المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكيمياء

الجزء الثاني

٩

الصف التاسع

ISBN 978-9957-84-635-0

المطابع المركزية

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكيمياء

الجزء الثاني

الصف التاسع

٩

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملاحظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف : ٨ - ٥ / ٤٦١٧٣٠٤ ، فاكس : ٤٦٣٧٥٦٩ ، ص. ب: (١٩٣٠) ، الرمز البريدي : ١١١١٨ ،
أو على البريد الإلكتروني: E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (٣٨/ ٢٠١٥) تاريخ ٢٠١٥/٣/٢٦م بدءًا من العام الدراسي ٢٠١٥م/٢٠١٦م.

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمان – الأردن – 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: سليمان أحمد الخلايلة

دقّق الطباعة: فدوى عبدالرحمن عويس
راجعها: حازم محمد الخطيب

الطبعة الأولى **١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م**
أعيدت طباعته **٢٠١٦ – ٢٠١٩م**

قائمة المحتويات

الفصلُ الدّراسيُّ الثاني

الموضوعُ	الصفحةُ
الوِحدةُ الثالثةُ: الكيمياءُ الكهربائيَّةُ	٤
أولاً: تفاعلاتُ التأكسدِ والاختزالِ	٦
ثانيًا: الخلايا الكهروكيميائيّةُ	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

الوِحْدَةُ الثالثةُ

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، فهِيَ تَتركَّبُ من ذرّاتٍ، وهذهِ الذراتُ تتكونُ من بروتوناتٍ ذاتِ شحنةٍ كهربائيَّةٍ مُوجبَةٍ، وإلكتروناتٍ ذاتِ شحنةٍ كهربائيَّةٍ سالبةٍ، ونيوتروناتٍ ذاتِ طبيعةٍ متعادلةٍ كَهربائيًّا، 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؟

هـذا مـا ستعرفُه بعدَ دراسةِ هذهِ الوحدةِ وتنفيذِ أنشطتِها المختلفـةِ، وَيُتَوَقَّعُ منكَ بعدَ ذلكَ أنْ تكونَ قادراً على أنْ:

- تُوضِّـحَ المقصودَ بالمفاهيمِ الآتيةِ: التأكسُـدِ، 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 كهرُكيميائيةً (غلفانيةً) بَسيطةً، وتُبيِّنَ أجزاءَها، وكيفيَّةَ عملِها.
- تَكتبَ معادلاتٍ كيميائيةً تُمَثِّلُ التفاعلاتِ الحادثةَ عندَ الأقطابِ، والتفاعُلَ الكليَّ في الخليةِ الغلفانيَّةِ.
- تَستنتجَ بالتجربةِ العمليةِ أنَّ أزواجَ الفِلزَّاتِ المختلفةِ في الخلايا الغَلْفَانيَّةِ يتولَّدُ بينَها فروقُ جُهدٍ كهربائيةٍ مُختلفةٍ.
- تُصَمِّمَ نشاطًا 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

تُعَدُّ تفاعلاتُ التأكسُدِ والاختزالِ من التفاعلاتِ ذاتِ الاستخداماتِ الواسعةِ والمتنوعةِ في حياتِنا؛ إذ تُستخدَمُ في استخلاصِ الفلزّاتِ منْ خاماتِها، وفي البطارياتِ، مثل بَطّاريّةِ السيارةِ، والبطارياتِ المستخدمةِ في الهاتفِ المحمولِ، والساعاتِ، وغيرِها، كما يُستفادُ من تفاعلاتِ التأكسُدِ والاختزالِ في إنتاجِ الطاقةِ داخلَ أجسامِ الكائناتِ الحيةِ. فماذا نعني بالتأكسُدِ؟ وماذا نعني بالاختزالِ؟

استُخْدِمَ مفهومُ التأكسُدِ قديمًا ليشيرَ إلى تفاعُلِ العناصرِ معَ الأكسجينِ وتكوينِ أكاسيدِ العناصرِ، ومثالُ ذلك: تفاعُلُ الحديدِ معَ أكسجينِ الهواءِ وتشكيلُ أكسيدِ الحديدِ، والذي يُمكِنُ تمثيلُه بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

أمَّا مفهومُ الاختزالِ فَقَدِ استخدِمَ ليشيرَ إلى عمليةِ نَزْعِ الأكسجينِ من خاماتِ أكاسيدِ بعضِ الفلزّاتِ، للّحصولِ على هذه الفلزّاتِ منفردةً، كما يظهرُ في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

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

تَفْقِدُ بعضُ الذرّاتِ الإلكتروناتِ خلالَ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ وذراتٌ أخرى تكسبُها؛ فذراتُ الفلزّاتِ تَفْقِدُ الإلكتروناتِ وتتحوّلُ إلى أيوناتٍ مُوجبةٍ، وذراتُ اللّافلزّاتِ تكسبُ الإلكتروناتِ وتتحولُ إلى أيوناتٍ سالبةٍ.

يُطلَقُ على عمليةِ فَقْدِ المادَّةِ للإلكتروناتِ أثناءَ التفاعلِ **عمليةُ التأكسُدِ**، 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 يكونَ مُساوِيًا لمجموعِ عددِ الإلكتروناتِ التي تفقدُها ذراتُ العنصرِ الذي يتأكسَدُ في التفاعلِ. ويُشارُ إلى الإلكتروناتِ في المعادلةِ الكيميائيةِ بالرمزِ (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.

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

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

عرفْتَ سابقًا أنَّ الموادَّ الكَهْرُلِيَّةَ، مثلَ كبريتاتِ النّحاسِ وكبريتاتِ الخارصينِ تتفكَّكُ عندَ إذابتِها في الماءِ إلى أيوناتٍ مُوجبةٍ وأخرى سالبةٍ تتحركُ بسهولةٍ في المحلولِ، لذلك فإنَّه يُمكنُ إعادةُ كتابةِ المعادلةِ السابقةِ على شكلِ أيوناتٍ حُرّةٍ كما يلي:

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

لاحظْ أنَّ ذراتِ الخارصينِ المُتعادِلةِ Zn قدْ تأكسدَتْ، وتحولَتْ إلى أيوناتِ الخارصينِ المُوجبةِ Zn^{2+}، وأمّا أيوناتُ النّحاسِ المُوجبةُ Cu^{2+} فقد اختزلَتْ، 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 عمليةِ التأكسُـدِ 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 الذراتُ التي تأكسـدَتْ اكتسَـبتْها الذراتُ التي اختزلَتْ، كما لم يظهرْ أَيونُ الكبريتاتِ (SO_4^{2-}) في معادلةِ تفاعُلِ التأكسـدِ والاختزالِ الكليّةِ؛ لأنَّه لمْ يحدثْ عليهِ أيُّ تغيُّرٍ وبقيَتْ شِـحنَتُهُ 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– ما عددُ الإلكتروناتِ المفقودةِ والمكتسـبةِ خلالَ عمليّتَي التأكسـدِ والاختزالِ في كلٍّ من المعادلَتينِ؟

ثانيًا الخلايا الكَهْرُكيميائيَّةُ

عرفْتَ أنَّ تفاعلاتِ التأكسـدِ والاختزالِ تتضـمنُ انتقالًا للإلكتروناتِ من الذرةِ الّتي تأكسدَتْ إلى الذرةِ التي اختزلَتْ، وكما تَعلمُ فإنَّ التيارَ الكهربائيَّ هو انتقالُ الإلكتروناتِ عبرَ مُوصِـلٍ، فهلْ هنـاكَ عَلاقةٌ بينَ انتقالِ الإلكترونـاتِ بينَ الذراتِ في تفاعلاتِ التأكسـدِ والاختزالِ وانتقالِها عبرَ الأسلاكِ في الدَّارةِ الكهربائيَّةِ العاديَّةِ؟ وما هذه العَلاقةُ؟

تُشـيرُ الدراساتُ إلى أنَّ تفاعلاتِ التأكسدِ والاختزالِ، يُرافِقُ حدوثَها تحوُّلاتٌ في الطاقةِ، فقدْ تتحـوَّلُ الطاقةُ الكيميائيَّةُ إلىٰ طاقةٍ كهربائيّـةٍ أوْ تتحولُ الطاقةُ الكهربائيَّةُ إلى طاقةٍ كيميائيّةٍ، ويُطلَقُ

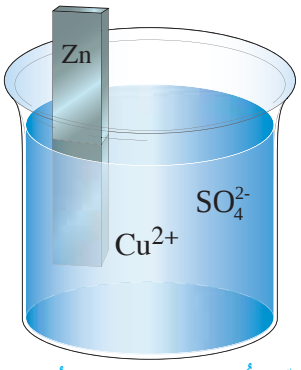
على هذهِ التفاعلاتِ اسـمُ التفاعلاتِ الكَهْرُكيميائيَّةِ كمـا يُطلَقُ على الأوعيةِ الّتي تحدثُ فيها هذهِ التفاعلاتُ اسمُ الخلايا الكَهْرُكيميائيَّةِ، وهي تُقسمُ إلى نوعَين هما:

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 سـابقًا أنه عندَ وضـعِ صفيحةٍ من الخارصينِ Zn في محلولِ كبريتاتِ النُّحاسِ $CuSO_4$ كمـا في الشـكلِ (٣–١)، فـإنَّ ذَرةَ الخارصـينِ تتأكسَـدُ وتَفْقِـدُ إلكترونَين، حيـثُ ينتقلُ هذانِ الإلكترونانِ مباشـرةً إلى أيونِ النّحاسِ Cu^{2+} الّذي في المحلولِ ويُمكِنُ تمثيلُ التفاعلَينِ الحادثَينِ على ذراتِ الخارصينِ وأيوناتِ النّحاسِ بالمعادلَتينِ الآتيتَينِ:



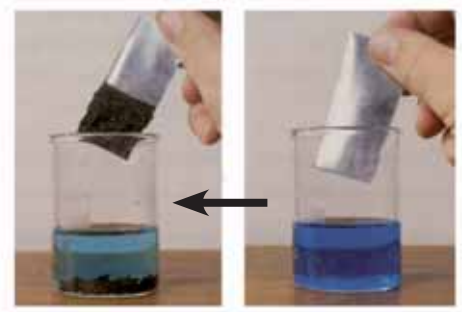
الشّكلُ (٣–١): صفيحةُ خارصينٍ في محلولِ كبريتاتِ نحاسٍ.

– تَفْقِدُ ذراتُ الخارصـينِ الإلكترونـاتِ، 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:

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


(ب) (أ)

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

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

ولكن هل يُمكِنُ أن تَنْتَقِلَ الإلكتروناتُ 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

صفيحةُ نحاسٍ صغيرةٍ، صفيحةُ خارصينٍ صغيرةٍ، محاليلُ من كلٍّ من: 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 زجاجيٌّ على شكلِ حرف (U)، مِخبارٌ مدرَّجٌ، قِطَعٌ من القُطْنِ.

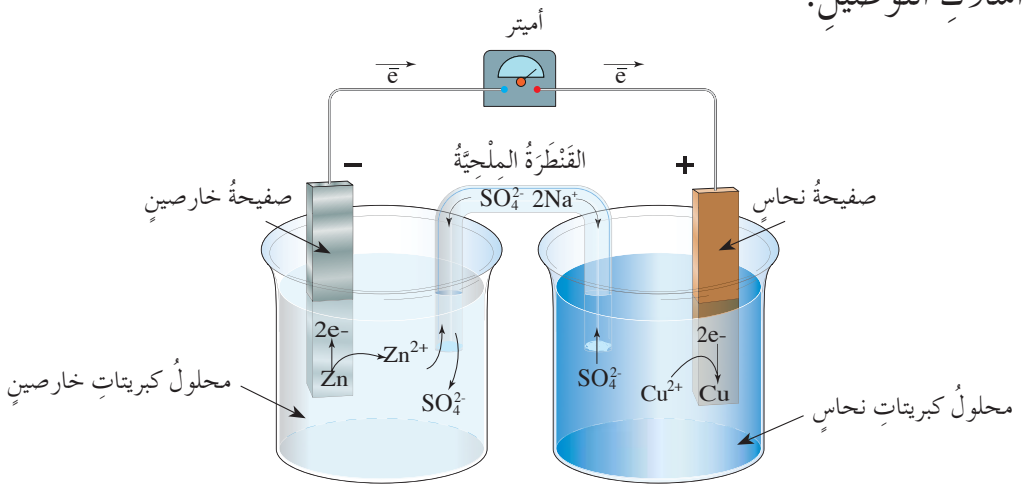
الخُطُواتُ

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– رَكّبِ الدَّارةَ الكهربائيَّةَ كما في الشكلِ، معَ مراعاةِ وَصْلِ صفيحةِ النّحاسِ بالمِقبسِ المُوجبِ (+) للأميترِ، وَوَصْلِ صفيحةِ الخارصينِ بالمقبسِ السالبِ (–) للأميترِ بواسطةِ أسلاكِ التوصيلِ.



الخليّةُ الغِلْفَانِيَّةُ

٥- راقبْ حركةَ مؤشرِ الأَميتَرِ، ماذا تلاحِظُ؟ وما السببُ في حركةِ مؤشرِ الأميترِ؟

- بالرجوعِ إلى سلسلةِ نشاطِ الفِلزّاتِ 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 في هذه الحالة) إلى القطبِ الذي تحدثُ عليه عمليةُ الاختزالِ ويُسَمَّى المَهْبِطَ (وهو النّحاسُ في هذه الحالة)، وحتى تكتملَ الدّارةُ الكهربائيَّةُ فإنَّ الأيوناتِ المُوجبَةَ تتحركُ من الوِعاءِ الذي تحدثُ فيه عمليّةُ التأكسدِ إلى الوعاءِ الذي تَحدثُ فيه عمليةُ الاختزالِ عبرَ القنطرةِ الملحية، 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 أكثَر إلى الخلايا الغِلفانيّةِ ادرسِ المثالَ الآتِيَ:

المثالُ (١)

تَـمّ تركيبُ خليةٍ غلفانيّةٍ قُطباها من الرّصاصِ Pb والألمنيومِ Al، وتحتوي على محلولَي نتراتِ الألمنيومِ $Al(NO_3)_3$ ونتراتِ الرَّصاصِ $Pb(NO_3)_2$ 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 الخليّةِ.

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 الخليّةِ.

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:

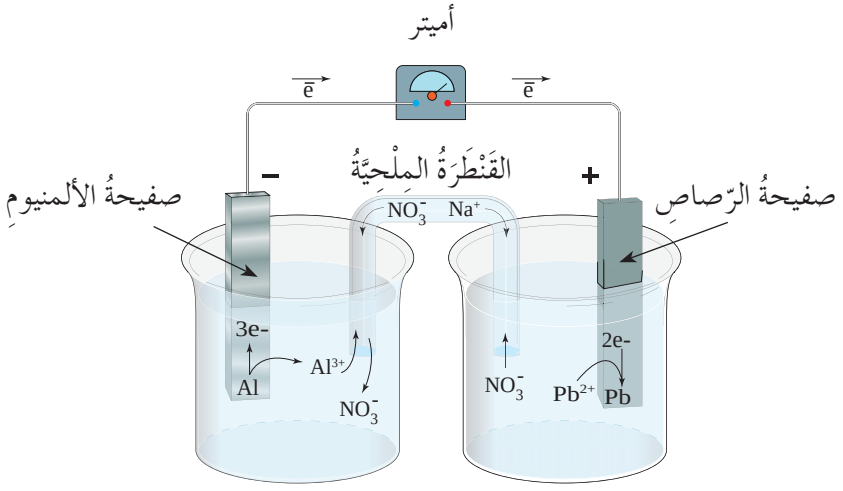
$2Al_{(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6e^-$

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

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

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

لاحظْ أنَّنا استخدمْنا صفيحةً مِنَ الفلزِّ 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 الأسئلةِ الآتيةِ:

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 النشــاطِ الســابقِ أنّه عندَ إغلاقِ الدّارةِ الكهربائيَّةِ في الخليّــةِ الغِلْفانيّةِ يتولّدُ فيها تيارٌ كهربائيٌّ، ممّا يشيرُ إلى وجودِ فَرْقِ جُهْدٍ كهربائيٍّ بينَ القطبَينِ. وَيعتمِدُ هذا الفَرْقُ في الجُهدِ على نشــاطِ الفلزَّينِ المســتخدمَينِ في بناءِ الخليةِ. فكيفَ يؤثرُ الفَرْقُ في نشــاطِ الفلزّاتِ في فَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ للخليةِ؟ لتعرفَ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٣–٢).

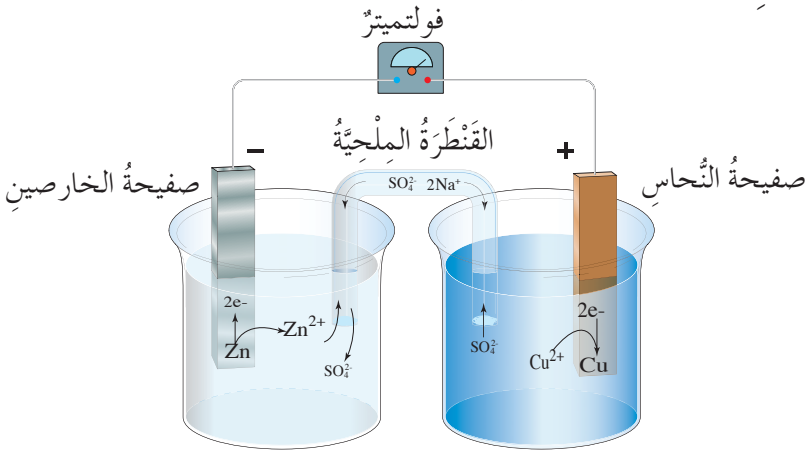
النشاطُ (٣–٢): أزواجُ العناصرِ المختلفةِ تُعطي فروقَ جُهْدٍ كهربائيّةٍ مُختلفةٍ

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ

عدةُ صــفائحَ صــغيرةٍ من النّحاسِ Cu، والخارصينِ Zn، والرّصــاصِ Pb، والحديدِ Fe، كأسٌ زجاجيةٌ ٢٥٠ مل (عدد ٢)، فولتميترٌ، أســلاكُ توصــيلٍ، محاليلُ بتركيزِ ١مول/لتر من كبريتاتِ النّحاسِ $CuSO_4$، وكبريتاتِ الخارصــينِ $ZnSO_4$، وكبريتاتِ الرّصــاصِ $PbSO_4$، وكبريتاتِ الحديدِ $FeSO_4$، وكبريتاتِ الصــوديومِ Na_2SO_4، نظّاراتٌ واقيةٌ، أنبوبٌ زجاجيٌّ على شــكلِ حرفِ (U)، قِطَعٌ من القُطْنِ.

الخُطُواتُ

١- كَوّنِ الخليّةَ الغِلفانيّةَ المُبيَّنةَ في الشكلِ باستخدامِ صفيحةِ النّحاسِ Cu، ومحلولِ كبريتاتِ النّحاسِ $CuSO_4$، وصفيحةِ الخارصينِ Zn، ومحلولِ كبريتاتِ الخارصينِ $ZnSO_4$، ومحلولِ كبريتاتِ الصوديومِ Na_2SO_4 للقنطرةِ الملحيّةِ.



خليّةُ خارصينٍ ـ نُحاسٍ

٢- راقبِ الخليةَ جيِّدًا، 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 إحدى الصفائحِ الأخرى ومحلولِ ملحِها في كلِّ مرّةٍ معَ بقاءِ 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 الغِلْفَانيّةَ 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. ماذا تلاحظُ؟
- ما العَلاقةُ بينَ موقِعِ الفلزَّينِ في 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

بالرجوعِ إلى مَنظومةِ التعلُّمِ الإلكترونيِّ (Eduwave) وباستخدامِ الاسمِ ورمزِ الدخولِ الخاصِّ بـك، ادخـلْ إلـى المناهجِ المُحوسـبةِ/ مَبْحَثِ الكيمياءِ/ للصـفِّ 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؟

يمكنُكَ إجراءُ هذا النشـاطِ باسـتخدامِ المواقعِ الإلكترونيّةِ ذاتِ العَلاقةِ، بالاستعانةِ بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ وهي:

فلاشُ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ، فلاشُ الخلايا الكهركيميائيةِ.

تطبيقاتُ الخلايا الغِلْفَانِيّةِ

تُعـدُّ البطاريـاتُ مـن الأمثلـةِ علـى الخلايـا الكهرُكيميائيّةِ التي يَحدُثُ فيها تفاعلاتُ تأكسـدٍ واختـزالٍ لتوليدِ فَرْقِ جُهْدٍ كهربائيٍّ، لإنتاجِ طاقةٍ كهربائيَّـةٍ ذاتِ اسـتخداماتٍ واسـعةٍ فـي حياتِنا العمليّةِ. ويكفي لعملِ بَطَّارِيّةٍ توافرُ فلزَّينِ مختلفَينِ فـي قابليَّتِهما لِفَقْـدِ الإلكتروناتِ، بالإضـافةِ إلى توفيـرِ محلولٍ لمـادَّةٍ مُوصِـلةٍ للتّيـارِ الكهربائيِّ (محلـولٍ كَهْرُليٍّ)، وقدْ يكونُ هذا المحلولُ مادَّةً طبيعيَّةً أو مادَّةً صـناعيَّةً، وقدْ عرفْتَ سـابقًا 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

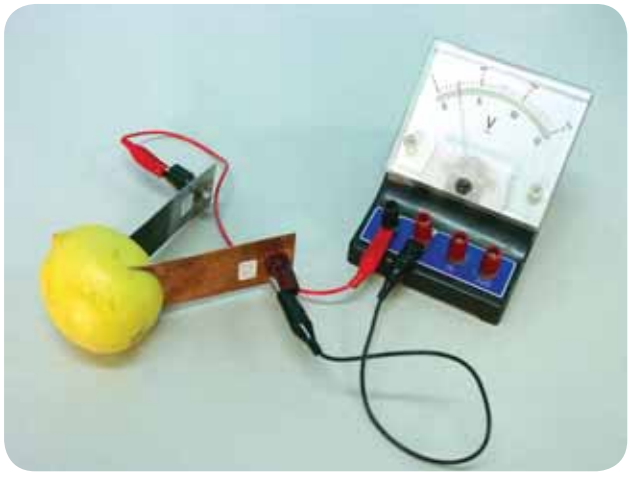
الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ

حَبّةُ ليمونٍ، صـفيحةٌ من الخارصـينِ Zn، صفيحةٌ منَ النّحاسِ Cu، فولتميترٌ، أسلاكُ توصيلٍ، مَشابكُ.

الخُطُواتُ

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

٢– اربطِ الصـفيحتَينِ بالفُوْلتميترِ بوساطةِ أسـلاكِ التوصيلِ والمشـابكِ كما في الشَّكلِ.

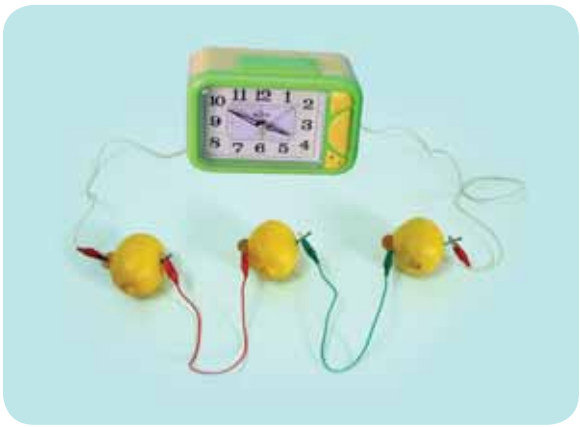


خليّةُ اللَّيمونِ.

٣- أَدخِلِ 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 بطاريّةٍ مكوَّنةٍ من عددٍ من حباتِ اللّيمونِ في تشغيلِ ساعةِ مُنبِّهٍ.

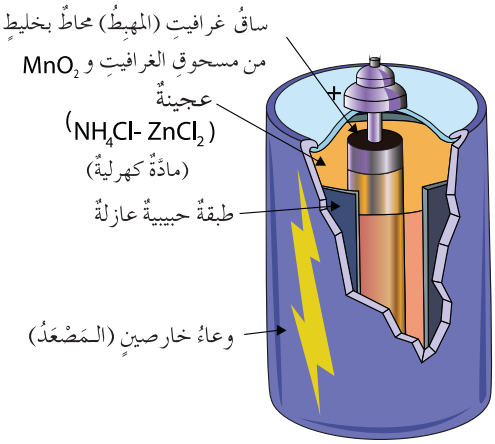
تعطي خليةُ اللّيمونِ فَرْقَ جُهْدٍ كهربائيٍّ بسيطٍ، لا تتجاوزُ قيمَتُه فولتًا واحدًا؛ لذا لا يمكنُ استخدامُها في إضاءةِ مصباحٍ كهربائيٍّ، لكنْ يمكنُ استخدامُها في تشغيلِ ساعةٍ وذلكَ بإزالةِ البَطّاريّةِ منها ووصلِها بأقطابِ بَطّاريّةِ اللّيمونِ؛ فكميّةُ الطاقةِ الكهربائيّةِ اللازمةِ لتشغيلِ الساعةِ تكونُ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

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 البَطّاريّةُ الجافّةُ وبَطّاريّةُ 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 ببَطّاريّةِ (الغرافيتِ و الخارصينِ). فَمِمَّ تَتكوّنُ هذهِ البَطّاريّةُ وكيفَ تعملُ؟

للتّعرّفِ 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 ساقٍ 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–عجينةٍ 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 $2NH^+_{4(aq)} + 2MnO_{2(s)} + 2e^- \longrightarrow Mn_2O_{3(s)} + H_2O_{(l)} + 2NH_{3(aq)}$

ويتميَّزُ هذا النوعُ من البطارياتِ بأنَّهُ يُعطِي فَرْقَ جُهْدٍ بحدودِ ١,٥ فولتٍ، ولكنْ فَرْقَ الجُهْدِ هذا يتناقصُ معَ استعمالِ البَطَّارِيّةِ لذا عمُرُها قصيرٌ نسبيا إذا ما قورِنَتْ 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

نتيجةً لعيوبِ بَطَّارِيّةِ (الغرافيتِ والخارصينِ)، تمّ تطويرُ نوعٍ آخرَ من البطارياتِ هي الخلايا القاعِديَّةُ (Alkaline Cells). ابحثْ عنْ هذا النّوعِ مِنَ البطارياتِ، واكتبْ تقريرًا عنها مُوضِحًا مكوناتِها، والتفاعلاتِ الحادثةَ فيها، ومُميّزاتِها الّتي جعَلَتْها تتفوَّقُ على غَيرِها، مُستخدِمًا المواقعَ الإلكترونيةَ ذاتَ العَلاقةِ.

ويُمْكِنُكَ الاستعانةُ بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ للبحثِ في مواقعَ أخرى:

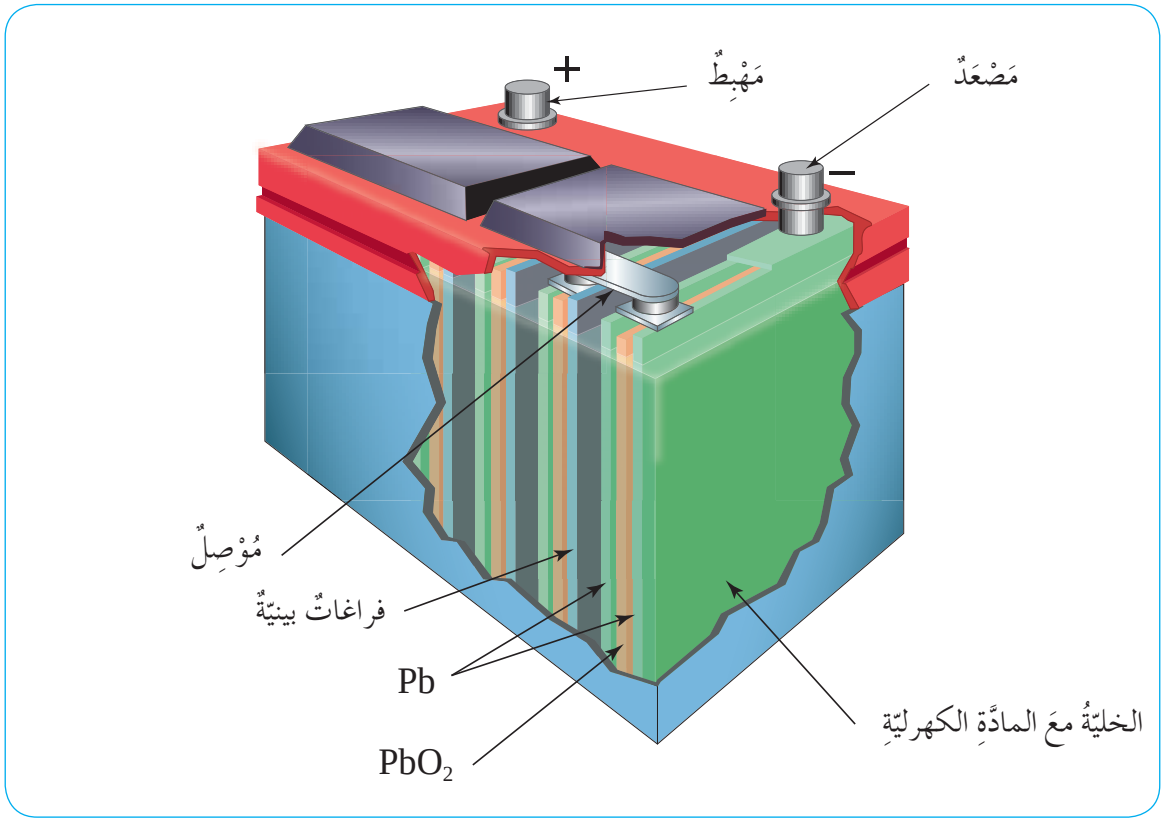
الخلايا الكهركيميائيةِ، البطارياتِ، البطارياتِ الجافَّةِ.

٢- بَطَّارِيَّةُ المَرْكَمِ الرّصَاصِيِّ: (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 محلولًا كهرليًّا. ويمكنُ تمثيلُ التفاعلِ الكُليِّ الحاصلِ في هذهِ البَطَّارِيّةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

وتعطي بَطَّارِيّةُ السَّيارةِ فَرْقَ جُهْدٍ يصلُ إلى نحو ١٢ فولتًا، وذلكَ لتعدُّدِ الخلايا الّتي فيها؛ حيث يصل عددُها إلى ٦ خلايا، كما تتميّزُ هذه البَطَّارِيّةُ بإمكانيةِ إعادةِ شَحْنِها؛ بإعطائها طاقةً كهربائيَّةً تعكسُ التفاعلَ الّذي يحدثُ فيها؛ مِمّا يُعطيها عمرًا 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 جدولًا 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 الغِلْفَانيّةِ وأهميتِها في إنتاجِ الكهرباءِ، فهل لمُخلَّفاتِ هذه الخلايا آثارٍ سلبيةٍ 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 مثل الزِّئبقِ والرّصاصِ، والكادميومِ والليثيومِ والخارصينِ والنيكلِ، والمنغنيزِ.

الشّكلُ (٣–٧): بَطَّارِيَاتٌ مُستهلَكةٌ.

ويتمُّ التخلصُ منها بحرقِها في مَكَبّاتِ النُّفاياتِ، ممّا يؤدى 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 المُكَوِّنَةَ 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 البَطَّارِيّةِ عندَ تعرُّضِها للحَرْقِ والتسخينِ. وقد وَضَعَتِ

العديدُ من الدّولِ قوانينَ تُنظِّمُ عملياتِ التخلُّصِ من هذهِ البطارياتِ للحدِّ من آثارِ التلوُّثِ التي تَنجمُ عنها.

ويتمُّ عادةً التخلُّصُ من هذهِ البطارياتِ بدفنِها في حُفَرٍ خاصَّةٍ، إلّا أنَّ هذهِ الطريقةَ ليستْ آمنةً بسببِ تَسَرُّبِ مُكوِّناتِ هذهِ البطارياتِ معَ الماءِ إلى المياهِ الجوفيةِ. وأصبحَ مؤخرًا يتمُّ بيعُ هذهِ البطارياتِ إلى مصنعِ المنشأ لإعادةِ تدويرِها. وفي بعضِ الدولِ مثل الأُرْدُنِّ، تُباعُ البَطّارِيّةُ الجديدةُ للسيارةِ شريطةَ تسليمِ البَطّارِيّةِ التّالفةِ.

سادسًا خلايا التحليلِ الكهربائيِّ

عرفْتَ فيما سَبَقَ أنَّه يُمْكِنُ إنتاجُ تيارٍ كهربائيٍّ من تفاعلاتِ التأكسُدِ والاختزالِ التي تحدثُ في الخلايا 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 في الماءِ إلى أيوناتٍ مُوجبةٍ وأُخرى سالبةٍ، وعندَ إمرارِ تيارٍ كهربائيٍّ في محلولِ مادةٍ كهرليةٍ فإنّ هذهِ 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

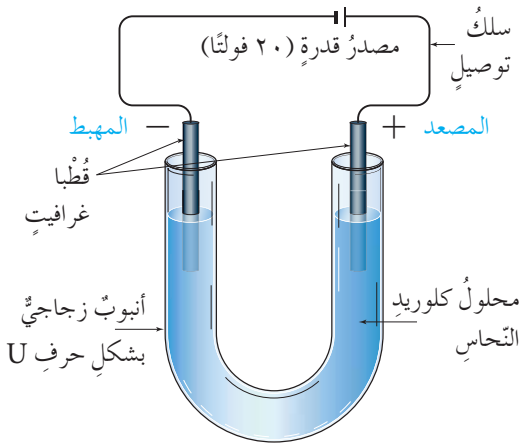
جهازُ تحليلٍ كهربائيٍّ كما هو مُوضَّحٌ في الشَّكلِ، محلولُ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$

الخُطُواتُ

١– ركّبْ جهازَ التحليلِ الكهربائيِّ كما في الشكلِ الموضَّحِ في الصفحةِ التاليةِ.

٢– شَغّلِ الجهازَ لمدةِ خمسِ دقائقَ تقريبًا. ولاحظْ ما يحدثُ عندَ كلِّ قُطْبٍ، ثم دوّنْ 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) وَفقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

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

وبهذا فإنّه يمكنُنا الحصولُ على العنصرينِ الأَوَّليَّينِ 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 المُوجبِ وتأكسدِها، وأمّا الأيوناتُ الموجبةُ فتتحركُ نحوَ القطبِ السالبِ وتُختزَلُ. لاحظْ أنَّ شُحنةَ الأقطابِ في خليةِ التحليلِ الكهربائيِّ عكسُ شُحنتِها في الخليةِ الغِلْفَانِيّةِ؛ وذلك بسببِ وجودِ مصدرٍ خارجيٍّ لفَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيِّ.

سؤالٌ

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

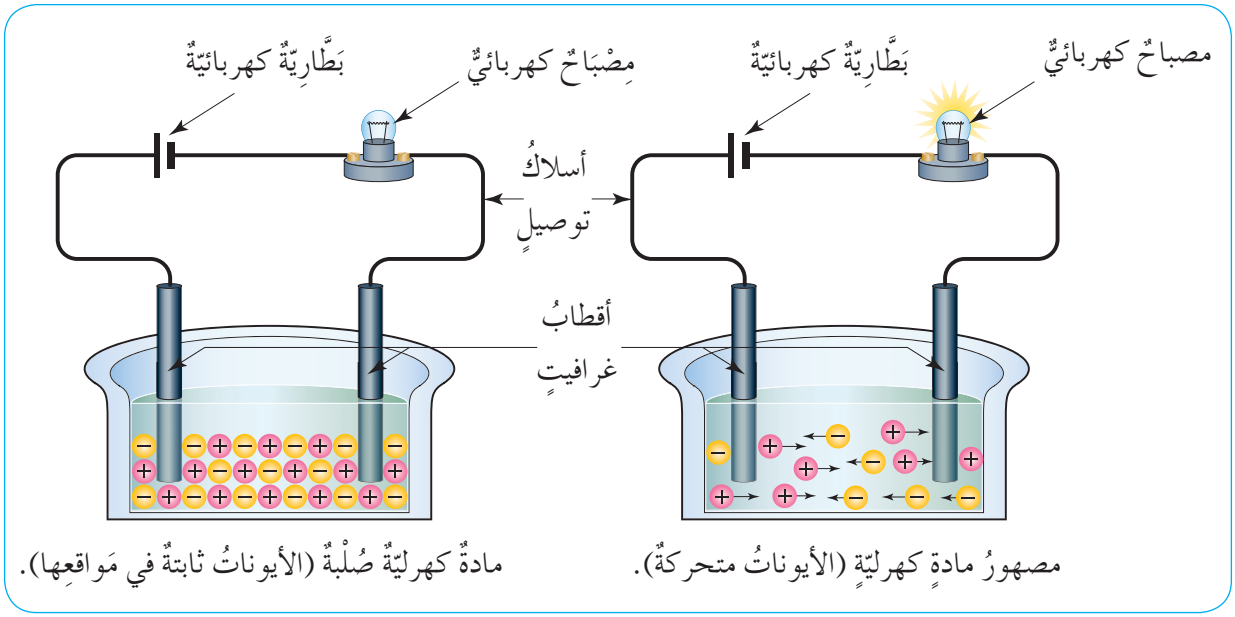
٢– عندَ إجراءِ تحليلٍ كهربائيٍّ لمحلولِ بروميدِ النيكل $NiBr_2$. أجبْ عمّا يلي:

- 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؟

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

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

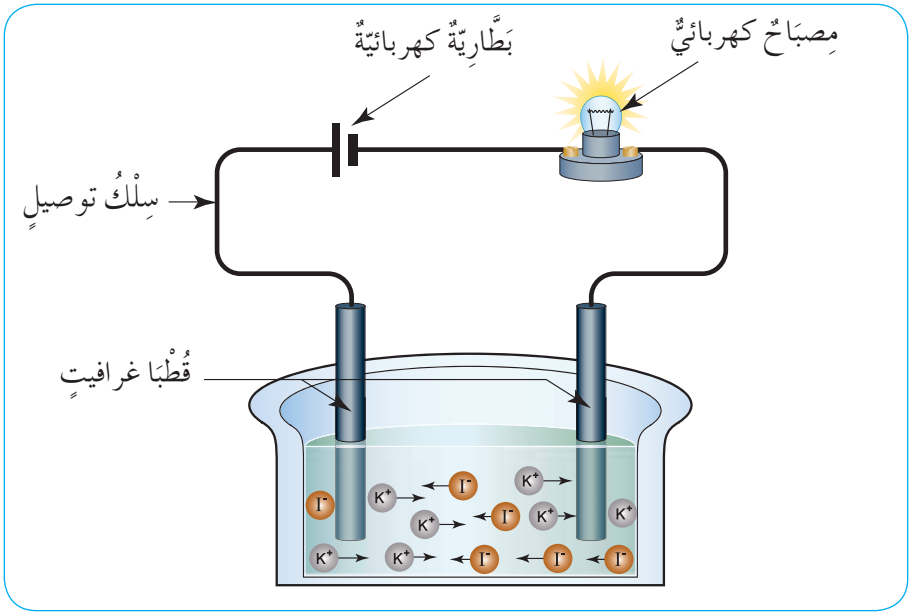
- أيُّ الشكلَينِ يحتوي علىْ أيوناتٍ حُرةِ الحركةِ؟ وأيُّها تَكُوْنُ الأيوناتُ فيه مُقيَّدةَ الحركةِ؟
- فيْ أيِّ الحالتَينِ يُضيءُ المِصْبَاحُ؟
- كيفَ يُوْصِلُ المصهورُ التيارَ الكهربائيَّ؟



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

لعلكَ لاحظْتَ من الشكلِ أنَّ صهرَ المادّةِ الكهرليّةِ يجعلُ أيوناتِها قابلةً للحركةِ، وعندَ سريانِ تيارٍ كهربائيٍّ في مصهورِ مادةٍ كهرليةٍ فإنَّ الأيوناتِ السالبةَ تتحركُ نحوَ المَصْعَدِ وتتأكسَدُ، والأيوناتِ الموجبَةَ تتحركُ نحوَ المَهبِطِ وتُخْتزَلُ، 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 أيونيةٍ (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.
- هلْ 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 ؟ مَا 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 $CaCl_2$.

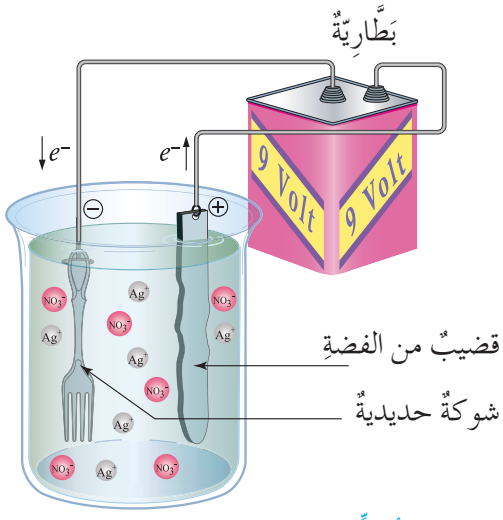
سابعًا الطِّلاءُ الكهربائيُّ

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 تُوصَـلُ بالقطبِ 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 من الحديدِ بطبقةٍ من الخارصـينِ، فأجبْ عنِ الأسـئلةِ الآتيةِ في ضَـوءِ دراستِكَ لهذهِ العمليّةِ:

١– اقترح محلولًا مِلْحيًّا يمكنُ استخدامُه في خليّةِ الطِّلاءِ الكهربائيِّ.

٢– أيُّهما يُشكِّلُ المَصْعَدَ: الحديدُ أم الخارصينُ؟

٣– اكتبِ التفاعلاتِ الّتي تحدثُ عندَ كلِّ قطبٍ.

قضيةٌ للبحثِ

يُسـتخدمُ التحليـلُ الكهربائـيُّ لتنظيفِ الكثيرِ مِنَ الأجسـامِ مِـنَ العوالقِ الأيونيَّةِ، وخصوصًـا الأَتْرِيَّاتِ والأجسـامَ 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 الفلزّاتِ منْ خاماتِها Extraction of Metals

يصعبُ تصوُّرُ الحياةِ المعاصرةِ خاليَةً من الفلزّاتِ المألوفةِ، مثلَ الحديدِ 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 مَطْلَبًا حياتيًّا رئيسًا، ويُطلَقُ مصْطَلَحُ الخَامِ على الصخرِ الّذي يحوي على كميّةٍ كافيةٍ منْ مركباتِ الفلزِّ تجعلُ استخلاصَه مُجدياً من الناحيةِ الاقتصاديّةِ. ويُبيّنُ الشّكلُ (٣–١١) بعضَ خامَاتِ الفلزّاتِ.

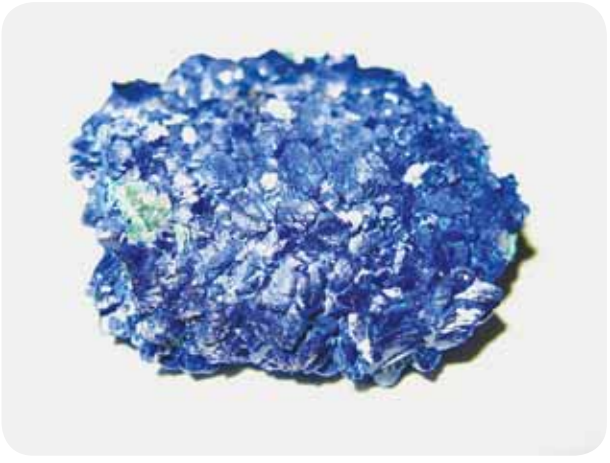
أكسيدُ الألمنيومِ المائيُّ (البُوْكسيتُ)

$A1_2O_3.nH_2O$

أكسيدُ الحديدِ المغناطيسيُّ (الماغنييتُ)

Fe_3O_4

ذَهَبٌ حُرٌّ + كوارتز



أزوريتُ $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$

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

ومن الطرائقِ المُهمَّةِ لاستخلاصِ الفلزّاتِ منْ خامَاتِها، اختزالُ أيوناتِ الفلزِّ المُرادِ استخلاصُه بواسطةِ ذراتِ فلزٍّ أنشطَ منه، ويُشترطُ أنْ يكونَ الفلزُّ الأنشطُ أقلَّ ثمنًا من الفلزِّ المرادِ استخلاصُه حتى تكونَ العمليّةُ مُجْدِيَةً اقتصاديًّا. وقد استخدِمَ الكَربونُ في استخلاصِ الفلزّاتِ من خاماتِها، إذْ يُمكِنُ إدراجُه في سلسلةِ النشاطِ بينَ الألمنيومِ والخارصينِ، ويُستخدَمُ في استخلاصِ الفلزّاتِ الأقلِّ نشاطاً منه مثل الخارصينِ والقصديرِ والرّصاصِ والنّحاسِ، فمثلًا: 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 النَّشِطَةَ مثل الصوديومِ والليثيومِ والألمنيومِ، فمثلًا: يُستخلصُ الألمنيومُ بالتحليلِ الكهربائيِّ لمصهورِ أُكسيدِهِ 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 صُوديومٌ لِيثيومٌ كَالسيومٌ مِغنيسيومٌ	التحليلُ الكهربائيُّ لمصاهيرَ أملاحُها مثلُ الكلوريدَاتِ.
ألمنيومٌ	التحليلُ الكهربائيُّ لمصهورِ أكسيدِهِ.

أسئلةُ الوحْدَةِ

١- وضّحِ المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:

التأكسدِ، الاختزالِ، التفاعُلِ الكهرُكيميائيِّ، الخليةِ الكهرُكيميائيةِ، المَصْهُورِ، 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) التفاعلُ الّذي يحدثُ على القطبِ الموجبِ في خليةِ الطِّلاءِ الكهربائيِّ 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. أَرادت 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 مبيِّنًا لها ما يلي:

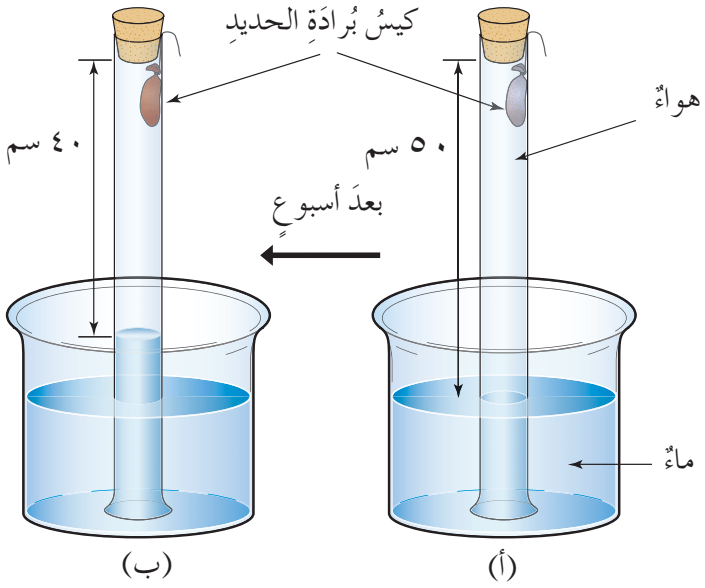
أ – المحلولَ الملحيَّ الذي يمكِن استخدامُه في خليةِ الطلاءِ الكهربائيِّ.

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.

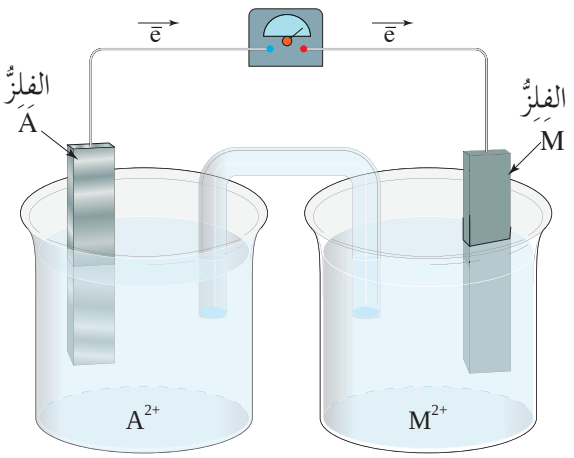
٥–أيُّ التفاعلاتِ الآتيةِ تُمَثّلُ تفاعلَ تأكسدٍ واختزالٍ؟ فَسّرْ إجابَتك.

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

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

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

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



الشّكلُ (٣–١٣): خليّةٌ كهرُكيميائيّةٌ.

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 الفلِزَّينِ (M،A) هُوَ الأكثرُ نشاطًا وَفْقَ سلسلةِ النّشاطِ الكيميائيِّ؟

٧– فسّرْ كلاًّ 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 داخَلَ الأجهزةِ.

٨ – تُعتبـرُ البَطَّارياتُ والمَرَاْكِمُ الرَّصاصِـيّةُ المسـتهلَكةُ التي تُلْقَى في مَكَـبِّ النُّفَاياتِ قنابلَ بيئيَّةٍ مَوقوتةٍ. اقترحْ بعضَ الطُّرقِ للتخلُّصِ مِنَ البطارياتِ والمَرَاكِمِ الرَّصَاصِـيَّةِ المستهلَكةِ، والتقليلِ من أخطارِها على البيئةِ.

٩– قـامَ طالـبٌ بتركيـبِ خليّةٍ غِلفانيّةٍ مُسـتخدِمًا قُطْبًا من النّحاسِ Cu ومحلـولَ كلوريدِ النّحاسِ $CuCl_2$، وقطبًا من الألمنيومِ Al ومحلولِ كلوريدِ الألمنيومِ $AlCl_3$، ومحلولَ كلوريدِ الصوديومِ NaCl للقنطرةِ الملْحِيَّةِ. اعتمادًا على معرفتِك بموقعِ العنصـرَينِ في سلسـلةِ 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 التفاعُل 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– الشكلُ (٣–١٤) يُبيّنُ تركيبَ خليةٍ كهركيميائيةٍ، ادرسِ الشَّكلَ جيِّدًا، ثم أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ المتعلقةِ بهِ:

أ – ما نوعُ الخليةِ الكهرُكيميائيةِ في هذا الشَّكلِ؟

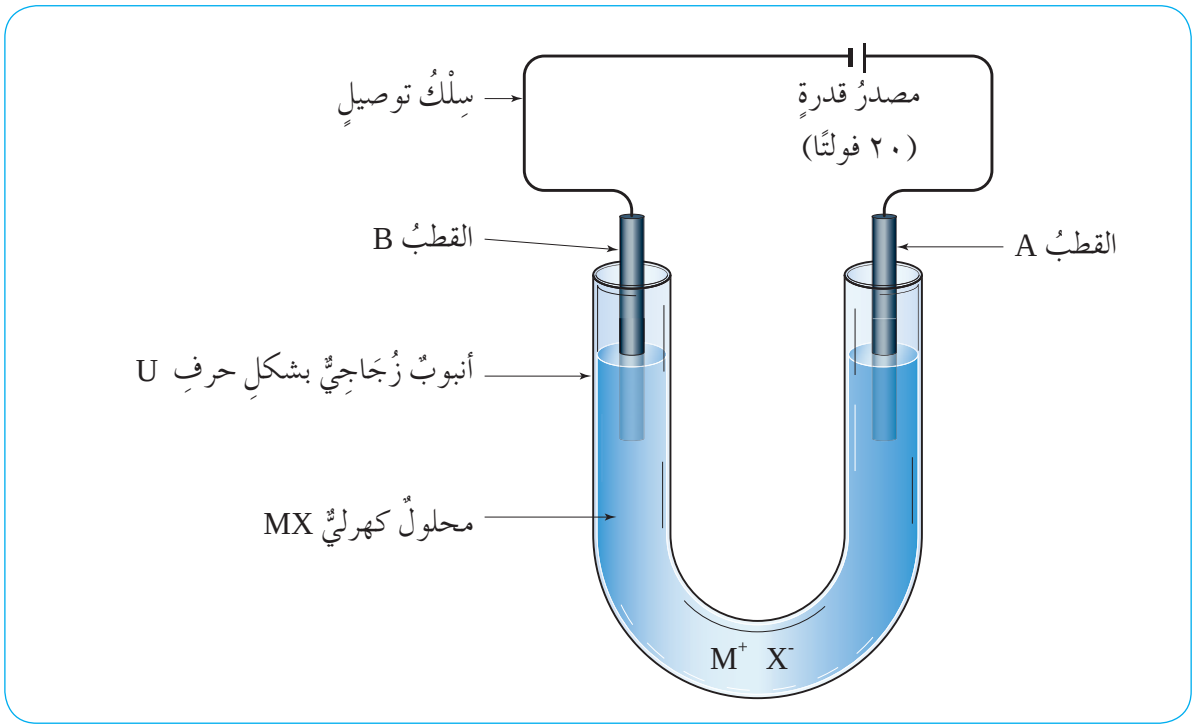
ب– أيُّ القطبَينِ (A،B) يُمَثِّلُ المَصْعَدَ وأيُّهما يُمَثِّلُ المَهبِطَ؟

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 - شحْنَةُ 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.

الوحدةُ الرابعةُ

الحُمُوْضُ والقَوَاعِدُ

تُمثِّلُ الصـورةُ 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 حمْضِ السيتريكِ، والمَعِدَةُ تُفرزُ حمْضَ الهيدروكلوريكِ لهضمِ الطعامِ؛ وفيتامينُ (C)، أو ما يُعرفُ بفيتامين (ج)، المقاومُ للرَّشحِ هو حمْضُ الأسكوربيكِ، كما تدخلُ الحموضُ في الكثيرِ من الصناعاتِ الكيميائيَّةِ؛ فحمْضُ 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 أَبرزُ صفاتِ كلٍّ مِنْهُما؟

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

- تُعَرِّفَ المفاهيمَ الآتيةَ: الحمْضَ، القاعدةَ، الكاشفَ، قوةَ الحمْضِ 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 الحمْضِ أو القاعدةِ باستخدامِ الكاشفِ العامِّ والتوصيلِ الكهربائيِّ.
- تُمثِّلَ تفاعلاتٍ بسيطةً بينَ الحمْضِ والقاعدةِ بمعادلاتٍ أيونيَّةٍ موزونةٍ.
- تتعرفَ طرائقَ تحضيرِ بعضِ الحُموضِ والقواعدِ في الصناعةِ مثلِ: حمْضِ الفسفوريكِ، والأمُونيا، وحمْضِ الكبريتيكِ، وهيدروكسيدِ الصوديومِ.
- تُقدِّرَ أهميةَ الحُموضِ والقواعدِ في حياتِنا.
- تبحثَ في أثرِ بعضِ الصناعاتِ الكيميائيةِ المرتبطةِ بالحموضِ والقواعدِ في البيئةِ.
- تَعْرِفَ المطرَ الحمْضِيَّ، وتَبْحَثَ أثرَه على البيئةِ.
- تُقدِّرَ أهميةَ المحافظةِ على البيئةِ مِنَ التلوثِ.

أولًا الحُمُوضُ

تتميزُ الحُموضُ (Acids) بطعمِها الحامضِ (الطَّعم اللّاذِع)، ولعلَّ ذلك هو مصدرُ اسمِها، فكثيرٌ مِنَ الموادِّ الغذائيّةِ الّتي نتناولُها أو نستخدمُها في طعامِنا، مثلَ الخَلِّ، وعصيرِ اللّيمونِ، والبرتقالِ، واللَّبنِ لها طعمٌ حمْضِيٌّ؛ 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 سِماتها وخواصِّها التركيبيّةِ وليس إلى طعمِها أوْ مذاقِها، لأنَّ معظمَها لا يجوزُ تذوقُه إطلاقًا.

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

الحَمْضُ	بعضُ الموادِّ التي تحتوي على الحَمْضِ
حمْضُ السيتريكِ	الحمْضِياتُ
حمْضُ الأسيتيكِ	الخَلُّ
حمْضُ الكربونيكِ	المشروباتُ الغازيّةُ
حمْضُ الأسكوربيكِ (فيتامينُ ج)	اللّيمونُ والحَمْضِياتُ
حمْضُ الكبريتيكِ	بطّارياتُ السياراتِ
حمْضُ الهيدروكلوريكِ	عُصارةُ المعدةِ
حمْضُ 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 الصفاتُ؟ لمعرفةِ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٤–١).

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

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ

محاليلُ بتركيزِ (١,٠ مول/لتر) مِنْ كُلٍّ مِنْ: حمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، وحمْضِ النيتريكِ HNO_3، وحمْضِ الأسيتيكِ CH_3COOH، كأسٌ زجاجيةٌ سَعَتُها ٢٠٠ مل، بَطَّارِيّةٌ (٩فولتٍ)، قُطبانِ من الغرافيتِ ، مِصْبَاحٌ كهربائيٌّ صغيرٌ معَ قاعدتِه، أسلاكُ توصيلٍ، نظّارةٌ واقيةٌ، قَفَّازاتٌ.

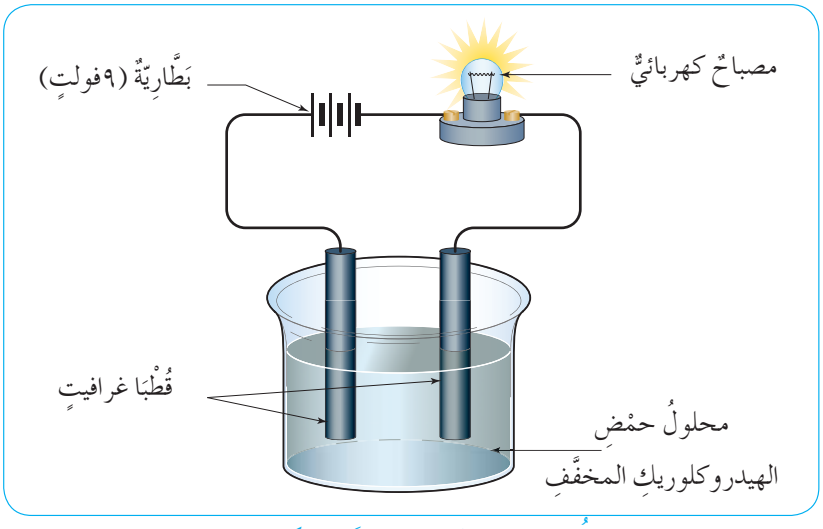
الخُطُواتُ

١– ضعْ ١٠٠ مل مِنْ مَحلُولِ حمْضِ 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 جيّدًا بالماءِ للتخلُّصِ من أيَّةِ آثارٍ للحمْضِ.

٣–كَرّرِ التجربةَ مُستخدِمًا محلولَ حمْضِ النيتريكِ المخفَّفِ مرةً، ومحلولَ حمْضِ 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 موادُّ كهرليّةٌ تتأيَّنُ عندَ إذابتِها في الماءِ، وينتجُ عندَ تأيُّنِها أيوناتُ الهيدروجينِ (H^+) وأيوناتٌ أُخرى سالبةٌ تختلفُ باختلافِ الحمْضِ؛ ممَّا يجعلُ محاليلَها المائيّةَ مُوْصِلةً للتَّيارِ الكهربائيِّ.

ويُمكِنُ تمثيلُ معادلةِ تأيُّنِ حمْضِ الهيدروكلوريكِ في الماءِ بالمعادلةِ:

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

٢- قُوَّةُ الحُمُوْضِ

يُوْصَفُ الحمْضُ بأنَّهُ قويٌّ أو ضعيفٌ اعتمادًا على درجةِ تأيُّنِهِ في الماءِ، فإذا كان الحمْضُ قويًّا، كما هُوَ الحالُ في حمْضِ الهيدروكلوريكِ، فإنّ مُعْظَمَ جزيئاتِهِ تَتَأيَّنُ عندَ إذابتِهِ في الماءِ؛ ممّا يُؤَدِّي إلى تَكَوُّنِ كميّةٍ كبيرةٍ نسبيًّا من أيوناتِ (H^+)، فتظهرُ الصفاتُ الحمْضيّةُ بشكلٍ قويٍّ، وتزدادُ درجةُ توصيلِ محلولِهِ للتيارِ الكهربائيِّ. وأمَّا إذا كان الحمْضُ ضعيفًا، مثلَ حمْضِ الأسيتيكِ، فإنَّ نسبةً قليلةً جدًّا منْ جزيئاتِهِ تتأيَّنُ، ويتبقى الجزءُ الأكبرُ من الجزيئاتِ دونَ تأيُّنٍ، ولا ينتجُ إلا كمياتٌ قليلةٌ جدًّا من أيوناتِ (H^+) في الماءِ، فتضعفُ الصفاتُ الحمْضيَّةُ للمحلولِ، ويكونُ توصيلُ محلولِهِ للتيارِ الكهربائيِّ ضعيفًا.

ويُعدُّ كلٌّ منْ (HCl) و (HNO_3) حُموضًا قويّةً، وعندَ تأيُّنِها في الماءِ تُكْتَبُ معادلةُ التأيُّنِ بسهمٍ باتّجاهٍ واحدٍ (⟶)، بينما تُعَدُّ الحموضُ: (CH_3COOH و$HCOOH$ وH_2CO_3) حُمُوضًا 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 موادُّ أخرى يكونُ لمحاليلِها المائيَّةِ صفاتٌ حمْضيّةٌ 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 مُنتِجًا حمْضَ الكربونيكِ H_2CO_3 الّذي يتأيَّنُ جزئيًّا في الماءِ منتجًا أيوناتِ H^+ وHCO_3^- كما في المعادلةِ الآتيةِ:

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

لذا يُعَدُّ محلولُ CO_2 المائيِّ محلولًا حمْضِـيًّا على الرُّغْمِ مِنْ عَدَمِ وجودِ ذراتِ الهيدروجينِ في تركيبِهِ، وعندَ وَضْعِ قطرةٍ من هذا المحلولِ على ورقةِ تَبّاعِ شمسٍ زرقاءَ يتغيَّرُ لونُها إلى الأحمرِ.

سؤالٌ

يُعَدُّ محلولُ SO_2 المائيِّ محلولًا حمْضِيًّا. اكتبْ معادلاتٍ كيميائيّةً تفسرُ ذلكَ.

وبشـكلٍ عامٍّ، تكونُ المحاليلُ المائيّةُ لأكاسـيدِ اللّافلزّاتِ حمْضِـيّةً. وبناءً على ما سَـبقَ يمكنُ تعريفُ الحمْضِ 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 شخصًا يستخدمُ الجيرَ المطفَأَ (هيدروكسيدَ الكالسيومِ) لطلاءِ سِـيقانِ الأشـجارِ 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

تتشـابهُ القواعدُ في الكثيرِ من صـفاتِها، فهي تُغَيِّرُ لونَ ورقةِ تَبّاعِ الشـمسِ الحمراءِ إلى اللونِ الأزرقِ. كما تَتَّصِفُ بطعْمِها المُرِّ ومَلْمَسِها النّاعِمِ مثلَ الصّابونِ، ولا يجوز تذوُّقُها؛ لأنَّها كاويةٌ للّجلـدِ، ولكنْ، هل تُوْصِـلُ محاليلُ القواعدِ التّيارَ الكهربائيَّ كما تُوْصِـلُه محاليلُ الحُمُوضِ؟ تَعَرَّفْ إلى ذلكَ بنفسِكَ من خلالِ تنفيذِ النشاطِ (٤–٢).

النشاطُ (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، محاليلُ بتركيزِ (٠,١ مول/لتر) من: هيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، وهيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH، والأمونيا NH_3.

الخُطُواتُ

١- ضَعْ ١٠٠ مل منْ محلولِ هيدروكسيدِ 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.

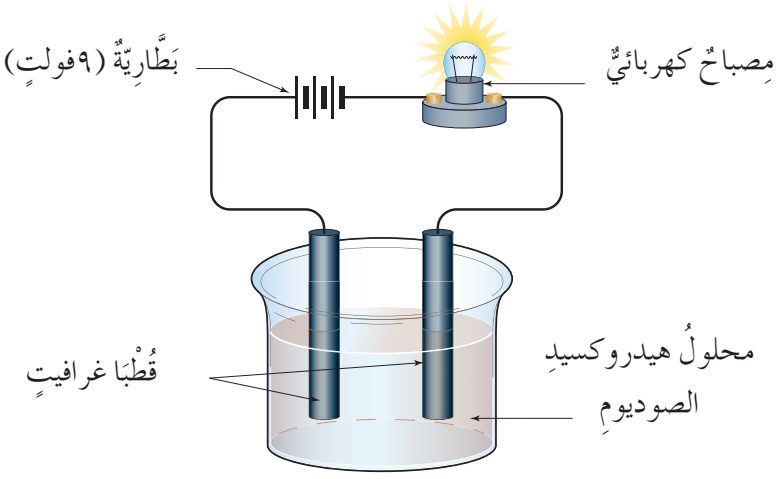
أ - علامَ يدُلُّ توصيلُ محلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ لِلتَّيارِ الكهربائيِّ؟

ب- اكتبْ معادلةً كيميائيّةً تُوضِحُ ذلكَ.

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

٤- كَرّرِ التجربةَ مُستخدِمًا 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

لعلكَ توصَّلْتَ إلى أنَّ محاليلَ القواعدِ تتأيَّنُ عندَ إذابتِها في الماءِ، ويَنْتِجُ عنها أيوناتُ (OH^-) السالبةُ وأيوناتٌ أخرى مُوجبةٌ؛ ممّا يجعلُ محاليلَها مُوْصِلةً للتَّيارِ الكهربائيِّ. ويمكِنُ تمثيلُ تأيُّنِ هيدروكسيدِ الصوديومِ في الماءِ بالمعادلةِ الآتية:

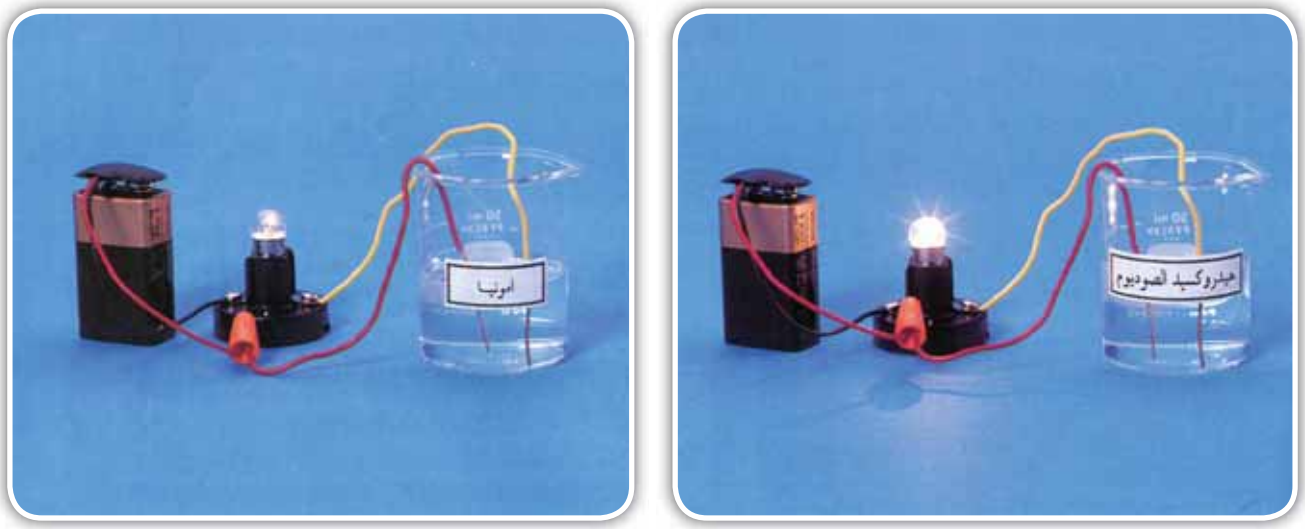
$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

٢- قُوَّةُ القواعدِ

تُوْصَفُ القاعدةُ بأنَّها قويّةٌ أو ضعيفةٌ اعتمادًا على درجةِ تأيُّنِها في الماءِ، فإذا كانَتْ قويّةً -كما هو الحالُ في هيدروكسيدِ الصوديومِ- فإنَّ معظمَها يتأيَّنُ عندَ إذابتِها في الماءِ؛ مِمّا يُؤَدِّي إلى تَكوُّنِ كميّةٍ كبيرةٍ نسبيًّا مِنْ أيوناتِ (OH^-)، فتظهرُ الصفاتُ القاعديّةُ بشكلٍ قويٍّ، وتزدادُ درجةُ توصيلِ محلولِها للتّيارِ الكهربائيِّ.

أمَّا إذا كانت القاعدةُ ضعيفةً -كما في محلولِ الأَمُونيا- فإنَّ نسبةً قليلةً جدًّا من جزيئاتِه تتأيَّنُ، ويتبقى الجزءُ الأكبرُ من الجزيئاتِ دونَ تأيُّنٍ، ولا يَنتِجُ إلا كميّاتٌ قليلةٌ جدًّا من أيوناتِ (OH^-) في الماءِ، فتضعفُ الصفاتُ القاعديّةُ، ويكونُ توصيلُ محلولِهِ للتَّيارِ الكهربائيِّ ضعيفًا، 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.

وتُعَدُّ كلٌّ مِنْ (NaOH) و (KOH) قواعدَ قويّةً، تتأيَّنُ كليًّا في الماءِ؛ لذلكَ تُكْتَبُ معادلةُ التأيُّنِ بسهمٍ باتّجاهٍ واحدٍ (⟶)، بينَما 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 الناتجُ عندَ تأيُّنِها في الماءِ؟

لعلّكَ استنتَجْتَ أنَّ محاليلَ القواعدِ السابقةِ تحتوي علىْ أيوناتِ (OH^-)، ولهذا يمكنُ تعريفُ القاعدةِ بأنَّها «**مادةٌ تذوبُ في الماءِ وينتجُ 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 تَفَاعُلُ 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 المُلوَّنةِ الّتي على الورقةِ، وتُسَمَّى هذه المادّةُ كاشفًا (Indicator)، فما الكاشفُ؟ وكيفَ يتأثّرُ بكلٍّ من الحمْضِ أو القاعدةِ ؟ للإجابةِ عنْ ذلكَ، نَفّذِ النشاطَ (٤–٣).

النشاط (٤-٣): الكواشفُ الطبيعيّةُ وتأثُّرُها بالحمْضِ والقاعدةِ

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ

ملفوفٌ أحمرُ، محلولُ حمْضِ 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)، موْقِدُ بِنْسنَ، 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- ارفَعِ الكأسَ عن النّارِ واتركْها لتبرُدَ، ثم افْصلِ المحلولَ عن ورقِ الملفوفِ، وضعْهُ في الكأسِ الزجاجيّةِ سَعَةَ ١٠٠ مل.

٤- خذْ خمسةَ 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 حمْضِ الهيدروكلوريكِ المخفَّفِ في أنبوبِ الاختبارِ الأوَّلِ، ثُمَّ رُجَّ الأنبوبَ جيداً للتأكُّدِ من امتزاجِ المادَّتَينِ معًا، لاحظْ تغيُّرَ لونِ المحلولِ. ما اللونُ الناتجُ؟ دوّنْ ملاحظاتِكَ.

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

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

لعلَّكَ لاحظْتَ أنَّهُ يُمكِنُ استخدامُ محلولِ الملفوفِ الأحمرِ للتمييزِ بينَ الحُمُوْضِ والقواعدِ تمامًا مثل ورقةِ تَبَّاعِ الشَّمْسِ، لذا يُعَدُّ محلولُ الملفوفِ الأحمرِ من الكواشفِ. **والكواشفُ: عبارةٌ عن حُمُوضٍ أو قواعدَ عُضْويّةٍ ضعيفةٍ تتلوَّنُ بِلَوْنٍ مُعَيَّنٍ في المحاليلِ الحَمْضِيّةِ، بينَما تتلوَّنُ بلونٍ آخرَ في المحاليلِ القاعديّةِ.**

سؤالٌ

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

نشاطٌ إثرائيٌّ

١- يُعَدُّ محلولُ الشايِ مِنَ الكواشفِ الطبيعيّةِ، فَمَا اللَّونُ الذي يُعطيه محلولُ الشَّايِ في الوَسَطِ الحمْضِيِّ؟ 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.

ومن الكواشفِ ما يُمكِنُ الحصولُ عليه من مصادرَ طبيعيّةٍ، ويُطلَقُ عليها كواشفُ طبيعيّةٌ مثلَ الملفوفِ الأحمرِ، والشمندرِ الأحمرِ، والوردِ الجُورِيِّ، والعِنَبِ الأسودِ.

كما أنَّ هناكَ بعضَ الكواشفِ 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: حمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، حمْضِ 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 حمْضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ HCl، وفي الثاني ٥ مل مِنْ محلولِ حمْضِ 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 الحمْضِيِّ؟ وما لونُهُ في الوَسَطِ القاعِدِيِّ؟

٤- كَرِّرِ الخُطُواتِ السابقةَ مَعَ محلولِ الميثيلِ البرتقاليِّ. ما لونُ الكاشفِ في الوَسَطِ الحمْضِيِّ؟ 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		

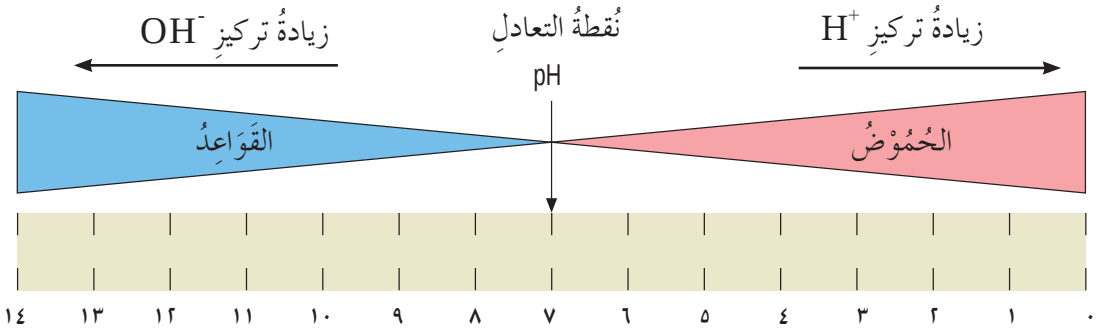
لعلكَ لاحظْتَ من النشاطِ السابقِ أنَّ كاشفَ الفينولفثالينِ لا لونَ لَهُ في الوَسَطِ الحمْضِيِّ، بينَما يُعطي لَوْنًا زَهريًّا في الوَسَطِ القاعدِيِّ، أمَّا كاشفُ الميثيلِ البرتقاليِّ فيعطي لونًا أحمرَ في الوسَطِ الحَمْضِيِّ، بينَما يُعطي لونًا أصفرَ في الوسَطِ القاعدِيِّ.

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

رابعًا درجةُ الحُمُوضَةِ

إذا أعطيتَ محلولَين من حمْضِ الهيدروكلوريكِ، وحمْضِ الإيثانويكِ 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 الرَقمِ الهيدروجينيِّ، ويُرمَزُ له بالرمزِ pH، وفي هذا التدريجِ يُعَدُّ الماءُ النقيُّ محلولًا متعادلًا؛ لأنَّ تركيزَ أيوناتِ H^+ فيه مُسَاوٍ لتركيزِ أيوناتِ OH^- وقيمةُ pH له تساوي ٧، أَمَّا المحاليلُ الحمْضِيَّةُ فقيمةُ pH لها أقلُّ منْ ٧، بينَما تَكُونُ قيمةُ pH للمحاليلِ القاعديَّةِ أكبرَ منْ ٧، ومن الجديرِ بالذكرِ أنَّ قِيَمَ pH تَقِلُّ بزيادةِ تركيزِ أَيوناتِ H^+، في حينِ تزدادُ قيمُ pH بزيادةِ تركيزِ أَيوناتِ 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 حمْضٍ 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، وذلكَ خلافًا للكواشفِ الأُخرى، مثل تبّاعِ 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 حمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl، وحمْضِ الأسيتيكِ CH_3COOH، وهيدروكسيدِ الصوديومِ NaOH، والأَمُوْنيا NH_3، كأسٌ زجاجيةٌ ١٠٠ مل (عدد ٤)، ساقٌ زجاجيةٌ.

الخُطُواتُ

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

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

٣– باستخدامِ الساقِ الزجاجية، خُذْ قَطْرةً منْ محلولِ حمْضِ الهيدروكلوريكِ، وَضَعْها على ورقةِ الكاشفِ العامِّ. ما اللّوْنُ الذيْ حَصَلْتَ عليه؟ وما قِيْمَةُ pH للمحلولِ؟

٤– اغسلِ الساقَ الزجاجيةَ جيِّدًا بالماءِ المُقَطَّرِ، ثم كَرِّرِ المحاولةَ مَعَ حمْضِ الأسيتيكِ. ما اللَّونُ الّذيْ حصلْتَ عليه؟ وما قِيْمَةُ pH للمحلولِ؟ وأيُّ الحمْضَينِ أقوى مِنَ الآخرِ؟ هل قِيْمَتا pH اللَّتانِ حَصَلْتَ عليهما للحمْضَينِ أكبرُ أمْ أقلُّ منْ pH للماءِ؟

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

٦– دوّنْ ملحوظاتِكَ في الجدولِ الآتي:

المحلولُ	لونُ ورقةِ الكاشفِ العامِّ	قيمةُ pH
الماءُ		
حمْضُ الهيدروكلوريكِ		
حمْضُ الأسيتيكِ		
هيدروكسيدُ الصوديومِ		
الأَمُوْنيا		

ومنَ الجديرِ بالذّكرِ أنَّ هناك جهازًا خاصًّا 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)، واخْتَرِ المناهجَ، ثُمّ ادخلْ إلى مِنْهاجِ الكيمياءِ للصَّفِّ التاسعِ أو المستوى الثالثِ ، واخترْ 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 جدولًا بالحُموضِ والقواعدِ والتراكيزِ الّتي استخدمْتَها، وقيمِ (pH) الّتي تحصلُ عليها، ثم رَتِّبْ كلًّا 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 إحدى الكلماتِ المفتاحيّةِ الآتيةِ:

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 الحمْضِيّةِ، ولكنْ الخَضْرَاواتُ تُفَضِلُ التربةَ القاعديَّةَ.

٢- كيفَ يمكنُكَ قياسُ درجةِ حُموضةِ تُربةِ حديقةِ منزلِكَ؟

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

يمكنُكَ الاستعانةُ بالكلماتِ المفتاحيّةِ الآتيةِ:

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

خامسًا تفاعلاتُ الحموضِ والقواعدِ (تفاعلاتُ التعادُلِ)

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

النشاطُ (٤-٦): تفاعلُ حمْضٍ مَعَ قاعدةٍ

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ

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

الخُطُواتُ

١- حضّرِ محلولًا تركيزُه (١مول/لتر) منْ NaOH بإذابةِ ٤ غ منه في ١٠٠مل 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 اللّحظةِ نفسِها ثُمَّ قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ الناتجِ مِنْ تفاعُلِهما.

٥- سَخّنِ المحلولَ الناتجَ على لهَبٍ خفيفٍ حتّى يَتبخّرَ الماءُ من المحلولِ تمامًا. 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:

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

وبما أنَّ كلًّا مِنَ (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 علىْ شِحْنَتَي أَيوني (Cl^- وNa^+) أثناءَ التفاعُلِ، فإنَّه يمكنُ حذفُهما مِنَ المعادلةِ، وبذلكَ تُصبحُ المعادلةُ:

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

وبهذا فإنَّ الحمْضَ والقاعدةَ تَعَادَلا وكَوَّنا محلولًا مُتعادِلًا يَكُوَنُ فيه تركيزُ أيوناتِ H^+ مُسَاوِيًا لتركيزِ أيوناتِ OH^-، لذا اصْطُلِحَ على تسميةِ تفاعُلِ أيوناتِ H^+ الآتيةِ مِنَ الحمْضِ، مَعَ أَيوناتِ OH^- الآتيةِ مِنَ القاعدةِ تفاعُلُ تعادُلٍ (Neutralization Reaction).

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

وهكذا تتفاعَلُ الحموضُ والقواعدُ معًا وينتِجُ عنْ تفاعلِها ملحٌ وماءٌ، وفي بعضِ التفاعلاتِ ينتِجُ الملـحُ فَقَـطْ. فعند تفاعُلِ الحُمُوضِ مَعَ القواعدِ الّتي لا تحتوي في تركيبها OH^- مثلِ الأَمُونيا NH_3 مثلًا، يَنْتِجُ ملحُ كلوريدِ الأمونيومِ، كما في المعادلةِ:

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

أَمّـا عنـدَ تفاعُلِ الحُمُوضِ معَ بعضِ القواعدِ مثلِ كربوناتِ الصـوديومِ، وكربوناتِ الصـوديومِ الهيدروجينيَّةِ، فإنّهُ يَنْتِجُ غازُ ثاني أكسـيدِ الكربونِ CO_2 إضـافةً 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- يتفاعَلُ حمْضُ 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 حمْضِ HCl على قِطَعٍ مِنَ الرُّخَامِ، فَسِرْ ذلكَ.

نشاطٌ إثرائيٌّ

كَرِّرْ خُطُواتِ النشـاطِ (٤-٦) في مُختبَرِ المدرسـةِ مُسـتعملًا محلولَ هيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH، وحمْضِ النيتريكِ HNO_3.

١- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الحاصلِ.

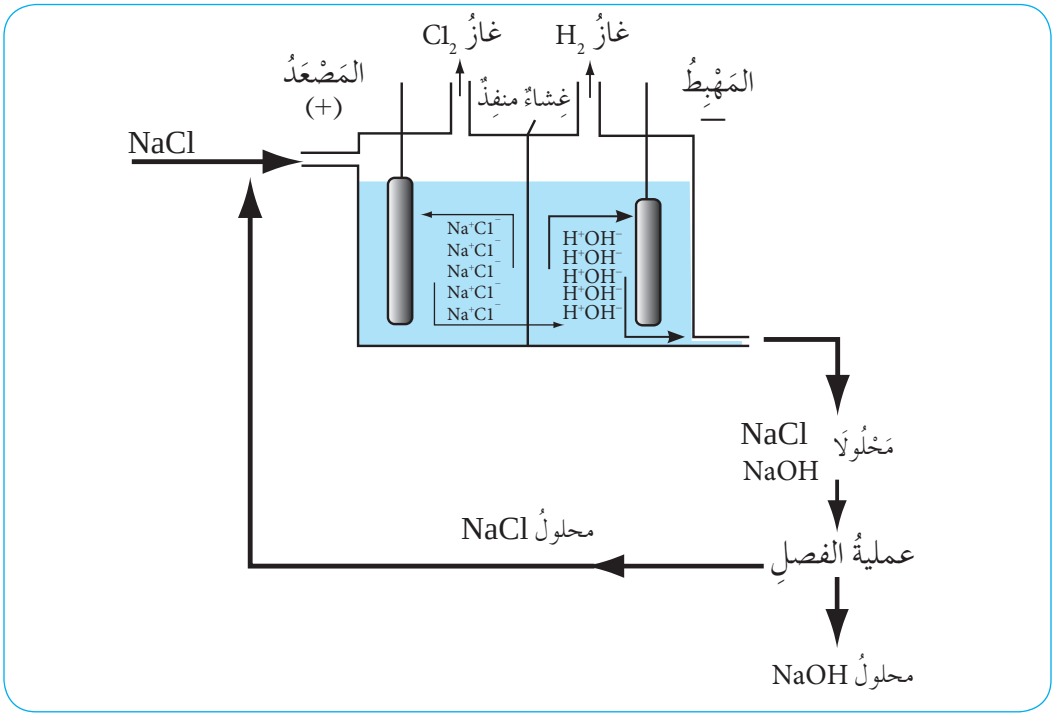
٢- اذكرِ اسمَ الملحِ الناتجِ.

١ – هيدروكسيدُ الصوديوم Sodium Hydroxide

يُعَدُّ البحرُ المَيِّتُ مصدرًا غنيًّا بالأملاحِ، ومِنْ هذهِ الأملاحِ كلوريدُ الصوديوم NaCl، الّذيْ يُعَدُّ المصدرَ الأساسيَّ في صناعةِ هيدروكسيدِ الصوديوم NaOH المعروفةِ بالصُّودا الكاويَة.

يتمُّ تحضيرُ هيدروكسيدِ الصوديومِ بطريقةِ التحليلِ الكهربائيِّ لمحلولٍ مُرَكَّزٍ منْ كلوريدِ الصوديومِ في خليّةِ داونَ، انظرِ الشّكلَ (٤–٥)، وذلكَ باستخدامِ أقطابٍ مِنَ الغرافيتِ، حيثُ يتصاعدُ غازُ الهيدروجينِ H_2 على المَهبِطِ، وغازُ الكلورِ Cl_2 على 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 الصوديوم.

وهيدروكسيدُ الصوديوم، مادةٌ بيضاءُ صُلْبَةٌ، سريعةُ الذوبانِ في الماءِ، لها مَلْمَسٌ صابونيٌّ، وتأثيرٌ كاوٍ على الجلدِ، ويُمكِنُ أنْ تَتَسَبَّبَ في إحداثِ العَمى خلالَ ثوانٍ قليلةٍ إذا لامسَتِ العينَينِ؛ وهذا يتطلبُ اتخاذَ إجراءاتٍ خاصَّةٍ منَ الحيطةِ والحذرِ عندَ التعاملِ مَعَ المنتجاتِ الّتي تحتوي على هيدروكسيدِ الصوديوم.

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

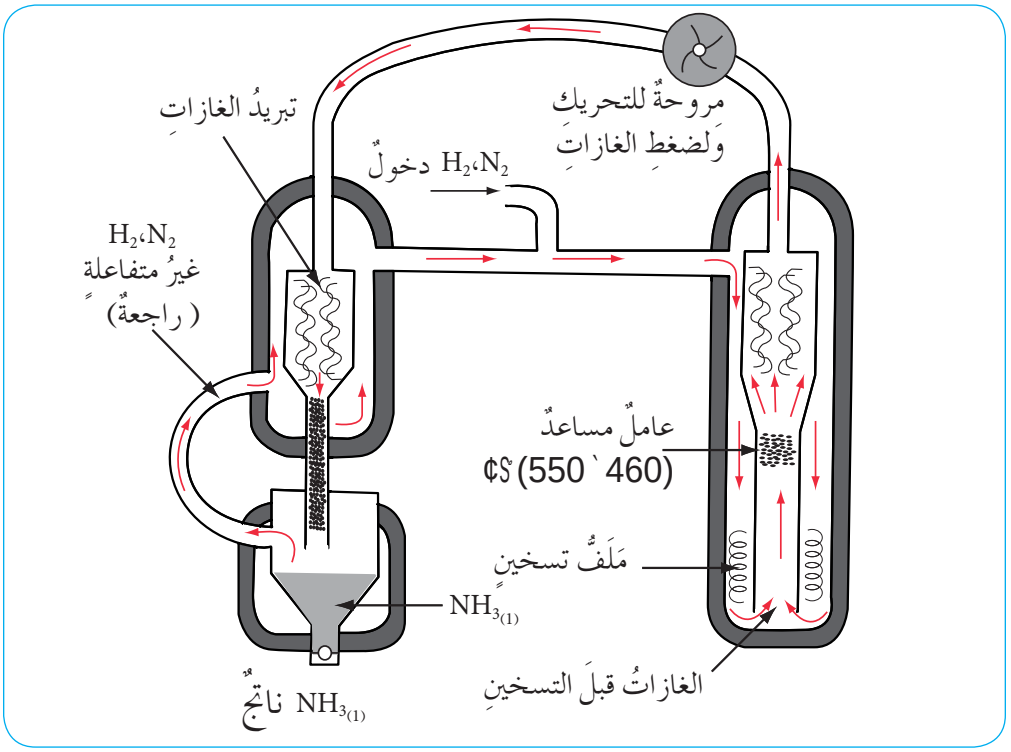
٢- الأَمُوْنِيَا NH_3

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

تُحضَّرُ الأمونيا في الصناعةِ بعدةِ طُرُقٍ من أَهمِّها «طريقةُ هابَرَ»، والشَّكْلُ (٤-٦) يُوَضِّحُ هذهِ الطريقةَ، والّتي تَتِمُّ بالتفاعُلِ المباشرِ بينَ النيتروجينِ والهيدروجينِ، حيثُ استخدَم هابَرُ جهازًا مُبَسَّطًا لإنتاجِ الأمونيا، وقدْ نجحَ في تهيئةِ الظروفِ لإحداثِ تفاعُلٍ بينَ النيتروجينِ والهيدروجينِ. وقد مُنِحَ هابَرُ جائزةَ نُوبلَ عامَ ١٩١٣م على تصميمهِ 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 هابَرَ لصناعةِ الأَمُوْنِيَا.

وتُستخدَمُ الأمونيا وسيلةً للتبريدِ في المصانعِ الكبيرةِ، وتُستخدَمُ أيضًا في الصناعاتِ التعدينيَّةِ، وفي عَجينةِ الوَرقِ، والمَطّاطِ، واللّدائنِ، والنايلونِ، والألياف الصناعيَّةِ، ودِباغةِ الجُلودِ، والمنظّفاتِ المنزليةِ، والعقاقيرِ، وتُستخدمُ كذلكَ في صناعةِ موادَّ كيميائيّةٍ عديدةٍ مثلِ: حمْضِ النيتريكِ، والأعلافِ، والأسمدةِ النيتروجينيَّةِ مثلَ سمادِ اليُوريا.

٣- حمْضُ الكِبريتيكِ H_2SO_4

حمْضُ الكبريتيكِ المُرَكَّزِ سائلٌ كثيفُ القَوامِ 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 $FeSO_4.nH_2O$).

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

وتَشملُ هذه الطريقةُ عدَّةَ مراحلَ حيثُ يُصْهَرُ الكبريتُ وَيُرَشَّحُ؛ لفصلِ الأجزاءِ غيرِ المُنصهرةِ عنه، ثُمَّ يُضَخُّ إلى مُفاعِلٍ حراريٍّ، حيثُ يتأكسَدُ فيه الكبريتُ للحصولِ على ثاني أكسيدِ الكبريتِ (SO_2)، ثُمَّ يمرَّرُ إلى مِرشَحِ الغازِ لتنقيتهِ من الشوائبِ، ويُنقَلُ بعدَها 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):

$$SO_2 + O_2 \longrightarrow SO_3 \qquad \text{.....(١)}$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 \qquad \text{.....(٢)}$$

والحمْضُ الناتجُ يُمَرَّرُ إلى بُرجِ التبريدِ حيثُ يتمُّ الحصولُ عليه بتركيزٍ عالٍ، ويُمكِنُ التحكمُ بتركيزِ الحمْضِ الناتجِ حَسَبَ درجةِ التبريدِ والتبخيرِ المستخدَمَةِ في الأبراجِ.

ويُعْتَبرُ حمْضُ الكبريتيكِ من أقوى الحُموضِ، وهو مثلَ غيرِه من الحُموضِ القويَّةِ حارِقٌ للجلدِ، ومُهَيِّجٌ للأنسجةِ المُبَطِّنَةِ للأنفِ والقَصَباتِ الهوائيةِ والرئتَينِ. وحمْضُ الكبريتيكِ المركَّزُ يذوبُ بشدةٍ معَ الماءِ، إلى درجةِ أنَّ الحرارةَ الناتجةَ عَنِ الذوبانِ تُؤَدِّي إلى غليانِ المحلولِ، وعندَ تخفيفِ الحمْضِ يَجبُ إضافةُ كمياتٍ صغيرةٍ منه إلى الماءِ بِبُطْءٍ وَحرْصٍ، ولا يجوزُ إضافةُ الماءِ إلى حمْضِ الكبريتيكِ؛ لأن ذلكَ يُسببُ غليانَ القطراتِ الأُولى من الماءِ وتطايُرَها.

ويُستخدَمُ حمْضُ الكبريتيكِ في الكثيرِ من الصناعاتِ، إذْ يُستخدَمُ في صناعةِ بَطّارياتِ السياراتِ، والأسمدةِ الفوسفاتيَّةِ، و في صناعةِ الأصباغِ المستخدمةِ في دِباغَةِ الجلودِ كما يُسْتخدَمُ في صناعةِ الورقِ، وفي صناعةِ البلاستيكِ والمَطّاطِ.

٤- حمْضُ الفُسْفُوْريكِ Phosphoric Acid

تُعَدُّ الأرْدُنُّ الدولةَ الثانيةَ في العالمِ من حيثُ محتواها من خامِ الفوسفاتِ، وبالتالي فإنَّ خامَ الفوسفاتِ يُشكِّلُ ثروةً اقتصاديةً كبيرةً لبلادِنا. ومن أهمِّ الموادِّ الّتي تُصْنَعُ من خامِ الفوسفاتِ وتُصَدَّرُ للخارجِ، حمْضُ الفسفوريكِ، فأينَ يتمُّ تصنيعُه، وإعدادُه للتصديرِ، أو للاستخدامِ المحليِّ؟

يُنَقلُ خامِ الفوسفاتِ عنْ طريقِ الشاحناتِ من مختلفِ المناجمِ إلى مَصنعِ حمْضِ الفسفوريكِ في العقبةِ، انظرِ الشّكلَ (٤-٧)، ثُمَّ يُطحَنُ حتى يُصبحَ حُبيباتٍ صغيرةً.

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

ويَنْتِـجُ حمْضُ الفسـفوريكِ من تفاعُلِ فُوسـفاتِ الكالسـيومِ في الخامِ مَـعَ حَمْضِ الكبريتيكِ حَسَبَ المعادلةِ الآتية:

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

وبعدَهـا يَتِـمُّ نقلُ حمْضِ الفسـفوريكِ الناتجِ إلى خـزَّانٍ خاصٍّ، حيثُ يتِمُّ بَيْعُ جزءٍ بسـيطٍ منه للسوقِ المحليِّ، ويُصَدَّرُ الباقي إلى الخارجِ.

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

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

قضيةٌ للبحثِ

ابحثْ في الأهميَّةِ الاقتصـادِيَّةِ لإنتاجِ الفوسـفاتِ 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 الحمْضِيُّ Acid Rain

أصبحَتْ مشكلةُ التلوثِ البيئيِّ بمثابةِ الضريبةِ التي تدفعُها البشريةُ نتيجةَ سوءِ التعامُلِ معَ الموارِدِ الطبيعيَّـةِ؛ فالمَعَامِلُ والمصـانعُ والمركباتُ انظرِ الشّـكلَ (٤–٨)، تعتمدُ في تشـغيلِها على حرقِ الوَقودِ، ولا سِيَّما النّفطُ، الّذيْ يتكوَّنُ بشكلٍ أساسيٍّ من مركباتٍ هيدروكربونيَّةٍ مُكَوَّنَةٍ من عُنصرَي الكَربـونِ والهيدروجيـنِ، كما تحتوي الموادُّ الهيدروكربونيّةُ على عناصـرَ 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 أهمِّ الأضـرارِ الناجمةِ عنْ وجـودِ مثلِ هذهِ الغـازاتِ في الغلافِ الجويِّ ما يُسَـمّى بالمطرِ الحمْضِيِّ. 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 قدْ يتحوَّلُ في الجوِّ إلى غازِ ثالثِ أكسيدِ الكِبريتِ SO_3، والّذيْ يذوبُ في مياهِ الأمطارِ معَ بعضِ الأكاسيدِ الأخرى، مُكوِّنًا المطرَ الحمْضِيَّ.

إنّ أكاسيدَ الكِبريتِ والنيتروجينِ والكربونِ أكاسيدُ حمْضِيَّةٌ، وعندَما تَذُوبُ هذه الأكاسيدُ في الماءِ تتفاعَلُ مَعَهُ مُنتِجةً حُموضًا، فذوبانُ غازِ ثاني أُكسيدِ الكَربونِ في الماءِ مثلًا، يُنتِجُ حمْضَ الكَربونيكِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

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

سؤالٌ

كمْ تَتوقّعُ أنْ تكونَ قِيمةُ (pH) للمطرِ الحمْضِيِّ؟

يُؤَدِّي المطرُ الحمْضِيُّ إلى تَلَفِ الغاباتِ، وموتِ الكائناتِ المائيّةِ في الأنهارِ والبُحيراتِ، وتآكُلِ حجارةِ المبانِي والتماثيلِ الرُّخاميَّةِ والفِلزِّيَّةِ. انظرِ الشّكلين (٤–٩)، و(٤–١٠).

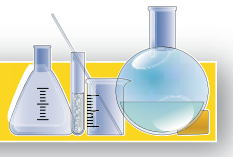
الشَّكلُ (٤–٩): أثرُ المطرِ الحمْضِيِّ على التماثيلِ.

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

قضيةٌ للبحثِ

ابحثْ عنْ طرائقَ للحدِّ مِنْ تلوثِ الهواءِ بالمطرِ الحمْضِيِّ، وذلكَ من خلالِ الرجوعِ إلى المواقعِ الإلكترونيَّةِ ذاتِ العَلاقةِ، وبالاستعانةِ بكلماتٍ مِفتاحيةٍ، مِنْ مِثلِ:
المطرِ الحمْضِيِّ، الأكاسيدِ الحمْضِيّةِ.

أسئلةُ الوحْدَةِ



١– ما المقصودُ بكلٍّ مِنَ: الحمْض، القاعدة، الكاشف، درجة الحُموضَة، تفاعُل التَّعادُل.

٢– أ – اكتبْ معادلةً كيميائيّةً لفظيةً تُمثِّلُ تفاعُلَ حمْضِ النيتريكِ مَعَ هيدروكسيدِ الصوديوم.

ب – أَعِدْ كتابةَ المعادلةِ السابقةِ بالرموز.

جـ – اكتبِ المعادلةَ الأيونيَّةَ الكاملةَ للتفاعُلِ.

٣– إذا كانت قِيمُ pH لعددٍ من المحاليلِ ذاتِ التركيزِ المتساوي، هي: (٩، ٤، ٧، ١، ١٠، ١٤، ٣).

أجبْ عَنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ – صَنِّفْ هذهِ المحاليلَ إلى محاليلَ (حمْضِيَّةٍ، 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 الحمْضِ HCl، فأيُّ قِيمَ pH يحتملُ أنْ تُناسِبَه؟

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

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

الصفاتُ العامّةُ والكيميائيّةُ	الحُمُوْضُ	القَواعِدُ
الأيونُ المشتركُ الناتجُ عنْ تأيُّنِها		
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 الصوديومِ) 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 حمْضيًّا رَغْمَ عَدَمِ وجودِ ذراتِ الهيدروجينِ في تركيبِهِ.

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

٧ – اختِرِ الإجابةَ الصحيحةَ في كلٍّ مِمّا يأتي:

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

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

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

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

(٣) إحدى الموادِّ الآتيةِ يُمكِنُ تحضيرُها بطريقةِ هابَرَ:

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

(٤) إحدى المحاليلِ الآتيةِ يُعَدُّ محلولًا حمْضِيًّا:

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 الحمْضيِّ أحمرُ

جـ– الفينولفثالين في الوسَطِ القاعديِّ عديمُ اللَّونِ

د – الفينولفثالين في الوسَطِ الحمْضيِّ زَهريٌّ

٨ – لديك الحمْضَانِ (HNO_3 و HCOOH) عندَ التركيزِ نفسِه، فَأيُّ الحمْضَينِ:

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

ب– يكونُ لمحلولهِ الصفاتُ الحمْضِيَّةُ الأقلُّ؟

جـ– محلولُه أعلى pH ؟

د – محلولُه أكثرُ قدرةً على توصيلِ التّيارِ الكهربائيِّ؟

٩ – لديك القاعدتانِ (NH_3 و KOH) عندَ التركيزِ نفسِهِ، 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). أيُّها 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 الرُّخَامِ؟ فَسّرْ إِجَابَتَكَ.

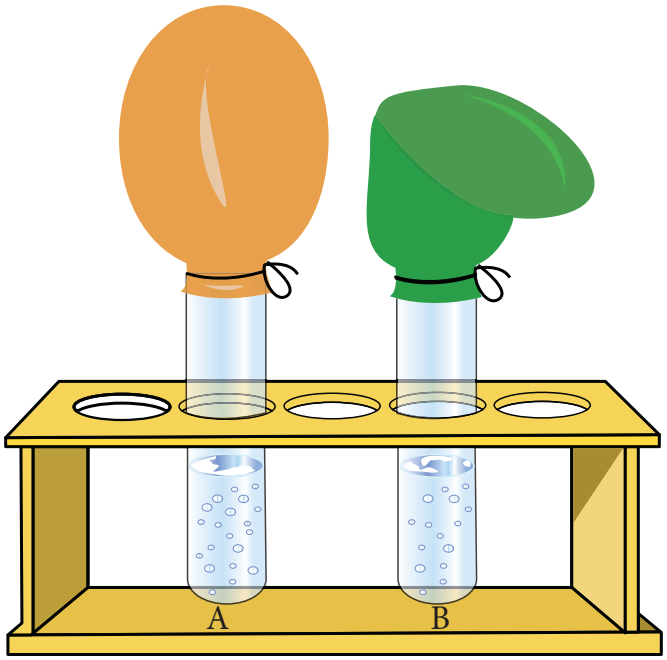
١٣- الشكلُ (٤-١١) يُمَثِّلُ تجربةً استخدِمَ فيها أنْبُوبَا اختبارٍ حيثُ يحتوي الأنبوبُ (A) على محلولِ حمْضِ الهيدروكلوريكِ HCl تركيزُه (١مول / لتر) وشريطٍ من المغنيسيومِ Mg بطولِ (٦سم)، ويحتوي الأنبوبُ (B) على محلولِ حمْضِ الأَسيتيكِ CH_3COOH تركيزُه (١مول/ لتر) وشريطٍ من المغنيسيومِ Mg بطولِ (٦سم).

أ - اكتبْ معادلةَ التفاعلِ الحادثِ في كلِّ أنبوبٍ.

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

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

د - أيُّ الحمْضَيْنِ 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 الحمْضِيُّ	Acidic Oxide	أكسيدٌ يُنتِجُ حمْضًا عندما يذوبُ في الماءِ.
الأُكْسِيدُ القاعدِيُّ	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 أيونيةٍ أوْ مصهُورِها لإحداثِ تفاعُلِ تأكسُدٍ واختزالٍ.
تفاعلُ التعادلِ	Neutralization Reaction	تفاعلٌ بينَ الحمْضِ والقاعدةِ يَنتِجُ عنه ملحٌ وماءٌ.
التفاعلُ الكَهْرُكِيميائيُّ	Electrochemical Reaction	تفاعُلُ تأكسُدٍ واختزالٍ يُرافقُ حدوثَه إنتاجُ الطاقةِ الكهربائيةِ أو استهلاكُها.
الحمْضُ	Acid	مادةٌ تُنتِجُ أيوناتِ (H^+) عندَ إذابتِها في الماءِ.
الخامُ	Ore	صَخْرٌ يَحوي كميّةً كافيةً من مُركباتِ فلزٍّ 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 الغلْفَانيَّةُ	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 الجسيماتِ المتأيِّنةِ من المادَّةِ المُذابةِ، إلى عددِ الجسيماتِ 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 حمْضيّةِ الوَسَطِ الذي تُوْجَدُ فيه أو قاعديّته.
الكاشفُ العامُّ	Universal Indicator	كاشفٌ يتغيَّرُ لونُه تدريجيًّا، بتغيُّرِ قِيْمَةِ الرَّقْمِ الهيدروجينيِّ للمحلولِ.
كواشِفُ طبيعيّةٌ	Natural Indicators	كواشفُ تُستخلَصُ منْ موادَّ في الطبيعةِ، مثلَ ثمارِ 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 بَلُّورَتُها في حالةِ الصَّلابةِ منْ أيوناتٍ مُقَيَّدَةِ الحركةِ، لكنَّها تُصبحُ حُرّةَ الحركةِ في الحالةِ السائلةِ.
المركباتُ الجزيئيّةُ	Covalent Compounds	المركباتُ التي تتكوّنُ بَلُّورَتُها في حالةِ الصَّلابةِ منْ جُزيئاتٍ متعادلةٍ، وتَبقى على هذا الشَّكلِ في الحالةِ السائلةِ.
المطرُ الحَمْضِيُّ	Acid Rain	مطرٌ مُخْتَلِطٌ بِحُمُوضٍ تتكوَّنُ نتيجةَ تفاعُلِ الأكاسيدِ الحمْضيّةِ (الناتجةِ عن احتراقِ الوَقودِ)، معَ قطراتِ الماءِ في الغِلافِ الجويِّ.
المِلْحُ	Salt	مادةٌ (غيرُ الماءِ) تَنْتِجُ عنْ تفاعُلِ حمْضٍ 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 مَلكاوِيٌّ، 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، الحميديٌّ، محمد، **مقدمةٌ في نوعيةِ المياهِ**، ج١، نَابُلُسُ، ١٩٩٠م.

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

٦– ناجحٌ الصالحيٌّ، **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