المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

# الكيمياء

## الجزء الثاني

٩

## الصف التاسع

ISBN 978-9957-84-635-0

المطبعة الوطنية

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

# الكيمياء

## الجزء الثاني

## الصف التاسع

٩

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يَسُرُّ إدارةُ المناهجِ والكتبِ المدرسيةِ استقبالَ ملحوظاتِكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوينِ الآتيةِ:
هاتف: ٨ - ٥ / ٤٦١٧٣٠٤ ، فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩ ، ص. ب: ( ١٩٣٠ ) ، الرمز البريدي: ١١١١٨ ،
أو على البريد الإلكتروني: E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قرّرَتْ وزارةُ التربيةِ والتعليمِ تدريسَ هذا الكتابِ فِي مدارسِ المملكةِ الْأُرْدُنِّيةِ الهاشميةِ جَميعِها، بناءً على قرارِ مجلسِ التربيةِ والتعليمِ رَقْمِ ( ٣٨/ ٢٠١٥) تاريخِ ٢٠١٥/٣/٢٦م بدءًا مِنَ العامِ الدراسيِّ ٢٠١٥م/٢٠١٦م.

جَميعُ الحقوقِ محفوظةٌ لوزارةِ التربيةِ والتعليمِ

عمانُ – الْأُرْدُنُّ – ص.ب . (١٩٣٠)

رقم الإيداع لدى دَائِرَة المكتبة الوطنية
(٢٠١٥/٥/٢٠٩٠)
ISBN: 978-9957-84-635-0

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:
أ. د. محمود طاهر الوهر (رئيسًـــا)، أ.د. محمد خير الحوراني، أ.د. إدريس فالح المومني،
د. أمل فتحي العابودي، فاتنة سمير التينة (مقررًا)

وقام بتأليفه كل من:
بلال فارس حمدان، تيسير أحمد عبد المالك الصبيحات، خليل سليمان صالح

التحرير العلمي: فاتنة سمير التينة
التحرير اللغوي: عبد الرحيم عبدالله بشارات
التصميم: فخري موسى الشبول
التحرير الفني: أنس خليل الجرابعة
الرسم: خلدون منير أبوطالب
الإنتاج: خولة أحمد المومني

دقّق الطباعة وراجعها: أماني خليل القرامصة

الطّبعةُ الْأُوْلَى ١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م
أعيدت طباعته ٢٠١٦ – ٢٠١٧م

# قائمة المحتويات

## الفصلُ الدّراسيُّ الثاني


| الموضوعُ | الصفحةُ |
|---|---|
| **الوِحدةُ الثالثةُ: الكيمياءُ الكهربائيَّةُ** | ٤ |
| أولاً: تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ | ٦ |
| ثانيًا: الخلايا الكهرُكيميائيّةُ | ٨ |
| ثالثًا: الخلايا الغِلْفَانِيّةُ | ٩ |
| رابعًا: فَرْقُ الجُهْدِ الكهربائيِّ في الخليةِ الغِلفانيّةِ | ١٣ |
| خامسًا: تطبيقاتُ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ | ١٦ |
| سادسًا: خلايا التحليلِ الكهربائيِّ | ٢١ |
| سابعًا: الطِّلاءُ الكهربائيُّ | ٢٥ |
| العلمُ والتكنولوجيا والمجتمعُ – (استخلاصُ الفلزّاتِ من خاماتِها) | ٢٧ |
| أسئلةُ الوِحْدَةِ | ٢٩ |
| **الوِحدةُ الرابعةُ: الحُمُوضُ والقَواعِدُ** | ٣٤ |
| أولاً: الحُمُوضُ | ٣٦ |
| ثانيًا: القَواعِدُ | ٣٩ |
| ثالثًا: كواشفُ الحُمُوضِ والقَواعِدِ | ٤٢ |
| رابعًا: درجةُ الحُموضةِ | ٤٦ |
| خامسًا: تفاعلاتُ الحُمُوضِ والقَواعِدِ (تفاعلاتُ التعادُلِ) | ٤٩ |
| سادسًا: تحضيرُ الحُمُوضِ والقواعدِ صناعيًّا | ٥٢ |
| العلمُ والتكنولوجيا والمجتمعُ – (المطرُ الحَمْضِيُّ) | ٥٧ |
| أسئلةُ الوِحْدَةِ | ٥٩ |
| **قائمةُ المصطلحاتِ** | ٦٣ |
| **قائمةُ المراجعِ** | ٦٥ |

# الكِيمياءُ الكهربائيَّةُ

ما المقصودُ بالكيمياءِ الكَهْرُبائيَّةِ؟ وما علاقةُ التفاعلاتِ الكيميائيَّةِ بالكهرباءِ؟

تُعْنى الكيمياءُ الكهربائيةُ بدراسةِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ وعَلاقتِها بالكهرباءِ، فالعديدُ من التفاعلاتِ الكيميائيةِ ذاتُ طبيعةٍ كهربائيةٍ؛ وذلكَ لأنَّ الموادَّ نفسَها ذاتُ طبيعةٍ كَهربائيةٍ، فهيَ تَتركَّبُ من ذرّاتٍ، وهذهِ الذراتُ تتكونُ من بروتوناتٍ ذاتِ شحنةٍ كهربائيَّةٍ مُوجبَةٍ، وإلكتروناتٍ ذاتِ شحنةٍ كهربائيَّةٍ سالبةٍ، ونيوتروناتٍ ذاتِ طبيعةٍ متعادلةٍ كَهربائياً، وبعضُ التفاعلاتِ يَحدثُ خِلالَها انتقالٌ للإلكتروناتِ منْ ذرّةٍ إلى أُخرى، وَتُعْرَفُ هذهِ التفاعلاتُ بتفاعلاتِ التأكسُدِ والاختزالِ. فماذا نَعني بالتأكسدِ وماذا نَعني بالاختزالِ؟ وهلْ لهذهِ التفاعلاتِ عَلاقةٌ بالكهرباءِ؟ وما تلكَ العَلاقةُ؟ وما أهمُّ تطبيقاتِ هذه التفاعلاتِ في مجالاتِ الحياةِ والصناعاتِ المختلفةِ؟

**هذا ما ستعرفُه بعدَ دراسةِ هذهِ الوحدةِ وتنفيذِ أنشطتِها المختلفةِ، وَيُتَوَقَّعُ منكَ بعدَ ذلكَ أنْ تكونَ قادراً على أنْ:**

- تُوضِّحَ المقصودَ بالمفاهيمِ الآتيةِ: التأكسُدِ، الاختزالِ، التفاعُلِ الكهركيميائيّ، التحليلِ الكهربائيِّ.
- تعطيَ أمثلةً من البيئةِ على تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ، وتُمثِّلَها بمعادلاتٍ كيميائيةٍ.
- تُوَضِّحَ أنواعَ الخلايا الكهركيميائيةِ، وتحولاتِ الطاقةِ فيها.
- تبنِيَ خليةً كهركيميائيةً (غلفانيةً) بَسيطةً، وتُبيِّنَ أجزاءَها، وكيفيَّةَ عملِها.
- تَكتبَ معادلاتٍ كيميائيةً تُمَثِّلُ التفاعلاتِ الحادثةَ عندَ الأقطابِ، والتفاعُلَ الكليَّ في الخليةِ الغلفانيَّةِ.
- تَستنتجَ بالتجربةِ العمليةِ أنَّ أزواجَ الفلزّاتِ المختلفةِ في الخلايا الغَلْفَانِيَّةِ يتولَّدُ بينَها فروقُ جُهدٍ كهربائيةٍ مُختلفةٍ.
- تُصَمِّمَ نشاطاً لبناءِ خليةٍ غلفانيةٍ تُعطي أعلى فَرقِ جُهْدٍ كهربائيٍّ، وتُقارِنَ ما توصَّلْتَ إليه بما تَوصَّلَ إليه زملاؤك.
- تُوضِّحَ أنواعَ البَطارياتِ الكهربائيَّةِ واستخداماتِها.
- تُقَيِّمَ الآثارَ الإيجابيةَ للبطّارياتِ بأنواعِها والآثارَ السلبيةَ لمُخَلَّفاتِها في المجتمعِ والبيئةِ، وتقترحَ حلولاً إيجابيةً للتخلُّصِ السليمِ من مخلفاتِها.
- توضِّحَ أثرَ سَريانِ تيارٍ كهربائيٍّ في مَحلولِ مادَّةٍ كَهْرُلِيَّةٍ أوْ مَصْهُورِها.
- تكتبَ معادلاتٍ كيميائيةً تُوَضِّحُ التفاعلاتِ التي تَحدثُ على الأقطابِ لمَحلولِ مادَّةٍ كَهْرُلِيَّةٍ أوْ مَصْهُورِها.
- تُوضِّحَ بعضَ التطبيقاتِ العمليّةِ للتحليلِ الكهربائيِّ (الطِّلاءِ الكهربائيِّ، استخلاصِ الفلزّاتِ).

## أولًا تفاعلاتُ التأكسُدِ والاختزالِ

تُعَـدُّ تفاعـلاتُ التأكسُدِ والاختـزالِ مـن التفاعـلاتِ ذاتِ الاستخداماتِ الواسعـةِ والمتنوعةِ فـي حياتِنا؛ إذ تُستخدَمُ فـي استخلاصِ الفِلزَّاتِ مـنْ خاماتِها، وفي البطاريـاتِ، كبَطَّارِيّةِ السيارةِ والبطاريـاتِ المستخدمـةِ في الهاتـفِ المحمولِ والساعـاتِ وغيرِها، كما يُستفـادُ من تفاعلاتِ التأكسُـدِ والاختزالِ في إنتـاجِ الطاقةِ داخلَ أجسامِ الكائناتِ الحيةِ. فمـاذا نعني بالتأكسُدِ، وماذا نعني بالاختزالِ؟

استُخْـدِمَ مفهـومُ التأكسُدِ قديمـاً لِيشيرَ إلـى تفاعُلِ العناصرِ مـعَ الأكسجينِ وتكويـنِ أكاسيدِ العناصـرِ، ومثالُ ذلك: تفاعُلُ الحديدِ معَ أكسجينِ الهـواءِ وتشكيلُ أكسيدِ الحديدِ، والذي يُمكِنُ تمثيلُه بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

أمَّـا مفهومُ الاختزالِ فَقَدِ استخـدِمَ لِيشيرَ إلى عمليةِ نَزْعِ الأكسجينِ مـن خاماتِ أكاسيدِ بعضِ الفلزّاتِ، للّحصولِ على هذه الفِلزَّاتِ منفردةً، كما يظهرُ في المعادلةِ الآتيةِ:

$$2Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4Al_{(s)}$$

وبهذا ظهرَ مفهومُ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ، ولكنْ ما التغيّراتُ الّتي تَحدثُ للذَّراتِ خلالَ هذهِ التفاعلاتِ؟

تَفْقِدُ بعضُ الذراتِ الإلكتروناتِ خلالَ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ وذراتٌ أخرى تكسبُها؛ فـذراتُ الفلـزّاتِ تَفْقِدُ الإلكتروناتِ وتتحـوّلُ إلى أيونـاتٍ مُوجبةٍ، وذراتُ اللّافلـزَّاتِ تكسِبُ الإلكتروناتِ وتتحولُ إلى أيوناتٍ سالبةٍ.

يُطلَـقُ علـى عمليةِ فَقْدِ المـادَّةِ للإلكتروناتِ أثناءَ التفاعـلِ عمليةُ التأكسُـدِ، ويُطلَقُ على عمليةِ اكتسابِ المادَّةِ للإلكتروناتِ أثناءَ التفاعلِ عمليةُ الاختزالِ.

وتُمثِّلُ المعادلةُ الآتيةُ تفاعُلَ المغنيسيومِ معَ الأكسجينِ لِتكوينِ أُكسيدِ المغنيسيومِ.

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$$

فإذا علمْتَ أنَّ العدَدَ الذريَّ لِلمغنيسيومِ (١٢) والعددَ الذريَّ للأُكسجينِ (٨) أجبْ عمَّا يلي:

- ما عددُ الإلكتروناتِ في الغلافِ الخارجيِّ لكلٍّ من ذرّةِ المغنيسيومِ وذرّةِ الأُكسجينِ؟
- أيُّهما تَفْقِدُ الإلكتروناتِ وأيُّهما تكتسِبُها؟
- ما عددُ الإلكتروناتِ التي يُمكِنُ أنْ تَفْقِدَها أو تكتسِبَها كلٌّ منْهما؟

إنَّ مجموعَ عددِ الإلكتروناتِ التي تكتسِبُها ذراتُ العنصرِ الّذي اخْتُزِلَ في تَفاعلٍ ما يجبُ أنْ يكـونَ مُساوِيًا لمجموعِ عددِ الإلكتروناتِ التي تفقدُهـا ذراتُ العنصرِ الذي يتأكسَدُ في التفاعلِ. ويُشـارُ إلى الإلكتروناتِ في المعادلةِ بالرمـزِ ($e^-$) وَتُوضَعُ معَ الموادِّ المتفاعِلةِ في تفاعُلِ الاختزالِ ومَعَ الموادِّ الناتجةِ في تفاعُلِ التأكسدِ.

**سؤالٌ**

لا يُمكِنُ أنْ تحدثَ عمليّةُ تأكسُدٍ، دونْ أنْ ترافقَها عمليةُ اختزالٍ. فَسّرْ ذلكَ.

ولتتعـرفَ أكثَر إلىْ عمليتَي: التأكسدِ، والاختزالِ فـي التفاعلاتِ المُختلِفةِ يمكنُ دراسةُ تفاعلِ الخارصينِ Zn معَ محلولِ كِبريتاتِ النَّحاسِ $CuSO_4$ الذي يُعَبَّرُ عنه بالمعادلةِ الآتيةِ :

$$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

عرفْـتَ فيما مضى أنَّ الموادَّ الكَهْرُلِيَّةَ مثلَ كبريتـاتِ النّحاسِ وكبريتاتِ الخارصينِ عندَ إذابتِها فـي المـاءِ تتفكَّكُ إلى أيوناتٍ مُوجبةٍ وأخرى سالبةٍ تتحركُ بسهولةٍ في المحلولِ، لذلك فإنَّه يُمكنُ إعادةُ كتابةِ المعادلةِ السابقةِ على شكلِ أيوناتٍ حُرّةٍ كما يلي:

$$Zn_{(s)} + (Cu^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow (Zn^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

لاحـظْ أنَّ ذراتِ الخارصيـنِ المُتعادِلـةِ Zn قـدْ تأكسـدَتْ، وتحولَتْ إلى أيونـاتِ الخارصينِ المُوجبَـةِ $Zn^{2+}$، وأمَّـا أيوناتُ النّحاسِ المُوجبَةُ $Cu^{2+}$ فقد اختزِلَـتْ، وتحولَتْ إلى ذراتِ النُّحاسِ المتعادلةِ Cu. ويُمكِنُ تمثيلُ هذهِ التغيّراتِ منْ خلالِ المعادلتَينِ الآتيتَينِ:

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

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

وحيـثُ إنَّـه لا يمكنُ حدوثُ عمليـةِ التأكسُدِ دونَ عمليةِ الاختزالِ، فإنَّه عنـدَ جَمْعِ المعادلتَينِ السابقتَينِ نحصلُ علىٰ معادلةِ تَفاعُلِ التأكسدِ والاختزالِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

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

لاحـظْ أنَّ الإلكترونـاتِ لم تظهرْ فـي المعادلةِ الكليّةِ؛ وذلـك لأنَّ الإلكترونـاتِ الّتي فقدَتْها الـذراتُ التي تأكسدَتْ اكتسَبتْها الذراتُ التي اختزلَـتْ، كما لم يظهرْ أيونُ الكبريتاتِ ($SO_4^{2-}$) في معادلـةِ تفاعُلِ التأكسدِ والاختزالِ الكليّـةِ؛ لأنَّه لمْ يحدثْ عليهِ أيُّ تغيُّرٍ وبقيَتْ شِحنَتُهُ على حالِها، أيْ أنَّه لم يتأكسدْ أوْ يُختزَلْ، وبذلك يمكنُ حَذفُه من المعادلةِ.

**سؤالٌ**

تأمّلْ كلاً من المعادلتَينِ الآتيتَينِ، ثم أجبْ عنِ الأسئلةِ الّتي تليهما:

$$Ca_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}$$

$$Al_{(s)} + Fe(NO_3)_{3(aq)} \longrightarrow Al(NO_3)_{3(aq)} + Fe_{(s)}$$

١- عيِّنِ الذراتِ التي تأكسَدَتْ والذراتِ التي اختزلَتْ في كلٍّ مِنَ المعادلَتينِ.

٢- اكتبْ معادلةَ التأكسدِ ومعادلةَ الاختزالِ في كلٍّ مِنَ المعادلتَينِ.

٣- مـا عددُ الإلكتروناتِ المفقودةِ والمكتسبةِ خلالَ عمليّتَـي التأكسدِ والاختزالِ في كلٍّ من المعادلَتينِ؟

## ثانيًا الخلايا الكَهْرُكيميائيَّةُ

عرفْـتَ أنَّ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ تتضمنُ انتقـالًا للإلكتروناتِ من الذرةِ الّتي تأكسدَتْ إلـى الذرةِ التي اختزلَتْ، وكما تَعلمُ فإنَّ التيارَ الكهربائيَّ هو انتقالُ الإلكتروناتِ عبرَ مُوصِلٍ، فهلْ هنـاكَ عَلاقةٌ بينَ انتقالِ الإلكترونـاتِ بينَ الذراتِ في تفاعلاتِ التأكسـدِ والاختزالِ وانتقالِها عبرَ الأسلاكِ في الدَّارةِ الكهربائيَّةِ العاديَّةِ؟ وما هذه العَلاقةُ؟

تُشيـرُ الدراسـاتُ أنَّ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختـزالِ، يُرافِقُ حدوثَها تحوُّلاتٌ فـي الطاقةِ، فقدْ تتحـوَّلُ الطاقةُ الكيميائيَّةُ إلىٰ طاقةٍ كهربائيّـةٍ أوْ تتحولُ الطاقةُ الكهربائيَّةُ إلى طاقةٍ كيميائيّةٍ، ويُطلَقُ

على هذهِ التفاعلاتِ اسمُ التفاعلاتِ الكَهْرُكيميائيَّةِ كما يُطلَقُ على الأوعيةِ الّتي تحدثُ فيها هذهِ التفاعلاتُ اسمُ الخلايا الكَهْرُكيميائيَّةِ، وهي تُقسمُ إلى نوعَين هما:

١- **الخلايا الغلفانيَّةُ**: يحدثُ فيها تفاعلُ تأكسدٍ واختزالٍ تلقائيٍّ؛ يُؤدِي إلى إنتاجِ تيارٍ كهربائيٍّ حيثُ تتحولُ الطاقةُ الكيميائيةُ في التفاعلِ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ.

٢- **خلايا التحليلِ الكهربائيِّ**: يحدثُ فيها تفاعلُ تأكسدٍ واختزالٍ غيرِ تلقائيٍّ؛ نتيجةَ مرورِ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ مادَّةٍ كَهْرُلِيَّةٍ أوْ مصهورِها، حيثُ تتحوّلُ الطاقةُ الكهربائيَّةُ إلى طاقةٍ كيميائيَّةٍ.

## ثالثًا الخلايا الغِلْفَانِيّةُ

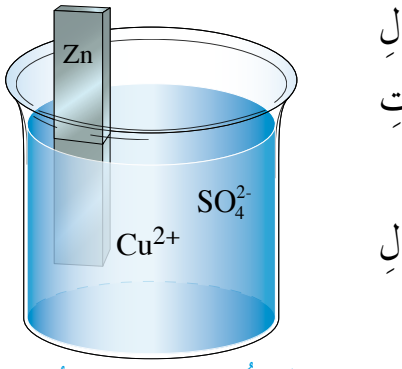
لاحظْتَ سابقًا أنه عندَ وضعِ صفيحةٍ من الخارصينِ Zn في محلولِ كبريتاتِ النُّحاسِ $CuSO_4$ كما في الشكلِ (٣-١)، فإنَّ ذَرةَ الخارصينِ تتأكسَدُ وتَفْقِدُ إلكترونَين، حيثُ ينتقلُ هذانِ الإلكترونانِ مباشرةً إلى أيونِ النّحاسِ $Cu^{2+}$ الّذي في المحلولِ ويُمكِنُ تمثيلُ التفاعلَينِ الحادثَينِ على ذراتِ الخارصينِ وأيوناتِ النّحاسِ بالمعادلَتينِ الآتيتَينِ:

- تَفْقِدُ ذراتُ الخارصينِ الإلكتروناتِ، وتذوبُ في المحلولِ على شكلِ أيوناتٍ كما يلي:

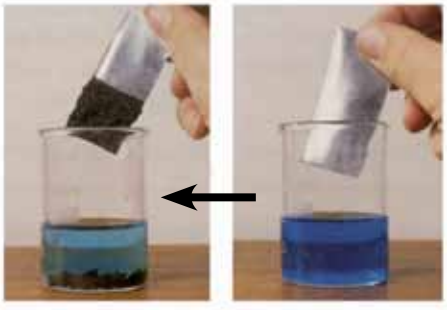
$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

- تَكْتَسِبُ أيوناتُ النُّحاسِ الإلكتروناتِ، وتتحولُ إلى ذراتٍ متعادلَةٍ تَتَرَسَّبُ على شكلِ مادةٍ صُلْبَةٍ غيرِ ذائبةٍ كما يلي:

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




الشّكلُ (٣-١): صفيحةُ خارصينٍ في محلولِ كبريتاتِ نحاسٍ.



(ب) (أ)

الشّكلُ (٣-٢): صفيحةُ الخارصينِ في محلولِ كبريتاتِ النُّحاسِ قبلَ التفاعُلِ وبعدَه.

والشكلُ (٣-٢) يُمَثِّلُ صفيحةَ الخَارِصينِ في محلولِ كبريتاتِ النُّحاسِ قبلَ التفاعُلِ وبعدَه، لاحظِ المادَّةَ المترسِّبةَ على صفيحةِ الخارصينِ والتغيُّرَ في لونِ المحلولِ.

ولكْـن هل يُمكِنُ أن تَنْتَقِلَ الإلكترونـاتُ الّتي تَفْقِدُها ذراتُ الخارصينِ عبرَ سِلْكٍ مُوْصلٍ بدلًا من انتقالِها المباشرِ من الخارصينِ إلى أيوناتِ النّحاسِ؟ وكيفَ يحدثُ ذلكَ؟ وماذا تتوقعُ أنْ يَنتِجَ عن هذا الانتقالِ؟ لتعرفَ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٣–١) .

## النشاطُ (٣–١): الخليةُ الغِلفانيّةُ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

صفيحـةُ نحاسٍ صغيـرةٍ، صفيحةُ خارصينٍ صغيـرةٍ، محاليلُ من كلٍّ مـن: كِبريتاتِ النّحاسِ $CuSO_4$، وكبريتاتِ الخارصينِ $ZnSO_4$، وكبريتاتِ الصوديومِ $Na_2SO_4$ تركيزُ كلٍ منها ١ مول/لتر، أميترٌ، أسلاكُ توصيلٍ كهربائيٍّ، كأسٌ زجاجيةٌ ٥٠٠ مل (عدد ٢)، أنبوبٌ زجاجيٌ على شكلِ حرف (U)، مِخبارٌ مدرَّجٌ، قِطَعٌ من القُطْنِ .

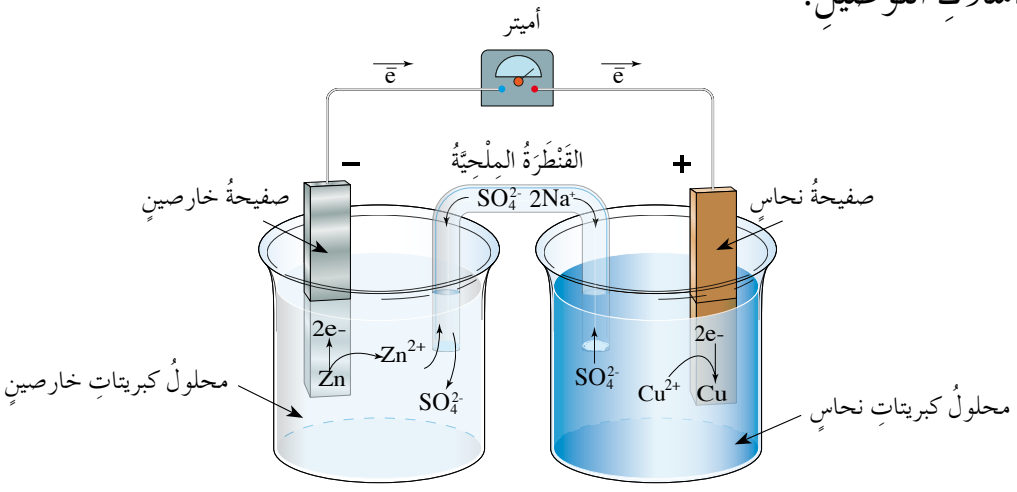
**الخُطُواتُ**

١– ضعْ باستخدامِ المِخْبَارِ المُدرَّجِ حوالي ٢٠٠ مل من محلولِ كبريتاتِ النّحاسِ في الكأسِ الزجاجيةِ الأولى، وَضَعْ فيه صفيحةَ النُّحاسِ.

٢– ضعْ في الكأسِ الثانيةِ ٢٠٠ مل من محلولِ كبريتاتِ الخارصينِ وَضَعْ فيهِ صفيحةَ الخارصينِ.

٣ – املأْ الأنبوبَ الّذيْ علىْ شكلِ حرفِ (U) بمحلولٍ مُشَبَّعٍ منْ كبريتاتِ الصوديومِ $Na_2SO_4$ وَأغلقْ أطرافَه بقِطَعٍ صغيرةٍ منِ القُطْنِ.

٤–رَكّـبِ الـدَّارةَ الكهربائيَّةَ كما فـي الشكلِ، معَ مراعـاةِ وَصْلِ صفيحـةِ النّحاسِ بالمِقبسِ المُوجـبِ (+) للأميترِ، وَوَصْلِ صفيحةِ الخارصينِ بالمقبسِ السالبِ (–) للأميترِ بواسطةِ أسلاكِ التوصيلِ.




الخليّةُ الغِلْفَانِيَّةُ

٥- راقبْ حركةَ مؤشرِ الأَميْتَرِ ، فماذا تلاحِظُ؟ وما السببُ في حركةِ مؤشرِ الأميترِ؟

- بالرجوعِ إلى سلسلةِ نشاطِ الفِلِزَّاتِ أيُّ الصفيحتَينِ مصدرُ الإلكتروناتِ؟
- ما التفاعلُ الّذيْ يحدثُ على صفيحةِ الخارصينِ؟ اكتبْ معادلةَ التفاعلِ.
- ما التفاعلُ الذي يحدثُ على صفيحةِ النُّحاسِ؟ اكتبْ معادلَةَ التفاعلِ.
- أيُّ الصفيحتَينِ تُمثِّلُ المَهْبِطَ وأيُّهما تُمثّلُ المَصْعَدَ؟
- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الكليِّ الحاصلِ في الخليَّةِ.
- ما تحولاتُ الطاقةِ التي تَحدُثُ في هذهِ الخليةِ؟

تُسَمّى الدّارةُ الكهربائيَّةُ المُوضَّحةُ في النشاطِ السابقِ خليّةً غلفانيّةً. وهي -كما تَرى- خليةٌ يحدثُ فيها تفاعُلُ تأكسدٍ واختزالٍ، حيثُ تتحركُ الإلكتروناتُ الناتجةُ عن عمليةِ تأكسدِ ذراتِ الخارصينِ عَبْرَ الأسلاكِ مِنَ القُطبِ الّذيْ تحدثُ عليه عمليةُ التأكسدِ ويُسمَّى المَصْعَدَ وهو (الخارصِينُ) إلى القطبِ الذي تحدثُ عليه عمليةُ الاختزالِ ويُسَمَّى المَهْبِطَ وهو ( النّحاسُ)، وحتى تكتملَ الدّارةُ الكهربائيَّةُ فإنَّ الأيوناتِ المُوجبَةَ تتحركُ من الوِعاءِ الذي تحدثُ فيه عمليّةُ التأكسدِ إلى الوعاءِ الذي تَحدثُ فيه عمليةُ الاختزالِ عبرَ القنطرةِ الملحيةِ، وتتحركُ الأيوناتُ السالِبَةُ من الوعاءِ الّذي تحدثُ فيه عمليةُ الاختزالِ إلى الوعاءِ الّذي تحدثُ فيه عمليةُ التأكسدِ، وبهذا ينشأُ تيارٌ كهربائيٌّ تَسْري فيه الإلكتروناتُ مِنَ المَصعَدِ إلى المَهبِطِ عَبْرَ الأسلاكِ ، وتُوصَفُ هذه الخلايا بأنّها خلايا تتحوَّلُ فيها الطاقةُ الكيميائيّةُ إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ.

وبما أنَّ الفلزّاتِ تتفاوَتُ في قُدْرتِها على فَقْدِ الإلكتروناتِ؛ فإنّ الفلزَّ الأقوى في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ هو العنصرُ الّذي يَفْقِدُ الإلكتروناتِ ويتأكسَدُ، وأمّا أيوناتُ العنصرِ الأقلِّ نشاطاً فتكسِبُ الإلكتروناتِ وَتُختَزَلُ.

ولتتعرفَ أكثَرَ إلى الخلايا الغلفانيّةِ ادرسِ المثالَ الآتِيَ:

### المثالُ(١)

تَمّ تركيبُ خليةٍ غلفانيّةٍ قُطباها من الرّصاصِ Pb والألمنيوم Al، وتحتوي على محلولَي نتراتِ الألمنيومِ $Al(NO_3)_3$ ونتراتِ الرَّصَاصِ $Pb(NO_3)_2$ بتركيز ١ مول/لتر. اعتمادًا على مَوقعِ العنصرَينِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، اكتبْ معادلاتٍ تُمَثِّلُ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ الحاصلةِ داخلَ الخليّةِ، ثُمَّ ارسُمِ الخليّةَ مُوضِّحًا عَليها المَصْعَدَ والمَهبِطَ وحركةَ الإلكتروناتِ عبرَ الأسلاكِ.

## الحلُّ

بعدَ الرجوعِ إلى سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ نجدُ أنَّ الألمنيومَ أنشطُ كيميائيًّا من الرَّصاصِ؛ ولذا فإنَّ الألمنيومَ هو العنصرُ الذيْ يتأكسَدُ ويُمَثِّلُ المَصعَدَ في هذهِ الخليّة.

التفاعلُ على المَصْعَدِ/ تأكسُدٌ $Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

بينما يحدثُ الاختزالُ لأيوناتِ الرّصَاصِ $Pb^{2+}$؛ لذا فإنَّ الرّصاصَ يُمثِّلُ المَهْبِطَ في هذه الخليّة.

التفاعلُ على المَهبطِ / اختزالٌ $Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(s)}$

ولكتابةِ التفاعُلِ الكليِّ في الخليةِ لا بُدَّ أنْ نجعلَ عددَ الإلكتروناتِ المفقودةِ خلالَ عمليّةِ التأكسدِ مساويًا لِعددِ الإلكتروناتِ المُكْتَسَبَةِ خلالَ عمليةِ الاختزالِ، ولذلكَ نجدُ أنَّهُ يلزمُ ذرّتانِ منَ الألمنيومِ لِفَقْدِ (٦) إلكتروناتٍ،كما يلزمُ (٣) أيوناتٍ مِنَ الرَّصاصِ لِكَسْبِ هذه الإلكتروناتِ، ولِذلكَ نُعيدُ كتابةَ المُعادلتَينِ السابقتَينِ بضربِ المعادلةِ الأُولى بـ٢ وضربِ المعادلةِ الثانيةِ بـ ٣ كما يلي:

$$2(Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-)$$

$$3(Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(s)})$$

وبذلك تُصبحُ المعادلتانِ كما يلي:

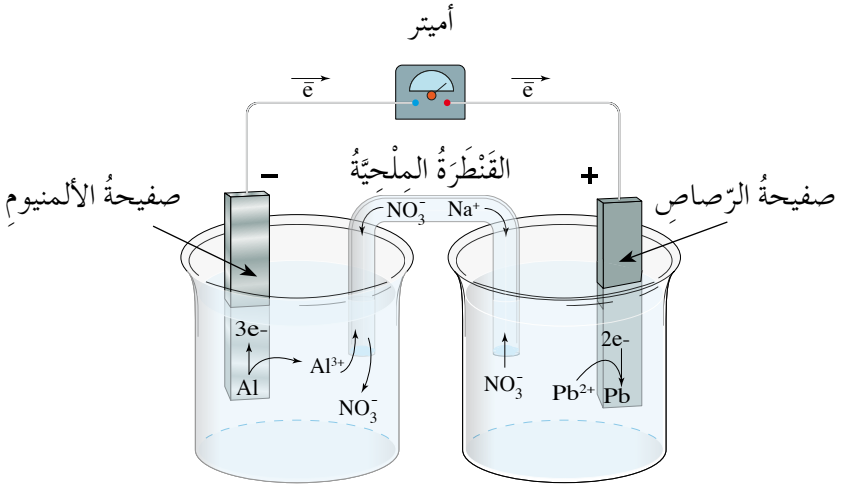
$$2Al_{(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6e^-$$

$$3Pb^{2+}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 3Pb_{(s)}$$

وَبِجَمْعِ المعادلتَينِ السابقتَينِ نحصلُ على المعادَلةِ الكُليّةِ للتفاعُلِ الّذي يَحدثُ في هذهِ الخليّة:

$$2Al_{(s)} + 3Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Pb_{(s)}$$

لاحظْ أنَّنا استخدمْنا صفيحةً مِنَ الفِلزِّ ومحلولَ أحدِ أملاحِه في كُلِّ وعاءٍ كَما في الشكلِ.



**سؤالٌ**

خليّةٌ غلفانيةٌ قُطباها من النّحاسِ Cu والنيكلِ Ni، وتحتوي على محلولَي كبريتاتِ النُّحاسِ $CuSO_4$ وكبريتاتِ النيكلِ $NiSO_4$ بتركيزِ ١مول/لتر. فإذا علمْتَ أنَّ النيكلَ أكثرُ نشاطًا من النّحاسِ . فأجب عن الأسئلة الآتية:

١– أيُّ القُطبَينِ يُمَثّلُ المَصْعَدَ، وأيُّهما يُمثّلُ المَهبِطَ؟

٢– ما التفاعلُ الّذي يحدثُ على قُطْبِ النُّحاسِ؟ اكتبْ معادلةَ التفاعُلِ.

٣– ما التفاعلُ الّذي يحدثُ على قُطب النيكلِ؟ اكتبْ معادلةَ التفاعلِ.

٤– اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الكليِّ الّذي يحدثُ في هذهِ الخليّةِ.

٥– حَدّدْ اتّجاهَ حركةِ الإلكتروناتِ عبرَ السلكِ بينَ القُطبَينِ.

## رابعًا فَرْقُ الجُهْدِ الكهربائيِّ في الخليةِ الغِلْفانيّةِ

عرفتَ من النشاطِ السابقِ أنّه عندَ إغلاقِ الدّارةِ الكهربائيَّةِ في الخليّةِ الغِلْفانيّةِ يتولّدُ فيها تيارٌ كهربائيٌّ،ممّا يشيرُ إلى وجودِ فَرْقِ جُهْدٍ كهربائيٍّ بينَ القطبَينِ. وَيعتمِدُ هذا الفَرْقُ في الجُهدِ على نشاطِ الفلزَّينِ المستخدمَينِ في بناءِ الخليةِ. فكيفَ يؤثرُ الفَرْقُ في نشاطِ الفلزّاتِ في فَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ للخليةِ؟ لتعرفَ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٣–٢).

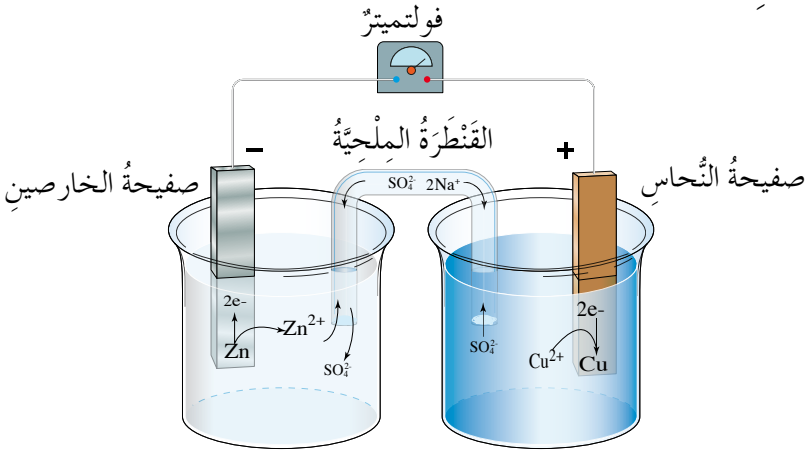
**النشاطُ** (٣–٢): أزواجُ العناصرِ المختلفةِ تُعطي فروقَ جُهْدٍ كهربائيّةٍ مُختلفةٍ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

عدةُ صفائحَ صغيرةٍ من النّحاسِ Cu، والخارصينِ Zn، والرّصاصِ Pb، والحديدِ Fe، كأسٌ زجاجيةٌ ٢٥٠ مل (عدد ٢)، فولتميترٌ، أسلاكُ توصيلٍ، محاليلُ بتركيزِ ١مول/لتر من كبريتاتِ النّحاسِ $CuSO_4$، وكبريتاتِ الخارصينِ $ZnSO_4$، وكبريتاتِ الرّصاصِ $PbSO_4$، وكبريتاتِ الحديدِ $FeSO_4$، وكبريتاتِ الصوديومِ $Na_2SO_4$، نظّاراتٌ واقيةٌ، أنبوبٌ زجاجيٌّ على شكلِ حرفِ (U)، قِطَعٌ من القُطْنِ.

## الخُطُواتُ

١- كَـوّنِ الخليّـةَ الغلفانيّةَ المُبيَّنةَ فـي الشكلِ باستخدامِ صفيحـةِ النّحاسِ Cu، ومحلولِ كبريتاتِ النّحاسِ $CuSO_4$ ، وصفيحـةِ الخارصينِ Zn، ومحلولِ كبريتاتِ الخارصينِ $ZnSO_4$، ومحلولِ كبريتاتِ الصوديومِ $Na_2SO_4$ للقنطرةِ الملحيّةِ.




خليّةُ خارصينٍ ـ نُحاسٍ

٢- راقبِ الخليةَ جيداً، ولاحظْ حركةَ مؤشرِ الفُوْلتميترِ. على ماذا يَدُلُّ ذلكَ؟

- عَيّنِ المَصْعَدَ والمَهْبِطَ في هذه الخليةِ.
- ما قيمةُ فرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ للخليةِ؟

٣- كرّرِ الخُطُواتِ السابقةَ عدّةَ مرّاتٍ واستبدلْ بصفيحةِ الخارصينِ ومحلولِ كبريتاتِ الخارصينِ إحـدىَ الصفائـحِ الأخـرى ومحلولِ ملحِها فـي كلِّ مرّةٍ معَ بقـاءِ صفيحةِ النّحاسِ ومحلولِ كبريتاتِ النّحاسِ كما هما. عَيّنِ المَصْعَدَ والمَهْبِطَ في كلِّ حالةٍ، ثم دوّنْ فَرْقَ الجُهْدِ الكهربائيِّ لكلِّ خليّةٍ، ونَظِّمِ النتائجَ التي حصلْتَ عليها في الجدولِ الآتِي:

| الأقطابُ المستخدمةُ | اتجاهُ حركةِ المؤشرِ | المَصْعَدُ | المَهْبِطُ | فَرْقُ الجُهْدِ الكهربائيِّ |
|---|---|---|---|---|
| Zn/Cu | | | | |
| Pb/Cu | | | | |
| Fe/Cu | | | | |

- أيُّ الفلزّاتِ يُكوِّنُ الخليّةَ الغلْفَانيّةَ ذاتَ فَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ الأكبرِ؟
- أيُّها يُكوّنُ الخليةَ ذاتَ فَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ الأقلِّ؟
- رَتِّبِ الفلزّاتِ تَنازليًّا وَفْقَ فَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ لكلِ خليةٍ منهما.
- قارِنْ ترتيبَ الفلزّاتِ التي حصلْتَ عَليها، بمواقعِها في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ. فماذا تلاحظُ؟
- ما العَلاقةُ بينَ موقِعِ الفلزَّينِ فيْ سلسلةِ النشاطِ وقيمةِ فرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ لخليتهما؟

يتضـحُ من النشـاطِ السابقِ أنَّ أزواجَ الفلزّاتِ المستخدمةِ في الخليّةِ الغِلْفَانِيّةِ تُعطي فروقَ جُهدٍ كهربائيّةٍ مختلفةً، وأنَّ هذا الفَرْقَ يزدادُ بزيادةِ الفَرْقِ في نشاطِ الفلزَّينِ المستخدمَينِ في الخليّةِ .

## نشاطٌ إثرائيٌّ

بالرجـوعِ إلى مَنظومةِ التعلُّمِ الإلكترونيِّ (Eduwave) وباستخدامِ الاسمِ ورمزِ الدخولِ الخاصِّ بـك، ادخـلْ إلـى المناهجِ المُحوسبـةِ/ مَبْحَثِ الكيميـاءِ/ للصفِّ التاسـعِ أو المرحلـةِ الثانويّةِ المستوى الثالثِ، موضوعِ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ أو الخلايا الكهركيميائيةِ.

١- افتحِ الوسيطةَ الخاصَّةَ بالموضوعِ.

٢- استخدمِ الفلزّاتِ المختلفةَ في سلسلةِ النشاطِ أقطابًا لخلايا غِلفانيةٍ مختلفةٍ واستخرجْ جُهْدَ هذه الخلايا.

٣- اطبعِ الشاشاتِ التي تستخدمُها على مَلَفٍ خاصٍّ (Word).

٤- نَظِّمِ النتائجَ التي حصلْتَ عليها كما في الجدولِ الآتي:

| قُطبا الخليةِ الغِلْفَانِيّةِ | المَصْعَدُ | المَهْبِطُ | جُهدُ الخليةِ الغِلْفَانِيّةِ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

٥- أيُّ الأقطابِ يُعطي الخليةَ ذاتَ الفَرْقِ الأكبرِ في الجُهْدِ؟

٦- أيُّ الأقطابِ يُعطي الخليةَ ذاتَ الفَرْقِ الأقلِّ في الجُهْدِ؟

يمكنُـكَ إجراءُ هذا النشاطِ باستخدامِ المواقـعِ الإلكترونيّةِ ذاتِ العَلاقةِ، بالاستعانةِ بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ وهي:

فلاشُ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ، فلاشُ الخلايا الكهركيميائيةِ.

# تطبيقاتُ الخلايا الغِلْفَانِيّة

تُعـدُّ البطاريـاتُ مـن الأمثلـةِ علـى الخلايـا الكهرُكيميائيّـةِ التي يَحدُثُ فيها تفاعلاتُ تأكسدٍ واختـزالٍ لتوليدِ فَرْقِ جُهْدٍ كهربائيٍّ، لإنتاجِ طاقةٍ كهربائيَّـةٍ ذاتِ استخدامـاتٍ واسعـةٍ فـي حياتِنا العمليّةِ. ويكفي لعملِ بَطَّارِيّةٍ توافرُ فلزَّينِ مختلفَينِ فـي قابليَّتِهما لِفَقْـدِ الإلكترونـاتِ، بالإضافةِ إلى توفيـرِ محلولٍ لمـادَّةٍ مُوصِلـةٍ للتّيـارِ الكهربائيِّ (محلـولٍ كَهْرُليٍّ)، وقدْ يكونُ هذا المحلولُ مادَّةً طبيعيَّـةً أو مادَّةً صناعيَّةً، وقـدْ عرفْتَ سابقاً بعضَ الموادِّ الصناعيَّةِ الّتي يُمكِنُ استخدامُها في هذهِ البطّارياتِ مثلِ حَمْضِ الكبريتيكِ. ولتتعرفَ بعضَ الموادِّ الطبيعيةِ التي يُمكِنُها القيامُ بدورِ المحلولِ الكهرليِّ، نَفِّذِ النشاطَ (٣–٣).

الشّكلُ (٣–٣): أنواعٌ مختلفةٌ من البَطَّارياتِ الجافَّةِ والسائلةِ.

## النشاطُ (٣–٣): خليّةُ اللّيمونِ

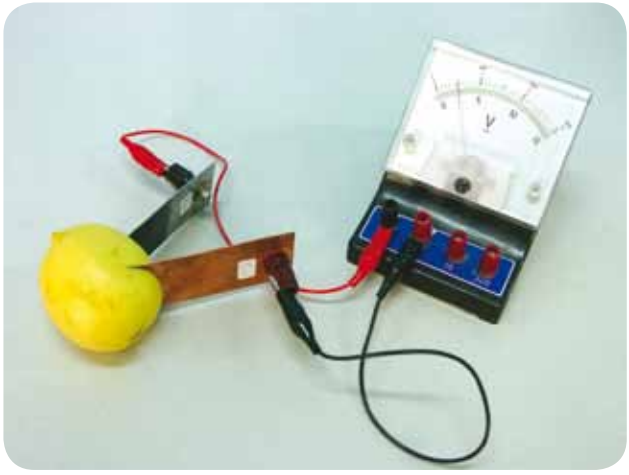
**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

حَبّـةُ ليمونٍ، صفيحـةٌ من الخارصينِ Zn، صفيحةٌ منَ النّحاسِ Cu، فولتميترٌ، أسلاكُ توصيلٍ، مَشابكُ.

**الخُطُواتُ**

١– اضغـطْ حبّةَ اللّيمونِ بيدِكَ على سطحِ طاولـةٍ، حتـى تصبـحَ طريَّـةً، بحيثُ تشعرُ ببعضِ العصيرِ في داخلِها.

٢– اربـطِ الصفيحتَينِ بالفُوْلتميترِ بوساطةِ أسـلاكِ التوصيـلِ والمشابكِ كما في الشَّكلِ.



خليّةُ اللَّيمونِ.

٣- أَدخلِ الصفيحتَينِ بِعُمقٍ داخلَ حبّةِ اللّيمونِ، مراعيًا عدمَ حدوثِ تماسٍ بينَهما.

٤- راقبْ حركةَ مؤشرِ (الفُوْلتميترِ). ثُمَّ أجبْ عمّا يلي:

- ما قيمةُ فَرْقِ الجُهْدِ المُتكوِّنِ في الخليّةِ؟
- أيُّ الصفيحتَينِ تُمثّلُ المَصْعَدَ وأيُّهما تُمثّلُ المَهبِطَ في هذهِ الخليّةِ؟
- ما الدورُ الذي قامَتْ به حَبَّةُ اللّيمونِ في هذهِ الخليّةِ؟

الشّكلُ (٣-٤): استخدامُ بطاريَّةٍ مكوَّنةٍ من عددٍ من حباتِ اللَّيمونِ في تشغيلِ ساعةِ مُنَبِّهٍ.

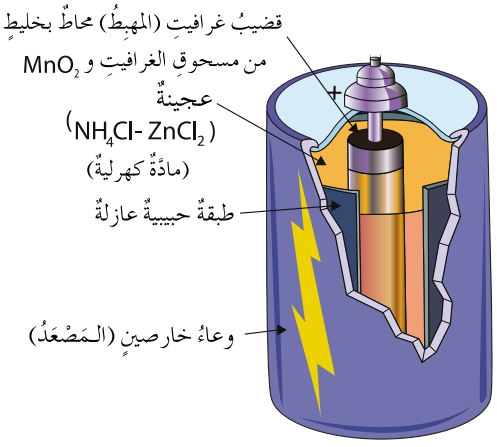
تعطي خليةُ اللّيمونِ فَرْقَ جُهْدٍ كهربائيٍّ بسيطٍ، لا تتجاوزُ قيمَتُه فولتاً واحداً؛ لذا لا يمكنُ استخدامُها في إضاءةِ مصباحٍ كهربائيٍّ، لكنْ يمكنُ استخدامُها في تشغيلِ ساعةٍ وذلكَ بإزالةِ البَطَّاريّةِ منها ووصلِها بأقطابِ بَطَّاريّةِ اللّيمونِ؛ فكميّةُ الطاقةِ الكهربائيَّةِ اللازمةِ لتشغيلِ الساعةِ تكونُ قليلةً. لاحظِ الشّكلَ (٣-٤) الّذي يُظهِرُ عدّةَ خلايا من حَباتِ ليمونٍ مَوْصولةٍ على التوالي في تشغيلِ ساعةِ مُنَبِّهٍ.

والبطارياتُ أنواعٌ ولكلِّ نوعٍ منها خصائصُه واستخداماتُه، وهي تختلفُ من حيثُ الحجمُ والشّكلُ، وفَرْقُ الجُهْدِ، وشِدّةُ التّيارِ الكهربائيِّ الناتجِ عنها. وسنعرِضُ فيما يلي نوعين من البطارياتِ، هما البَطَّاريّةُ الجافّةُ وبَطَّاريّةُ السّيارةِ أو ما يُعرَفُ بالمَرْكَمِ الرَّصاصيِّ.

**١- الخليّةُ الجافّةُ (Dry Cell)**

تمَّ اختراعُ هذا النوعِ من البطّارياتِ عامَ ١٨٦٦م، وهذا النّوْعُ منْ أكثرِ البطّارياتِ الصغيرةِ استخداماً طوالَ القرنِ العشرينَ، ومِنْ أشهرِ هذه البطّارياتِ ما يُعْرَفُ ببَطَّاريّةِ (الغرافيتِ و الخارصينِ). فَمِمَّ تَتكوّنُ هذهِ البَطَّاريّةُ وكيفَ تعملُ؟

للتَّعرّفِ إلى الموادِّ المُكوِّنةِ للخليّةِ الجافّةِ، لاحظِ الشّكلَ (٣-٥).




الشّكلُ (٣-٥): رسمٌ تخطيطيٌّ يُمثّلُ أجزاءَ الخليّةِ الجافّةِ.

يتضحُ من الشكلِ أنَّ الخليةَ الجافّةَ تتكوّنُ من الأجزاءِ الآتيةِ:

أ – قُطْبٍ من الغرافيتِ على شكلِ قضيبٍ مُحاطٍ بخليطٍ من مَسحوقِ الغَرافيتِ C وثاني أُكسيدِ المَنغنيزِ $MnO_2$، ويُمَثّلُ المَهبِطَ ( القطبَ المُوجبَ).

ب–وعاءٍ أُسْطُوَانيٍّ من فِلزِّ الخارصينِ، يُمَثّلُ المَصْعَدَ ( القطبَ السالبَ).

جـ–عجينـةٍ من مادَّتي كلوريدِ الأمونيوم $NH_4Cl$ وكلوريدِ الخارصينِ $ZnCl_2$، تملأُ الحَيِّزَ داخلَ الأُسْطُوانةِ وتَعملُ عَمَلَ المحلولِ الكهرليِّ في الخليةِ الكهركيميائيةِ.

د – طبقةٍ عازلةٍ تُغَلِّفُ جانبي أُسطوانةِ الخارصينِ من الخارجِ والداخلِ.

ويمكنُ تمثيلُ التفاعلاتِ الكيميائيَّةِ الحادثةِ في الخليّةِ الجافّةِ كما يلي:

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

تفاعلُ المَهبِطِ $2NH^+_{4(aq)} + 2MnO_{2(s)} + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_{3(s)} + H_2O_{(l)} + 2NH_{3(aq)}$

ويتميَّـزُ هـذا النوعُ مـن البطارياتِ بأنَّهُ يُعطِي فَـرْقَ جُهْدٍ بحدودِ ١,٥ فولـتٍ، ولكنْ فَرْقَ الجُهْـدِ هـذا يتناقصُ معَ استعمـالِ البَطَّارِيّةِ لذا عمُرُهـا قصيرٌ نسبيا إذا ما قورِنَـتْ بالبطارياتِ الأُخرى، ولا يمكنُ إعادةُ شَحْنِها.

## سؤالٌ

١– لماذا يُنصحُ بعدمِ تركِ البطَّارياتِ فترةً طويلةً داخلَ الأجهزةِ الكهربائيَّةِ؟

٢– لماذا يتناقصُ فَرْقُ الجُهْدِ الكهربائيِّ في البَطَّارِيّةِ بمرورِ الزمنِ؟

### قضيةٌ للبحثِ

نتيجـةً لعيـوبِ بَطَّارِيّةِ (الغرافيتِ والخارصينِ)، تمّ تطويرُ نـوعٍ آخرَ من البطارياتِ هي الخلايا القاعِديَّـةُ (Alkaline Cells). ابحثْ عنْ هذا النّوعِ مِنَ البطارياتِ، واكتبْ تقريراً عنها مُوضِحاً مكوناتِهـا، والتفاعـلاتِ الحادثةَ فيها، ومُميّزاتِها الّتـي جعَلَتْها تتفوَّقُ علـى غَيرِها، مُستخدِمًا المواقعَ الإلكترونيةَ ذاتَ العَلاقةِ.

ويُمْكِنُكَ الاستعانةُ بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ للبحثِ في مواقعَ أخرى:

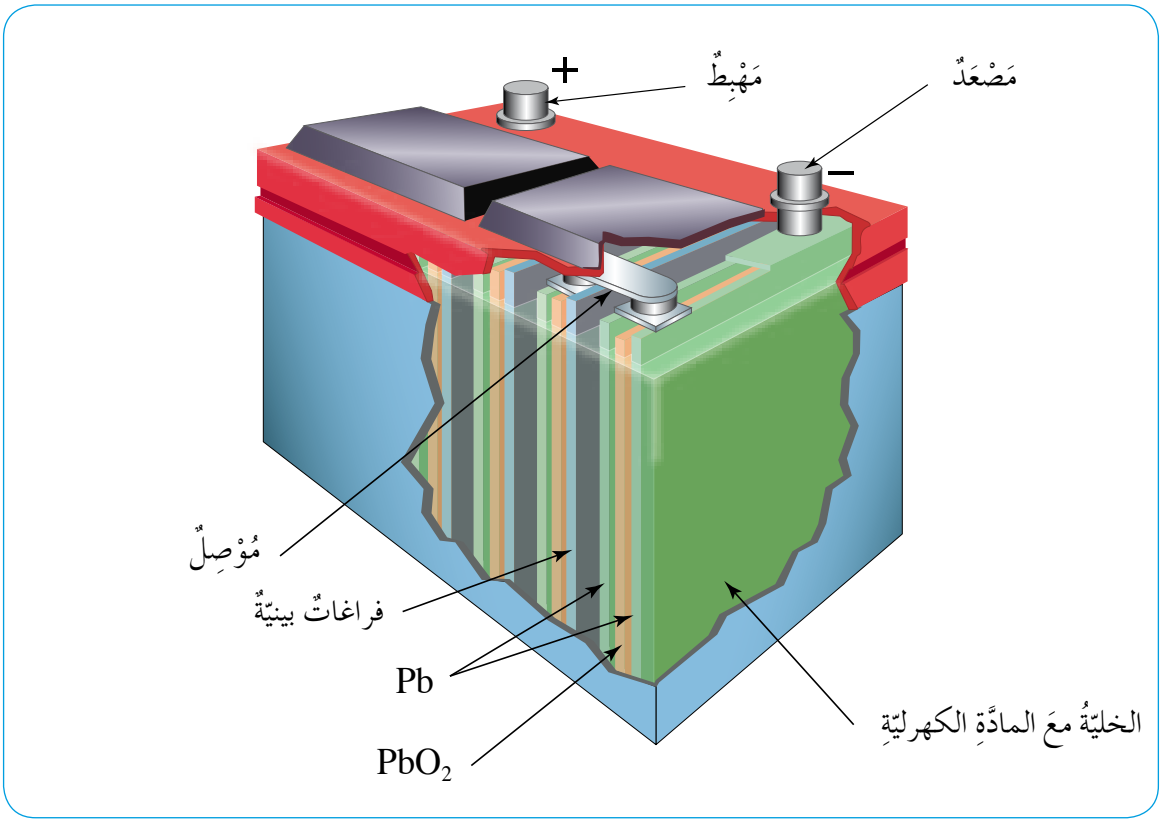
الخلايا الكهركيميائيةِ، البطارياتِ، البطارياتِ الجافَّةِ.

### ٢- بَطَّارِيَّةُ المَرْكَمِ الرَّصَاصِيِّ: (Lead Storage Battery)

يُستخدَمُ هذا النوعُ من البطارياتِ في السياراتِ، ويتمُّ فيها تفاعلُ الرَّصاصِ Pb (القُطْبِ السالبِ) معَ أكسيدِ الرّصاصِ $PbO_2$ (القُطْبِ المُوجبِ)، بُوجودِ حَمْضِ الكبريتيكِ بوصفهِ محلولاً كهرليًّا. ويمكنُ تمثيلُ التفاعلِ الكُليِّ الحاصلِ في هذهِ البَطَّارِيّةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

وتعطي بَطَّارِيّةُ السَّيارةِ فَرْقَ جُهْدٍ يصلُ إلى نحو ١٢ فولتًا، وذلكَ لتعدُّدِ الخلايا الّتي فيها فعددُها (٦ خلايا)، كما تتميّزُ هذه البَطَّارِيّةُ بإمكانيةِ إعادةِ شَحْنِها؛ بإعطائها طاقةً كهربائيَّةً تعكِسُ التفاعلَ الّذي يحدثُ فيها؛ مِمّا يُعطيها عمراً أطولَ من البطّارياتِ الجافّةِ. ويبينُ الشّكلُ (٣-٦) أهمَّ مكوناتِ بَطَّارِيّةِ السَّيارةِ. لاحظْ تعدُّدَ الخلايا في هذهِ البَطَّارِيّةِ.




الشّكلُ (٣-٦): رسمٌ تخطيطيٌّ يمثّلُ تركيبَ المَرْكَمِ الرَّصَاصِيِّ.

**سؤالٌ**

نظّمْ في دفترِكَ جدولاً للمقارنةِ بينَ نوعَي البطّارياتِ السابقتَينِ كالآتي:

| وجهُ المقارنةِ | خليةُ الغرافيتِ والخارصينِ | المَرْكَمُ الرَّصَاصِيُّ |
|---|---|---|
| فَرْقُ الجُهْدِ الناتجِ | | |
| المَصْعَدُ والمَهْبِطُ | | |
| المحلولُ الكهرليُّ | | |
| قابليةُ إعادةِ الشّحنِ | | |
| عُمُرُها النسبِيُّ | | |
| أثرُها البيئيُّ | | |

والآنَ بعدَ أنْ تعرفْتَ إلى بعضِ تطبيقاتِ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ وأهميتِها في إنتاجِ الكهرباءِ، فهل تعتقدُ بوجودِ آثارٍ سلبيةٍ لمُخلَّفاتِ هذه الخلايا على الإنسانِ والبيئةِ؟ وما هذه الاثارُ؟ وكيف يُمكنُ الحدُّ منها؟

تُشكّلُ البَطارياتُ الجافّةُ وبَطارياتُ الهاتفِ المحمولِ والحواسيبُ الشخصيَّةُ المُستهلَكةُ واسعةُ الاستعمالِ في الشّكلِ (٣–٧) خطرًا كبيرًا علىْ صحةِ الإنسانِ وعلى البيئةِ، وقد صُنِّفَتْ في العديدِ من دولِ العالمِ ضِمْنَ المُخلَّفاتِ الخَطِرَةِ لِما تحتويه منْ مَوادَّ شَديدةِ السُّمِّيَّةِ كالزِّئبقِ والرّصاصِ، والكادميومِ والليثيومِ والخارصينِ والنيكلِ، والمنغنيزِ.

الشّكلُ (٣–٧): بَطَّارِيَاتٌ مُستهلَكةٌ.

ويتمُّ التخلصُ منها بالحرقِ في مَكَبّاتِ النُّفاياتِ، ممّا يؤدي إلى إنتاجِ العديدِ من الأبخرةِ والغازاتِ السامةِ التي تُسببُ تلوثَ الهواءِ والبيئةِ ومِنْ ثَمَّ تهدّدُ صحةَ الإنسانِ. وتزدادُ خطورةُ البَطَّارِيّةِ إذا ما تمَّ سحقُها وتسربَت الموادُّ المُكوِّنَةَ لها معَ الماءِ إلى المياهِ الجوفيّةِ. كما أنَّ تَسَرُّبَ الماءِ ولو بدرجةٍ قليلةٍ داخلَ هذه البطارياتِ يُؤدّي إلى تفاعُله معَ الموادِّ المكوِّنةِ للبَطَّارِيّةِ وإنتاجِ

غازِ الهيدروجينِ؛ ممّا يسببُ انفجارَ البَطّارِيّةِ عندَ تعرُّضِها للحَرْقِ والتسخينِ. وقد وَضَعَتِ العديدُ من الدّولِ قوانينَ تُنظِّمُ عملياتِ التخلُّصِ من هذهِ البطارياتِ للحدِّ من آثارِ التلوُّثِ التي تَنجمُ عنها.

ويتـمُّ عادةً التخلُّصُ من هذهِ البطارياتِ بدفنِها فـي حُفَرٍ خاصَّةٍ، إلّا أنَّ هذهِ الطريقةَ ليستْ آمنةً بسببِ تَسَـرُّبِ مُكوِّناتِ هذهِ البطارياتِ معَ الماءِ إلى المياهِ الجوفيـةِ. وأصبح مؤخرًا يتمُّ بيعُ هذهِ البطاريـاتِ إلى المصنعِ المنشأ لإعادةِ تدويرِها. وفي بعضِ الدولِ كالأُرْدُنِّ، تُباعُ البَطّارِيّةُ الجديدةُ للسيارةِ شريطةَ تسليمِ البَطّارِيّةِ التّالفةِ.

## سادسًا خلايا التحليلِ الكهربائيِّ

عرفْـتَ فيمـا سَبَقَ أنَّه يُمْكِنُ إنتاجُ تيارٍ كهربائيٍّ من تفاعـلاتِ التأكسُدِ والاختزالِ التي تحدثُ فـي الخلايـا الغلْفَانيّةِ. وتبيَّنْتَ في الوحدةِ الأُولى أنَّه يمكنُ تصنيفُ الموادِّ وَفْقَ قدرةِ محاليلِها على إيصالِ التيارِ الكهربائيِّ إلى مَوادَّ كهرليةٍ وموادَّ لا كهرليةٍ، وأنَّ الموادَّ الكهرليةَ تتفكّكُ عندَ إذابتِها فـي المـاءِ إلى أيوناتٍ مُوجبةٍ وأُخرى سالبةٍ، وعندَ إمـرارِ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ مادةٍ كهرليةٍ فإنّ هـذهِ الأيوناتِ تتحركُ نحوَ الأقطابِ المخالفةِ لها في الشِحْنةِ. فماذا يَحْدُثُ لهذهِ الأيوناتِ عندما تَصِلُ إلى الأقطابِ؟ وماذا تُسمَّى هذهِ العمليةُ؟ لتتعرفَ ذلكَ نّفذِ النشاطَ (٣–٤).

**النشاطُ** (٣–٤):التحليلُ الكهربائيُّ لمحلولِ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

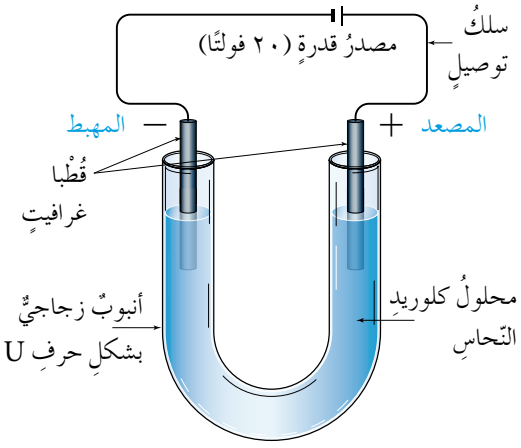
جهازُ تحليلٍ كهربائيٍّ كما هو مُوضَّحٌ في الشَّكلِ، محلولُ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$

**الخُطُواتُ**

١– ركّبْ جهازَ التحليلِ الكهربائيِّ كما في الشكلِ.

٢– شَغّـلِ الجهـازَ لمـدةِ خمسِ دقائقَ تقريبًـا. ولاحظْ ما يحـدثُ عندَ كلِّ قُطْـبٍ، ودوّنْ ملاحظاتِك.

- اكتبْ معادلةَ تفكُّكِ كلوريدِ النّحاسِ في الماءِ.
- ما الأيوناتُ التي في المحلولِ؟
- ما التغيراتُ التي تلاحظُها على كلِّ قُطْبٍ؟
- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الّذي يحدثُ على القُطْبِ المُوجِبِ.
- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الّذي يحدثُ على القُطْبِ السالبِ.




جهازٌ يُوضّحُ سريانَ التّيارِ الكهربائيِّ في محلولِ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$

عندَ سريانِ التيارِ الكهربائيِّ في المحلولِ تتجهُ أيوناتُ الكلورِ السالبةِ ($Cl^-$) نحوَ القطبِ المُوجِبِ، وتَفْقِدُ إلكتروناتٍ (تتأكسَدُ) وفقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

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

وأمّا أيوناتُ النّحاسِ المُوجبَةُ $Cu^{2+}$ فتَتَّجِهُ نحوَ القُطْبِ السالبِ، وتكتسُبُ إلكتروناتٍ (تختزلُ) وَفقا للمعادلةِ الآتيةِ:

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

وبهذا فإنّه يمكنُنا الحصولُ على العنصرينِ الأَوَّلِيَّينِ اللَّذينِ يتكوَّنُ منهما مِلْحُ كلوريدِ النّحاسِ، وهما عنصرا الكلورِ والنّحاسِ. تُسَمَّى هذه العمليةُ التحليلَ الكهربائيَّ، أَمّا الجهازُ الّذي تحدثُ فيه هذهِ العمليةُ فَيُسَمَّى «خليةَ التحليلِ الكهربائيِّ».

**سؤالٌ**

قارنْ بينَ هذه الخليةِ والخلايا الغِلْفَانِيّةِ من حيثُ تحولاتُ الطاقةِ في كلٍّ منهما.

إنَّ مرورَ التيارِ الكهربائيِّ في محلولِ مادةٍ كهرليةٍ يُؤدِّي إلى تحريكِ الأيوناتِ السالبةِ نحو القطبِ المُوجِبِ وتأكسدِها، وأمّا الأيوناتُ الموجبةُ فتتحركُ نحوَ القطبِ السالبِ وتُختزَلُ. لاحظْ أنَّ شِحنةَ الأقطابِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ عكسُ شِحنتِها في الخليةِ الغِلْفَانِيّةِ، وذلك بسببِ وجودِ مصدرٍ خارجيٍّ لفَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ.

**سؤالٌ**

١– في النشاطِ السابقِ، أيُّ القطبَينِ يُشكّلُ المَصْعَدَ، وأيُّهما يُشَكّلُ المَهبطَ؟

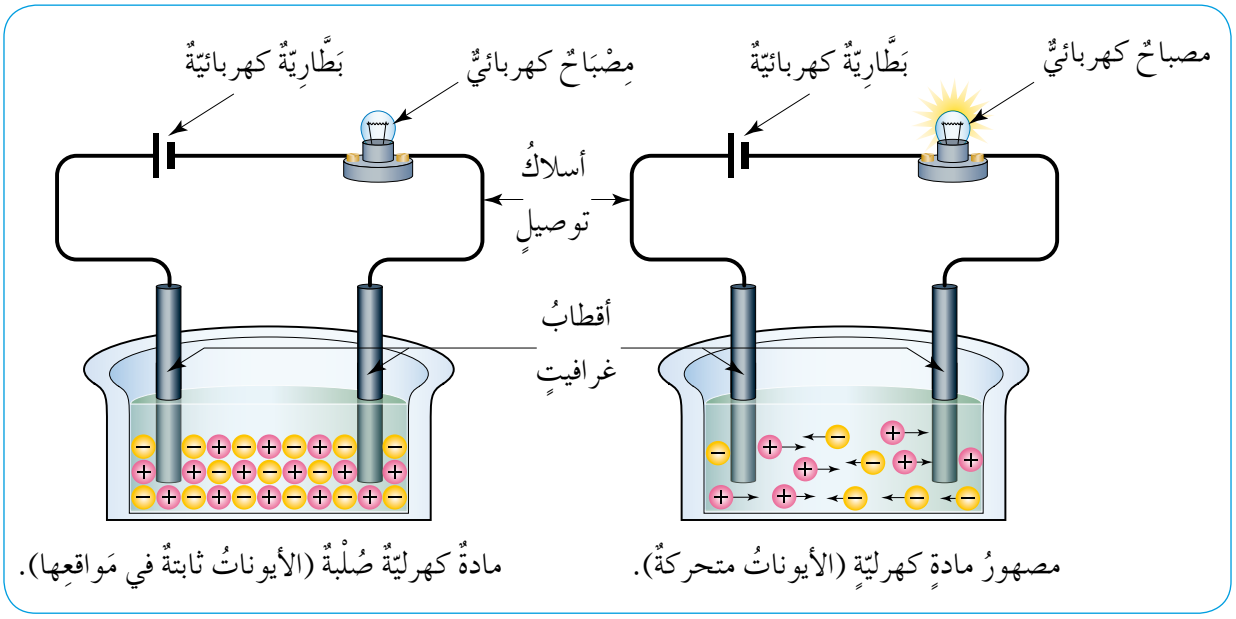
٢– عندَ إجراءِ تحليلٍ كهربائيٍّ لمحلولِ بروميدِ النيكل $NiBr_2$. أجبْ عمّا يلي:

- اكتبْ معادلةَ تفكّكِ بروميدِ النيكل في الماءِ.
- أينَ تتجهُ الأيوناتُ الناتجةُ في المحلولِ؟
- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الّذي يَحْدُثُ عندَ كلِّ قُطْبٍ.
- ما العناصرُ التي تَنْتِجُ عن هذهِ العمليّةِ؟

والسؤالُ الّذي يتبادرُ إلى الذهنِ الآنَ هو: هل يُؤدّي صَهْرُ الموادِّ الكهرليَّةِ إلى تحريرِ أيوناتِها، وجعلِها سهلةَ الحركةِ في المصهورِ كما هو الحالُ في المحلولِ؟

لنتعرفَ ذلكَ دعْنا نتفحَّصِ الشّكلَ (٣–٨) الّذي يُبيّنُ سَريانَ التيارِ الكهربائيِّ في مادةٍ كهرليّةٍ في الحالتَينِ: السائلةِ (حالةِ المصهورِ) والصُّلْبَةِ. ثم نُجيبُ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

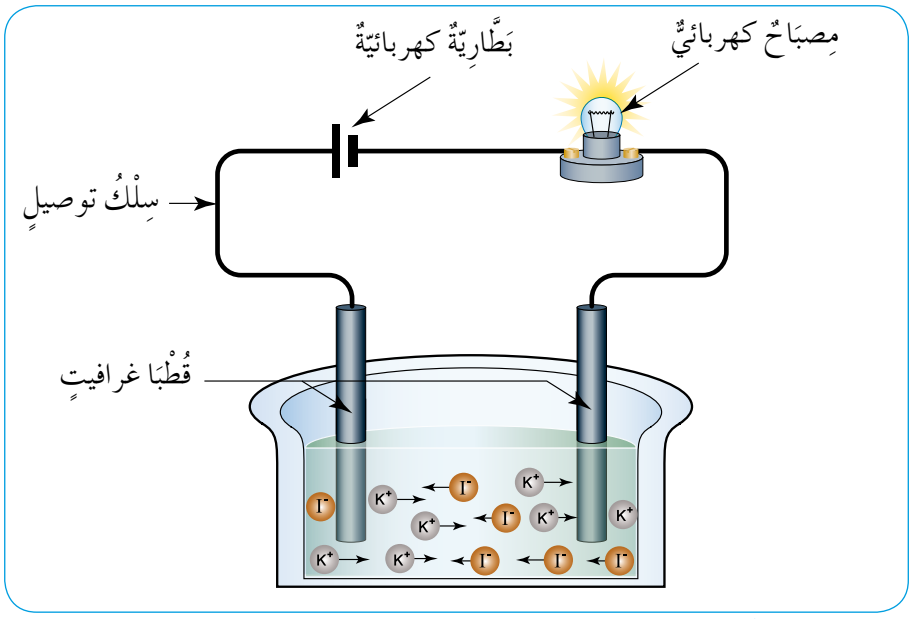
- أيُّ الشكلَينِ يحتوي علىْ أيوناتٍ حُرةِ الحركةِ؟ وأيُّها تَكُوْنُ الأيوناتُ فيه مُقيَّدةَ الحركةِ؟
- فيْ أيِّ الحالتَينِ يُضيءُ المِصْبَاحُ؟
- كيفَ يُوْصِلُ المصهورُ التيارَ الكهربائيَّ؟




الشّكلُ (٣–٨): توصيلُ مصاهيرِ الموادِّ الكهرليّةِ للتّيارِ الكهربائيِّ، وعدمِ توصيلِها في الحالةِ الصُّلبةِ.

لعلكَ لاحظْتَ من الشكلِ أَنَّ صهرَ المادّةِ الكهرليّةِ يجعلُ أيوناتِها قابلةً للحركةِ وعندَ سريانِ تيارٍ كهربائـيٍّ في مصهورِ مادةٍ كهرليةٍ فإنَّ الأيوناتِ السالبةَ تتحركُ نحوَ المَصْعَدِ وتتأكسَدُ، والأيوناتِ الموجبَةَ تتحركُ نحوَ المَهبِطِ وتُختزَلُ، ويَنتِجُ عنْ ذلكَ ترسيبُ موادَّ معينةٍ أو تصاعُدُ بعضِ الغازاتِ.

ولتتعرفَ أكثرَ إلى التفاعلاتِ التي تَحدُثُ عندَ الأقطابِ أثناءَ مرورِ التيارِ الكهربائيِّ في مصهورِ مادةٍ أَيونيةٍ ( كهرليةٍ)، ادْرُسِ الشكلَ (٣–٩)، الذيْ يُبيّنُ أثرَ مرورِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ يوديدِ البوتاسيومِ، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:




الشّكلُ (٣–٩): أثرُ سريانِ التَّيارِ الكهربائيِّ في مصهورِ يوديدِ البوتاسيومِ.

- ما الأيوناتُ التي توجدُ في مصهورِ يوديدِ البوتاسيومِ KI؟
- أينَ يتَّجهُ كلُّ نوعٍ منَ الأيوناتِ داخلَ المصهورِ عندَ وصْلِ الأقطابِ بالبَطَّاريّةِ؟
- اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تُمَثّلُ التفاعلاتِ التي تَحْدُثُ على كلٍّ من القُطبَيْنِ: السالبِ، والمُوجبِ.
- هل هناكَ تشابهٌ بينَ التفاعلاتِ الّتي حدثَتْ عندَ إمرارِ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ كلوريدِ النّحاسِ في النشاطِ ( ٣–٤) وبَيْنَ التفاعلاتِ التي تحدثُ في هذهِ الحالةِ ؟ فَمَا وجهُ الشبهِ بينَها؟
- ما أسماءُ العناصرِ التي تَكوَّنَتْ عندَ الأقطابِ؟
- ما اسمُ العمليّةِ الّتي تَحدثُ على كلِّ قُطْبٍ؟

**سؤالٌ**

اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تُمَثّلُ التفاعلاتِ الّتي تَحدثُ على الأقطابِ عندَ مُرورِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ كلٍّ مِنْ:

١- بروميدِ الصوديومِ NaBr.

٢- كلوريدِ الكالسيومِ $CaCl_2$.

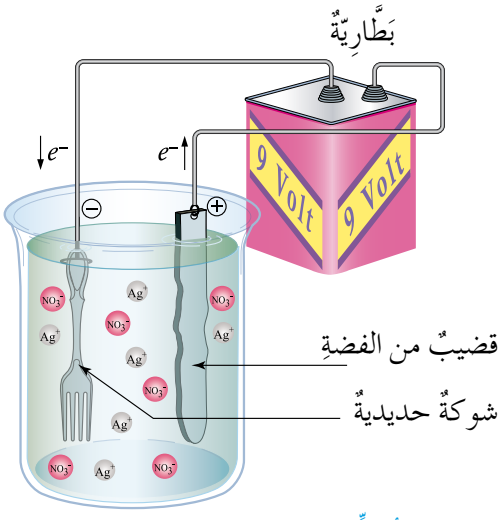
## سابعًا الطِّلاءُ الكهربائيُّ

يُستخدمُ الطِّلاءُ الكهربائيُّ (Electroplating) على نطاقٍ واسعٍ في الوقتِ الحاليِّ فهو يُستخدمُ في طلاءِ هياكلِ السياراتِ، انظرِ الشّكلَ (٣-١٠أ) والأدواتِ المنزليّةِ وغيرِها. وتقومُ عمليةُ الطّلاءِ الكهربائيِّ على اختزالِ أيوناتِ مادةِ الطّلاءِ، وترسيبِها على السّطحِ المُرادِ طِلاؤُهُ، ويُمثّلُ الشّكلُ (٣-١٠ب) عمليةَ الطّلاءِ الكهربائيِّ لشوكةٍ من الحديدِ بالفضةِ، فعندَ إغلاقِ الدّارَةِ الكهربائيَّةِ تتأكسُدُ ذراتُ قطبِ الفضةِ الموصولِ بالقطبِ الموجبِ وتتحوَّلُ إلى أيوناتِ ($Ag^+$) التي تذوبُ في المحلولِ

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

وتنتقلُ أيوناتُ الفضةِ إلى الشوكةِ الموصولةِ بالقطبِ السالبِ وتكتسبُ الإلكتروناتِ وتتحوّلُ إلى ذراتِ الفضةِ المتعادلةِ وتترسبُ على سطحِ الشّوكةِ، وبذلك تُطْلَى الشّوكةُ بالفضةِ، اكتبْ معادلةَ التفاعُلِ.

أ- يُستخدَمُ الكُرومُ لطلاءِ بعضِ الفلزّاتِ اللّينةِ لتحسينِ مظهرِها.




ب- عمليةُ الطِّلاءِ الكهربائيِّ لشوكةٍ من الحديدِ بالفضةِ.

الشّكلُ (٣-١٠): استخدامُ الطِّلاءِ الكهربائيِّ في طلاءِ هياكلِ السياراتِ والأدواتِ المنزليّةِ.

وبشـكلٍ عام، فإنَّ المادّةَ المُرادَ طلاؤُها تُوصَلُ بالقطـبِ السالبِ وَتوصَلُ المادةُ المُرَادُ الطّلاءُ بهـا بالقطبِ الموجِبِ للبَطَّارِيّةِ،ويُغْمَسُ كِلاهُما في محلولِ أحدِ أملاحِ المادَّةِ المرادِ الطلاءُ بِها أو مصهورِها.

## سؤالٌ

إذا أردْتَ طِـلاءَ قطعـةٍ مـن الحديـدِ بطبقةٍ من الخارصينِ فأجـبْ عنِ الأسئلةِ الآتيـةِ في ضَوءِ دراستِكَ لهذهِ العمليّةِ:

١- اقترح محلولاً مِلْحيًّا يمكنُ استخدامُه في خليّةِ الطِّلاءِ الكهربائيِّ.

٢- أيُّهما يُشكِّلُ المَصْعَدَ الحديدُ أم الخارصينُ؟

٣- اكتبِ التفاعلاتِ الّتي تحدثُ عندَ كلِّ قطبٍ.

### قضيةٌ للبحثِ

يُستخـدمُ التحليـلُ الكهربائـيُّ لتنظيفِ الكثيرِ مِـنَ الأجسامِ مِـنَ العوالقِ الأيونيَّـةِ، وخصوصاً الأتَرِيَّـاتِ والأجسامَ الفِلِزِّيَّةَ التي تتعرَضُ للماءِ لفترةٍ طويلةٍ. اكتبْ تقريراً حولَ هذا الموضوعِ، مُستخدِمًا المواقعَ الإلكترونيّةَ.

ويمكِنُكَ الاستعانةُ بالكلماتِ المِفتاحيّةِ الآتيةِ للبحثِ عنْ ذلكَ:

التحليلِ الكهربائيِّ، Electrochemical Polishing، Electrolytic Cleaning.

### استخلاصُ الفِلِزّاتِ منْ خاماتِها (Extraction of Metals)

يصعبُ تصوُّرُ الحياةِ المعاصرةِ خاليَةً من الفلزّاتِ المألوفةِ، كالحديدِ والنّحاسِ والألمنيومِ وغيرِها، وحيثُ إنَّ معظمَ الفلزّاتِ في الطبيعةِ متَّحِدةٌ معَ غيرِها من العناصرِ على شكلِ مركباتٍ في الصخورِ المكوِّنَةِ لِلْقشرةِ الأرضيّةِ، فإنَّ استخلاصَها من خامَاتِها يُعَدُّ مَطْلَباً حياتيّاً رئيساً، ويُطلَقُ مصْطَلَحُ الخَامِ على الصخرِ الّذي يحوي على كميّةٍ كافيةٍ منْ مركباتِ الفلزِّ تجعلُ استخلاصَه مُجدياً من الناحيةِ الاقتصاديّةِ. ويُبَيّنُ الشّكلُ (٣–١١) بعضَ خامَاتِ الفلزّاتِ.

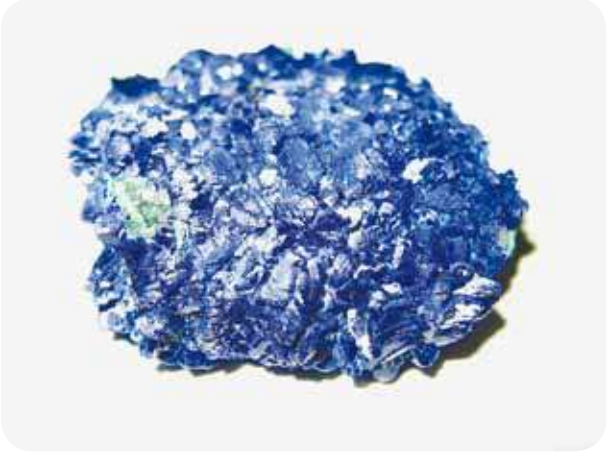
أكسيدُ الألمنيومِ المائيُّ (البُوْكسيتُ)

$Al_2O_3.nH_2O$

أكسيدُ الحديدِ المغناطيسيُّ (الماغنييتُ)

$Fe_3O_4$

ذَهَبٌ حُرٌّ + كوارتز



أزوريتُ $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$

الشّكلُ (٣–١١): بعضُ الخامَاتِ الطبيعيّةِ للفِلِزّاتِ.

ومن الطرائقِ المُهمَّةِ لاستخلاصِ الفلزّاتِ منْ خاماتِها، اختزالُ أيوناتِ الفلزِّ المُرادِ استخلاصُه بواسطـةِ ذراتِ فلـزٍّ أنشطَ منه، ويُشترطُ أنْ يكونَ الفلزُّ الأنشطُ أقلَّ ثمناً من الفلزِّ المرادِ استخلاصُه حتـى تكونَ العمليّـةُ مُجْدِيَةً اقتصاديًّا. وقد استخدِمَ الكَربونُ فـي استخلاصِ الفلزّاتِ من خاماتِها، إذْ يُمكِـنُ إدراجُه في سلسلـةِ النشاطِ بينَ الألمنيومِ والخارصينِ، ويُستخدَمُ في استخلاصِ الفلزّاتِ الأقـلِّ نشاطاً منه كالخارصينِ والقصديرِ والرّصاصِ والنّحاسِ، فمثلاً: عندَ تسخينِ مسحوقٍ منْ أكسيدِ الرّصاصِ PbO معَ مسحوقٍ منَ الفحمِ (الكَربونِ) يَنْتِجُ الرَّصاصُ وثاني أكسيدِ الكربونِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$2PbO_{(s)} + C_{(s)} \longrightarrow 2Pb_{(s)} + CO_{2(g)}$$

كما يُستخدَمُ التحليلُ الكهربائيُّ في استخلاصِ كثيرٍ من الفلزّاتِ منْ خاماتِها وبخاصةٍ الفلزّاتِ النَّشِطَـةَ كالصوديومِ والليثيومِ والألمنيومِ، فمثلاً: يُستخلصُ الألمنيومُ بالتحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ أُكسيْدِهِ باستخدامِ أقطابٍ مِنَ الغرافيتِ، والمعادلةُ الآتيةُ تُمثِّلُ التفاعلَ الكليَّ الّذيْ يَحْدُثُ في هذهِ الخليةِ:

$$2Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow 4Al_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

والجدولُ (٣–١) يُلخِّصُ طرائقَ استخلاصِ بعضِ الفلزّاتِ منْ خاماتِها.

الجدولُ (٣–١): طرائقُ استخلاصِ بعضِ الفلزّاتِ منْ خاماتِها.

| الفلزُّ | طريقةُ الاستخلاصِ |
|---|---|
| بُوتاسيومٌ<br>صُوديومٌ<br>لِيثيومٌ<br>كَالسيومٌ<br>مِغنيسيومٌ | التحليلُ الكهربائيُّ لمصاهيرَ أملاحُها مثلُ الكلوريدَاتِ. |
| ألمنيومٌ | التحليلُ الكهربائيُّ لمصهورِ أكسيدِهِ. |

# أسئلةُ الوِحْدَةِ

١– وضّحِ المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:

التأكسـدِ، الاختـزالِ، التفاعُـلِ الكهرُكيميائـيِّ، الخليـةِ الكهرُكيميائيةِ، المَصْهُـورِ، التحليلِ الكهربائيِّ، الطِّلاءِ الكهربائيِّ.

٢– ضع دائرةً حوْلَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ مِنْ الفِقْرَاتِ الآتيةِ:

(١) تُوْصِلُ محاليلُ الأملاحِ التيّارَ الكهربائيَّ بسببِ احتوائِها على:

أ – أيوناتٍ ب– ذراتٍ جـ– جزيئاتٍ د– نيوتروناتٍ

(٢) عندَ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ يوديدِ البوتاسيومِ KI فإنّ ما يحدثُ على المَصْعَدِ، هو:

أ – تأكسدُ $I^-$ ب– اختزالُ $I^-$ جـ– تأكسدُ $K^+$ د– اختزالُ $K^+$

(٣) في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ بروميدِ الرّصاصِ $PbBr_2$ ينتجُ:

أ – الرّصاصُ عندَ المَصْعَدِ ب– الرّصاصُ عندَ المَهبِطِ

جـ–البرومُ عندَ المَهبِطِ د – البرومُ والرّصاصُ عندَ المَصْعَدِ

(٤) التفاعـلُ الّـذي يحدثُ علـى القطبِ الموجـبِ في خليةِ الطِّـلاءِ الكهربائـيِّ لِملْعَقَةٍ منَ الألمنيومِ بطبقةٍ من النيكلِ هو:

أ – اختزالُ أيوناتِ الألمنيومِ ب– اختزالُ أيوناتِ النيكلِ

جـ– تأكسدُ الألمنيومِ د – تأكسدُ النيكلِ

(٥) أيُّ الإجراءاتِ الآتيةِ صحيحٌ فيما يتعلقُ بعمليةِ طلاءٍ كهربائيٍّ لكأسٍ من الحديدِ بطبقةٍ من الكُرومِ:

أ – يُستخدمُ مَصْعَدٌ من الحديدِ ب– الكأسُ تُعلَّقُ بالمَصْعَدِ

جـ– الكأسُ تُعلَّقُ بالمَهبِطِ د – يُستخدمُ مَهبِطٌ مِنَ الكرومِ

(٦) المادَّةُ الّتي تُشَكِّلُ المَصْعَدَ في الخليةِ الجافّةِ (غرافيتٌ– خارصينٌ)، هي:

أ– الغرافيتُ ب– الخارصينُ جـ–كلوريدُ الأمونيومِ د – ثاني أكسيدِ المنغنيزِ

٣- تُستخدمُ عملياتُ الطِّلاءِ الكهربائيِّ في طلاءِ الأواني الفلزيّةِ بهدفِ تحسينِ مَظهرِها وَمنْعِ تآكُلِها واستخدامِها للزّينَةِ. أرادت طالبةٌ أن تُحسِّنَ مظهرَ كأسٍ منَ الحديدِ وطلاءَه بطبقةٍ من النيكلِ؛ فأحضرَتْ أسلاكَ توصيلٍ ومَصدرًا كهربائيًّا (٩فولتٍ) وكأسًا زجاجيةً، وصفيحةً مِنَ النيكلِ. في ضَوءِ معرفتِكَ بالطِّلاءِ الكهربائيِّ، اقترحْ على الطالبةِ بعضَ الإرشاداتِ التي تساعدُها على إجراءِ هذهِ العمليّةِ مبيِّناً لها ما يلي:

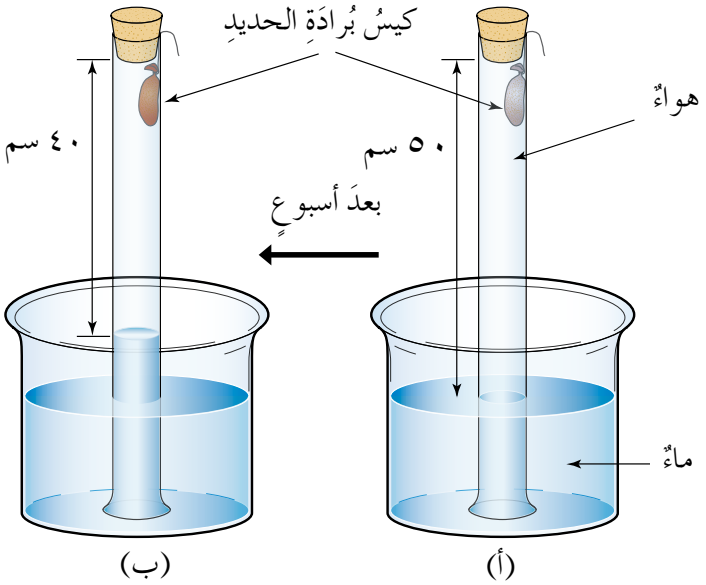
أ - المحلولَ الملحيَّ الذي يمكِن استخدامُه في خليةِ الطلاءِ الكهربائيِّ.

ب- أيُّ الموادِّ (صفيحةِ النيكلِ أمْ كأسِ الحديدِ) يُوصَلُ بالقطبِ الموجبِ للبَطَّاريّةِ؟

جـ- أيُّ الموادِّ (صفيحةِ النيكلِ أمْ كأسِ الحديدِ) يُوصَلُ بالقطبِ السالبِ للبَطَّاريّةِ؟

د - ما التفاعُل الّذي يحدثُ على كلِّ قطبٍ؟

٤- في إحدى التجاربِ قامَ طالبٌ بوَضْعِ كميَّةٍ من بُرادَةِ الحديدِ في كيسٍ صغيرٍ مَسَامِيٍّ، وثَبَّتَهُ في الزاويـةِ العُليا لأنبوبٍ زجاجيٍّ مفتوحِ الطرفَينِ، ثُمَّ أغلقَ الأنبوبَ مِنَ الأعلى وأوقفَه في حوضٍ مائيٍّ كما في الشّكلِ (٣-١٢أ)، وتَرَكَ الأنبوبَ لمدَّةِ أسبوعٍ، فوجَده كما في الوضعِ (ب) من الشَّكلِ المُرفَقِ. أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ المُتَعلِّقَةِ بهذهِ التجربةِ:




الشَّكلُ (٣-١٢): تجربةٌ تُوَضِّحُ تَكَوُّنَ صَدَأِ الحديدِ.

أ – ماذا حدثَ لمستوى الهواءِ داخلَ الأنبوبِ الزجاجيِّ بعدَ مُضِيِّ أُسبوعٍ؟

ب– ما الغازُ الذي استهلكَ مِنَ الهواءِ خلالَ هذا الأسبوعِ؟

جـ– لماذا تَغيَّرَ لونُ بُرادَةِ الحديدِ داخلَ الكيسِ المَسَامِيِّ؟

د – ما المادَّةُ ذاتُ اللونِ البُنّيِّ التي تكوَّنَتْ؟

هـ – هل تأكسَدَ الحديدُ أمْ اختُزِلَ خلالَ التجربةِ؟

و – اكتبْ معادلةً كيميائيَّةً تُمثّلُ التفاعلَ الحادثَ في هذهِ التجربةِ.

٥–أيُّ التفاعلاتِ الآتيةِ تُمَثّلُ تفاعلَ تأكسدٍ واختزالٍ؟ فَسّرْ إجابَتك.

$$Zn_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$$

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

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

٦–الشّكلُ (٣–١٣) يُمثِّلُ خليّةً كهرُكيميائيّةً، ادرسِ الشّكلَ، وأجبْ عَنِ الأسئلةِ المجاورةِ:

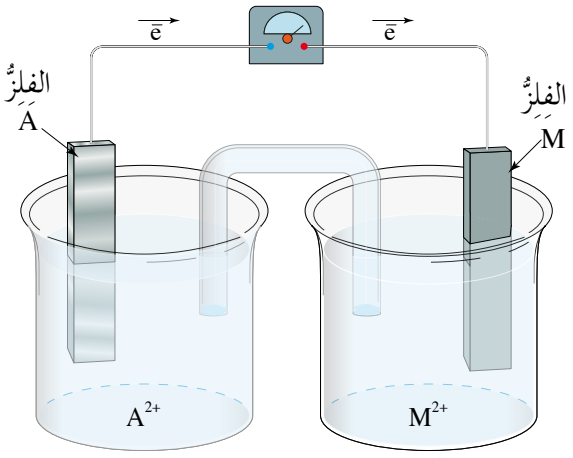
أ – ما نوعُ الخليّةِ الكهرُكيميائيّةِ في الشّكلِ؟

ب– أيُّ القطبَينِ تحدثُ عليه عمليةُ التأكسُدِ؟

جـ– أيُّ الفلزَينِ يُمَثِّلُ المَصْعَدَ ؟ وأيُّهما يُمَثِّلُ المَهبِطَ؟

د – اكتبْ معادلاتِ التفاعُلِ الّتي تحدثُ عندَ كلِّ قُطْبٍ.

هـ – أيُّ الفِلزَّينِ (M،A) هُوَ الأكثرُ نشاطاً وَفْقَ سلسلةِ النّشاطِ الكيميائيِّ؟



الشّكلُ (٣–١٣): خليّةٌ كهرُكيميائيّةٌ.

٧– فسّرْ كلاً ممّا يلي:

أ –تتعرَضُ أجسامُ السَّياراتِ للتآكُلِ في الشّتاءِ أسرعَ منها في الصيفِ.

ب–لا تُستَخْدَمُ الخليّةُ الجافّةُ في تشغيلِ سيارةٍ.

جـ–يُنصَحُ بعدمِ الاحتفاظِ بالبطّارياتِ ( الخلايا الجافّةِ) بعدَ استهلاكِها في المنزلِ أو داخلَ الأجهزةِ.

٨ – تُعتبـرُ البَطَّاريـاتُ والمَرَاْكِـمُ الرَّصاصِيّةُ المستهلَكةُ التي تُلْقَى في مَكَـبِّ النُّفَاياتِ قنابلَ بيئيَّةٍ مَوقوتةٍ.اقتـرحْ بعضَ الطُّرقِ للتخلُّصِ مِنَ البطارياتِ والمَرَاكِمِ الرَّصَاصِيَّةِ المستهلَكةِ، والتقليلِ من أخطارِها على البيئةِ.

٩– قـامَ طالـبٌ بتركيـبِ خليّةٍ غلفانيّةٍ مُستخدِمـاً قُطْباً من النّحاسِ Cu ومحلـولَ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$، وقطباً من الألمنيومِ Al ومحلولِ كلوريدِ الألمنيومِ $AlCl_3$، ومحلولَ كلوريدِ الصوديومِ NaCl للقنطـرةِ الملْحِيَّةِ. اعتماداً علـى معرفتِك بموقعِ العنصرَينِ في سلسلةِ النشاطِ الكيميائيِّ، أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ المُتعَلِقةِ بهذهِ الخليّةِ:

أ –حَدِّدِ المَصْعَدَ والمَهْبِطَ في هذهِ الخليّةِ.

ب– بيِّنِ اتّجَاهَ حركةِ الإلكتروناتِ عَبرَ الأسلاكِ.

جـ– ما التفاعُلُ الّذي يحدثُ عندَ المَصْعَدِ؟ اكتبْ معادلةً تُمثِّلُ التفاعلَ.

د – ما التفاعلُ الّذي يحدثُ عندَ المَهبِطِ؟ اكتبْ معادلةً تُمَثِّلُ التفاعُلَ.

هـ – اكتبْ معادلةً تُمَثِّلُ التفاعُلَ الكليَّ الحادثَ داخلَ الخليةِ.

١٠– الشـكلُ (٣–١٤) يُبيّنُ تركيبَ خليةٍ كهركيميائيـةٍ، ادرسِ الشَّكلَ جيداً، وأجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ المتعلقةِ بهِ:

أ – ما نوعُ الخليةِ الكهرُكيميائيةِ في هذا الشَّكلِ؟

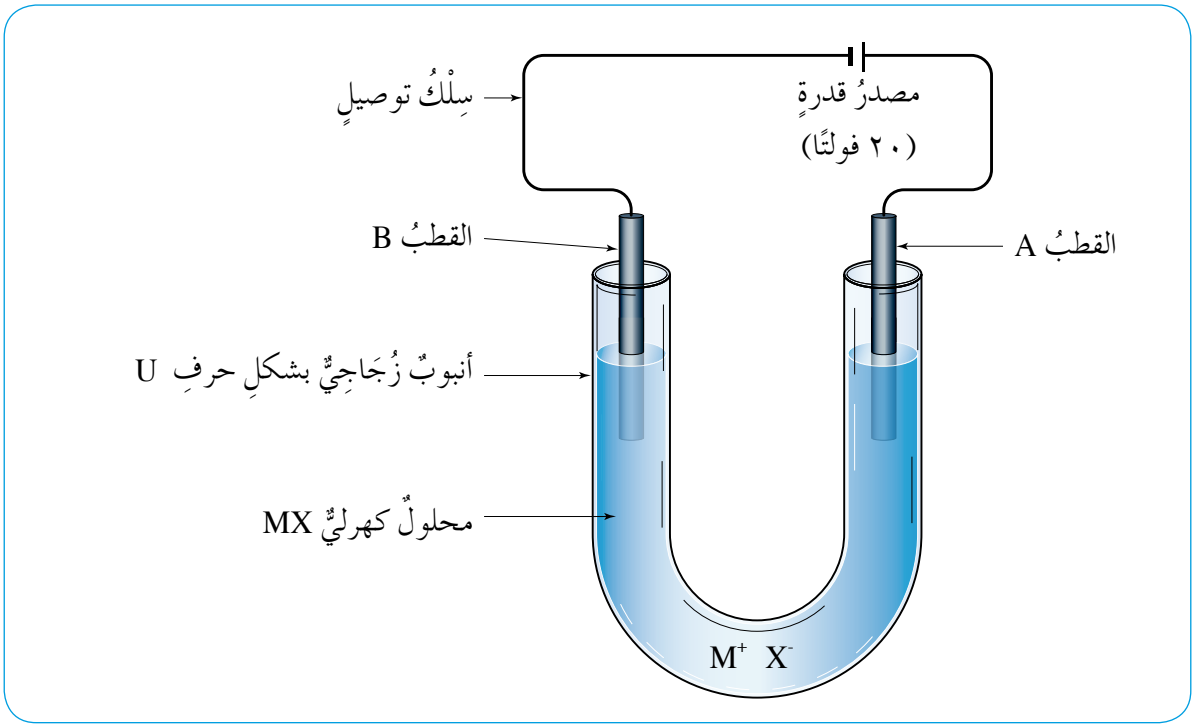
ب– أيُّ القطبَينِ (A،B) يُمَثِّلُ المَصْعَدَ وأيُّهما يُمَثِّلُ المَهبِطَ؟

جـ– ما شِحنةُ كلٍّ مِنَ القُطبَينِ (A،B)؟

د – أيُّ الأيوناتِ ( $M^+$ ، $X^-$ ) يتحرّكُ نحوَ القطبِ (A) وأيُّهما يتحركُ نحوَ القطبِ (B) ؟

هـ – ما التفاعُلُ الّذي يَحْدُثُ عندَ القطبِ (A)؟ اكتبْ معادلةَ التفاعُلِ.

و – ما التفاعُلُ الّذي يَحْدُثُ عندَ القطبِ (B)؟ اكتبْ معادلةَ التفاعلِ.




الشَّكلُ (٣–١٤): خليّةٌ كهركيميائيّةٌ.

١١– قارنْ بينَ الخليّةِ الغلفانيَّةِ وخليةِ التحليلِ الكهربائيِّ مِنْ حيثُ:

أ – شِحْنَةُ المَصْعَدِ والمَهبِطِ في كلٍّ منهما.

ب– التفاعُلُ الحادثُ على المَصْعَدِ والتفاعُلُ الحادثُ على المَهبِطِ في كلٍّ منهما.

جـ– تحولاتُ الطاقةِ في كلٍّ منهما.

د – تِلقائيّةُ التفاعُلِ.

# الحُمُوْضُ والقَوَاعِدُ




تُمثِّلُ الصورةُ أعلاهُ منتجاتٍ صناعيّةً نَستخدِمُها في حياتِنا وتحتوي على حُمُوضٍ وقواعدَ، فما المقصودُ بالحُمُوضِ والقَواعدِ؟ وما استخداماتُها في حياتِنا؟

تُعَدُّ الحموضُ، والقواعدُ مِنَ المركباتِ الكيميائيةِ ذاتِ الأهميةِ الكبيرةِ في حياتِنا؛ فعصيرُ الليمونِ يحتوي على حَمْضِ السيتريكِ، والمَعِدَةُ تُفرزُ حَمْضَ الهيدروكلوريكِ لهضمِ الطعامِ ؛ وفيتامينُ (C) المقاومُ للرَّشحِ هو حَمْضُ الأسكوربيكِ، كما تدخلُ الحموضُ في الكثيرِ من الصناعاتِ الكيميائيَّةِ: فحَمْضُ الكبريتيكِ يُستخدمُ في صناعةِ الوَرقِ وبطارياتِ السياراتِ، وحَمْضُ الفسفوريكِ يُستخدمُ في صناعةِ الأسمدةِ. وكذلك الحالُ بالنسبةِ للقواعدِ، فالصُّودا الكاويةُ تُستخدَمُ في صناعةِ الصابونِ والمُنظِّفاتِ ، وهيدروكسيدُ البوتاسيومِ يُستخدَمُ في صناعةِ صابونِ الحلاقةِ، فما الحُموضُ؟ وما القواعدُ؟ وما أبرزُ صفاتِ كلٍّ مِنْهُما؟

**هذا ما ستعرفُهُ بعدَ دراسةِ هذهِ الوحدةِ وتنفيذِ أنشطتِها المختلفةِ، وَيُتَوَقَّعُ منكَ بعدَ ذلكَ أنْ تكونَ قادرًا علىأنْ:**

- تُعَرِّفَ المفاهيمَ الآتيةَ: الحَمْضَ، القاعدةَ، الكاشفَ، قوةَ الحَمْضِ أوِ القاعدةِ، درجةَ الحُموضةِ، تفاعلَ التعادلِ.
- تُجريَ تجاربَ عمليةً بسيطةً للكشفِ عن الحُموضِ والقواعدِ باستخدامِ الكواشفِ الصناعيةِ.
- تقارنَ بينَ صفاتِ محاليلِ الحُموضِ والقواعدِ منْ حيثُ: التركيبُ الكيميائيُّ، والتأثيرُ في الكواشفِ.
- تحدِّدَ قوةَ الحَمْضِ أو القاعدةِ باستخدامِ الكاشفِ العامِّ والتوصيلِ الكهربائيِّ.
- تُمثّلَ تفاعلاتٍ بسيطةً بينَ الحَمْضِ والقاعدةِ بمعادلاتٍ أيونيَّةٍ موزونةٍ.
- تتعرفَ طرائقَ تحضيرِ بعضِ الحُموضِ والقواعدِ في الصناعةِ مثلِ: حَمْضِ الفسفوريكِ، والأمونيا، وحَمْضِ الكبريتيكِ، وهيدروكسيدِ الصوديومِ.
- تُقدّرَ أهميةَ الحُموضِ والقواعدِ في حياتِنا.
- تبحثَ في أثرِ بعضِ الصناعاتِ الكيميائيةِ المرتبطةِ بالحموضِ والقواعدِ في البيئةِ.
- تَعْرِفَ المطرَ الحَمْضِيَّ، وتَبْحَثَ أثرَه على البيئةِ.
- تُقدّرَ أهميةَ المحافظةِ على البيئةِ مِنَ التلوثِ.

# أولًا الحُمُوضُ

تتميزُ الحُموضُ (Acids) بطعمِها الحامضِ (الطَّعمِ اللّاذِعِ)، ولعلَّ ذلك هو مصدرُ اسمِها، فكثيرٌ مِنَ الموادِّ الغذائيّةِ الّتي نتناولُها أو نستخدمُها في طعامِنا، كالخَلِّ، وعصيرِ اللّيمونِ، والبرتقالِ، واللَّبنِ لها طعمٌ حَمْضِيٌّ؛ وذلك لاحتوائِها على موادَّ كيميائيَّةٍ نُطْلِقُ عليها اسمَ الحُمُوضِ.

ولا تقتصرُ الحموضُ على الّتي توجدُ في الموادِّ الغذائيّةِ، فهناك العديدُ من الموادِّ المحضَّرةِ في المُختبَرِ والصناعةِ تُصَنَّفُ على أنَّها حُموضٌ، ولكنَّ معظمَ هذه الموادِّ يَحْظُرُ تذوقُها لأنّها كاويةٌ أو حارقةٌ لِلْجِلدِ والأنسجةِ، فيجبُ التعاملُ معَها بحذرٍ شديدٍ. ويُبَيِّنُ الجدولُ (٤–١) بعضَ الحموضِ المألوفةِ والموادِّ التي تكونُ فيها:

تجدرُ الإشارةُ هنا إلى أنَّ تصنيفَ المركباتِ الكيميائيَّةِ يَستندُ إلى سِماتِها وخواصِّها التركيبيّةِ وليس إلى طعمِها أوْ مذاقِها، لأنَّ معظمَها لا يجوزُ تذوقُه إطلاقاً.

الجدولُ (٤–١): بعضُ الحُمُوْضِ المألوفةِ والموادُّ التي تحتويها.

| الحَمْضُ | بعضُ الموادِّ التي تحتوي على الحَمْضِ |
|---|---|
| حَمْضُ السيتريكِ | الحَمْضِياتُ |
| حَمْضُ الأسيتيكِ | الخَلُّ |
| حَمْضُ الكربونيكِ | المشروباتُ الغازيّةُ |
| حَمْضُ الأسكوربيكِ (فيتامينُ ج) | اللّيمونُ والحَمْضِياتُ |
| حَمْضُ الكبريتيكِ | بطّارياتُ السياراتِ |
| حَمْضُ الهيدروكلوريكِ | عُصارةُ المعدةِ |
| حَمْضُ اللاكتيكِ | اللَّبَنُ |

## ١– صفاتُ الحُمُوضِ

عَرفْتَ فيما مَضَى أنَّ الحُموضَ تُغَيِّرُ لونَ وَرقةِ تبّاعِ الشمسِ الزرقاءِ إلى اللّونِ الأحمرِ، كما أنَّها تتفاعلُ معَ الفلزّاتِ ويَنْتِجُ عن ذلكَ غازُ الهيدروجينِ. فهلْ هناكَ صفاتٌ أُخرى للحُمُوضِ؟ وما هذهِ الصِفاتُ؟ لمعرفةِ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٤–١).

## النشاط (٤–١): توصيلُ محاليلِ الحُمُوضِ للتيّارِ الكهربائيِّ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

محاليلُ بتركيزِ (٠,١ مول/لتر) مِنْ كُلٍّ مِنْ: حَمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، وحَمْضِ الكبريتيكِ $H_2SO_4$، وحَمْضِ الأسيتيكِ $CH_3COOH$، كأسٌ زجاجيةٌ سَعَتُها ٢٠٠ مل، بَطَّارِيّةٌ (٩فولتٍ)، قُطبانِ من الغرافيتِ ، مِصْبَاحٌ كهربائيٌّ صغيرٌ معَ قاعدتِهِ، أسلاكُ توصيلٍ، نظّارةٌ واقيةٌ، قَفَّازاتٌ.

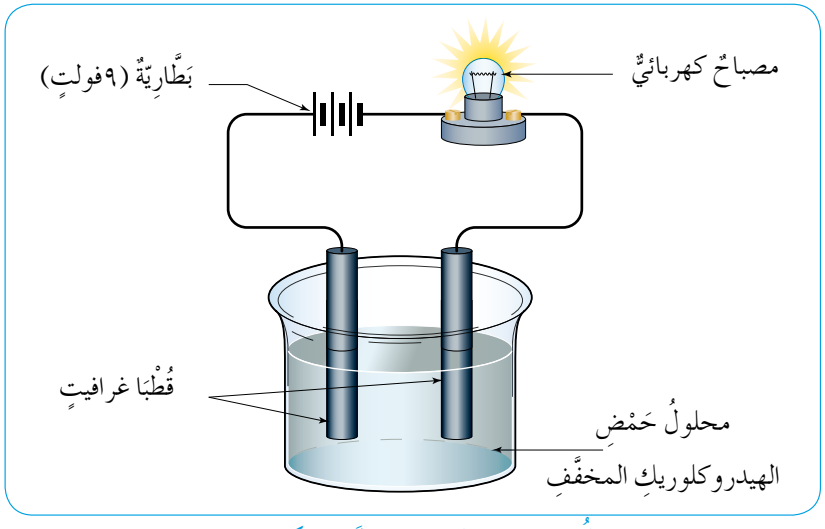
**الخُطُواتُ**

١– ضعْ ١٠٠ مل مِنْ مَحلُولِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ المخفَّفِ داخلَ الكأسِ الزجاجيّةِ، ثم اغمسْ قُطبَيْ الغرافيتِ في الكأسِ وَصِلْهُما بالبَطَّارِيّةِ والمصباحِ الكهربائيِّ، كما في الشّكلِ. لاحظْ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ. فسّرْ ذلكَ.

٢– نَظّفِ الكأسَ الزجاجيّةَ وقُطبَيْ الغرافيتِ جيداً بالماءِ للتخلُّصِ من أيَّةِ آثارٍ للحَمْضِ.

٣–كَرّرِ التجربةَ مُستخدِماً محلولَ حَمْضِ الكبريتيكِ المخفَّفِ مرةً، ومحلولَ حَمْضِ الأسيتيكِ المخفَّفِ مرةً أُخرى، ثُمَّ أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

- هل يُوصِلُ محلولُ كلٍّ منها التيارَ الكهربائيَّ؟
- علامَ يَدُلُّ توصيلُ محاليلِ الحُمُوضِ للتيارِ الكهربائيِّ؟
- ماذا تُسَمّى الموادُّ التي تُوصِلُ محاليلُها التيارَ الكهربائيَّ؟
- هل تختلفُ شدةُ إضاءةِ المصباحِ منْ محلولٍ إلى آخَرَ؟ علامَ يدلُ ذلكَ؟




إيصالُ محاليلِ الحُمُوضِ للتَّيارِ الكهربائيِّ

لعلّكَ توصَّلْتَ إلى أنَّ الحُموضَ موادٌّ كهرليّةٌ تتأيَّنُ عندَ إذابتِها في الماءِ، وينتجُ عندَ تأيُّنِها أيوناتُ الهيدروجينِ ($H^+$) وأيوناتٌ أُخرى سالبةٌ تختلفُ باختلافِ الحَمْضِ؛ ممَّا يجعلُ محاليلَها المائيّةَ مُوْصِلةً للتَّيارِ الكهربائيِّ.

ويُمكِنُ تمثيلُ معادلةِ تأيُّنِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ في الماءِ بالمعادلةِ:

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

**٢- قُوَّةُ الحُمُوْضِ**

يُوْصَفُ الحَمْضُ بأنَّهُ قويٌّ أو ضعيفٌ اعتماداً على درجةِ تأيُّنِهِ في الماءِ ، فإذا كان الحَمْضُ قويًّا، كما هُوَ الحالُ في حَمْضِ الهيدروكلوريكِ، فإنّ مُعْظَمَ جزيئاتِهِ تَتَأيَّنُ عندَ إذابتِهِ في الماءِ؛ ممّا يُؤَدِّي إلى تَكَوُّنِ كميّةٍ كبيرةٍ نسبياً من أيوناتِ ($H^+$)، فتظهرُ الصفاتُ الحَمْضيّةُ بشكلٍ قَويٍّ، وتزدادُ درجةُ توصيلِ محلولِهِ للتيارِ الكهربائيِّ. وأمَّا إذا كان الحَمْضُ ضعيفاً، كَحَمْضِ الأسيتيكِ، فإنَّ نسبةً قليلةً جدًا منْ جزيئاتِهِ تتأيَّنُ ، ويتبقى الجزءُ الأكبرُ من الجزيئاتِ دونَ تأيُّنٍ، ولا ينتجُ إلا كمياتٌ قليلةٌ جداً من أيوناتِ ($H^+$) في الماءِ، فتضعفُ الصفاتُ الحَمْضيَّةُ للمحلولِ، ويكونُ توصيلُ محلولِهِ للتيارِ الكهربائيِّ ضعيفًا.

ويُعدُّ كلٌّ منْ (HCl) و ($HNO_3$) حُموضاً قويّةً، وعندَ تأيُّنِها في الماءِ تُكْتَبُ معادلةُ التأيُّنِ بسهمٍ باتّجاهٍ واحدٍ (⟶)، بينما تُعَدُّ الحموضُ: ($CH_3COOH$ و$HCOOH$ و$H_2CO_3$) حُمُوضاً ضعيفةً، وتُكْتَبُ معادلةُ تأيُّنِها في الماءِ بسهمَينِ متعاكِسَينِ (⇌). حيثُ يشيرُ السهمُ الواحدُ إلى تأيُّنٍ كُليٍّ، بينَما يشيرُ السهمانِ المتعاكسَانِ إلى تَأيُّنٍ جزئيٍّ.

**سؤالٌ**

مَثِّلْ بمعادلاتٍ كيميائيّةٍ تَأيُّنَ كلٍّ مِنَ الحَمْضَينِ الآتيَينِ في الماءِ: $HNO_3$، $CH_3COOH$.

ولكنْ ، هل هناك موادٌّ أخرى يكونُ لمحاليلِها المائيَّةِ صفاتٌ حَمْضِيّةٌ لا يدخلُ عنصرُ الهيدروجينِ فيْ تركيبِها؟

تأمَّلْ معادلةَ التفاعُلِ الآتيةَ:

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$$

لاحظْ أنَّ غازَ $CO_2$ تَفاعَلَ معَ الماءِ مُنتجاً حَمْضَ الكربونيكِ $H_2CO_3$ الّذي يتأيَّنُ جزئيًّا في الماءِ منتجاً أيوناتِ $H^+$ و$HCO_3^-$ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$H_2CO_{3(aq)} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} HCO^-_{3(aq)} + H^+_{(aq)}$$

لـذا يُعَدُّ محلولُ $CO_2$ المائيِّ محلولاً حَمْضِيًّا على الرُّغْمِ مِنْ عَدَمِ وجودِ ذراتِ الهيدروجينِ في تركيبِهِ، وعندَ وَضْعِ قطرةٍ من هذا المحلولِ علىٰ ورقةِ تَبَّاعِ شمسٍ زرقاءَ يتغيَّرُ لونُها إلى الأحمرِ.

**سؤالٌ**

يُعَدُّ محلولُ $SO_2$ المائيِّ محلولًا حَمْضِيًّا. اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تفسرُ ذلكَ.

وبشكلٍ عامٍّ، تكونُ المحاليلُ المائيّةُ لأكاسيدِ اللَّافلزَّاتِ حَمْضِيّةً. وبناءً على ما سَبقَ يمكنُ تعريفُ الحَمْضِ بأنَّه: **مادَّةٌ تتأيَّنُ في الماءِ وَيَنْتِجُ عن تأيُّنِها أيونُ ($H^+$) الموجبِ، وأيونٌ آخرُ سالبٌ.**

## ثانيًا القَوَاعِدُ

هل سمعْتَ بالصُّودا الكَاوِيَةِ (هيدروكسيدِ الصوديومِ)؟ إنّها المادةُ البيضاءُ الّتي تُضافُ إلى زيتِ الزيتونِ عِنْدَ صناعةِ الصّابونِ. وهل رأيْتَ شخصاً يستخدمُ الجيرَ المطفأَ (هيدروكسيدَ الكالسيومِ) لطلاءِ سيقانِ الأشجارِ لحمايتِها من الحَشَراتِ؟ إنَّ هاتَينِ المادتَينِ من الأمثلةِ على قواعدَ (Bases) نستخدمُها في حياتِنا. وهناك أمثلةٌ كثيرةٌ على قواعدَ يكثرُ استخدامُها في حياتِنا.

والجدولُ (٤–٢) يبيّنُ أسماءَ بعضِ القواعدِ ومجالاتِ استعمالِها في حياتِنا اليوميّةِ.

الجدولُ (٤–٢): أسماءُ بعضِ القواعدِ ومجالاتِ استعمالِها.

| القاعدةُ | مجالاتُ استعمالِها |
|---|---|
| هيدروكسيدُ الصوديومِ | يدخلُ في صناعةِ الصابونِ، وفي موادِّ تنظيفِ المَصَارفِ (البالوعاتِ). |
| الأَمُونيا (النشادرُ) | يدخلُ في صناعةِ سوائلِ التنظيفِ، والأسمدةِ، ومساحيقِ تنظيفِ الحماماتِ. |
| هيدروكسيدُ المغنيسيومِ | يدخلُ في صناعةِ الأدويةِ التي تُستخدَمُ لمعالجةِ الحُمُوضَةِ الزائدةِ للمعدةِ . |
| هيدروكسيدُ الكالسيومِ | يُستخدَمُ في البناءِ، وفي طِلاءِ سيقانِ الأشجارِ ، وفي تنقيةِ مياهِ الشربِ من الشوائبِ. |

### ١– صفاتُ القواعدِ

تتشابهُ القواعدُ في الكثيرِ من صفاتِها، فهي تُغَيِّرُ لونَ ورقةِ تَبَّاعِ الشمسِ الحمراءِ إلى الأزرقِ. كما تَتَّصِفُ بطعْمِها المُرِّ ومَلْمَسِها النَّاعِمِ كالصّابونِ، ولا يجوز تذوُّقُها؛ لأنَّها كاويةٌ للّجلدِ، ولكنْ، هل تُوْصِلُ محاليلُ القواعدِ التَّيارَ الكهربائيَّ كما تُوْصِلُه محاليلُ الحُمُوضِ؟ تَعَرَّفْ إلى ذلكَ بنفسِكَ من خلالِ تنفيذِ النشاطِ (٤–٢).

## النشاط (٤-٢): توصيلُ محاليلِ القواعدِ للتيارِ الكهربائيِّ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

كأسٌ زجاجيةٌ ٢٠٠ مل ، بَطَّارِيّةٌ (٩ فولتٍ)، قُطبانِ من الغرافيتِ، مِصْبَاحٌ كهربائيٌّ صغيرٌ معَ قاعدتِه، محاليـلُ بتركيزِ (٠,١ مول/لتر) من: هيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، وهيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH، والأمونيا $NH_3$.

**الخُطُواتُ**

١- ضَـعْ ١٠٠ مـل منْ محلولِ هيدروكسيـدِ الصوديومِ داخلَ الكأسِ الزجاجيّةِ، ثُمّ اغمسْ قُطْبَي الغرافيتِ في الكأسِ وَصِلْهُما بالبَطَّارِيّةِ والمِصْباحِ الكهربائيِّ، كما في الشّكلِ.

٢- لاحظْ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ. فَسّرْ ذلكَ.

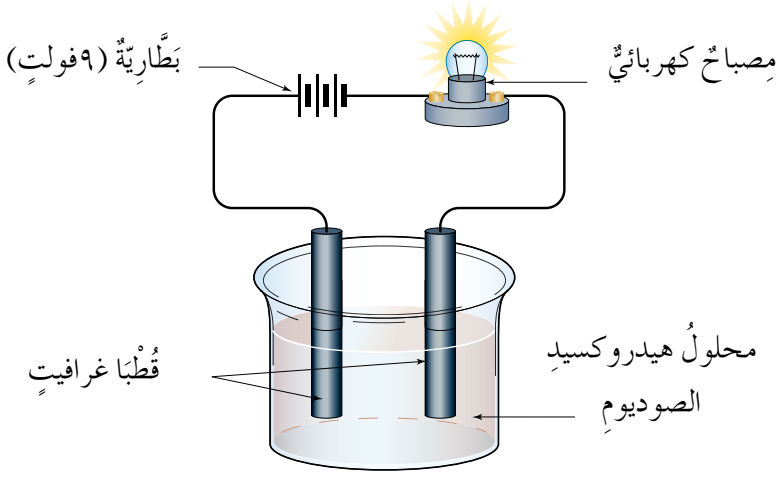
أ - علامَ يدُلُّ توصيلُ محلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ لِلتَّيارِ الكهربائيِّ؟

ب- اكتبْ معادلةً كيميائيّةً تُوضِحُ ذلكَ.

٣- نَظِّفْ الكأسَ الزجاجيّةَ وقُطبَي الغرافيتِ جيداً بالماءِ للتخلُّصِ من أيَّةِ آثارٍ للمحلولِ.

٤- كَرّرِ التجربةَ مُستخدِماً محلولَ هيدروكسيدِ البوتاسيومِ مرةً، ومحلولَ الأمونيا مرةً أُخرى، ثُمَّ أجبْ عن الأسئلةِ الآتيةِ:

- هلْ يُوصِلُ محلولُ كلٍّ منهما التّيارَ الكهربائيَّ؟
- علامَ يدلُّ توصيلُ محاليلِ القواعدِ للتيَّارِ الكهربائيِّ؟
- هل تختلفُ شِدةُ إضاءةِ المصباحِ مِنْ محلولٍ إلى آخرَ؟ علامَ يدُلُّ ذلكَ؟




توصيلُ محاليلِ القواعِدِ للتَّيارِ الكهربائيِّ

لعلـكَ توصَّلْتَ إلـى أنَّ محاليلَ القواعدِ تتأيَّنُ عندَ إذابتِها في المـاءِ، ويَنْتجُ عنها أيوناتُ ($OH^-$) السالبـةُ وأيونـاتٌ أخرى مُوجبةٌ؛ ممّا يجعلُ محاليلَها مُوْصِلةً للتَّيارِ الكهربائيِّ. ويمكِنُ تمثيلُ تأيُّنِ هيدروكسيدِ الصوديومِ في الماءِ بالمعادلةِ:

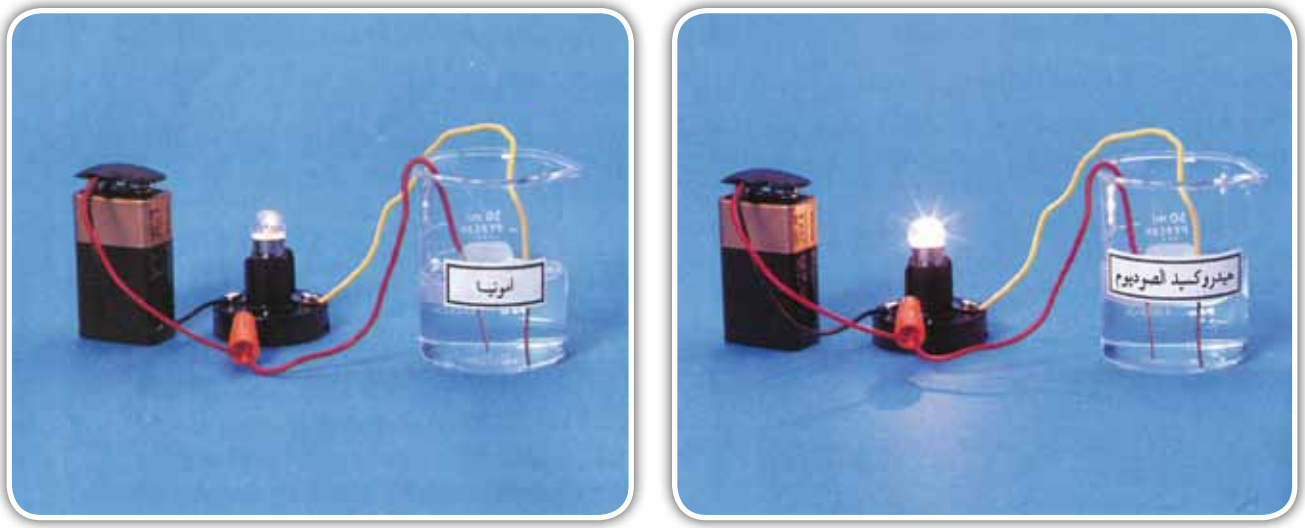
$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

**٢- قُوَّةُ القواعدِ**

تُوْصَـفُ القاعدةُ بأنَّها قويّةٌ أو ضعيفةٌ اعتماداً على درجةِ تأيُّنِها في الماءِ، فإذا كانَتْ قويّةً -كما هـو الحـالُ في هيدروكسيدِ الصوديومِ- فإنَّ معظمَها يتأيَّنُ عندَ إذابتِها في الماءِ؛ مِمّا يُؤَدِّي إلى تَكـوُّنِ كميّةٍ كبيـرةٍ نسبياً مِنْ أيونـاتِ ($OH^-$)، فتظهرُ الصفاتُ القاعديّةُ بشـكلٍ قويٍّ، وتزدادُ درجةُ توصيلِ محلولِها للتّيارِ الكهربائيِّ.

أمَّا إذا كانت القاعدةُ ضعيفةً -كما في محلولِ الأَمُونيا- فإنَّ نسبةً قليلةً جداً من جزيئاتِه تتأيَّنُ، ويتبقى الجزءُ الأكبرُ من الجزيئاتِ دونَ تأيُّنٍ، ولا يَنتِجُ إلا كميّاتٌ قليلةٌ جداً من أيوناتِ ($OH^-$) فـي المـاءِ، فتضعفُ الصفاتُ القاعديّةُ ، ويكونُ توصيلُ محلولـهِ للتَّيارِ الكهربائيِّ ضعيفاً، كما هو مُوَضَّحٌ في الشّكلِ ( ٤-١).

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$$




الشّكلُ (٤-١): التوصيلُ الكهربائيُّ لمحلولَيْ هيدروكسيدِ الصوديومِ والأمونيا.

وتُعَـدُّ كلٌّ مِـنْ (NaOH) و (KOH) قواعـدَ قويّةً، تتأيَّنُ كليًّا في الماءِ لذلـكَ تُكْتَبُ معادلةُ التأيُّنِ بسهمٍ باتّجاهٍ واحدٍ (⟶) بينما تُعَدُّ الأمونيا $NH_3$، والهيدرازين $N_2H_4$ قواعدَ ضعيفةً، تتأيَّنُ جُزئيًّا في الماءِ لذلكَ تُكْتَبُ معادلةُ التأيُّنِ بسهمَينِ مُتعاكسَينِ (⇌).

**سؤالٌ**

اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تُبيِّنُ تأيُّنَ كلٍّ مِنَ القواعدِ الآتيةِ في الماءِ: KOH، $N_2H_4$. وما الأَيُوْنُ المشترَكُ الناتِجُ عندَ تأيُّنِها في الماءِ؟

لعلّكَ استنتَجْتَ أنَّ محاليلَ القواعدِ السابقةِ تحتوي علىْ أيوناتِ ($OH^-$)، ولهذا يمكنُ تعريفُ القاعدةِ بأنَّها «**مادةٌ تذوبُ في الماءِ وينتِجُ عن تأيُّنِها أيونُ** ($OH^-$) **السالبُ، وأيونٌ آخرُ موجبٌ**». ولكنْ، هل تحتوي جميعُ القواعدِ السابقةِ قبلَ إذابتِها في الماءِ على $OH^-$ في تركيبِها، بالتأكيدِ ستجيبُ بالنَّفْيِ، فالأمونيا $NH_3$ لا تحتوي على $OH^-$ في تركيبِها، ولكنَّها عندَما تتفاعَلُ معَ الماءِ ينتِجُ أيونُ $OH^-$، كما أنَّ بعضَ أكاسيدِ الفلزّاتِ مثلِ (CaO، $K_2O$، $Na_2O$)، تتفاعَلُ معَ الماءِ مُنتِجةً أيوناتِ $OH^-$. ومثالُ ذلكَ تَفاعُلُ أكسيدِ الكالسيومِ (الجيرِ الحيِّ)، كما هُوَ مُبَيَّنٌ في المعادلاتِ الآتيةِ:

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons Ca(OH)_{2(aq)}$$

$$Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

**سؤالٌ**

اكتبْ معادلةً كيميائيّةً تُمثِّلُ تفاعُلَ أكسيدِ البوتاسيومِ معَ الماءِ.

## ثالثًا كَوَاشِفُ الحُموضِ والقَوَاعِدِ

عرفْتَ من خلالِ دراستِكَ السابقةِ أنَّ الحُمُوْضَ والقواعدَ تُؤثرُ على لونِ ورقةِ تَبَّاعِ الشمسِ؛ إذ إنَّ تغيُّرَ لونِ ورَقةِ تَبَّاعِ الشمسِ هذَا ناتجٌ عنْ تغيُّرِ لونِ المادَّةِ المُلوِّنةِ الّتي على الورقةِ، وتُسَمَّى هذه المادّةُ كاشفاً (Indicator)، فما الكاشفُ؟ وكيفَ يتأثّرُ بكلٍّ من الحَمْضِ أو القاعدةِ ؟ للإجابةِ عنْ ذلكَ، نَفّذِ النشاطَ (٤–٣).

## النشاط (٤-٣): الكواشفُ الطبيعيّةُ وتأثُّرُها بالحَمْضِ والقاعدةِ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

ملفوفٌ أحمرُ، محلولُ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ المخفَّفِ HCl، محلولُ هيدروكسيدِ الصوديومِ المخفَّفِ NaOH، عصيرُ ليمونٍ طازجٍ، ماءٌ مقطَّرٌ، مسحوقُ الخبيزِ (كربوناتُ الصوديومِ الهيدروجينيّةِ)، سائلُ تنظيفِ صحونٍ، كأسٌ زجاجيةٌ سَعَةَ ٢٠٠ مل، كأسٌ زجاجيةٌ سَعَةَ ١٠٠ مل، مِخبارٌ مُدَرَّجٌ ١٠ مل (عدد٢)، مُوْقِدُ بِنْسَنَ، قضيبٌ زجاجيٌّ، خمسة أنابيبَ اختبارٍ.

**الخُطُواتُ**

١- ضعْ كميةً من قِطَعِ الملفوفِ الأحمرِ الصغيرةِ في الكأسِ الزجاجيّةِ سَعَةَ ٢٠٠ مل (حوالي ربعُ الكأسِ).

٢- أضفْ ١٠٠ مل من الماءِ المُقطَّرِ إلى الكأسِ السابقِ وسخِّنْها على النّارِ حتى يصبحَ لونُ المحلولِ زهريًّا غامقًا.

٣- ارفعِ الكأسَ عن النّارِ واتركْها لتبرُدَ، ثم افْصلِ المحلولَ عن ورقِ الملفوفِ، وضعْهُ في الكأسِ الزجاجيّةِ سَعَةَ ١٠٠ مل.

٤- خذْ خمسة أنابيبَ اختبارٍ، وَضَعْ بواسطةِ المِخْبَارِ المُدَرَّجِ ٣ مل منْ محلولِ كاشفِ الملفوفِ الأحمرِ في كلٍّ منها.

٥- أضفْ بواسطةِ المِخْبَارِ المدرَّجِ الآخَرِ ١٠ مل منْ محلولِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ المخفَّفِ في أنبوبِ الاختبارِ الأوَّلِ، ثُمَّ رُجَّ الأنبوبَ جيداً للتأكُّدِ من امتزاجِ المادَّتَينِ معاً، لاحظْ تغيُّرَ لونِ المحلولِ، ما اللونُ الناتجُ، دوّنْ ملاحظاتِكَ.

٦- كَرِّرِ الخُطْوَةَ الخامسةَ مَعَ بقيةِ الموادِّ، ودوّنْ ملاحظاتِكَ في الجدولِ الآتي:

| اسمُ المادةِ | لونُ الكاشفِ الناتجِ | نوعُ المادّةِ (حَمْضٍ أو قاعدةٍ) |
|---|---|---|
| حَمْضُ الهيدروكلوريكِ | | |
| هيدروكسيدُ الصوديومِ | | |
| عصيرُ اللّيمونِ | | |
| مسحوقُ الخبيزِ | | |
| سائلُ تنظيفِ الصحونِ | | |

لعلَّـكَ لاحظْـتَ أنَّهُ يُمكِنُ استخدامُ محلولِ الملفوفِ الأحمرِ للتمييـزِ بينَ الحُمُوْضِ والقواعدِ تمامًا كورقةِ تَبَّاعِ الشَّمْسِ ، لذا يُعَدُّ محلولُ الملفوفِ الأحمرِ من الكواشفِ. **والكواشفُ: عبارةٌ عن حُمُوضٍ أو قواعدَ عُضْـويّةٍ ضـعيفةٍ تتلوَّنُ بِلَوْنٍ مُعَيَّنٍ في المحاليلِ الحَمْضيّةِ، بينَما تتلوَّنُ بلونٍ آخرَ في المحاليلِ القاعديّةِ.**

## سؤالٌ

كيفَ يمكنُكَ معرفةُ ما إذا كانَ مُسْتَحْضَرُ غسيلِ الشَّعَرِ (الشامبو) الّذي تَستخدِمُه في منزلِكَ حَمْضِياً أم قاعديًّا؟

## نشاطٌ إثرائيٌّ

١- يُعَدُّ محلولُ الشايِ مِنَ الكواشفِ الطبيعيّةِ، فَمَا اللَّونُ الذي يُعطيه محلولُ الشَّايِ في الوَسَطِ الحَمْضِيِّ؟ وما اللّوْنُ الذي يُعطيه في الوَسَطِ القاعديّ؟ كيفَ تختبرُ ذلكَ؟

٢- ما اللَّوْنُ الذي يُعطيه كاشفُ الوردِ الجُوْرِيِّ عندَ إضَافَتِهِ إلى كُلٍّ مِنْ:

- الخلِّ الأبيضِ.
- سائلِ تنظيفِ الزجاجِ.
- عصيرِ اللّيمونِ.
- مسحوقِ الخبيزِ.

ومـن الكواشـفِ مـا يُمكِنُ الحصولُ عليه مـن مصادرَ طبيعيّـةٍ، ويُطلَقُ عليها كواشـفُ طبيعيّةٌ كالملفوفِ الأحمرِ، والشمندرِ الأحمرِ، والوردِ الجُورِيِّ، والعِنَبِ الأسودِ.

كمـا أنَّ هناكَ بعضَ الكواشـفِ الكيميائيَّةِ الجاهزةِ، حيثُ يتمُّ شراؤها واستخدامُها في المُخْتَبَرِ المدرسيِّ للتمييزِ بينَ الحُمُوضِ والقواعدِ، فكيفَ تتأثّرُ ألوانُ هذهِ الكواشفِ بالحموضِ والقواعدِ؟ لمعرفةِ ذلكَ، نَفِّذِ النشاطَ (٤-٤).

## النشاط (٤-٤): الكواشفُ الصناعيّةُ وتأثُّرُها بالحُمُوضِ والقواعدِ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

محاليلُ بتركيزِ (٠,١ مول/لتر) من الموادِّ الآتيةِ: حَمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، حَمْضِ النيتريكِ $HNO_3$، هيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، هيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH، أنابيبُ اختبارٍ، محلولُ الفينولفثالينِ، محلولُ الميثيلِ البرتقاليِّ، مِخْبَارٌ مُدَرَّجٌ ١٠ مل (عدد٢)، قَطَّارةٌ (عدد ٢)،نظّارةٌ واقيةٌ.

**الخُطُواتُ**

١- ضعْ في أنبوبِ الاختبارِ الأوَّلِ ٥ مل من محلولِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ HCl، وفي الثاني ٥ مل مِنْ محلولِ حَمْضِ النيتريكِ المُخفَّفِ $HNO_3$، وفي الثالث ٥ مل من محلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، وفي الرابع ٥ مل من محلولِ هيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH.

٢- لاحظْ لَوْنَ محلولِ الفينولفثالينِ، ثُمَّ أَضِفْ بواسطةِ القَطَّارةِ بِضْعَ قَطَراتٍ مِنْهُ إلى كلٍّ منَ الأنابيبِ السابقةِ. دوّن ملاحظاتِكَ.

٣- ما لونُ كاشفِ الفينولفثالينِ في الوَسَطِ الحَمْضِيِّ؟ وما لونُهُ في الوَسَطِ القاعِدِيِّ؟

٤- كَرِّرِ الخُطُواتِ السابقةَ مَعَ محلولِ الميثيلِ البرتقاليِّ. ما لونُ الكاشفِ في الوَسَطِ الحَمْضِيِّ؟ وما لونُه في الوَسَطِ القَاعِدِيِّ؟ دوّنْ ملاحظاتِكَ في الجدولِ الآتي:

| صيغةُ المادةِ | لونُ الفينولفثالينِ في المحلولِ | لونُ الميثيلِ البرتقاليِّ في المحلولِ |
|---|---|---|
| HCl | | |
| $HNO_3$ | | |
| NaOH | | |
| KOH | | |

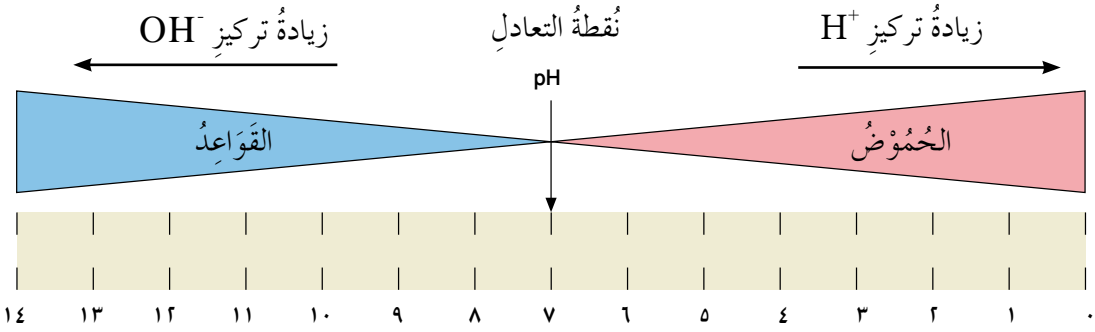
لعلكَ لاحظْتَ من النشاطِ السابقِ أنَّ كاشفَ الفينولفثالينِ لا لونَ لَهُ في الوَسَطِ الحَمْضِيِّ، بينَما يُعطي لَوْناً زَهريًّا في الوَسَطِ القاعدِيِّ، أمَّا كاشفُ الميثيلِ البرتقاليِّ فيعطي لوناً أحمرَ في الوسَطِ الحَمْضِيِّ، بينَما يُعطي لوناً أصفرَ في الوسَطِ القاعدِيِّ.

وهكذا يتضحُ لَكَ أنَّه يمكنُ التمييزُ بينَ الحَمْضِ والقاعدةِ باستخدامِ الكواشفِ، كما يُستفادُ منها أيضاً في مَعْرِفَةِ مَدَى قُوَّةِ الحَمْضِ أو القاعدةِ.

## رابعًا درجةُ الحُمُوضَةِ

إذا أعطيتَ محلولَين من حَمْضِ الهيدروكلوريك، وحَمْضِ الإيثانويك وكانَ لهما التركيزُ نفسُه، فأيُّهما أكثرُ حُمُوضَةً؟ وكيفَ يمكنُ قياسُ درجةِ الحموضةِ لمحلولٍ ما؟ وهل لذلكَ عَلاقةٌ بتركيزِ أيوناتِ $H^+$ في المحلولِ؟

تعتمدُ درجةُ حموضةِ المحلولِ علىٰ تركيزِ أيوناتِ $H^+$ فيه، حيثُ تزدادُ درجةُ حموضةِ المحلولِ بزيادةِ تركيزِ أيوناتِ $H^+$ وَيُعَبَّرُ عنْ درجةِ الحموضةِ باستخدامِ تَدْرِيْجٍ من صِفْرٍ إلى ١٤ ويُعْرَفُ بتدريجِ الرَقْمِ الهيدروجينيِّ، ويُرمَزُ له بالرمزِ pH، وفي هذا التدريجِ يُعَدُّ الماءُ النقيُّ محلولاً متعادلاً؛ لأنَّ تركيزَ أيوناتِ $H^+$ فيه مُساوٍ لتركيزِ أيوناتِ $OH^-$ وقيمةُ pH له تساوي ٧، أمَّا المحاليلُ الحَمْضِيَّةُ فقيمةُ pH لها أقلُّ منْ ٧، بينَما تَكُونُ قيمةُ pH للمحاليلِ القاعديَّةِ أكبرَ منْ ٧، ومن الجدير بالذكر أنَّ قِيَمَ pH تَقِلُّ بزيادةِ تركيزِ أيوناتِ $H^+$، في حينٍ تزدادُ قيمُ pH بزيادةِ تركيزِ أيوناتِ $OH^-$، كَمَا في الشّكلِ (٤–٢).




الشّكلُ (٤–٢): تدريجُ الرَقْمِ الهيدروجينيِّ.

يتضحُ مِنَ الشكلِ السابقِ أنَّ درجةَ حُموضةِ المحلولِ تزدادُ كلّما قَلَّتْ قيمةُ pH، وَتَقِلُّ بزيادتِها.

وللحكمِ علىٰ قوّةِ حَمْضٍ أو قاعدةٍ نلجأُ عادةً إلى استخدامِ كاشفٍ خاصٍّ يُسَمّى الكاشفَ العامَّ (Universal Indicator)، انظرِ الشّكلَ (٤–٣). وَهوُ يتكوَّنُ من مَزيجٍ من الكواشفِ، ويمتازُ بأنَّ لونَهُ يتغيَّرُ بتَغيُّرِ قِيَمِ pH للمحلولِ، وذلك خلافاً للكواشفِ الأُخرى، كَتبّاعِ الشمسِ أو الفينولفثالينِ أو الميثيلِ البرتقاليِّ، التي يتغيَّرُ لونُها في نِطاقٍ مُحَدَّدٍ منْ قِيَمِ pH.

ولمعرفةِ كيفَ يتَغَيَّرُ لونُ الكاشفِ العامِّ بتغيُّرِ قِيَمِ pH للمحلولِ، نَفِّذِ النشاطَ (٤–٥).

الشّكلُ (٤–٣): الكاشِفُ العامُّ.

## النشاطُ (٤–٥): الكاشفُ العامُّ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

كاشفٌ عامٌّ ورقيٌّ أوْ محلولٌ، ماءٌ مُقَطَّرٌ، محاليلُ متساويةُ التركيزِ منْ كلٍّ منْ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، وحَمْضِ الأسيتيكِ $CH_3COOH$، وهيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، والأَمُوْنيا $NH_3$، كأسٌ زجاجيةٌ ١٠٠ مل (عدد ٤)، قضيبٌ زجاجيٌّ.

**الخُطُواتُ**

١– استعملِ الكاشفَ العامَّ الورقيَّ لتحديدِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ للماءِ المُقَطَّرِ، فما اللَّونُ الّذيْ حصلْتَ عليه؟ وما قيمةُ pH للماءِ المُقَطَّرِ؟

٢– ضعْ مُلْصَقاً يحملُ اسمَ أحدِ المحاليلِ على كلِّ كأسٍ منَ الكؤوسِ الأربعةِ، ثُمَّ ضَعْ في كلٍّ منْها ما يُقارِبُ ١٠ مل من المحلولِ.

٣– باستخدامِ القضيبِ الزجاجيِّ، خُذْ قَطْرةً منْ محلولِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ، وَضَعْها على ورقةِ الكاشفِ العامِّ، فما اللّوْنُ الذيْ حَصَلْتَ عليه؟ وما قِيْمَةُ pH للمحلولِ؟

٤– اغسلِ القضيبَ جيداً بالماءِ المُقَطَّرِ، ثم كَرّرِ المحاولةَ مَعَ حَمْضِ الأسيتيكِ، فما اللَّونُ الّذيْ حصلْتَ عليه؟ وما قِيْمَةُ pH للمحلولِ؟ وأيُّ الحَمْضَينِ أقوى مِنَ الآخرِ؟ هل قِيْمَتا pH اللَّتانِ حَصَلْتَ عليهما للحَمْضَينِ أكبرُ أمْ أقلُّ منْ pH للماءِ؟

٥– كَرِّرِ المحاولةَ مستخدماً محلولَي هيدروكسيدِ الصوديومِ والأمونيا، فما اللّوْنُ الّذي حَصَلْتَ عليه في كلِّ حالةٍ؟ وما قيمةُ pH لمحلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ؟ وما قيمةُ pH لمحلولِ الأمونيا؟ وأيُّ القاعِدتَينِ أقوى؟ هل قيمتا pH اللَّتانِ حَصَلْتَ عليهما لمحلولَي القاعدتَينِ أكبرُ أمْ أقلُّ منْ pH للماءِ؟

٦– دوّنْ ملحوظاتِكَ في الجدولِ الآتي:

| المحلولُ | لونُ ورقةِ الكاشفِ العامِّ | قيمةُ pH |
|---|---|---|
| الماءُ | | |
| حَمْضُ الهيدروكلوريكِ | | |
| حَمْضُ الأسيتيكِ | | |
| هيدروكسيدُ الصوديومِ | | |
| الأَمُوْنيا | | |

ومنَ الجديرِ بالذّكرِ أنَّ هناك جهازاً خاصاً لقياسِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ يُعطي قياساتٍ أكثرَ دِقَّةً من الكاشفِ العامِّ، يُسَمّى جهازَ مقياسِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ (pH meter)، انظرِ الشكلَ (٤-٤).

الشّكلُ (٤-٤): جهازُ مقياسِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ.

## نشاطٌ إثرائيٌّ

بالرجوعِ لاسمِ المستخدمِ وكلمةِ المرورِ الخاصَّينِ بكَ، ادخُلْ إلى مَنظومةِ التعلُّمِ الإلكترونيِّ(Eduwave)، واختَرِ المناهجَ، ثُمّ ادخلْ إلى مِنْهاجِ الكيمياءِ للصَّفِّ التاسعِ أو المستوى الثالثِ ، واختَرْ درسَ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ يَظْهَرْ لَكَ إحدى الوسائطِ المتعددةِ ( ميديا)، افتحْ هذهِ الوسيطَةَ، وَجِدِ الرَّقْمَ الهيدروجينيَّ لبعضِ الحُموضِ والقواعدِ المبرمَجةِ في الوسيطةِ مستخدمًا تركيزَ ١ مول/لتر في كلِّ مرةٍ، ثُمَّ نَظِّمْ جدولاً بالحُموضِ والقواعدِ والتراكيزِ الّتي استخدمْتَها، وقيمِ (pH) الّتي تحصلُ عليها، ثم رَتِّبْ كلاً من الحُموضِ والقواعدِ حسَبَ قوّتِها . يمكِنُكَ طباعةُ الشاشاتِ في كلِّ مرةٍ وحفظُها في مَلَفٍّ (Word)، ومِنْ ثَمَّ اعرضْها على معلمِك وزملائك وناقشْها مَعَهم .

| الحَمْضُ أوِ القاعدةُ | الحموضُ | | | | القواعدُ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HCl | $HNO_3$ | HCOOH | HF | KOH | NaOH | $CH_3NH_2$ | $NH_3$ |
| الرَّقْمُ الهيدروجينيُّ | | | | | | | | |

إذا لم تتمكنْ مِنَ الدُّخولِ إلى منظومةِ التعلُّمِ الإلكترونيِّ يمكِنُكَ الدخولُ إلى مَواقعَ أُخرى باستخدامِ الكلماتِ المفتاحيّةِ الآتيةِ وهي:

فلاشُ مقياسِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ، فلاشُ درجةِ الحُموضةِ، (flash pH-meter)

## قضيةٌ للبحثِ

مُستعينًا بالمواقعِ الإلكترونيةِ ذاتِ العَلاقةِ ابحثْ في كلٍّ من القضايا الآتيةِ، واكتبْ تقريرًا بذلكَ، وناقشْهُ مع زملائِكَ ومعلمِك:

١- تنمو مُعْظَمُ الأزهارِ والفواكهِ بشكلٍ أفضلَ في تُربةٍ قليلةِ الحَمْضِيّةِ ، ولكنْ الخَضْرَاواتُ تُفَضِلُ التربةَ القاعديَّةَ .

٢- كيفَ يمكنُكَ قياسُ درجةِ حُموضةِ تُربةِ حديقةِ منزلِكَ؟

٣- كيفَ يمكنُكَ رفعُ قيمةِ pH لتربةٍ حَمْضِيّةٍ لتتمكنَ منْ زراعةِ الخَضْرَاواتِ فيها ؟

يمكنُكَ الاستعانةُ بالكلماتِ المفتاحيّةِ الآتيةِ وهي:

حُموضةُ التربةِ، التربةُ القاعديّةُ ، قياسُ درجةِ حموضةِ التربةِ، زراعةُ الخَضْرَاواتِ وحَمْضِيّةُ التربةِ، زراعةُ الأزهارِ وحَمْضِيّةُ التربةِ، الحدائقُ المنزليةُ.

## خامسًا تفاعلاتُ الحموضِ والقواعدِ (تفاعلاتُ التعادُلِ)

عرفْتَ فيما مضَى أنَّ الحَمْضَ مادةٌ تُنتِجُ أيونَ الهيدروجينِ $H^+$ عندَ ذوبانِها في الماءِ، وأنَّ القاعدةَ مادةٌ تُنتِجُ أيونَ الهيدروكسيدِ $OH^-$ عندَ ذوبانِها في الماءِ، ويحدثُ عادةً تفاعُلٌ بينَ الحَمْضِ والقاعدةِ نظراً لوجودِ هذينِ الأيونَينِ المختلفَينِ في الشِّحْنَةِ. ولكنْ، ما طبيعةُ الموادِّ الناتجةِ عَنِ التفاعُلِ؟ وما عَلاقةُ صفاتِها بصفاتِ كلٍّ مِنَ الحُمُوضِ والقواعدِ التي أنتجَتْها؟ وكيفَ يُستدَلُّ علىٰ حدوثِ هذا النَّوعِ مِنَ التفاعُلِ؟ للإجابةِ عنْ هذهِ الأسئلةِ نَفِّذِ النشاطَ (٤-٦).

**النشاطُ** (٤-٦): تفاعلُ حَمْضٍ مَعَ قاعدةٍ

**الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ**

هيدروكسيدُ الصوديومِ NaOH، محلولُ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl بتركيزِ (١مول/لتر)، ماءٌ مقطَّرٌ، ميزانُ حرارةٍ، قَطَّارةٌ، مُوقِدُ بُنسِنَ، شبكةُ تسخينٍ، مِنْصَبٌ دائريٌّ ، كأسٌ زجاجيةٌ ١٥٠مل، أنبوبُ اختبارٍ ، مِخْبارٌ مُدَرَّجٌ عددُ (٢) ، كأسٌ زجاجيةٌ ١٠٠ مل (عددَ ٢)،نظَّارةٌ واقيةٌ.

**الخُطُواتُ**

١- حضّـرِ محلـولاً تركيـزُه (١مول/لتر) منْ NaOH بإذابةِ ٤ غ منه في ١٠٠مـل من الماءِ المُقَطَّرِ داخلَ الكأسِ الزجاجيةِ.

٢- خُذْ ١٠ مل من محلولِ HCl، وَضَعْها في كأسٍ ثم قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ.

٣- خُذْ ١٠ مل من محلولِ NaOH، وَضَعْها في كأسٍ أُخرى ثم قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ.

٤- ضَعْ ١٠ مل من محلولِ HCl، وَضَعْ ١٠ مل من محلولِ NaOH في كأسٍ فارغةٍ في آنٍ واحدٍ في اللّحظةِ نفسِها ثُمَّ قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ الناتجِ مِنْ تفاعُلِهما.

٥- سَخّـنِ المحلـولَ الناتجَ على لهَبٍ خفيفٍ حتّى يَتبخّرَ الماءُ من المحلولِ تماماً. فهل بَقِيَ شيءٌ في الكأسِ بعدَ تبخُّرِ الماءِ مِنَ المحلولِ؟ ما لونُ هذهِ المادَّةِ؟ وماذا تُسَمَّى؟

يُمكِنُ التعبيرُ عَنِ التفاعُلِ المذكورِ في النشاطِ السابقِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وبمـا أنَّ كلًا مِـنَ (HCl، NaOH، NaCl) موادٌّ كَهْرُلِيّةٌ تتأيَّنُ في الماءِ، فإنَّه يمكنُ كتابةُ المعادلةِ على الشّكلِ الآتي:

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

وحيثُ إنّه لم يحدثْ تغيُّرٌ علىٰ شِحْنَتَي أَيوني ($Cl^-$ و$Na^+$) أثناءَ التفاعُلِ، فإنَّه يمكنُ حذفُهما مِنَ المعادلةِ، وبذلكَ تُصبحُ المعادلةُ:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

وبهـذا فـإنَّ الحَمْضَ والقاعدةَ تَعادَلا وكَوَّنا محلولاً مُتعادِلاً يَكُوْنُ فيه تركيزُ أيوناتِ $H^+$ مُسَاوِياً لتركيـزِ أيونـاتِ $OH^-$، لذا اصْطُلِحَ على تسميـةِ تفاعُلِ أيوناتِ $H^+$ الآتيةِ مِـنَ الحَمْضِ، مَعَ أَيوناتِ $OH^-$ الآتيةِ مِنَ القاعدةِ تفاعُلُ تعادُلٍ ( Neutralization Reaction).

أَمَّا المادّةُ المتبقيةُ بعدَ تبخُّرِ الماءِ فَهِيَ مِلْحُ الطعامِ (كلوريدُ الصوديومِ NaCl)، ولكنَّها لم تَظْهَرْ مِـنْ قَبْـلُ؛ لأنَّها كانَتْ ذائبةً في الماءِ ومُنتشِرةً بينَ جزيئاتِه، وبعدَ تبخُّرِ الماءِ تجمَّعَتْ هذهِ الأيوناتُ وأنتجَتْ بلوراتِ مِلْحِ الطعامِ.

وهكذا تتفاعَلُ الحموضُ والقواعدُ معاً وينتِجُ عنْ تفاعلِها ملحٌ وماءٌ، وفي بعضِ التفاعلاتِ ينتِجُ الملـحُ فَقَطْ. فمثلاً عندَ تفاعُـلِ الحُمُوضِ مَعَ القواعدِ الّتي لا تحتوي في تركيبها $OH^-$ مثلِ الأَمُونيا $NH_3$ يَنْتِجُ ملحُ كلوريدِ الأمونيومِ، كما في المعادلةِ:

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

أَمّـا عنـدَ تفاعُلِ الحُمُوضِ معَ بعضِ القواعـدِ مثلِ كربوناتِ الصوديـومِ، وكربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينيَّـةِ، فإنّهُ يَنْتِجُ غازُ ثانـي أكسيدِ الكربونِ $CO_2$ إضافةً إلى الملحِ والماءِ. كما هو مُبيَّنٌ في المعادلتَينِ الآتيتَينِ:

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$NaHCO_{3(s)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

### سؤالٌ

١- يتفاعَـلُ حَمْضُ الكبريتيكِ $H_2SO_4$ مَعَ كربوناتِ المغنيسيومِ الهيدروجينيَّةِ $Mg(HCO_3)_2$ اكتبْ معادلةَ التفاعُلِ، وما اسمُ الملحِ الناتجِ؟

٢- يلاحَظُ تصاعُدُ غازٍ عندَ وَضْعِ قَطَراتٍ مِنَ حَمْضِ HCl على قِطَعٍ مِنَ الرُّخَامِ، فَسِرْ ذلكَ.

### نشاطٌ إثرائيٌّ

كَـرِّرْ خُطُـواتِ النشاطِ (٤-٦) في مُختبَرِ المدرسةِ مُستعمـلاً محلولَ هيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH، وحَمْضِ النيتريكِ $HNO_3$.

١- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الحاصلِ.

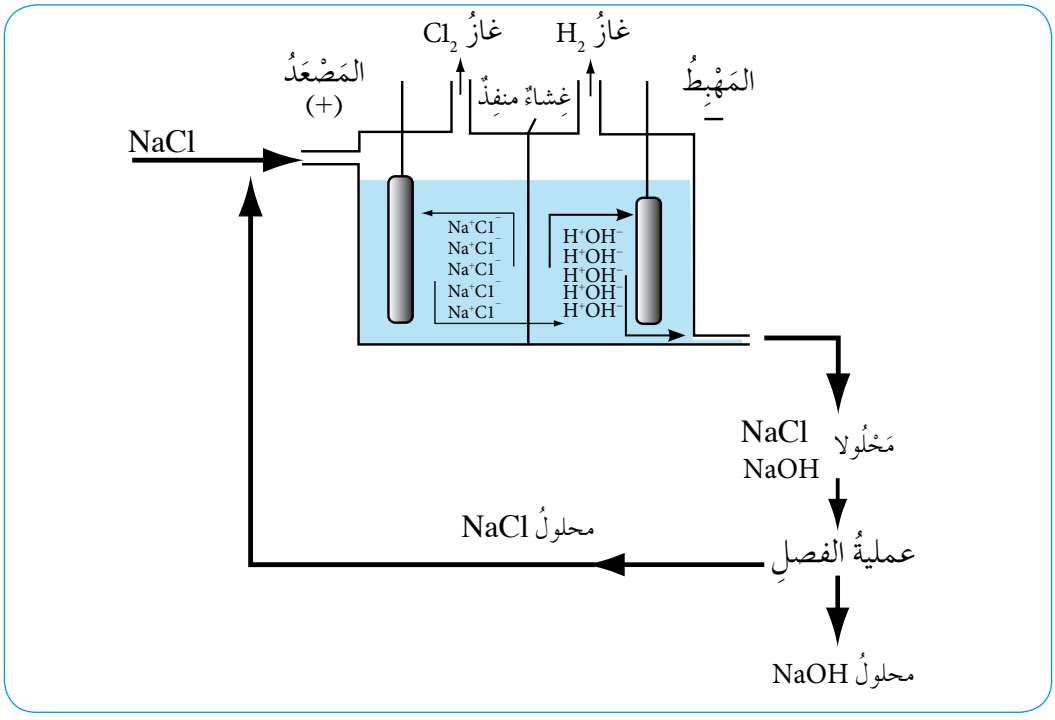
٢- اذكرِ اسمَ الملحِ الناتِجِ.

## ١ – هيدروكسيدُ الصوديوم (Sodium Hydroxide)

يُعَدُّ البحرُ المَيِّتُ مصدراً غنيًّا بالأملاحِ ، ومِنْ هذهِ الأملاحِ كلوريدُ الصوديومِ NaCl، الّذيْ يُعَدُّ المصدرَ الأساسيَّ في صناعةِ هيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH المعروفةِ بالصُّودا الكاويَةِ.

يتـمُّ تحضيـرُ هيدروكسيدِ الصوديـومِ بطريقةِ التحليـلِ الكهربائيِّ لمحلولٍ مُرَكَّـزٍ منْ كلوريدِ الصوديومِ في خليّةِ داونَ، انظرِ الشّكلَ (٤–٥)، وذلكَ باستخدامِ أقطابٍ مِنَ الغرافيتِ، حينئذٍ يتصاعـدُ غـازُ الهيدروجينِ $H_2$ على المَهبِطِ، وغازُ الكلورِ $Cl_2$ علـى المَصْعَدِ، حَسَبَ المعادلةِ الكيميائيّةِ الآتيةِ:

$$2NaCl_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تحليلٌ كهربائيٌّ}} H_{2(g)} + Cl_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)}$$




الشّكلُ (٤–٥): مُخَطَّطُ خليّةِ داونَ لصناعةِ هيدروكسيدِ الصوديومِ.

وهيدروكسيـدُ الصوديـومِ، مادةٌ بيضاءُ صُلْبَـةٌ، سريعةُ الذوبانِ في الماءِ، لهـا مَلْمَسٌ صابونيٌّ، وتأثيـرٌ كاوٍ على الجلـدِ، ويُمكِنُ أنْ تَتَسَبَّبَ فـي إحداثِ العَمى خلالَ ثـوانٍ قليلةٍ إذا لامسَتِ العينَينِ؛ وهذا يتطلبُ اتخاذَ إجراءاتٍ خاصَّةٍ منَ الحيطةِ والحذرِ عندَ التعامُلِ مَعَ المنتجاتِ الّتي تحتوي على هيدروكسيدِ الصوديومِ.

ويُستخدَمُ هيدروكسيدُ الصوديومِ في العديدِ من الصناعاتِ كصناعةِ الورقِ، والزجاجِ، والحريرِ الصناعيِّ، والنسيجِ، ويُستخدَمُ أيضاً في صناعةِ الصَّابونِ من الزيوتِ النباتيَّةِ، وذلك بإضافةِ محلولهِ إلى زيتِ الزيتونِ وتسخينِهما معاً، ثُمَّ إضافةِ مِلْحِ كلوريدِ الصوديومِ إلى الصّابونِ الناتجِ لتنقيتِهِ وتخليصِهِ منَ الشوائبِ.

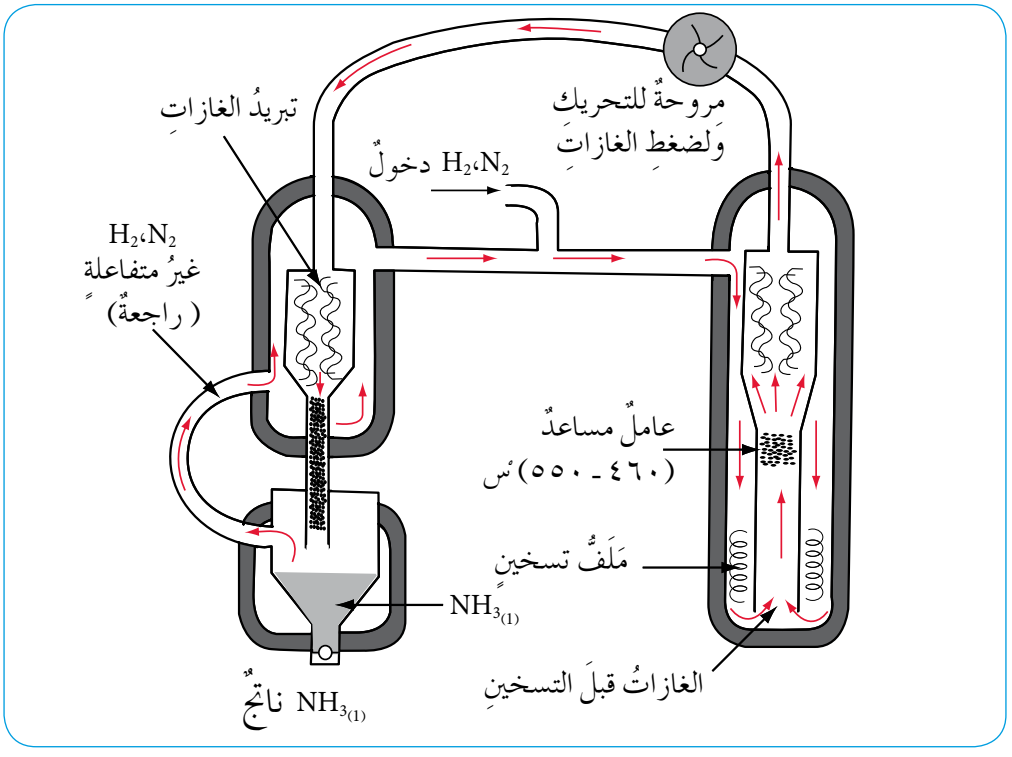
**٢- الأَمُوْنِيَا $NH_3$**

الأَمُوْنِيَا أو النشادرُ غازٌ عديمُ اللَّونِ ، أخفُّ من الهواءِ، له رائحةٌ نفَّاذَةٌ تُسَبِبُ تَهيُّجاً شديداً لأعضاءِ التنفسِ والعيونِ، وتَسْهُلُ إسالَتُهُ بالتبريدِ أو الضغطِ، وهو سريعُ الذوبانِ في الماءِ.

تُحضَّرُ الأمونيا في الصناعةِ بعدةِ طُرُقٍ من أَهمِّها «طريقةُ هابِرَ»، والشَّكْلُ (٤-٦) يُوَضِّحُ هذهِ الطريقةَ، والّتي تَتِمُّ بالتفاعُلِ المباشرِ بينَ النيتروجينِ والهيدروجينِ، حيثُ استخدَمَ هابِرُ جهازاً مُبَسَّطاً لإنتاجِ الأمونيا، وقدْ نجحَ في تهيئةِ الظروفِ لإحداثِ تفاعُلٍ بينَ النيتروجينِ والهيدروجينِ. وقد مُنِحَ هابِرُ جائزةَ نُوبلَ عامَ ١٩١٣م على تصميمِهِ لهذه الطريقةِ.

والمعادلةُ الآتيةُ تُوَضِّحُ تحضيرَ الأمونيا من غازَي النتروجينِ والهيدروجينِ:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[\text{حرارةٌ، ضغطٌ}]{\text{عاملٌ مساعدٌ}} 2NH_{3(l)}$$




الشَّكلُ (٤-٦): مُخَطَّطُ طريقةِ هابِرَ لصناعةِ الأَمُوْنِيَا.

وتُستخدَمُ الأمونيا كوسيلةِ تبريدٍ في المصانعِ الكبيرةِ، وأيضاً تُستخدَمُ في الصناعاتِ التعدينيَّةِ، وفـي عَجينةِ الوَرقِ، والمَطّاطِ، واللّدائـنِ، والنايلونِ، والألياف الصناعيَّـةِ، ، ودِباغةِ الجُلودِ، والمنظّفاتِ المنزليةِ، والعقاقيرِ، وتُستخدمُ كذلكَ في صناعةِ موادَّ كيميائيّةٍ عديدةٍ مثلِ: حَمْضِ النيتريكِ، والأعلافِ، والأسمدةِ النيتروجينيَّةِ كسمادِ اليُوريا.

### ٣- حَمْضُ الكِبريتيكِ $H_2SO_4$

حَمْضُ الكبريتيكِ المُرَكَّزِ سائلٌ كثيفُ القَوَامِ تَبْلُغُ كَثافتُه ١,٨٤ غ/مل، ويُعتبرُ من أقدمِ الحُمُوضِ الّتي عَرفَها الإنسانُ، فقدْ عَرَفَهُ العربُ منذُ القرنِ الثامنِ الميلاديِّ، وعرفَتهُ أوروبا في القرنَينِ الرابعَ عشَرَ والخامسَ عَشَرَ. وقدْ أطلقَ عليه الكيميائيُّ العربيُّ جابرُ بنُ حيانَ اسمَ «زيتِ الزَّاجِّ» حيثُ كانَ يُحَضَّرُ من تسخينِ الزَّاجِّ الأخضر (كبريتاتِ الحديدِ المائيّةِ $FeSO_4.nH_2O$).

وَهُـوَ يُستخدمُ على نطاقٍ واسعٍ في العديـدِ من المجالاتِ الصناعيَّةِ إلى درجةِ أنَّ حجمَ إنتاجِ هذا الحَمْضِ كان يُعَدُّ مِقْيَاسًا لمدَى تقدُّمِ الشعوبِ في القرنِ العشرينَ. ومن أشهرِ الطُّرقِ التجاريّةِ لإنتاجِ حَمْضِ الكبْريتيكِ طريقةُ التلامُسِ (التَّمَاسُ). والّتي صُمِّمَتْ عامَ ١٨٣١م، وهي الأوسعُ استخدامًا والأقلُ كُلْفَةً؛ لأنَّ حَمْضَ الكبريتيكِ المُتحصَّلَ عليه يَكُونُ أكثرَ نقاءً، وبتركيزٍ يَصِلُ إلى ٩٨٪.

وتَشملُ هذه الطريقةُ عدَّةَ مراحلَ حيثُ يُصْهَرُ الكبريتُ وَيُرَشَّحُ؛ لفصلِ الأجزاءِ غيرِ المُنصهرةِ عنـه، ثُـمَّ يُضَخُّ إلى مُفاعِلٍ حـراريٍّ، حيثُ يتأكسَدُ فيه الكبريتُ للحصـولِ على ثاني أكسيدِ الكبريـتِ ($SO_2$) ، ثُـمَّ يمـرَّرُ إلى مِرشَـحِ الغازِ لتنقيتهِ مـن الشوائبِ، ويُنقَلُ بعدَهـا إلى بُرْجِ التحويلِ المحتوي على عواملَ مُؤَكْسِدَةٍ مِثْلِ أكسيدِ الفناديوم ($V_2O_5$) ، وعندَ ملامستِه لهذهِ العواملِ فإنّه يتأكسُدُ إلى ثالثِ أكسيدِ الكبريتِ وَفْقَ المعادلةِ (١)، ثم يَتَّحِدُ الغازُ الناتجُ معَ الماءِ وَفْقَ المعادلةِ (٢):

$$SO_2 + O_2 \longrightarrow SO_3 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(١)$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(٢)$$

والحَمْضُ الناتجُ يُمَـرَّرُ إلى بُرجِ التبريدِ حيثُ يتمُّ الحصولُ عليه بتركيزٍ عالٍ، ويُمكِنُ التحكمُ بتركيزِ الحَمْضِ الناتجِ حَسَبَ درجةِ التبريدِ والتبخيرِ المستخدَمَةِ في الأبراجِ.

ويُعْتَبـرُ حَمْضُ الكبريتيكِ من أقوى الحُموضِ، وهو كَغيرِه من الحُموضِ القويَّةِ حارِقٌ للجلدِ، ومُهَيِّـجٌ للأنسجـةِ المُبَطِّنَةِ للأنـفِ والقَصَبَاتِ الهوائيةِ والرئتَينِ. وحَمْضُ الكبريتيكِ المركَّزُ يـذوبُ بِشـدةٍ معَ الماءِ، إلى درجةِ أنَّ الحرارةَ الناتجةَ عَـنِ الذوبانِ تُؤَدِّي إلى غليانِ المحلولِ، وعنـدَ تخفيـفِ الحَمْضِ يَجبُ إضافةُ كميـاتٍ صغيرةٍ منه إلى الماءِ بِبُـطْءٍ وَحِرْصٍ، ولا يجوزُ إضافةُ الماءِ إلى حَمْضِ الكبريتيكِ؛ لأن ذلكَ يُسببُ غليانَ القطراتِ الأُولى من الماءِ وتطايُرَها. ويُستخـدَمُ حَمْضُ الكبريتيـكِ في الكثيرِ مـن الصناعـاتِ ، إذْ يُستخدَمُ في صناعـةِ بَطّارياتِ السيـاراتِ، والأسمـدةِ الفوسفاتيَّةِ، و في صناعةِ الأصباغِ المستخدمـةِ في دِباغَةِ الجلودِ كما يُسْتخدَمُ في صناعةِ الورقِ، وفي صناعةِ البلاستيكِ والمَطّاطِ.

### ٤- حَمْضُ الفُسْفُوْريكِ (Phosphoric Acid)

يُعَـدُّ الأرْدُنُّ الدولـةَ الثانيةَ في العالمِ من حيثُ محتواهـا من خامِ الفوسفاتِ، وبالتالي فإنَّ خامَ الفوسفـاتِ يُشكِّلُ ثروةً اقتصاديةً كبيرةً لبلادِنا. ومن أهمِّ الموادِّ الّتي تُصْنَعُ من خامِ الفوسفاتِ وتُصَـدَّرُ للخارجِ، حَمْضُ الفسفوريكِ، فأينَ يتـمُّ تصنيعُه، وإعدادُه للتصديـرِ، أو للاستخدامِ المحليِّ؟

يتمُّ نَقلُ خامِ الفوسفاتِ عنْ طريقِ الشاحناتِ التي تنقُلُه من مختلفِ المناجمِ إلى مَصنعِ حَمْضِ الفسفوريكِ في العقبةِ انظرِ الشّكلَ (٤-٧)، ثُمَّ يُطحَنُ حتى يُصبِحَ حُبيباتٍ صغيرةً.

الشَّكْلُ (٤-٧): مَصْنَعُ حَمْضِ الفُسفوريكِ في العقبةِ.

ويَنْتِـجُ حَمْضُـ الفسفوريكِ مـن تفاعُلِ فُوسفـاتِ الكالسيومِ في الخامِ مَـعَ حَمْضِ الكبريتيكِ حَسَبَ المعادلةِ:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2H_3PO_4 + 3(CaSO_4.2H_2O)$$

وبعدَهـا يَتِـمُّ نقلُ حَمْضِـ الفسفوريكِ الناتجِ إلى خـزَّانٍ خاصٍّ، حيثُ يتِمُّ بَيْـعُ جزءٍ بسيطٍ منه للسوقِ المحليِّ، ويُصَدَّرُ الباقي إلى الخارجِ.

ويُعَدُّ حَمْضُ الفسفوريكِ مصدرًا أساسِيًّا للفسفورِ اللّازمِ لنموِ النّباتِ، كما يُستخدمُ جزءٌ كبيرٌ من الحَمْضِ في إنتاجِ الأسمدةِ الفوسفاتِيَّةِ حَسَبَ المعادلةِ الكيميائيّةِ الآتيةِ:

$$2NH_3 + H_3PO_4 \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4 + \text{حرارةٌ}$$

### قضيةٌ للبحثِ

ابحـثْ في الأهميَّـةِ الاقتصاديَّةِ لإنتاجِ الفوسفاتِ فـي الأردنِّ وتأثيرِها علـى الدَّخلِ القوميِّ، وذلكَ منْ خلالِ الرجوعِ إلى المواقعِ الإلكترونيَّةِ ذاتِ العَلاقةِ، وبالاستعانةِ بكلماتٍ مفتاحيّةٍ، مِنْ مِثْلِ:

الفوسفاتِ، أهميةِ الفوسفاتِ، استخداماتِ الفوسفاتِ.

### المطرُ الحَمْضِيُّ (Acid Rain)

أصبحَتْ مشكلةُ التلوثِ البيئيِّ بمثابةِ الضريبةِ التي تدفعُها البشريةُ نتيجةَ سوءِ التعامُلِ معَ الموارِدِ الطبيعيَّـةِ؛ فالمَعَامِـلُ والمصانعُ والمركباتُ انظـرِ الشّكلَ (٤–٨)، تعتمدُ فـي تشغيلِها على حرقِ الوَقودِ، ولا سِيَّما النّفطُ، الّذيْ يتكوَّنُ بشكلٍ أساسيٍّ من مركباتٍ هيدروكربونيَّةٍ مُكَوَّنَةٍ من عُنصرَي الكَربـونِ والهيدروجيـنِ، كما تحتوي المـوادُّ الهيدروكربونيّةُ على عناصرَ أُخـرى مثلِ الكبريتِ والنيتروجينِ. وعندَ حَرْقِ النّفطِ تتأكسَدُ هذه العناصرُ نتيجةَ اتّحادِها معَ الأكسجينِ، فَتُكَوِّنُ غازاتٍ تتصاعدُ إلى الهواءِ الجويِّ.

الشَّكلُ (٤–٨): غازاتٌ تَنتِجُ من حَرْقِ الوَقودِ.

- اكتبْ صيغَ بعضِ الأكاسيدِ الغازيّةِ المتكوِّنةِ نتيجةً لاحتراقِ النّفطِ.
- ما أثرُ هذه الغازاتِ على الهواءِ الجويِّ؟
- ماذا يحدثُ عندَ اختلاطِ الغازاتِ المتصاعِدةِ بمياهِ الأمطارِ؟
- ما الأثرُ الّذيْ تَتْرُكُهُ هذه الأمطارُ على البيئةِ؟

مـن أهـمِّ الأضرارِ الناجمةِ عنْ وجـودِ مثلِ هذهِ الغـازاتِ في الغلافِ الجويِّ مـا يُسَمّى بالمطرِ الحَمْضِيِّ فما المقصودُ بالمطرِ الحَمْضِيِّ؟ وكيفَ يتكوّنُ؟ وما عَلاقةُ الأكاسيدِ الموجودةِ في الغِلَافِ الجويِّ بِهِ؟

يُؤدي حَرْقُ الوَقودِ الّذي يحتوي على الكِبْرِيْتِ إلى إنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكِبريتِ $SO_2$، الّذي قـدْ يتحوَّلُ في الجوِّ إلى غـازِ ثالثِ أكسيدِ الكِبريتِ $SO_3$، والَّذيْ يذوبُ في مياهِ الأمطارِ معَ بعضِ الأكاسيدِ الأخرى، مُكوِّناً المطرَ الحَمْضِيَّ.

إنّ أكاسيـدَ الكِبريـتِ والنيتروجينِ والكربـونِ أكاسِيدُ حَمْضِيَّةٌ، وعندَما تَـذُوبُ هذه الأكاسيدُ فـي الماءِ تتفاعَلُ مَعَهُ مُنتِجةً حُموضًا فمثلاً: ذوبـانُ غازِ ثاني أُكسيدِ الكَربونِ في الماءِ يُنتِجُ حَمْضَ الكَربونيكِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2CO_{3(aq)}$$

**سؤالٌ**

كَمْ تَتَوقّعُ أنْ تكونَ قِيمةُ (pH) للمطرِ الحَمْضِيِّ؟

يُـؤَدِّي المطرُ الحَمْضِـيُّ إلى تَلَفِ الغاباتِ، ومـوتِ الكائناتِ المائيّةِ في الأنهـارِ والبُحيراتِ، وتآكُلِ حجارةِ المبانِي والتماثيلِ الرُّخاميَّةِ والفِلِزِّيَّةِ. انظرِ الشّكلين (٤–٩)، و(٤–١٠).

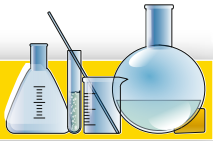
الشَّكلُ (٤–٩): أثرُ المطرِ الحَمْضِيِّ على التماثيلِ.

الشَّكلُ (٤–١٠): أثرُ المطرِ الحَمْضِيِّ على الغاباتِ.

**قضيةٌ للبحثِ**

ابحـثْ عـنْ طرائقَ للحدِّ مِـنْ تلوثِ الهواءِ بالمطـرِ الحَمْضِيِّ، وذلكَ من خـلالِ الرجوعِ إلى المواقعِ الإلكترونيَّةِ ذاتِ العَلاقةِ، وبالاستعانةِ بكلماتٍ مِفتاحيةٍ، مِنْ مِثلِ:
المطرِ الحَمْضِيِّ، الأكاسيدِ الحَمْضِيّةِ.

# أسئلةُ الوحْدَةِ



١- ما المقصودُ بكلٍّ مِنَ: الحَمْض، القاعدة، الكاشف، درجة الحُمُوضَة، تفاعُل التَّعَادُل؟

٢- أ - اكتبْ معادلةً كيميائيّةً بالكلماتِ تُمثِّلُ تفاعُلَ حَمْضِ النيتريكِ مَعَ هيدروكسيدِ الصوديوم.

ب - أَعِدْ كتابةَ المعادلةِ السابقةِ بالرموز.

جـ - اكتبِ المعادلةَ الأيونيَّةَ الكاملةَ للتفاعُلِ.

٣- إذْا كانتِ قِيمُ pH لعددٍ من المحاليلِ ذاتِ التركيزِ المتساوِي، هي (٩، ٤، ٧، ١، ١٠، ١٤، ٣).

أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ - صَنِّفْ هذهِ المحاليلَ إلى محاليلَ (حَمْضِيَّةٍ، وقاعديَّةٍ، ومُتعادلةٍ).

ب- ما اللَّونُ الّذي يُظْهِرُهُ كاشفُ الفينولفثالين عندَ وضعِه في محلولٍ قيْمَةُ pH له ١٠؟ فَسّرْ إجابتَك.

جـ- ما اللّونُ الّذي يُظْهِرُهُ كاشفُ الميثيلِ البرتقاليِّ عندَ وضعِه في محلولٍ قِيْمَةُ pH له ٤؟ فَسّرْ إجابتَك.

د - إذا كانَ أحدُ المحاليلِ السابقةِ هو محلولُ الحَمْضِ HCl، فأيُّ قِيَمِ pH يحتملُ أنْ تُناسِبَه؟

هـ - إذا كان أحدُ المحاليلِ السابقةِ هو محلولُ القاعدةِ KOH، فأيُّ قيمِ pH يحتملُ أنْ تناسِبَه؟

٤- أراد طالبٌ أنْ يُميّزَ بينَ صفاتِ الحُمُوضِ والقواعدِ فقامَ ببناءِ جدولٍ كالآتي: ساعِدْ هذا الطالبَ في تعبئَةِ الفراغاتِ في هذا الجدولِ بما يساعدُه على التمييزِ بينَ الحَمْضِ والقاعدةِ.

| الصفاتُ العامّةُ والكيميائيّةُ | الحُمُوْضُ | القَواعِدُ |
|---|---|---|
| الأيونُ المشتركُ الناتجُ عنْ تأيُّنها | | |
| لونُ كاشفِ تبّاعِ الشمسِ فيها | | |
| تأثيرُها على الجلدِ | | |
| قيمةُ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ لمحاليلِها | | |

٥– أكملِ المعادلاتِ الآتيةَ:

1. $Ca(OH)_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$

2. $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow$

3. $NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow$

٦ – فسّرْ كُلاً مِمّا يأتي :

أ – يُستخدَمُ حليبُ المغنيسيا لمعالجةِ حُموضةِ المَعِدَةِ.

ب– عندَ إضافةِ القليلِ من الخَلِّ إلى صُودا الغسيلِ (كَربُوناتِ الصوديوم) يتصاعَدُ غازٌ.

جـ– تَتَمَيَّزُ محاليلُ الحُموضِ والقواعِدِ بالقدرةِ على تَوْصِيلِ التيارِ الكهربائيِّ.

د – يُطلَقُ على تفاعلاتِ الحُموضِ مَعَ القواعدِ اسمُ تفاعلاتِ التعادُلِ.

هـ – يُعَدُّ محلولُ ($CO_2$) محلولًا حَمْضيًّا رَغْمَ عَدَمِ وجودِ ذراتِ الهيدروجينِ في تركيبِهِ.

و – يُعَدُّ محلولُ ($Na_2O$) محلولاً قاعديًّا رغمَ عَدَمِ وجودِ (OH) في تركيبِهِ.

٧ – اخترِ الإجابةَ الصحيحةَ في كلٍّ مِمّا يأتي:

(١) المـادةُ التي تتأيَّنُ في الماءِ ويحتوي محلولُها علـى نسبةٍ كبيرةٍ مِنْ أَيوناتِ ($H^+$)، يُطلَقُ عليها:

أ– حَمْضٌ قويٌّ ب– حَمْضٌ ضعيفٌ جـ– قاعدةٌ قويّةٌ د– قاعدةٌ ضعيفةٌ

(٢) مادةٌ تذوبُ في الماءِ وتُنتِجُ أيونَ ($OH^-$) وأيونًا آخرَ مُوجِبًا هي:

أ– الحَمْضُ ب– القاعدةُ جـ– الكاشِفُ د – المِلْحُ

(٣) إحدى الموادِّ الآتيةِ يُمكِنُ تحضيرُها بطريقةِ هابِرَ:

أ– $NaOH$ ب– $H_3PO_4$ جـ– $H_2SO_4$ د – $NH_3$

(٤) إحدى المحاليلِ الآتيةِ يُعَدُّ محلولاً حَمْضِيًّا:

أ – $K_2O$ ب– $CO_2$ جـ– $CaO$ د – $Na_2O$

(٥) العبارةُ الصحيحةُ فيما يتعلقُ بلونِ الكاشِفِ هي:

أ – المثيلُ البرتقاليُّ في الوسَطِ القاعديِّ أحمرُ

ب– المثيلُ البرتقاليُّ في الوسَطِ الحَمْضيِّ أحمرُ

جـ– الفينولفثالين في الوسَطِ القاعديِّ عديمُ اللَّونِ

د – الفينولفثالين في الوسَطِ الحَمْضيِّ زَهريٌّ

٨ – لديك الحَمْضَانِ ($HNO_3$ و HCOOH) عندَ التركيزِ نفسِه، فَأيُّ الحَمْضَينِ:

أ – يكونُ في محلولِه نسبةُ أيوناتِ ($H^+$) أكبرُ؟

ب– يكونُ لمحلولِه الصفاتُ الحَمْضِيَّةُ الأقلُّ؟

جـ– محلولُه أعلى pH ؟

د – محلولُه أكثرُ قدرةً على توصيلِ التّيارِ الكهربائيِّ؟

٩ – لديك القاعدتانِ ($NH_3$ و KOH) عندَ التركيزِ نفسِه، فَأيُّ القاعدتَينِ:

أ – تكونُ في محلولِها نسبةُ أيوناتِ ($OH^-$) أكبرُ؟

ب– تكونُ لمحلولِها الصفاتُ القاعديةُ الأقلُّ؟

جـ– محلولُها أعلى pH؟

د – محلولُها أكثرُ قدرةً على توصيلِ التّيارِ الكهربائيِّ؟

١٠– اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تبيِّنُ تأيُّنَ كلٍّ مِنَ الموادِّ الآتيةِ في الماءِ:

$NH_3$، KOH، $HNO_3$، HCOOH

١١– لديك الموادُّ ($NH_3$، $H_2SO_4$، NaOH) فأيُّها يُعَدُّ مثالًا على مادَّةٍ:

أ – تُستخدَمُ في صناعةِ الصّابونِ.

ب– تُستخدَمُ في صناعةِ اليُوريا.

جـ– تُستخدَمُ في صناعةِ بَطَّارياتِ السياراتِ.

١٢– إِذَا علمْتَ أنَّ الرَّقْمَ الهيدروجينيَّ لِعَصيرِ اللَّيمونِ ٢,٥ ، فهلْ تَنْصَحُ بِقَطْعِ حَبَّةِ اللَّيمونِ عَلى سَطحٍ مِنَ الرُّخامِ؟ فَسّرْ إِجَابَتَكَ.

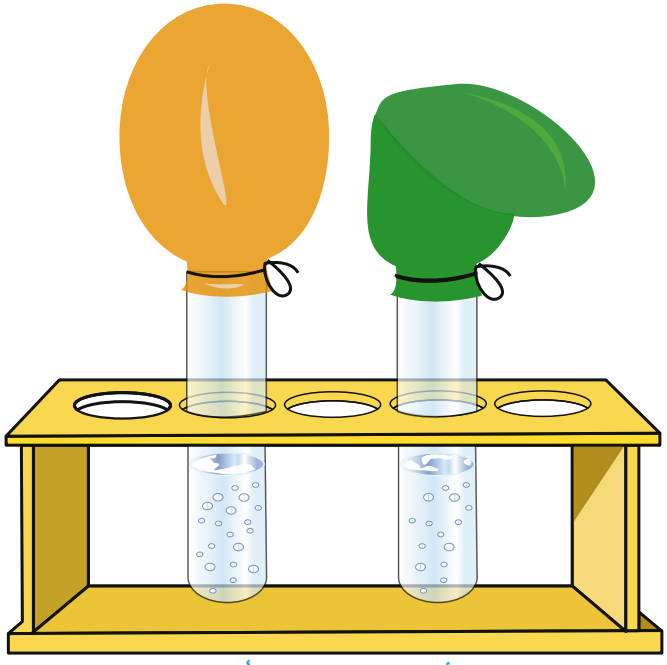
١٣- الشكلُ (٤-١١) يُمَثِّلُ تجربةً استخدِمَ فيها أنْبُوْبَا اختبارٍ حيثُ يحتوي الأنبوبُ (A) على محلولِ حَمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl تركيزُه (١مول / لتر) وشريطٍ من المغنيسيومِ Mg بطولِ (٦سم)، ويحتوي الأنبوبُ (B) على محلولِ حَمْضِ الأَسيتيكِ $CH_3COOH$ تركيزُه (١مول/ لتر) وشريطٍ من المغنيسيومِ Mg بطولِ (٦سم).

أ - اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الحادثِ في كلِّ أنبوبٍ.

ب- ما الغازُ المتصاعِدُ داخلَ البالونَين؟ وكيفَ تكشِفُ عَنْهُ؟

جـ- في أيِّ البالونين تكونُ كميةُ الغازِ أكبرَ، البالونُ المرتبطُ بالأنبوبِ A أم البالونُ المرتبطُ بالأنبوبِ B عندَ الزمنِ نفسِه؟ برر إجابتك.

د - أيُّ الحَمْضَيْنِ أقوى في تفاعُلِهِ مَعَ المغنيسيومِ Mg؟



الشّكلُ (٤-١١): السؤالُ (١٣).

# قائمةُ المصطلحاتِ

| المصطلحُ باللغةِ العربيةِ | المصطلحُ باللغةِ الإنجليزيةِ | المدلولُ الّذي يُشيرِ إليه المصطلحُ |
|---|---|---|
| الاختزالُ | Reduction | عمليةُ اكتسابِ المادَّةِ للإلكتروناتِ خلالَ التفاعُلِ. |
| الأُكْسِيدُ الحَمْضِيُّ | Acidic Oxide | أكسيدٌ يُنتِجُ حَمْضاً عندما يذوبُ في الماءِ. |
| الأُكْسِيدُ القاعديُّ | Basic Oxide | أكسيدٌ يُنتِجُ قاعدةً عندَما يذوبُ في الماءِ. |
| التأكسُدُ | Oxidation | عمليةُ فَقْدِ المادةِ للإلكتروناتِ خلالَ التفاعُلِ. |
| التحليلُ الكَهْرُبَائِيُّ | Electrolysis | تمريرُ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ مادةٍ أَيونيةٍ أوْ مصهُورِها لإحداثِ تفاعُلِ تأكسُدٍ واختزالٍ. |
| تفاعلُ التعادلِ | Neutralization Reaction | تفاعلٌ بينَ الحَمْضِ والقاعدةِ يَنتِجُ عنه مِلحٌ وماءٌ. |
| التفاعلُ الكَهْرُكِيميائيُّ | Electrochemical Reaction | تفاعُلُ تأكسُدٍ واختزالٍ يُرافقُ حدوثَه إنتاجُ الطاقةِ الكهربائيةِ أو استهلاكُها. |
| الحَمْضُ | Acid | مادةٌ تُنتِجُ أيوناتِ ($H^+$) عندَ إذابتِها في الماءِ. |
| الخامُ | Ore | صَخْرٌ يَحوي كميّةً كافيةً من مُركباتِ فِلزٍّ مُعَيَّنٍ، حيثُ يكونُ استخلاصُ هذا الفلزِّ مُجْدِياً من الناحيةِ الاقتصاديةِ. |
| خليّةُ التحليلِ الكهربائيِّ | Electrolytic cell | جهازٌ يحتوي على محلولٍ أو مصهورٍ كَهْرُلِيٍّ وقُطبَينِ، يَحدثُ فيه تفاعُلٌ كيميائيٌّ (غيرُ تلقائيٍّ) نتيجةَ مرورِ تيارٍ كهربائيٍّ فيه يُؤَدِّي إلى تحويلِ الطاقةِ الكهربائيَّةِ إلى طاقةٍ كيميائيَّةٍ. |
| الخليّةُ الغِلْفَانِيَّةُ | Galvanic cell | جهازٌ يحتوي على محاليلَ كَهْرُلِيّةٍ وقُطبَينِ، يحدثُ فيه تفاعُلٌ كيميائيٌّ (تلقائيٌّ) تتحوَّلُ فيه الطاقةُ الكيميائيّةُ إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ مُنتجةٍ تيارًا كهربائيًّا. |
| الخليةُ الكَهْرُكِيميائيّةُ | Electrochemical Cell | جهازٌ يحدثُ فيه تفاعُلُ تأكسُدٍ واختزالٍ تلقائيٍّ تتحولُ فيه الطاقةُ الكيميائيّةُ إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ، أو تفاعلُ تأكسدٍ واختزالٍ غيرُ تلقائيٍّ تتحوَّلُ فيه الطاقةُ الكهربائيّةُ إلى طاقةٍ كيميائيّةٍ. |

| | | |
|---|---|---|
| درجةُ التأيّنِ | Ionization Degree | نسبةُ عددِ الدقائقِ المتأيِّنةِ من المادَّةِ المُذابةِ، إلى عددِ الدقائقِ الكليِّ منها في المحلولِ. |
| الرَقْمُ الهيدروجينيُّ | pH | مقياسٌ يُعَبِّرُ عنْ درجةِ حُموضةِ المحلولِ ويَعْتَمِدُ على تركيزِ أيوناتِ ($H^+$) في المحلولِ، وتتراوحُ قيمَتُهُ من صِفرٍ إلى ١٤. |
| الطِلاءُ الكهربائيُّ | Electroplating | ترسيبُ طبقةٍ رقيقةٍ منْ ذراتِ فلزٍّ يُرَادُ الطِّلاءُ به على سَطحِ فلزٍّ آخرَ لحمايتِهِ من المؤثراتِ الخارجيَّةِ وإعطائه مَظْهرًا جَماليًّا، باستخدامِ عمليةِ التحليلِ الكهربائيِّ. |
| القاعدةُ | Base | مادةٌ تُنتِجُ أيوناتِ ($OH^-$) عندَ إذابتِها في الماءِ. |
| الكاشفُ | Indicator | مادةٌ يتغيَّرُ لونُها حَسَبَ حَمْضِيّةِ الوَسَطِ الذي تُوْجَدُ فيه أو قاعديّتِه. |
| الكاشفُ العامُّ | Universal Indicator | كاشفٌ يتغيَّرُ لونُه تدريجيًا، بتغيُّرِ قِيْمَةِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ للمحلولِ. |
| كواشِفُ طبيعيّةٌ | Natural Indicators | كواشفُ تُستخلَصُ منْ موادَّ في الطبيعةِ، كَثمارِ النباتاتِ وأزهارِها وأوراقِها وجذورِها. |
| مادةٌ لا كَهْرُليّةٌ | Non Electrolyte | مادةٌ لا يُوصِلُ محلولُها المائيُّ أو مصهورُها التّيارَ الكهربائيَّ. |
| المركباتُ الأيونيّةُ | Ionic Compounds | المركباتُ الّتي تتكونُ بَلْوْرَتُها في حالةِ الصَّلابةِ منْ أيوناتٍ مُقَيَّدَةِ الحركةِ، لكنَّها تُصبحُ حُرّةَ الحركةِ في الحالةِ السائلةِ. |
| المركباتُ الجزيئيّةُ | Covalent Compounds | المركباتُ التي تتكوّنُ بَلْوْرَتُها في حالةِ الصَّلابةِ منْ جُزيئاتٍ متعادلةٍ، وتَبقى على هذا الشَّكلِ في الحالةِ السائلةِ. |
| المطرُ الحَمْضِيُّ | Acid Rain | مطرٌ مُخْتَلِطٌ بِحُمُوضٍ تتكوَّنُ نتيجةَ تفاعُلِ الأكاسيدِ الحَمْضيّةِ (الناتجةِ عن احتراقِ الوَقودِ)، معَ قطراتِ الماءِ في الغِلافِ الجويِّ. |
| المِلْحُ | Salt | مادةٌ (غيرُ الماءِ) تَنْتِجُ عنْ تفاعُلِ حَمْضٍ وقاعدةٍ. |

# قائمةُ المراجعِ

## المراجعُ العربيةُ


١- أحمـدُ بَرْهَـم، وآخرون، **دليلُ التجـاربِ العلميةِ في الكيمياءِ للمرحلـةِ الثانويةِ الفرعُ العلميُّ**، عمّـانُ: وِزارةُ التربيةِ والتعليمِ، ٢٠٠٤م.

٢- فتحي مَلكاوِيُّ، وآخرون، **الكيمياءُ وعلومُ الأرضِ للصفِ التاسعِ**، عمّانُ: وِزارةُ التربيةِ والتعليمِ، ١٩٩٢م.

٣- مجموعةُ مؤلفين، **الكيمياءُ للصفِ التاسعِ**، عمّانُ، وِزارةُ التربيةِ والتعليمِ، ٢٠٠٦م.

٤- مروانُ حدّادٌ، الحميديُّ، محمد، **مقدمةٌ في نوعيةِ المياهِ**، ج١، نَابُلُسُ، ١٩٩٠م.

٥- مَهدِيُّ السيدُ إبراهيمُ، وآخرون، **العلومُ الصحيةُ والبيئةُ**، عمّانُ: الجامعةُ العربيةُ المفتوحةُ، ٢٠٠٤م.

٦- ناجحٌ الصالحيُّ، **موسوعةُ الكيمياءِ الحديثةِ**، ط٣، عمّانُ: دارُ عالمِ الثقافةِ للنشرِ والتوزيعِ، ٢٠٠١م.


## المراجعُ الأجنبيةُ


1- Daub,G.W; Seese, W.S, **Basic Chemistry**, 7th Ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1996.

2- Bloomfield, M.M; Stephens, L.J,**Chemistry and the Living Organism**, 6th Ed. New York: Jone Willy & Sons. Inc.,1996.

3- Umland, J.B; Bellama, J.M,**General Chemistry**, 2nd Ed, New York: West Group, 1996.

4- Clark,J, **Longman GCSE Chemistry**, 2nd Ed, Harlow: Peason Education, 2003.

5- Holum, J.R. **Fundamentals of General, Organic, and Biological Chemistry**. 6th Ed, New York: Jone Willy & Sons. Inc, 1998.

6- Sherman, A; Sherman, S.J; Russikoff, L. **Basic Concepts of Chemistry**. 5th Ed. Boston: Houghton Mifflin Company, 1992.

7- Ebbing, D. D; Wrighton, M.S.,**General Chemistry**, 5th Ed Boston: Houghton Mifflin Company, 1996.

8- Stoker, H. S.,**Introduction to Chemical Principles**. 6th Ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1999.

تَمَّ بِحَمْدِ اللّٰهِ تَعَالَى