريطًا لاصقًا وأرقّمُها منْ (3–1)، ثمَّ أدوّنُ على كلِّ كأسٍ الأقطابَ المستخدمةَ في تشكيلِ الخلايا الجلفانيةِ:

(Mg–Cu)، (Al–Cu)، (Pb–Cu) على الترتيبِ.

2- أقيسُ بالمِخبارِ المدرّجِ 150 mL منْ محلولِ كبريتاتِ النحاسِ، ثمَّ أسكبُها في الكأسِ (1)، وأكررُ ذلكَ بالنسبةِ إلى الكأسينِ 2 و3.

3- أُجرّبُ: أنظفُ صفائحَ النحاسِ والألمنيوم والرصاصِ وشريطَ المغنيسيوم جيدًا بورقِ الصنفرةِ، وألفُّ شريطَ المغنيسيوم لفًّا حلزونيًّا كما في الشكلِ السابقِ.

4- أُلاحظُ: أصلُ أسلاكَ التوصيلِ منْ طرفٍ بالصفيحةِ ومنَ الطرفِ الآخرِ بالفولتميتر، بحيثُ أصلُ صفيحةَ النحاسِ بالطرفِ الموجبِ (+)، وشريطَ المغنيسيوم بالطرفِ السالبِ، ثمَّ أضعُ صفيحةَ النحاسِ وشريطَ المغنيسيوم في الكأسِ (1) على أنْ يكونا متباعديْنِ، ثمَّ أُلاحظُ تحرُّكَ مؤشرِ الفولتميتر، ثمَّ أدوّنُ قراءتَهُ.

5- أُجرّبُ: أكررُ الخُطوةَ (4) باستخدامِ الأقطابِ (ألمنيوم – نحاس)، (رصاص – نحاس)، باستخدامِ الكأسينِ 2 و3 (إذا لمْ تتوافرْ صفائحُ عدةٌ منَ النحاسِ، تُغسَلُ الصفيحةُ بالماءِ وتُجفَّفُ ويُعادُ استخدامُها).

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أتوقّعُ ترتيبَ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها بناءً على قِيمِ فَرْقِ الجهدِ الكهربائيِّ المقيسِ للخلايا الجلفانيةِ.
2. أُقارنُ بيْنَ الترتيبِ الذي حصلْتُ عليهِ وترتيبِ الفلزاتِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائي.

تطبيقاتُ الخلايا الجلفانيةِ Galvanic Cells Applications

البطارياتُ Batteries

تُعَدُّ البطارياتُ مثالًا على الخلايا الجلفانيةِ التي يحدثُ فيها تفاعُلُ التأكسُدِ والاختزالِ، حيثُ تتحوَّلُ الطاقةُ الكيميائيةُ فيها إلى طاقةٍ كهربائيةٍ. وهناكَ أنواعٌ مختلفةٌ منَ البطارياتِ، منها البطارياتُ الأوليةُ، وهيَ البطارياتُ التي لا يمكنُ إعادةُ شحنِها عندَما تَنفَدُ، مثلَ البطاريةِ الجافةِ، وهناكَ البطارياتُ الثانويةُ، وهيَ البطارياتُ القابلةُ لإعادةِ الشحنِ، مثلَ بطاريةِ السيارةِ.

أبحثُ: في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنِ البطارياتِ الجافةِ القلويةِ، ومكوناتِها، ومزاياها، وفَرْقِ الجهدِ الناتجِ منها، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أشاركُ فيهِ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

البطارياتُ الجافةُ Dry Cells

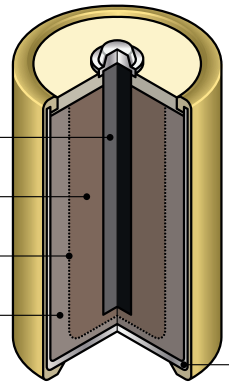
تُعَدُّ البطاريةُ الجافةُ Dry Cells منْ أقدمِ أنواعِ البطارياتِ وأكثرِها استخدامًا، ومنْ أشهرِ الأمثلةِ عليها بطاريةُ (خارصين–جرافيت) التي تتكونُ منَ الأجزاءِ الآتيةِ، أنظرُ إلى الشكلِ (8).

المهبطُ: يتكونُ منْ قطبٍ منَ الجرافيت، ويحاطُ بعجينةٍ رَطْبةٍ منْ مزيجٍ منْ أكسيدِ المنغنيز (IV) MnO_2 ومسحوقِ الجرافيت (الكربونِ).

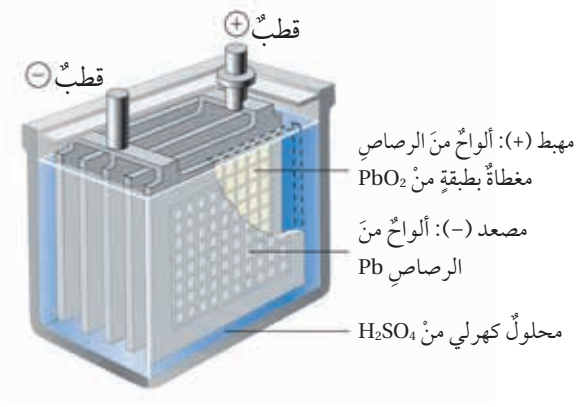
المحلولُ الكهرلي: عجينةٌ رَطْبةٌ منْ مزيجٍ منْ مادتَي كلوريدِ الأمونيوم NH_4Cl وكلوريدِ الخارصينِ $ZnCl_2$، ولها خصائصُ حمضيةٌ.

المصعدُ: يتكوّنُ منْ وعاءٍ أسطوانيٍّ منْ فلزِّ الخارصين، ويفصلُهُ عنِ العجينةِ الرَّطْبةِ غشاءٌ شبهُ منفذٍ.

وتبلغُ قيمةُ فَرْقِ الجهدِ الناتجِ منْ هذهِ الخليةِ 1.5V.



الشكلُ (8): البطاريةُ الجافةُ.



الشكلُ (9): بطاريةُ السيارةِ.

بطاريةُ السيارةِ (بطاريةُ الرصاصِ الحمضيةُ) Lead-Acid Battry

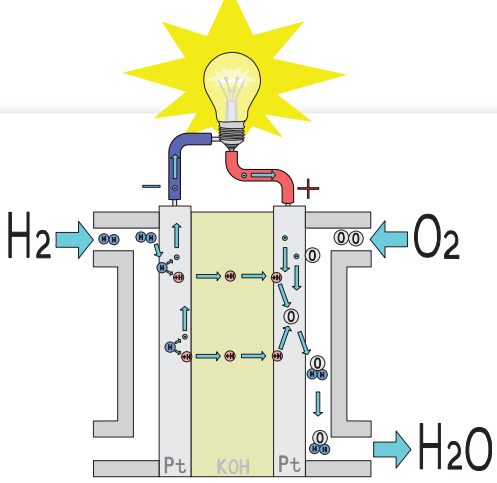
تُعَدُّ بطاريةُ الرصاصِ الحمضيةُ Lead–Acid Battry مثالًا على البطارياتِ الثانويةِ التي يعادُ شحنُها، وتحتوي 6 خلايا جلفانيةٍ، وتتكونُ كلُّ خليةٍ منَ المصعدِ الذي يتكونُ منْ ألواحٍ منَ الرصاصِ Pb، ويتكونُ المهبطُ منْ ألواحٍ منْ الرصاص مغطاةٍ بأكسيدِ الرصاصِ (IV) PbO_2، وتُغْمَرُ الألواحُ في محلولِ حمضِ الكبريتيك H_2SO_4، الذي يمثلُ المحلولَ الكهرلي كما في الشكلِ (9)، وتنتجُ بطاريةُ السيارةِ فَرْقَ جهدٍ يساوي 12 V أمّا التفاعلُ الكليُّ الذي يحدثُ فيها، فهوَ:

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

أبحثُ: في الإنترنت عنْ طرائقِ التخلُّصِ منْ بطاراتِ أيونِ الليثيوم التالفةِ في الأردنِّ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أشاركُ فيهِ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الربطُ بالتكنولوجيا

رافقَ التطوُّرَ الكبيرَ في الأجهزةِ الإلكترونيةِ تطوُّرُ بطارياتِها، فظهرَتْ بطاريةُ أيونِ الليثيوم، التي تمتازُ بوزنِها الخفيفِ، وتُنتِجُ كمياتٍ كبيرةً منَ الطاقةِ بالنسبةِ إلى حجمِها، نظرًا إلى النشاطِ الكبيرِ لفلزِّ الليثيوم، ويمكنُ للبطاريةِ أنْ تكونَ أوليَّةً أوْ ثانويَّةً. وباتَتْ شائعةَ الاستخدامِ في: الهواتفِ، والحواسيبِ المحمولةِ، والسياراتِ الكهربائيةِ، وغيرِها، ويُنصَحُ بعدمِ التخلُّصِ منْ هذهِ البطارياتِ عندَ تلفِها معَ النُّفاياتِ المنزليةِ؛ لأنَّها تشكِّلُ خطرًا، فضلًا عنِ احتوائِها عناصرَ مهمةً يمكنُ إعادةُ تدويرِها والاستفادةُ منها منْ قِبَلِ الجهاتِ المختصةِ.



الشكلُ (10): خليةُ الوقودِ.

خليةُ الوقودِ Fuel Cell

تُعَدُّ **خليةُ الوقودِ Fuel Cell** خليةً جلفانيةً، لكنها تختلفُ عنْ غيرِها بتزوُّدِها بالموادِّ المتفاعلةِ أوِ الوقودِ باستمرارٍ، وهوَ غالبًا غازُ الهيدروجينِ. يوضحُ الشكلُ (10) خليةَ وقودٍ تَستخدمُ غازَي الهيدروجينِ والأكسجينِ، وتتكوَّنُ منْ قطبيْنِ منَ البلاتينِ يمثلانِ المصعدَ والمهبطَ ومحلولٍ كهرلي منْ هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، يَضُخُّ غازَ الهيدروجين إلى المصعدِ وغازَ الأكسجينِ إلى المهبطِ في الخليةِ، وعليهِ، تحدُثُ التفاعلاتُ الآتيةُ:

تفاعُلُ التأكسدِ/ المصعد: $2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O_{(l)} + 4e^-$

تفاعُلُ الاختزالِ/ المهبط: $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$

التفاعُلُ الكليُّ: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

تُستخدَمُ خلايا الوقودِ في المَرْكباتِ الفضائيةِ للحصولِ على الطاقةِ، كما يستفيدُ روّادُ الفضاءِ منَ الماءِ الناتجِ للشربِ، وفي بعضِ الدولِ تُستخدَمُ في وسائلِ النقلِ، مثلِ السياراتِ والباصاتِ، وتُستخدَمُ أيضًا مصدرًا احتياطيًّا للطاقةِ للتشغيلِ عندَ الضرورةِ. وتتميزُ خليةُ الوقودِ بأنها غيرُ ملوثةٍ للبيئةِ، وتُنتِجُ كميةً كبيرةً منَ الطاقةِ.

أتحقَّقُ:

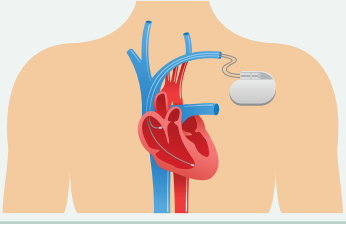
1- أُقارنُ بينَ الخليةِ الجافةِ وبطاريةِ السيارةِ منْ حيثُ نوعُ البطاريةِ، وفَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منها .

2- أكتبُ المعادلةَ الكليةَ للتفاعُلِ في خليةِ الوقودِ.

الربطُ بالطبِّ

مُنظِّمُ ضرباتِ القلبِ

هوَ جهازٌ صغيرُ الحجمِ يُزرَعُ في الصدرِ للتحكمِ في نبضاتِ القلبِ. يتكوَّنُ منْ جزأيْنِ: مولدِ النبضاتِ، وموصلاتٍ (أقطابٍ). أمّا مولدُ النبضاتِ، فيتكوَّنُ منْ حافظةٍ معدنيةٍ صغيرةٍ تضمُّ بطاريةً وداراتٍ كهربائيةً تتحكمُ في معدلِ النبضاتِ الكهربائيةِ المُرسلَةِ إلى القلبِ. وأما الموصلاتُ (الأقطابُ)، فيُوضَعُ سلكٌ إلى ثلاثةِ أسلاكٍ مرنةٍ ومعزولةٍ في حُجْرةٍ واحدةٍ أوْ أكثرَ منْ حُجُراتِ القلبِ، وتُرسِلُ النبضاتِ الكهربائيةَ لضبطِ معدلِ نبضاتِ القلبِ. أمّا الأجهزةُ الحديثةُ، فلا تتطلبُ موصلاتٍ، إنما تُزرَعُ مباشرةً في عضلةِ القلبِ.



مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** كيفَ تُنتِجُ الخلايا الجلفانيةُ تيارًا كهربائيًّا؟

2- أُوضّحُ المقصودَ بكلٍّ مما يأتي:

أ . الخلايا الكهركيميائية ب . المصعدُ جـ . العاملُ المُؤكسِدُ

3- **أُقارنُ:** أملأُ الجدولَ الآتِيَ الذي يتضمنُ المقارنةَ بينَ التأكسُدِ والاختزالِ:

وجهُ المقارنةِ / التفاعُلُ	التأكسُدُ	الاختزالُ
وَفْقًا لوجودِ الأكسجينِ		
وَفْقًا للإلكتروناتِ		

4- أُحدّدُ المادةَ التي تأكسدَتْ والمادةَ التي اختزلَتْ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$Zn_{(s)} + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} ZnO_{(s)} + Cu_{(s)}$$

5- أُحدّدُ المادةَ التي تأكسدَتْ وَالمادةَ التي اختزلَتْ في نصفَي التفاعليْنِ الآتييْنِ:

$$F_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2F^-_{(aq)}$$
$$Cd_{(s)} \rightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

6- **أستنتجُ** العاملَ المختزلَ والعاملَ المؤكسدَ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$Mg_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$$

7- وُزِّعَتْ صفائحُ فلزيةٌ للعناصرِ: (نحاس Cu، رصاص Pb، ألمنيوم Al، خارصين Zn) على مجموعاتِ الطلبةِ في الصفِّ، وطُلِبَ إلى كلِّ مجموعةٍ:

- تشكيلُ خليةٍ جلفانيةٍ بسيطةٍ مختلفةٍ باستخدامِ زوجٍ منَ الفلزاتِ ومحلولٍ كهرلي مناسبٍ (يمكنُ استخدامُ أملاحِ نترات الفلزاتِ، إذْ إنَّ جميعَ النترات تذوبُ في الماءِ).
- تنظيمُ المعلوماتِ الخاصةِ بالخليةِ في الجدولِ الآتي:

قطبا الخليةِ	المصعدُ	المهبطُ	المحلولُ الكهرلي	اتجاهُ حركةِ الإلكتروناتِ منْ قطبِ... إلى قطبِ...

- الاستعانةُ بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ وبالجدولِ للإجابةِ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ . **أستنتجُ** عددَ الخلايا الجلفانيةِ التي يمكنُ تكوينُها.

ب . **أستنتجُ**: أملأُ الجدولَ بحيثُ يتضمنُ المعلوماتِ الخاصةَ بكلِّ خليةٍ.

جـ . أُحدّدُ الفلزيْنِ اللذيْنِ يشكلانِ قطبَي الخليةِ الجلفانيةِ التي تُنتِجُ أعلى فَرْقِ جهدٍ كهربائيٍّ، ثمَّ **أبررُ** إجابتي.

8- خليةٌ جلفانيةٌ بسيطةٌ قطباها القصديرُ Sn والنحاسُ Cu مغموسانِ في محلولٍ كهرلي، عندَ تشغيلِ الخليةِ لوحِظَ أنَّ اتجاهَ حركةِ مؤشرِ الفولتميتر منْ قطبِ القصديرِ إلى قطبِ النحاسِ، علمًا أنَّ القصدير يكون أيون Sn^{2+} بناءً على ذلكَ، أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ . أُحدّدُ المصعدَ والمهبطَ وشُحنة كل منهما في الخليةِ.

ب . **أقترحُ** المحلولَ الكهرلي الذي يمكنُ استخدامُهُ في هذِهِ الخليةِ.

جـ . أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ.

د . أكتبُ التفاعُلَ الكليَّ الذي يحدُثُ في الخليةِ الجلفانيةِ.

هـ . **أستنتجُ** التغيُّرَ في كتلةِ Sn بعدَ انتهاءِ التجربةِ.

9- يوضحُ الجدولُ فَرْقَ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجَ منْ أربعِ خلايا جلفانيةٍ بسيطةٍ مُكوَّنةٍ منْ أزواجٍ منَ الفلزاتِ: A, B, C, D علمًا أنَّ A أقلُّ هذِهِ الفلزاتِ نشاطًا، وأنَّ جميعَ هذِهِ الفلزاتِ تكونُ أيوناتُ شِحْنتِها +2، أتأملُهُ جيدًا، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

رَقْمُ الخليةِ	قطبا الخليةِ		فَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منَ الخليةِ (V)
	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 . **أستنتجُ** رمزَ الفلزِّ الأكثرِ نشاطًا، ثمَّ أفسرُ إجابتي.

ب . **أُرتّبُ** الفلزاتِ وَفْقًا لتزايدِ نشاطِها الكيميائيِّ.

جـ . **أرسمُ** خليةً جلفانيةً بسيطةً تمثلُ الخليةَ (3)، ثمَّ أوضحُ عليها: المصعدَ، والمهبطَ، والمحلولَ الكهرلي المقترحَ، واتجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ عَبْرَ الأسلاكِ، وقراءةَ الفولتميتر.

د . **أستنتجُ**: أكتبُ رمزَي المصعدِ والمهبطِ في الخليةِ B–C.

الفكرةُ الرئيسةُ:

تُستخدَمُ الطاقةُ الكهربائيةُ في إحداثِ تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ في خلايا التحليلِ الكهربائيِّ، ويمكنُ توظيفُ ذلكَ في مجالاتٍ عدةٍ، منها الطلاءُ الكهربائيُّ، واستخلاصُ بعضِ الفلزاتِ منْ خاماتِها.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ الآتيةِ: المادَّةُ الكهرليّةُ، المادَّةُ غيرُ الكهرليّةِ، التحليلُ الكهربائيُّ، الطلاءُ الكهربائيُّ.
- أستقصي أثرَ مرورِ التيارِ الكهربائيِّ في محلولِ أوْ مصهورِ مادةٍ كهرليةٍ.
- أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً تمثلُ التفاعلاتِ التي تحدثُ على الأقطابِ لمصهورِ أوْ محلولِ مادةٍ كهرليةٍ.
- أتنبَّأُ بنواتجِ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ أوْ مصهورِ مادَّةٍ كهرليّةٍ.
- أتعرَّفُ بعضَ تطبيقاتِ خلايا التحليلِ الكهربائيِّ، مثلِ استخلاصِ بعضِ الفلزاتِ والطلاءِ الكهربائيِّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

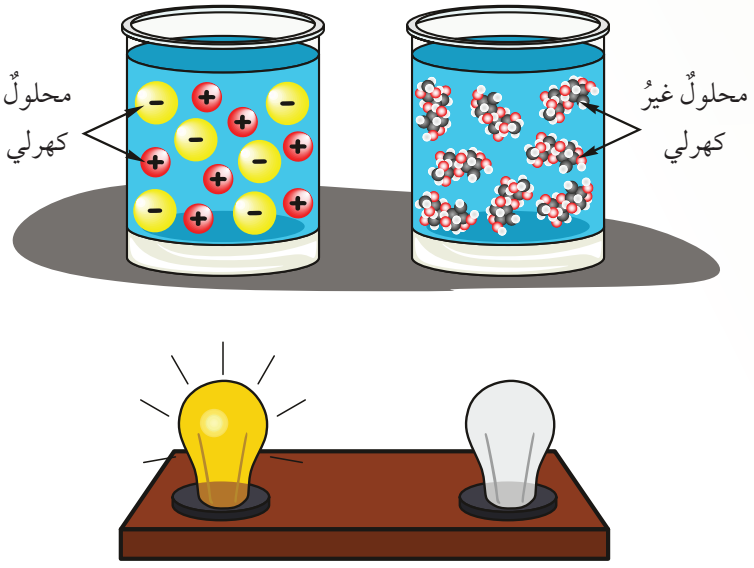
المادةُ الكهرليةُ	Electrolyte
المادةُ غيرُ الكهرليةِ	Non–Electrolyte
التحليلُ الكهربائيُّ	Electrolysis
الطلاءُ الكهربائيُّ	Electroplating

توصيلُ محاليلِ المركّباتِ ومصاهيرِها التيارَ الكهربائيَّ

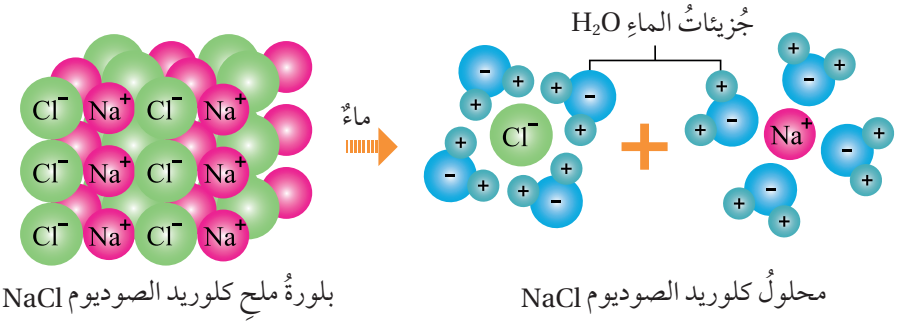
درسْتُ سابقًا أنَّ المركّباتِ الأيونيةَ تتفككُ في الماءِ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ، وأنَّ محاليلَها موصلةٌ للتيارِ الكهربائيِّ، وأنَّ محاليلَ الحموضِ ومحاليلَ القواعدِ موصلةٌ للتيارِ الكهربائيِّ، وأنَّ هناكَ مركّباتٍ أخرى محاليلُها غيرُ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ. فماذا تُسمّى هذهِ الموادُّ؟ وما الخصائصُ المشتركةُ بينَها؟

الموادُّ الكهرليةُ Electrolytes والموادُّ غيرُ الكهرليةِ Non-Electrolytes

تُعرَفُ **المادةُ الكهرليةُ** **The Electrolyte** بأنها مادةٌ تتفكَّكُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ حرةِ الحركةِ عندَ صهرِها أوْ إذابتِها في الماءِ. قدرةُ هذهِ الأيوناتِ على التحرُّكِ في جميعِ الاتجاهاتِ وباتجاهِ الأقطابِ المخالفةِ لها في الشِّحْنةِ يجعلُ مصاهيرَها ومحاليلَها موصِلةً للتيارِ الكهربائيِّ، أنظرُ إلى الشكلِ (11).



الشكلُ (11): الموادُّ الكهرليةُ والموادُّ غيرُ الكهرليةِ.



بلورةُ ملحِ كلوريد الصوديوم NaCl

محلولُ كلوريد الصوديوم NaCl

الشكلُ (12): ملحُ NaCl الصُّلبُ ومحلولُ NaCl.

ينطبقُ ذلكَ على المركّباتِ الأيونيةِ، مثلِ: KOH، $AgNO_3$، KBr، NaCl

فمثلًا، يتفكَّكُ ملحُ كلوريد الصوديوم NaCl في الماءِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

أُلاحظُ منَ المعادلةِ أنَّهُ يَنتُجُ منْ ذوبانِهِ في الماءِ أيوناتُ الصوديوم Na^+ وأيوناتُ الكلوريد Cl^- حرةُ الحركةِ. ويوضحُ الشكلُ (12) أنَّ ملحَ NaCl يتفكَّكُ إلى أيوناتٍ حرةِ الحركةِ عندَ إذابتِهِ في الماءِ.

وكذلكَ عندَ صهرِهِ بالحرارةِ فإنَّهُ يتفكَّكُ إلى أيوناتٍ حرةِ الحركةِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)}$$

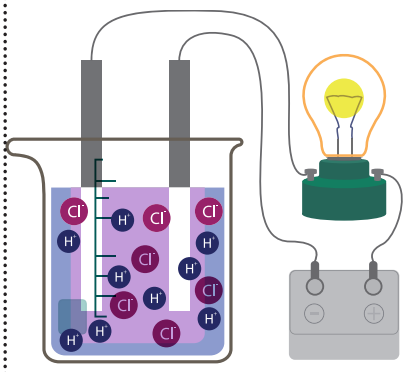
إنَّ وجودَ هذهِ الأيوناتِ حرةِ الحركةِ يفسرُ توصيلَ محلولِ ملحِ NaCl ومصهورِهِ التيارَ الكهربائيَّ، وعليهِ، فإنَّ NaCl مادةٌ كهرليةٌ.

وكذلكَ فإنَّ الحموضَ مثلَ حمضِ HNO_3، H_2SO_4، HCl وغيرَها تُعَدُّ موادَّ كهرليةً على الرغمِ منْ أنَّها جزيئاتٌ متعادلةٌ وليسَتْ أيونيةً؛ وذلكَ لأنَّها تتأيَّنُ في الماءِ مُنتِجةً أيوناتٍ حرةَ الحركةِ كما في الشكلِ (13)، وتوضحُ المعادلةُ الآتيةُ تأيُّنَ حمضِ HCl في الماءِ:

$$HCl_{(g)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

أمّا المادةُ **غيرُ الكهرليةِ** **Non–Electrolytes** فهيَ موادٌ لا تتفكَّكُ إلى أيوناتٍ حرةِ الحركةِ عندَ صهرِها أوْ ذوبانِها في الماءِ؛ لذلكَ فإنَّ مصاهيرَها ومحاليلَها غيرُ موصِلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ، مثلَ السُّكَّرِ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الشروطُ الواجبُ توافرُها في المادةِ لوصفِها بالكهرليةِ؟



الشكلُ (13): توصيلُ محلولِ HCl التيارَ الكهربائيَّ.

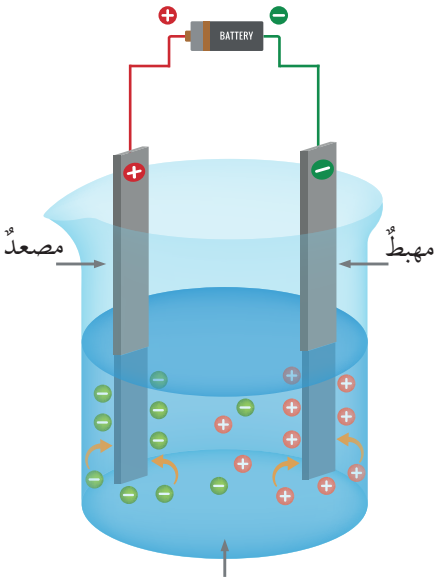
أُفكِّرُ: هلْ يُعَدُّ مصهورُ الشمعِ مادةً كهرليةً؟

التحليلُ الكهربائيُّ Electrolysis

يؤدي مرورُ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورٍ أوْ محلولِ مادةٍ كهرليةٍ إلى إحداثِ تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ، وتُسمّى هذهِ العمليةُ **التحليلَ الكهربائيَّ Electrolyssis** أمّا الدارةُ الكهربائيةُ المستخدمةُ في ذلكَ، فتُسمّى **خليةَ تحليلٍ كهربائيٍّ Electrolysis Cell** وهيَ النوعُ الثاني منَ الخلايا الكهركيميائيةِ، حيثُ تتحوَّلُ فيها الطاقةُ الكهربائيةُ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ، والشكلُ (14) يمثلُ خليةَ تحليلٍ كهربائيٍّ.

تتكوَّنُ خليةُ التحليلِ الكهربائيِّ منْ وعاءٍ يحتوي محلولًا أوْ مصهورًا لمادةٍ كهرليةٍ، وقطبَي جرافيت وهما قطبانِ خاملانِ لا يشتركانِ في التفاعُلِ، إنما ينقلانِ الإلكتروناتِ منَ المحلولِ أوِ المصهورِ الكهرلي وإليهِ، ويتصلانِ ببطاريةٍ عَبْرَ أسلاكِ توصيلٍ، بحيثُ يتصلُ أحدُ القطبيْنِ بالقطبِ الموجبِ للبطاريةِ، ويُسمّى المصعدَ Anode أمّا الآخرُ، فيتصلُ بالقطبِ السالبِ للبطاريةِ، ويُسمّى المهبطَ Cathode وعندَ مرورِ التيارِ الكهربائيِّ في المحلولِ أوِ المصهورِ، تتحركُ الأيوناتُ السالبةُ باتجاهِ القطبِ الموجبِ (المصعدِ)، وتتحركُ الأيوناتُ الموجبةُ باتجاهِ القطبِ السالبِ (المهبطِ).

أمّا التفاعلاتُ التي تحدثُ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ المادةِ الكهرليةِ، فإنَّ الأيوناتِ السالبةَ تتأكسَدُ، عندَ المصعدِ، أمّا الأيوناتُ الموجبةُ، فتختزلُ عندَ المهبطِ. أمّا في محلولِ المادةِ الكهرليةِ، فيحتملُ اختزالَ الأيونِ الموجبِ أوِ الماءِ عندَ المهبطِ، وكذلكَ يحتملُ تأكسُدَ الأيونِ السالبِ أوِ الماءِ عندَ المصعدِ، وعليهِ، قدْ تختلفُ نواتجُ عمليةِ التحليلِ الكهربائيِّ بسببِ وجودِ الماءِ.



الشكلُ (14): خليةُ تحليلٍ كهربائيٍّ.

✓ أتحقَّقُ:

1- أُقارنُ بينَ تحوُّلاتِ الطاقةِ في الخليةِ الجلفانيةِ وخليةِ التحليلِ الكهربائيِّ.

2- أُحدّدُ التفاعُلَ الذي يحدثُ عندَ كلٍّ منَ المصعدِ والمهبطِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ.

التحليلُ الكهربائيُّ لمصهورِ مادةٍ كهرليةٍ

Electrolysis of Molten Electrolyte

عندَ تمريرِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ مادةٍ كهرليةٍ، فإنَّ الأيوناتِ السالبةَ تتأكسَدُ عندَ المصعدِ، أمّا الأيوناتُ الموجبةُ، فتختزلُ عندَ المهبطِ، والأمثلةُ الآتيةُ توضحُ ذلكَ.

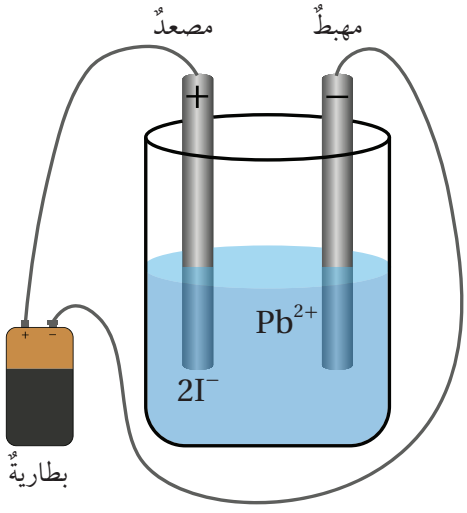
المثالُ 7

أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً تمثلُ التفاعلاتِ التي تحدثُ على الأقطابِ والتفاعُلَ الكليَّ عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ يوديد الرصاصِ PbI_2، ثمَّ أكتبُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ لَهُ.

الحلُّ:

يوديد الرصاصِ PbI_2 مركّبٌ أيونيٌّ صُلبٌ يتفكّكُ عندَ صهرِهِ بالحرارةِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$PbI_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} Pb^{2+}_{(l)} + 2I^-_{(l)}$$



عندَ تمريرِ تيارٍ كهربائيٍّ في المصهورِ، تتحركُ أيوناتُ الرصاصِ الموجبةُ Pb^{2+} باتجاهِ المهبطِ، وتختزلُ، مُكوِّنةً ذراتِ الرصاصِ Pb، في حينِ تتحركُ الأيوناتُ السالبةُ $2I^-$ باتجاهِ المصعدِ وتتأكسَدُ، مُكوِّنةً جزيئاتِ اليودِ I_2 كما توضحُ المعادلاتُ الآتيةُ:

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط: $Pb^{2+}_{(l)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(l)}$

نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ/ مصعد: $2I^-_{(l)} \rightarrow I_{2(l)} + 2e^-$

أمّا معادلةُ التفاعُلِ الكليِّ، فهيَ مجموعُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ على النحوِ الآتي:

$$Pb^{2+}_{(l)} + 2I^-_{(l)} \rightarrow Pb_{(l)} + I_{2(l)}$$

أيْ أنَّهُ عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ يوديد الرصاصِ PbI_2 يتكوَّنُ الرصاصُ Pb واليودُ I_2.

المثالُ 8

أكتبُ معادلاتٍ كيميائيةً تمثلُ التفاعلاتِ التي تحدثُ على الأقطابِ عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ بروميد البوتاسيوم KBr، ثمَّ أكتبُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ لَهُ.

الحلُّ

بروميد البوتاسيوم مركّبٌ أيونيٌّ يتفكَّكُ عندَ صهرِهِ بالحرارةِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$KBr_{(s)} \xrightarrow{\Delta} K^+_{(l)} + Br^-_{(l)}$$

عندَ تمريرِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ مادةٍ كهرليةٍ، تتحركُ أيوناتُ البوتاسيوم الموجبةُ K^+ إلى القطبِ السالبِ (المهبطِ)، ويختزلُ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط:

$$K^+_{(l)} + e^- \rightarrow K_{(l)}$$

أمّا أيونُ البروميد السالبُ Br^- فيتحركُ إلى القطبِ الموجبِ (المصعدِ) و يتأكسَدُ، مُكوِّنًا جُزَيْءَ البروم Br_2 بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ/ مصعد:

$$2Br^-_{(l)} \rightarrow Br_{2(g)} + 2e^-$$

أضرِبُ نصفَ تفاعُلِ الاختزالِ في 2:

$$(K^+_{(l)} + e^- \rightarrow K_{(l)}) \times 2$$

فيصبحُ:

$$2K^+_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2K_{(l)}$$

أمّا معادلةُ التفاعُلِ الكليِّ، فهيَ:

$$2K^+_{(l)} + 2Br^-_{(l)} \rightarrow 2K_{(l)} + Br_{2(g)}$$

ونواتجُ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ بروميد البوتاسيوم KBr هيَ تكوُّنُ البوتاسيوم K والبروم Br_2.

✓ **أتحقَّقُ:** عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.

1- أكتبُ نصفَي تفاعُلِ المصعدِ والمهبطِ والتفاعُلَ الكليِّ.

2- أُحدّدُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ للمصهورِ.

التحليلُ الكهربائيُّ لمحلولِ مادةٍ كهرليةٍ
Electrolysis of an Electrolyte Solution

عندَ إذابةِ المادةِ الكهرليةِ في الماءِ، فإنها تتفكَّكُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ حرةِ الحركةِ، وعندَ تمريرِ تيارٍ كهربائيٍّ في المحلولِ، يتحركُ الأيونُ الموجبُ وهوَ أيونُ الفلزِّ باتجاهِ المهبطِ. وهناكَ احتمالانِ: إمّا أنْ تختزلَ أيوناتُ الفلزِّ الموجبةُ ويتكوَّنُ الفلزُّ، وإمّا أنْ يختزلَ الماءُ ويتكوَّنُ غازُ الهيدروجينِ. أمّا القاعدةُ المتبعةُ في تحديدِ أيِّهما يحدثُ، فهيَ أنَّ الفلزاتِ التي أسفلَ الهيدروجين في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ هيَ التي تترسَّبُ نتيجةَ اختزالِ أيوناتِها الموجبةِ، أمّا الفلزاتُ فوقَ الهيدروجين في السلسلةِ، فلا تختزلُ أيوناتُها ويختزلُ الماءُ ويتصاعدُ غازُ الهيدروجين. أمّا عندَ المصعدِ، فإنَّ أيوناتِ الكلوريد Cl^- وأيوناتِ البروميد Br^- وأيوناتِ اليوديد I^- تتأكسَدُ مُكوِّنةً جزيئاتِ Cl_2، Br_2، I_2 على الترتيبِ. والأمثلةُ الآتيةُ توضحُ ذلكَ.

المثالُ 9

أستنتجُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ بروميد النحاسِ (II) $CuBr_2$.

الحلُّ

أكتبُ معادلةَ تفكُّكِ ملحِ بروميد النحاسِ $CuBr_2$ في الماءِ:

$$CuBr_{2(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

إذا رجعْتُ إلى سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، سأجدُ أنَّ النحاسَ Cu أسفلَ الهيدروجين في السلسلةِ؛ لذلكَ عندَ مرورِ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ بروميد النحاسِ فإنَّ أيوناتِ النحاسِ الموجبةَ Cu^{2+} تتحركُ باتجاهِ المهبطِ وتختزلُ، ويتكوَّنُ النحاسُ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

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

أمّا أيوناتُ البروميد السالبةُ Br^- فتتحركُ باتجاهِ قطبِ المصعدِ و تتأكسَدُ، ويتكوَّنُ البروم Br_2 كما توضحُ المعادلةُ الآتيةُ:

$$2Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$$

أيْ أنَّ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ هيَ تكوُّنُ النحاسِ Cu عندَ المهبطِ، وتكوُّنُ البروم Br_2 عندَ المصعدِ.

المثالُ 10

أستنتجُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ كلوريد البوتاسيوم KCl اعتمادًا على سلسلةِ النشاطِ.

الحلُّ

أكتبُ معادلةَ تفكُّكِ ملحِ كلوريد البوتاسيوم KCl في الماءِ:

$$KCl_{(s)} \rightarrow K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

إذا رجعْتُ إلى سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، سأجدُ أنَّ البوتاسيوم فوقَ الهيدروجين في السلسلةِ، وعليهِ، فإنَّ أيوناتِ K^{+} لا تختزلُ عندَ المهبطِ، بلْ يختزلُ الماء ويتكوَّنُ غازُ الهيدروجين H_2 بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

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

أمّا أيوناتُ الكلوريد السالبةُ Cl^{-} فتتحركُ باتجاهِ القطبِ الموجبِ و تتأكسَدُ، ويتكوَّنُ غازُ الكلورِ Cl_2 كما توضحُ المعادلةُ الآتيةُ:

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

أيْ أنَّ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ هيَ غازُ الهيدروجينِ H_2 عندَ المهبطِ، وغازُ الكلورِ Cl_2 عندَ المصعدِ.

أتحقَّقُ: أستنتجُ نواتجَ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ يوديد الصوديوم NaI.

الربطُ بالحياةِ

شَحْنُ البطاريةِ: البطاريةُ خليةٌ جلفانيةٌ يحدثُ فيها تفاعُلُ تأكسدٍ واختزالٍ يُنتِجُ تيارًا كهربائيًّا، وعندَما يعادُ شحنُ البطاريةِ، فإنها تعملُ بوصفِها خليةَ تحليلٍ كهربائيٍّ؛ إذْ يمرُّ فيها تيارٌ كهربائيٌّ يتسببُ في حدوثِ تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ، وهوَ عكسُ التفاعُلِ الذي يحدثُ في أثناءِ استخدامِ البطاريةِ، فمثلًا، في بطاريةِ السيارةِ فإنَّ التفاعُلَ الذي يحدثُ في أثناءِ الشحنِ هوَ:

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow Pb + PbO_2 + 4H^{+} + 2SO_4^{2-}$$

وهوَ عكسُ التفاعُلِ المُنتِجِ للطاقةِ فيها، وتحدثُ عمليةُ الشحنِ آليًّا عَبْرَ محركِ السيارةِ. أمّا في الهواتفِ والحواسيبِ المحمولةِ والسياراتِ الكهربائيةِ وغيرِها، فإنَّ الشحنَ يتمُّ باستخدامِ مصدرٍ خارجيٍّ للتيارِ الكهربائيِّ.

تطبيقاتُ خلايا التحليلِ الكهربائيِّ

Electrolysis Cells Applications

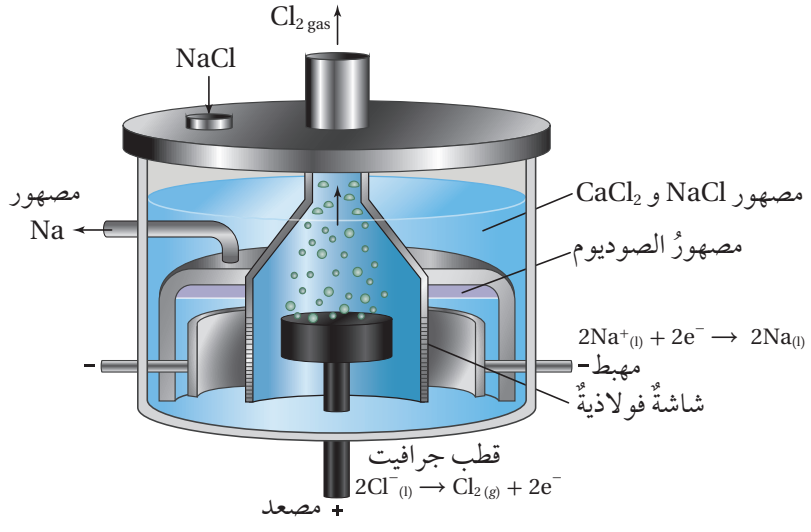
تُحوِّلُ خلايا التحليلِ الكهربائيِّ الطاقةَ الكهربائيةَ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ باستخدامِ تيارٍ كهربائيٍّ يؤدي إلى إحداثِ تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ، ولهذِهِ الخلايا تطبيقاتٌ مهمةٌ، فمثلًا، تُحضرُ الفلزاتُ النشطةُ كالصوديوم والمغنسيوم بالتحليلِ الكهربائيِّ لمصاهيرِ الكلوريدات الخاصةِ بها، وكذلكَ الطلاءُ الكهربائيُّ للحُلِيِّ أوِ الأدواتِ المنزليةِ، سواءٌ لإكسابِها مظهرًا جميلًا أوْ لحمايتِها منَ التآكُلِ.

استخلاصُ الصوديوم Extracting Sodium

تُستخدَمُ عمليةُ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ كلوريد الصوديوم NaCl في استخلاصِ الصوديوم صناعيًّا باستخدامِ خليةِ داون Down's Cell الموضحةِ في الشكلِ (15)، عندَ تمريرِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ كلوريد الصوديوم NaCl تتحركُ أيوناتُ الكلوريد السالبةُ Cl^- باتجاهِ المصعدِ؛ حيثُ تتأكسَدُ مُكوِّنةً غازَ الكلور كما في المعادلةِ الآتيةِ:

نصفُ تفاعُلِ التأكسُدِ/ مصعد: $2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

أُلاحظُ أنَّ المصعدَ في الخليةِ محاطٌ بشاشةٍ فولاذيةٍ تعزِلُ غازَ الكلور الناتجَ، وتمنعُ تفاعلَهُ معَ الصوديوم الناتجِ، ويخرجُ غازُ الكلورِ منْ مخرجٍ خاصٍّ بهِ.



الشكلُ (15): خليةُ داون.

أمّا أيوناتُ الصوديوم الموجبةُ Na^+ فتتحركُ باتجاهِ المهبطِ، وتحدثُ لها عمليةُ اختزالٍ، وتتكونُ ذراتُ الصوديوم كما في المعادلةِ الآتيةِ:

نصفُ تفاعُلِ الاختزالِ/ مهبط $Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$

وللحصولِ على معادلةِ التفاعُلِ الكليّةِ، أجمعُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ:

التفاعُلُ الكليُّ: $2Na^+_{(l)} + 2Cl^-_{(l)} \rightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$

أيْ أنَّ نواتجَ عمليةِ التحليلِ الكهربائيِّ هيَ الصوديوم عندَ المهبطِ وغازُ الكلور عندَ المصعدِ.

الطلاءُ الكهربائيُّ Electroplating

درسْتُ سابقًا أنَّهُ يمكنُ حمايةُ العديدِ منَ الفلزاتِ منَ التآكُلِ بطلائِها بفلزٍّ آخرَ، فمثلًا، منْ طرائقِ حمايةِ الحديدِ طلاؤُهُ بطبقةٍ منَ الخارصين، وهوَ ما يُسمّى جلفنةَ الحديدِ، في حينِ تُغطّى بعضُ الفلزاتِ بطبقةٍ منْ فلزاتٍ أخرى لإكسابِها مظهرًا جميلًا .

تتضمنُ عمليةُ **الطلاءِ الكهربائيِّ Electroplating** ترسيبَ طبقةٍ رقيقةٍ منَ المادةِ المرادِ الطلاءُ بها على سطحِ المادةِ المرادِ طلاؤُها. فإذا أريدَ طلاءُ ملعقةٍ بالفضةِ، توصَلُ الملعقةُ بالقطبِ السالبِ للبطاريةِ، حيثُ تُمثّلُ المهبطَ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ، ويوصَلُ قطبٌ منَ الفضةِ وهيَ المادةُ المرادُ الطلاءُ بها بالقطبِ الموجبِ للبطاريةِ، حيثُ يمثلُ المصعدَ، وكلاهما موضوعٌ في محلولٍ كهرلي لأحدِ أملاحِ الفضةِ مثلِ محلولِ نترات الفضةِ كما في الشكلِ (16)، عندَ إغلاقِ الدارةِ الكهربائيةِ تتأكسَدُ ذراتُ الفضةِ المكونةُ للمصعدِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$Ag_{(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$$

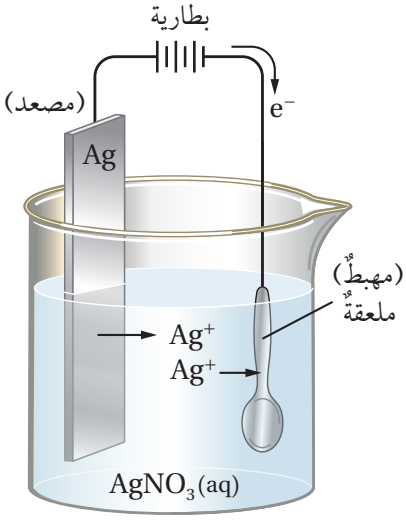
وكذلكَ فإنَّ أيوناتِ الفضةِ تختزلُ وترسبُ على الملعقةِ (المهبطِ) بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ: $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

بذلكَ يتمُّ طلاءُ الملعقةِ بالفضةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** يُطلى كثيرٌ منَ الأدواتِ الفولاذيةِ كهربائيًّا بطبقةٍ منَ الكروم Cr لحمايتِها منَ الصدأِ. أكتبُ نصفَي تفاعُلِ التأكسُدِ والاختزالِ اللذيْنِ يحدُثانِ فيها. (شِحْنةُ أيونِ الكروم +3)

الربطُ بالرياضةِ

إنَّ الميداليةَ الذهبيةَ التي يُكرَّمُ بها الفائزونَ في الألعابِ الأولمبيةِ لا تحتوي إلا جزءًا بسيطًا منَ الذهبِ، واللجنةُ الأولمبيةُ العالميةُ هيَ مَنْ يضعُ مواصفاتِ الميدالياتِ الأولمبيةِ، وتوافقُ على التصميمِ المقدَّمِ منَ الدولةِ المستضيفةِ. إذْ يبلغُ قُطْرُ الميداليةِ الذهبيةِ 85 mm، وتبلغُ كتلتُها (556 g)، (550 g)منها منَ الفضةِ الخالصةِ، وتُطلى بطبقةٍ منَ الذهبِ كتلتُها (6 g)، وعلى الرغمِ منْ ذلكَ، فإنَّ فرحةَ الفوزِ بالميداليةِ الذهبيةِ كبيرةٌ.



الشكلُ (16): طلاءُ ملعقةٍ بالفضةِ.

ما التغيُّرُ الذي يطرأُ على كتلةِ قطبِ الفضةِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** كيفَ تسهمُ حركةُ الأيوناتِ في إيصالِ التيارِ الكهربائيِّ في المحاليلِ المائيةِ.

2- أُوضّحُ المقصودَ بكلٍّ مما يأتي:

أ . المادةُ غيرُ الكهرليةِ.

ب . التحليلُ الكهربائيُّ.

3- **أُفسّرُ:**

أ . بروميد الخارصين مركّبٌ أيونيٌّ صيغتُهُ $ZnBr_2$، غيرُ موصِلٍ للتيارِ الكهربائيِّ في حالةِ الصلابةِ.

ب . عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ NaCl في خليةِ داون، يُفصَلُ بينَ المصعدِ والمهبطِ.

4- **أستنتجُ:** أكملُ الجدولَ الآتِيَ:

نواتجُ التحليلِ الكهربائيِّ / المصهورُ	عندَ المصعدِ	عندَ المهبطِ
بروميد الفضةِ AgBr		
كلوريد الرصاصِ (II) $PbCl_2$		
	اليود I_2	المغنيسيوم Mg

5- يُرادُ استخدامُ الطلاءِ الكهربائيِّ في طلاءِ خاتَمٍ نحاسيٍّ بالفضةِ.

أ . أُحدّدُ مكوّناتِ خليةِ الطلاءِ الكهربائيِّ المستخدمةِ في ذلكَ.

ب . أكتبُ أنصافَ التفاعلاتِ التي تحدثُ عندَ كلٍّ منَ المصعدِ والمهبطِ.

6- عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ كلوريد الصوديوم يَنتُجُ غازُ الكلورِ. بناءً على ذلكَ، أجيبُ عنِ السؤالَيْنِ الآتيَيْنِ:

أ . أُحدّدُ القطبَ الذي يتكوَّنُ عندَهُ غازُ الكلورِ.

ب . أكتبُ نصفَ التفاعلِ الذي يؤدي إلى تكوينِ غازِ الكلورِ Cl_2.

7- أكتبُ معادلاتٍ تمثلُ أنصافَ التفاعلاتِ الآتيةِ:

أ . تكوينُ الألمنيوم Al منْ أيوناتِ الألمنيوم Al^{3+}.

ب . تكوينُ البروم Br_2 منْ أيوناتِ البروميد Br^-.

النظاراتُ ذاتيةُ التلوُّنِ
Photochromic Glass

يفضلُ بعضُ الأشخاصِ الذينَ يرتدونَ النظاراتِ الطبيةَ ذاتَ العدساتِ ذاتيةِ التلوُّنِ عندَ التعرُّضِ للضَّوْءِ Photochromic Lenses، حيثُ تصبحُ داكنةً عندَ تعرُّضِها للضَّوْءِ الساطعِ، ما يغنيهمْ عنِ النظاراتِ الشمسيةِ. يمكنُ تفسيرُ هذا التغيُّرِ في اللونِ استجابةً للضَّوْءِ اعتمادًا على تفاعلاتِ التأكسُدِ والاختزالِ. فمنَ المألوفِ أنَّ العدساتِ في النظاراتِ العاديةِ مصنوعةٌ منَ الزجاجِ الشفافِ للضَّوْءِ المرئيِّ، أمّا في العدساتِ ذاتيةِ التلوُّنِ، فيُعالَجُ الزجاجُ فيها بإضافةِ بلوراتِ كلوريد الفضةِ AgCl وبلوراتِ كلوريد النحاسِ(I) CuCl في أثناءِ تصنيعِ زجاجِ العدسةِ.

منْ خصائصِ كلوريد الفضةِ أنَّهُ يتأثرُ بالضَّوْءِ، حيثُ تحدثُ لَهُ التفاعلاتُ الآتيةُ:

تختزلُ أيوناتُ الفضةِ Ag^+ مُكوِّنةً ذراتِ الفضةِ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

وتتأكسَدُ أيوناتُ الكلوريد Cl^- مُكوِّنةً ذراتِ الكلور بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ: $Cl^- \rightarrow Cl + e^-$

تتجمعُ ذراتُ الفضةِ معًا وتمنعُ انتقالَ الضَّوْءِ، ما يؤدي إلى تغميقِ لونِ زجاجِ العدسةِ، ويحدثُ ذلكَ فَوْرَ التعرُّضِ للضَّوْءِ. وحتى تكونَ هذهِ النظاراتُ عمليةً، يجبُ أنْ يحدثَ العكسُ منْ ذلكَ بعيدًا عنِ الضَّوْءِ (في الظلِّ أوِ الليلِ) وهوَ ما يقومُ بهِ كلوريد النحاسِ (I) CuCl.

فعندَ وقوفِ الشخصِ في الظلِّ يحدثُ التفاعلُ الآتي:

$$Cl + Cu^+ \rightarrow Cl^- + Cu^{2+}$$

تَختزِلُ أيوناتُ Cu^+ ذراتِ الكلورِ التي تكونَتْ نتيجةَ التعرُّضِ للضَّوْءِ وتحوِّلُها إلى أيوناتِ Cl^-، وكذلكَ تتأكسَدُ أيوناتُ Cu^+ إلى Cu^{2+}، ثمَّ تتفاعَلُ أيوناتُ Cu^{2+} معَ ذراتِ الفضةِ التي تكونَتْ نتيجةَ التعرُّضِ للضَّوْءِ وتُؤكسِدُها إلى أيوناتِ الفضةِ Ag^+ وتُختزَلُ إلى Cu^+ بحَسَبِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$Cu^{2+} + Ag \rightarrow Cu^+ + Ag^+$$

وبذلكَ تصبحُ العدساتُ شفافةً مرةً أخرى.

أبحث أبحثُ عنْ فوائدَ أخرى للعدساتِ ذاتيةِ التلوُّنِ، مستعينًا بالإنترنت والمصادرِ العلميةِ المتاحةِ، ثمَّ أصممُ عرضًا تقديميًّا، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي/ زميلاتي.

1 . **أُقارنُ** بينَ الخليةِ الجلفانيةِ وخليةِ التحليلِ الكهربائيِّ بحَسَبِ الجدولِ الآتي:

وجهُ المقارنةِ / نوعُ الخليةِ	الخليةُ الجلفانيةُ	خليةُ التحليلِ الكهربائيِّ
تحولاتُ الطاقةِ في الخليةِ		
التفاعُلُ الذي يحدثُ عندَ المصعدِ		
التفاعُلُ الذي يحدثُ عندَ المهبطِ		
شِحْنةُ المصعدِ		
شِحْنةُ المهبطِ		

2 . أُوضّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ:

أ . الاختزالِ. ب . القطبِ. جـ . الطلاءِ الكهربائيِّ.

3 . **أصفُ** الإجراءاتِ التي أنفذُها للتحقُّقِ إنْ كانَتِ الكحولُ الطبيةُ مادةً كهرليةً أمْ لا.

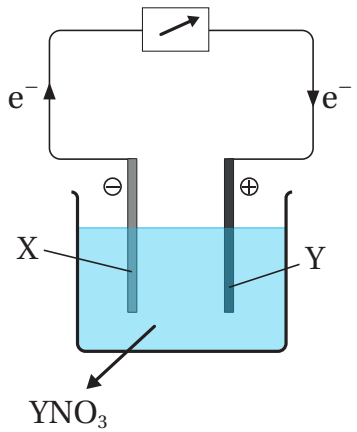
4 . **أُفسّرُ** ما يأتي، مستعينًا بسلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ:

أ . فَرْقُ الجهدِ الكهربائيِّ الناتجُ منْ خليةٍ جلفانيةٍ قطباها (خارصين – فضة) أكبرُ منْ فَرْقِ الجهدِ الناتجِ منْ خليةٍ جلفانيةٍ قطباها (حديد – نحاس).

ب . لا يمكنُ استخلاصُ المغنيسوم منْ محلولِ كلوريد المغنيسوم بالتحليلِ الكهربائيِّ للمحلولِ.

5 . تُنتِجُ بطاريةُ السيارةِ فَرْقَ جهدٍ كهربائيٍّ يساوي (12 V). هلْ يمكنُ استخدامُ (8) بطارياتٍ جافةٍ عِوَضًا عنها لقيادةِ السيارةِ؟ أبررُ إجابتي.

6 . **أتأمّلُ** الشكلَ المجاورَ الذي يمثلُ خليةً كهركيميائيةً، قطباها الفلزانِ X, Y في محلولٍ كهرلي YNO_3، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ . ما نوعُ الخليةِ الكهروكيميائيةِ؟

ب . أحددُ المصعدَ والمهبطَ في الخليةِ.

جـ . أيُّ الفلزيْنِ أكثرُ نشاطًا؟

د . أُحدّدُ الفلزَّ الذي تحدثُ لَهُ عمليةُ تأكسُدٍ.

هـ . ماذا تُسمّى المادةُ التي تحدثُ لها عمليةُ اختزالٍ؟

و . ما التغيُّرُ الذي يطرأُ على كتلةِ القطبِ Y؟

7 . أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ فِقْرةٍ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

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

أ . $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ ب . $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$

جـ . $Pb \rightarrow PbO_2$ د . $Cr_2O_3 \rightarrow 2Cr$

2. العاملُ المختزلُ في التفاعُلِ الآتي هوَ:

$$Al_2O_3 + 6Na \rightarrow 2Al + 3Na_2O$$

أ . Al_2O_3 ب . Al جـ . Na_2O د . Na

3. العاملُ المؤكسدُ في التفاعُلِ الآتي هوَ:

$$Ni^{2+} + Fe \rightarrow Ni + Fe^{2+}$$

أ . Ni^{2+} ب . Fe جـ . Ni د . Fe^{2+}

4. واحدةٌ منَ العملياتِ الآتيةِ **لا** تُعَدُّ تأكسُدًا:

أ . تفاعُلُ العنصرِ معَ الأكسجينِ. ب . فَقْدُ الإلكتروناتِ.

جـ . كَسْبُ الإلكتروناتِ. د . $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$.

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

أ . أيوناتُ المغنيسيوم تتأكسَدُ. ب . أيوناتُ المغنيسيوم تفْقِدُ الإلكتروناتِ.

جـ . نصفُ تفاعُلِ تأكسُدٍ. د . نصفُ تفاعُلِ اختزالٍ.

6. العاملُ المؤكسدُ هوَ المادةُ التي:

أ . يحدثُ لها تأكسدٌ. ب . ترتبط بالأكسجين في أثناءِ التفاعلِ.

جـ . تؤكسدُ مادةً أخرى. د . تفْقِدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

7. في التفاعلِ الآتي: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ يكونُ العاملُ المختزلُ:

أ . Fe_2O_3 ب . CO جـ . Fe د . CO_2

8. واحدٌ منْ أنصافِ التفاعلاتِ غير الموزونة الآتيةِ يمثلُ تفاعُلَ تأكسُدٍ:

أ . $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ ب . $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$

جـ . $SO_4^{2-} \rightarrow SO_2$ د . $MnO_2 \rightarrow MnCl_2$

9. المادةُ التي تتأكسَدُ هيَ المادةُ التي:

أ . تفْقِدُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ. ب . تكسبُ الإلكتروناتِ في أثناءِ التفاعلِ.

جـ . يَنتزعُ الأكسجينَ منها. د . تسببُ تأكسدَ مادةٍ أخرى.

10. الوصفُ الصحيحُ للمادةِ التي تحدثُ لها عمليةُ اختزالٍ في تفاعُلٍ ما هوَ:

أ . يحدثُ فيها فَقْدٌ في الإلكتروناتِ. ب . تمثلُ العاملَ المؤكسدَ.

جـ . تمثلُ العاملَ المختزلَ. د . يتحولُ فلزُّ الفضةِ إلى أكسيدِ الفضةِ.

11. التفاعلُ الذي يحدثُ عندَ المهبط في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولِ بروميد النحاس $CuBr_2$ باستخدامِ أقطابٍ جرافيت هوَ:

أ . تأكسُدُ النحاسِ ب . اختزالُ أيوناتِ النحاسِ

جـ . تأكسُدُ الماءِ د . اختزالُ الماءِ

12. يَنتُجُ منْ عمليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ يوديد البوتاسيوم KI:

أ . اليود والبوتاسيوم ب . الكلور والبوتاسيوم

جـ . الكلور والصوديوم د . اليود والصوديوم

13. يحدثُ التفاعلُ الآتي في خليةٍ جلفانيةٍ: $Cd + Ni^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Ni$ وعليهِ، فإنَّ العبارةَ **غيرَ الصحيحةِ** في ما يأتي هيَ:

أ . Cd عاملٌ مختزلٌ ب . Ni^{2+} عاملٌ مؤكسدٌ

جـ . Ni يمثلُ المصعدَ د . Cd يمثلُ المصعدَ

14. عندَ التحليلِ الكهربائي لمصهورِ فلوريد البوتاسيوم KF فإنَّ التفاعُلَ الحاصلَ عندَ المهبطِ هوَ:

أ . تأكسُد F^- ب . اختزال F^-

جـ . تأكسُد K^+ د . اختزال K^+

15. يتكونُ عندَ المصعدِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ كلوريد الليثيوم LiCl.

أ. Li　　ب. O_2

جـ. Cl_2　　د. H_2

16. يستطيعُ الفلزُّ A استخلاصَ الفلزيْنِ B و C منْ محاليلِهما ولا يستطيعُ استخلاصَ الفلزِّ D وعليهِ، فإنَّ العاملَ المختزلَ الأقوى هوَ:

أ. A　　ب. B

جـ. C　　د. D

17. في الخليةِ الجلفانيةِ التي تفاعلُها: $Zn + Ni^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Ni$:

أ. يكونُ القطبُ Zn هوَ القطبَ الموجبَ.　　ب. تزدادُ كتلةُ القطبِ Ni.

جـ. تسيرُ الإلكتروناتُ منَ القطبِ Ni إلى القطبِ Zn　　د. يكونُ القطبُ Ni هوَ القطبَ السالبَ.

18. إذا كانَ الأيونُ X^{2+} أقوى بوصفِهِ عاملًا مؤكسدًا منَ الأيونِ Z^{2+} وكُوِّنَتْ خليةٌ جلفانيةٌ منْ قطبَي Z/X فإنَّ:

أ. Z هوَ المهبطُ　　ب. X هوَ المصعدُ

جـ. كتلةَ X تقلُّ　　د. كتلةَ Z تقلُّ

19. أيُّ الجملِ الآتيةِ غيرُ صحيحةٍ في ما يتعلقُ بالخليةِ الجلفانيةِ:

أ. المصعدُ سالبُ الشِّحْنةِ.　　ب. المهبطُ موجبُ الشِّحنةِ.

جـ. التأكسُدُ يحدثُ عندَ المهبطِ.　　د. تتحركُ الإلكتروناتُ منَ المصعدِ إلى المهبطِ.

20. إذا كانَ اتجاهُ حركةِ الإلكتروناتِ السالبةِ نحوَ القطبِ Z في الخليةِ الجلفانيةِ التي قطباها Q وZ فإنَّ:

أ. شِحْنةَ القطبِ Z موجبةٌ　　ب. شِحْنةَ القطبِ Q موجبةٌ

جـ. كتلةَ Z تقلُّ بمرورِ الزمنِ　　د. كتلةَ Q تزدادُ بمرورِ الزمنِ

مسردُ المصطلحاتِ

- **أكسيدُ الفلزِّ Metal Oxide:** مركّبٌ كيميائيٌّ ينتُجُ منْ تفاعلِ الفلزِّ معَ الأكسجينِ.
- **الاختزالُ Reduction:** نزعُ الأكسجينِ منَ المركّبِ، أوْ اكتسابُ الإلكتروناتِ.
- **التأكسدُ Oxidation:** اتِّحادُ أوْ ارتِباطُ العنصرِ (أوِالمركَّبِ) بالأكسجين، أوْ فَقْدُ الإلكتروناتِ.
- **تآكلُ الفلزِّ Metal Corrosion:** تكوُّنُ طبقةٍ جديدةٍ على سطحِ الفلزِّ تنتُجُ منْ تفاعُلِ الفلزِّ معَ مكوناتِ الهواءِ، ما يجعلُ الفلزَّ أضعفَ وأكثرَ هشاشةً.
- **تفاعلُ الإحلالِ Displacement Reaction:** التفاعلُ الذي يحلُّ فيهِ العنصرُ النشطُ محلَّ العنصرِ الأقلِّ نشاطًا.
- **تفاعلُ التأكسدِ والاختزالِ Oxidation-Reduction Reaction:** التفاعلُ الذي تحدثُ فيهِ عمليتانِ مترافقتانِ، إحداهما تأكسدٌ والأخرى اختزالٌ.
- **التحليلُ الكهربائيُّ Electrolysis:** تمريرُ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورٍ أوْ محلولِ مادةٍ كهرليةٍ، يؤدي إلى إحداثِ تفاعُلِ تأكسدٍ واختزالٍ.
- **الجلفنةَ Galvanizing:** تغطيةُ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍّ آخرَ أكثرَ نشاطًا منَ الحديدِ، حيثُ يتآكَلُ الفلزُّ بدلً منَ الحديدِ ويحميهِ منَ التآكُلِ.
- **خليةُ الوقودِ Fuel Cell:** خليةٌ جلفانيةٌ يحدثُ فيها تفاعُلُ تأكسدٍ واختزالٍ مُنتِجٌ للطاقةِ الكهربائيةِ، تزودانِ باستمرارٍ بالموادِّ المتفاعلةِ أوِ الوقودِ.
- **خليةُ التحليلِ الكهربائيِّ Electrolysis Cell:** الخلايا الكهركيميائيةُ التي تتحولُ فيها الطاقةُ الكهربائيةُ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ.
- **الخلايا الكهركيميائيةُ Electrochemical Cells:** الأداةُ التي تحدثُ فيها تفاعلاتُ تأكسدٍ واختزالٍ وهيَ مُنتِجةٌ للطاقةِ الكهربائيةِ أوْ مستهلكةٌ لها.
- **الخلايا الجلفانيةُ Galvanic Cells:** الأداةُ التي يحدثُ فيها تفاعُلُ تأكسدٍ واختزالٍ مُنتِجٌ للطاقةِ الكهربائيةِ.

- **سلسلةُ النشاطِ الكيميائيِّ Chemical Activity Series:** ترتيبُ الفلزاتِ وَفْقًا لنشاطِها النسبيِّ، منَ الأكثرِ نشاطًا إلى الأقلِّ نشاطًا، ويُطلَقُ عليها أيضًا سلسلةُ التفاعليةِ.
- **السبائكُ Alloys:** وهيَ خليطٌ منَ الفلزِّ وعناصرَ أخرى قدْ تكونُ فلزاتٍ أوْ لافلزاتٍ.
- **صدأُ الحديدِ Iron Rust:** طبقةٌ هشةٌ منْ أكسيدِ الحديدِ $Fe_2O_3.nH_2O$ (تشيرُ n إلى عددِ جزيئاتِ الماءِ المرتبطةِ بأكسيدِ الحديدِ) تتكونُ على سطحِ الحديدِ نتيجةَ تفاعُلِهِ معَ أكسجينِ الهواءِ الجويِّ بوجودِ الماءِ أوْ بخارِ الماءِ.
- **الطلاءُ الكهربائيُّ Electroplating:** ترسيبُ طبقةٍ رقيقةٍ منَ المادةِ المرادِ الطلاءُ بها سطْحَ المادةِ المرادِ طلاؤُها.
- **عاملٌ مختزلٌ Reducing Agent:** المادةُ التي تتأكسدُ وتسببُ اختزالَ غيرِها.
- **عاملٌ مؤكسدٌ Oxidizing Agent:** المادةُ التي تختزلُ وتسببُ تأكسدَ غيرِها.
- **عمليةُ الجلفنةِ Galvanizing Process:** تغطيةُ الحديدِ بطبقةٍ منْ فلزٍّ آخرَ أكثرَ نشاطًا منَ الحديدِ، مثلَ الخارصينِ، حيثُ يتآكلُ الفلزُّ بدلًا منَ الحديدِ ويَمنعُ تآكلَهُ.
- **القطبُ Electrode:** مادةٌ صُلبةٌ موصلةٌ في دارةٍ كهربائيةٍ، تنقلُ الإلكتروناتِ منَ المحلولِ أوِ المصهورِ وإليهِ.
- **المادةُ الكهرليةُ Electrolyte:** مادةٌ تتفككُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ وأُخَرَ سالبةٍ حرةِ الحركةِ عندَ صهرِها أوْ إذابتِها في الماءِ.
- **المادةُ غيرُ الكهرليةِ Non-Electrolyte:** مادةٌ لا تتفككُ إلى أيوناتٍ حرةِ الحركةِ عندَ صهرِها أوْ ذوبانِها في الماءِ بلْ تبقى على هيئةِ جزيئاتٍ متعادلةٍ.
- **المصعدُ Anode:** القطبُ الذي تحدثُ عندَهُ عمليةُ التأكسدِ.
- **المهبطُ Cathode:** القطبُ الذي تحدثُ عندَهُ عمليةُ الاختزالِ.
- **الملحُ Salt:** مادةٌ ناتجةٌ منْ تفاعُلِ الحمضِ معَ قاعدةٍ أوْ معَ فلزٍّ.
- **نشاطُ الفلزِّ Metal Reactivity:** سرعةُ فَقْدِ الفلزِّ إلكتروناتِهِ في التفاعُلِ وتَكَوُّنِ أيونِهِ الموجبِ.

قائمةُ المراجعِ

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

1. خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج2، 2009.
2. محمد الدرملي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة، ماهيتها، عناصرها**، دار العلم والإيمان، ودار الجديد للنشر والتوزيع، 2018.

ثانيًا- المراجعُ 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 Change, **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, NewYork, 2018.

Collins