المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكيمياء

١٠

الجزء الثاني
الصف العاشر

ISBN:978-9957-84-718-0
9 789957 847180

المطبعة الوطنية

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكيمياء

الجزء الثاني

الصف العاشر

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملحوظاتكم 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، بناء على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (٢٠١٦/٥٢) تاريخ ٦/ ٣/ ٢٠١٦م بدءا من العام الدراسي ٢٠١٦م/٢٠١٧م.

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمان – الأردن – ص.ب . (١٩٣٠)

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٦/٣/١٢٤٣)
ISBN: 978-9957-84-718-0

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:

أ. د. محمود طاهر الوهر (رئيسًا)
أ.د. إدريس فالح المومني
أ. د. نذير أحمد الرواشدة
د. موسى لافي الصمادي

قام بتأليفه كل من:

ابتسام علي الحاج محمد، بلال فارس حمدان ، تيسير أحمد الصبيحات ، عبدالله نايف دواغرة

التحرير العلمي: أماني خليل القرامصة

التحرير اللغوي: زينب عبدالرحمن ابداح
التحرير الفني: نرمين داود العزة
التصميم: فخري موسى الشبول
الرسم: أحمد ابراهيم صبيح

الإنتاج: د. عبدالرحمن سليمان أبو صعيليك

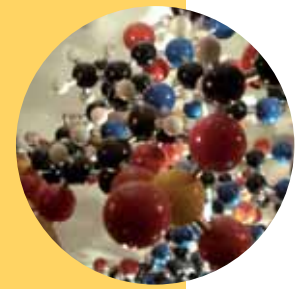
دقّق الطباعة: فدوى عبدالرحمن عويس
راجعها: حازم محمد الخطيب

الطبعة الأولى ١٤٣٧هـ / ٢٠١٦م

أعيدت طباعته ٢٠١٧ – ٢٠١٩م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحة
الوحدةُ الرابعةُ : الحساباتُ الكيميائيةُ	**٤**
أولًا : التفاعلُ الكيميائيُّ.	٦
ثانيًا : قانونُ حفظِ المادةِ.	٨
ثالثًا : الحساباتُ الكيميائيةُ.	١٠
العلمُ والتكنولوجيا والمجتمعُ – الصناعاتُ الدوائيةُ.....	٢٧
أسئلةُ الوحدةِ	٢٨
الوحدةُ الخامسةُ : الطاقةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ	**٣٠**
أولًا : تغيرُّاتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ.....	٣٢
ثانيًا : حسابُ حرارةِ التفاعلِ الكيميائيِّ.....	٣٧
ثالثًا : الوقودُ مصدرًا للطاقةِ.....	٤٢
العلمُ والتكنولوجيا والمجتمعُ – خليةُ الوقودِ (أكسجين–هيدروجين)	٤٥
أسئلةُ الوحدةِ	٤٧
الوحدةُ السادسةُ : الكيمياءُ العضويةُ	**٥٠**
اولًا : المركباتُ الهيدروكربونيةُ.....	٥٢
ثانيًا : المبلمراتُ.	٦٩
العلمُ والتكنولوجيا والمجتمعُ – اتجاهاتٌ حديثةٌ في صناعةِ المبلمراتِ .	٧٨
أسئلةُ الوحدةِ	٨١
قائمةُ المصطلحاتِ	٨٤
قائمةُ المراجعِ.....	٨٦



الوحدةُ الرابعةُ

٤

الحساباتُ الكيميائيةُ

- كيفَ نحسبُ كتلَ الموادِّ المتفاعلةِ وكتلَ الموادِّ الناتجةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟ وبماذا يُفيدنا ذلكَ؟

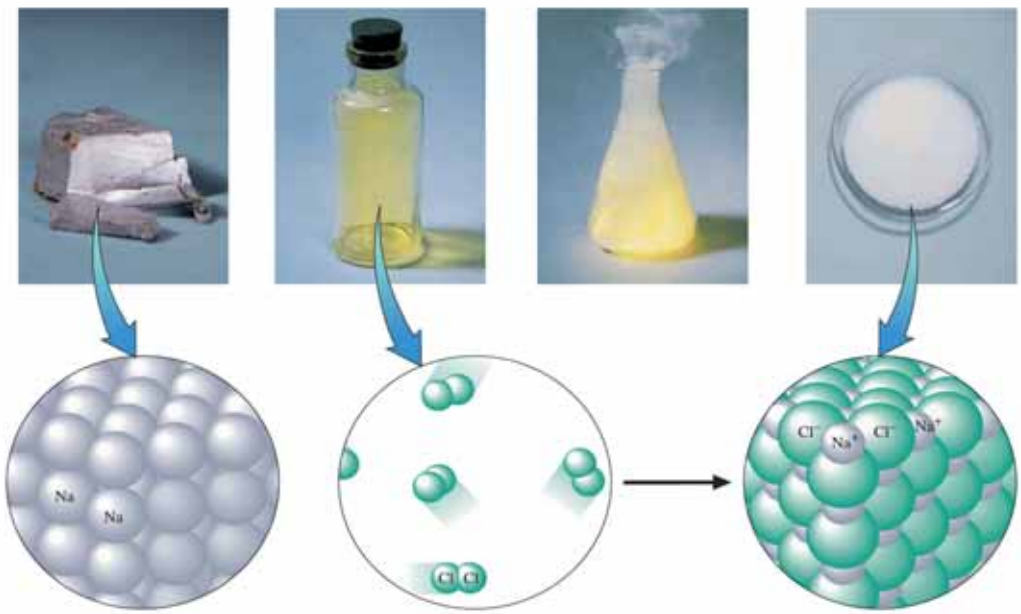
هـلْ سألتَ نفسَكَ يومًا : لماذا تدمـعُ عيناكَ في أثناءِ تقطيعِ البصلِ؟ لقدْ بحثَ الكيميائيونَ في هذا الموضوعِ، ووجـدوا أنَّ ذلـكَ يرجـعُ إلى وجـودِ بعضِ المركّباتِ الكيميائيـةِ التي تحتوي على عنصـرِ الكبريتِ في خلايا البصـلِ. وعندَ تقطيعِهِ؛ تتعرضُ هذه المركّباتُ لتفاعلاتٍ كيميائيةٍ، وتتحولُ إلى مركّباتٍ كبريتٍ متطايرةٍ تنتشرُ في الهواءِ . وعندَ وصولِها إلى عينيكَ تتفاعلُ معَ الرطوبةِ الموجودةِ فيهما، وتُكوّنُ حمضَ الكبريتيكِ الذي يسبِّبُ الحرقانَ. ونظرًا لأن النهاياتِ العصبيـةَ فـي العينيْنِ حساسةٌ جدًّا؛ فإنها ترسلُ إشارةً إلـى الدماغِ، فيستجيبُ لها، ويحثُّ القنواتِ الدمعيـةَ على إنتاجِ المزيـدِ منَ الدموعِ لتخفيفِ هذا الحمضِ، فَتدمعُ عيناكَ، وبذلك تحمي نفسَها مـنَ الحمضِ. فَما المقصودُ بالتفاعلِ الكيميائي؟ وما العلاقةُ بيـن كمياتِ كلٍّ من الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ فيه؟ وكيفَ يمكنُ حسابُ هذه الكمياتِ؟ هذا ما ستتعرّفهُ خلالَ دراستِكَ هذهِ الوحدةَ.

ويتوقعُ منكَ بعدَ دراستِها، أنْ تكونَ قادرًا على أنْ:

- توضّحَ مفهومَ التفاعلِ الكيميائيِّ ودلائلَ حدوثِه، وتمثِّلَهُ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ.
- توضّحَ مفهومَ كلٍّ منْ: قانونِ حفظِ المادةِ، والكتلةِ الذريةِ، والمولِ، و الكتلةِ المولية.
- توظّفَ مفهومَ المولِ في الحساباتِ الكيميائيةِ.
- تحسبَ النسبَ المئويةَ للعناصرِ الداخلةِ في تركيبِ مركبٍ معينٍ.
- تُجري حساباتٍ كيميائيةً تتعلقُ بالصيغِ الأوليةِ للمركّباتِ المختلفةِ، وكمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ منَ التفاعلِ الكيميائيِّ.
- تقدّرَ أهميةَ الحساباتِ الكيميائيةِ وتطبيقاتِها في الحياةِ.

أولًا التفاعلُ الكيميائيُّ The Chemical Reaction

أينمـا نظْـرتَ مـنْ حولِك تجدُ مركّبـاتٍ كيميائيةً كثيرةً، مثـلَ الماءِ وثانـي أكسيدِ الكربونِ وكربوناتِ الكالسيومِ (الحجر الجيري)، وتَنتجُ المركّباتُ الكيميائيةُ في الطبيعةِ غالبًا منْ تفاعلاتٍ كيميائيـةٍ مختلفةٍ. وتعدُّ التفاعـلاتُ الكيميائيةُ عاملًا أساسيًّا في حياتِنـا، فكثيرٌ منَ العملياتِ التي تحـدثُ منْ حولِنـا، كعملياتِ التنفسِ والبناءِ الضوئيِّ وصدأ الحديـدِ وعملياتِ الاحتراقِ بأنواعهِ وغيرِهـا الكثيـرِ، جميعُهـا تفاعلاتٌ كيميائيـةٌ، والعديدُ منْ هـذهِ التفاعلاتِ لا يمكـنُ رؤيتُها أو ملاحظتُهـا، ومنها تفاعلاتُ البناءِ الضوئيِّ في النباتِ، في حينِ أنّه توجدُ تفاعلاتٌ أخرى يمكنُكَ أنْ تراها وتُحسَّ بها، ومنها تلكَ التفاعلاتُ المرافقةُ لاحتراقِ الغاباتِ، أو احتراقِ الوقودِ بأنواعهِ. ويبيّنُ الشكلُ (٤–١) أحدَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وهوَ تفاعلُ الصوديومِ معَ الكلورِ لإنتاجِ كلوريدِ الصوديومِ، لاحظِ الشكلَ، هل تختلفُ الموادُّ الناتجةُ في صفاتِها عنِ الموادِ المتفاعلةِ؟



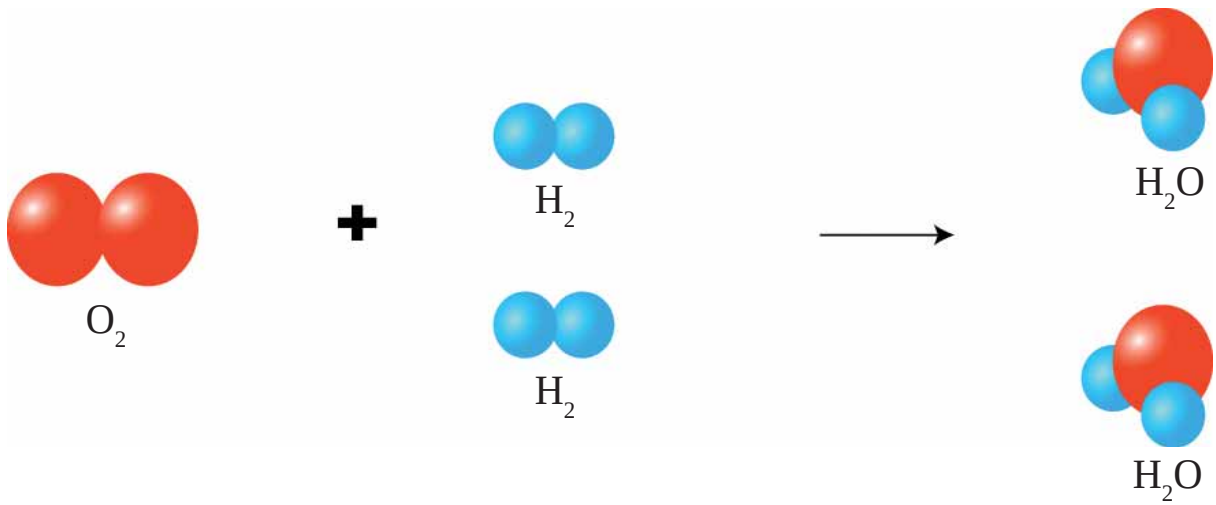
$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2NaCl_{(s)}$$

الشكل (٤–١): تفاعلُ الصوديومِ معَ الكلورِ لإنتاجِ كلوريدِ الصوديومِ.

يتضحُ منَ الشكلِ، أنَّ غازَ الكلورِ يتفاعلُ معَ الصوديومِ الصلبِ لإنتاجِ كلوريدِ الصوديومِ. ولو أمعنتَ النظرَ في الموادِ المتفاعلةِ والناتجةِ لوجدتَ أنّ الموادَ الداخلةَ في التفاعلِ تختلفُ في صفاتِها عـنْ صفاتِ الموادِّ الناتجةِ عنْهُ. فكيفَ تحدثُ التفاعلاتُ؟ وما العلاقةُ بينَ المتفاعلاتِ والنواتجِ؟

لتعـرفَ ذلكَ، تأمّلِ الشكلَ (٤–٢) الذي يمثلُ التفاعلَ بيـنَ جزيئاتِ الهيدروجينِ وجزيئاتِ الأكسجيـنِ لتكوينِ المـاءِ، ولاحظِ التغيراتِ التي حدثتْ لكلٍّ منْ جزيئـاتِ الأكسجينِ وجزيئاتِ الهيدروجيـنِ فـي الموادِّ المتفاعلـةِ، والتي أدّتْ إلى تكويـنِ الموادِّ الناتجةِ (جزيئـاتِ الماءِ). هلْ تلاحظُ حدوثَ تغيُّرٍ على عددِ ذراتِ الأكسجينِ والهيدروجينِ في التفاعلِ؟

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



الشكل (٤–٢): تفاعلُ الأكسجين والهيدروجين لإنتاج الماءِ.

منْ الواضحِ أنَّ ما حدثَ في هذا التفاعلِ الكيميائيِّ، هو كسْرٌ للروابطِ الكيميائيةِ الموجودةِ في المـوادِّ المتفاعلةِ، وتكوينُ روابطَ جديدةٍ فـي الموادِّ الناتجةِ، أمّا أعدادُ الذّراتِ المتفاعلةِ والناتجةِ فـلا يحـدثُ لها أيُّ تغييرٍ؛ إذ إنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجيـنِ قبلَ التفاعلِ يساوي عددَها بعدَ التفاعلِ، وينطبقُ الشيءُ نفسُهُ على ذراتِ الأكسجينِ. وعليهِ، **فإنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ هو تغيُّرٌ يطرأُ على الموادِّ يتضمَّنُ تكسـيرَ روابطَ وتكوينَ روابطَ جديدةٍ ، ويؤّدي إلى إعادةِ ترتيبِ الذراتِ، بحيثُ تنتجُ موادٌّ جديدةٌ تختلفُ في صـفاتِها عـنِ المـوادِّ المتفاعلةِ**. ويمْكِنُ أنْ نستدلَّ على بعضِ التفاعـلاتِ عنْ طريقِ عدةِ مظاهرَ ترافقُ حدوثَها، ومنها تكوينُ رواسبَ ، أو انطلاقُ الغازاتِ، أو حدوثُ تغيراتٍ في ألوانِ الموادِّ، وغيرِها.

تفاعلُ الفضةِ معَ الكبريتِ

تتفاعلُ الفضةُ بمرورِ الزمنِ معَ الكبريتِ، مكونةً مادَّةَ كبريتدِ الفضةِ Ag_2S، ممّا يؤدي إلى تناقصِ لمعانِ الفضةِ، وتحوّلِ لونِها إلى الأسودِ. ويمكنُ إعادةُ الفضةِ إلى سابقِ لمعانِها بمفاعلتِها معَ رقائقِ الألمنيومِ، التي توضعُ معَها في كأسٍ مملوءةٍ بالماءِ الساخنِ المضافِ إليه كربوناتُ الصوديومِ الهيدروجينيةُ؛ فتتفاعلُ هذهِ الموادُّ معًا وفقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$3Ag_2S_{(s)} + 2Al_{(s)} \longrightarrow Al_2S_{3(s)} + 6Ag_{(s)}$$

وبالتالي، تصبحُ الفضةُ لامعةً منْ جديدٍ.

الشكل (٤-٣): قطعٌ منَ الفضةِ قبلَ وبعدَ التفاعلِ معَ رقائقِ الألمنيوم.

ثانيًا قانونُ حفظِ المادةِ Law of Conservation of Matter

درستَ في الصفِّ الثامنِ، أنَّ التفاعلاتِ الكيميائيةَ تُمثَّلُ بمعادلاتٍ كيميائيةٍ موزونةٍ، وتعلّمتَ أنَّ المعادلاتِ الكيميائيةَ تُكتبُ بحيثُ يكونُ عددُ ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ فيها مساويًا لعددِ ذراتِ الموادِّ الناتجةِ منها. ولتختبرَ معلوماتكَ في هذا المجالِ، نفّذِ النشاطَ (٤-١).

نشاط (٤-١): موازنةُ المعادلةِ الكيميائيةِ

ادرسِ التفاعلَ الآتي الذي يمثلُ تفاعلَ غازِ الميثانِ معَ الأكسجينِ، ثمّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

$$CH_{4(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

- ما عددُ ذراتِ الهيدروجينِ في كلٍّ مِنَ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؟
- ما عددُ ذراتِ الأكسجينِ في كلٍّ مِنَ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؟
- وازنِ المعادلةَ الكيميائيةَ.

لاحظْ أنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ في الموادِّ المتفاعلةِ لا يساوي عدَدَها في الموادِّ الناتجةِ، وينطبقُ الشيءُ نفسُهُ على ذراتِ الأكسجينِ، وحتى يتساوى عددُ الذراتِ في كِلا الطرفين، فإنّنا نحتاجُ إلى جزيئينِ منَ الأكسجينِ ليتفاعَلا معَ جزيءٍ واحدٍ منَ الميثانِ، لإنتاجِ جزيئينِ منْ بخارِ الماءِ، وجزيءٍ واحدٍ منْ ثاني أكسيدِ الكربونِ. وبذلكَ تصبحُ المعادلةُ موزونةً؛ أيْ أنَّ عددَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الموادِّ المتفاعلةِ يساوي عددَها في الموادِّ الناتجةِ. كما يلي:

الموادُّ المتفاعلةُ — الموادُّ الناتجةُ

$$\overbrace{CH_{4(g)} + 2O_{2(g)}}^{\text{الموادُّ المتفاعلةُ}} \longrightarrow \overbrace{CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}}^{\text{الموادُّ الناتجةُ}}$$

والآن ، دعْنَا نقارنُ عددَ ذراتِ كلٍّ منَ الهيدروجينِ والكربونِ والأكسجين في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ:

	الموادُّ الناتجةُ		الموادُّ المتفاعلةُ
– عددُ ذراتِ H :	٤= (٢×٢)	→	٤
– عددُ ذراتِ C :	١	→	١
– عددُ ذراتِ O :	٤=(٢+ ١×٢)	→	٤ = (٢×٢)

سؤال

◄ وازنِ المعادلةَ الكيميائيةَ الآتيةَ:

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

يتضحُ مما سبقَ، أنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ لا يؤديّ إلى نقصٍ أو زيادةٍ في عددِ الذراتِ المتفاعلةِ أو تغيرٍ في نوعها ، فعددُ الذراتِ ونوعُها يبقى ثابتًا بعدَ انتهاءِ التفاعلِ، وهذا ما يُطلقُ عليهِ **قانونُ حفظِ المادةِ**، الذي ينطبقُ على جميعِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، ويمكنُ صياغةُ هذا القانونِ على النحوِ الآتي: **المادةُ لا تَفْنى ولا تُستحدثُ في التفاعلِ الكيميائيّ، ولكنَّها تتغيرُ منْ شكلٍ إلى آخر**. ولكنْ كيفَ يساعدُنا قانونُ حفظُ المادةِ في الحساباتِ الكيميائيةِ المختلفةِ؟

ثالثًا الحساباتُ الكيميائيةُ (Chemical Calculations)

إذا ألقيتَ نظرةً فاحصةً على ما يدورُ حولَكَ في البيتِ أو المدرسةِ أو عندَ زيارتِكَ لأحدِ المصانعِ، فستجدُ أنَّ الكثيرَ منَ الموادِّ التي وقعَ نظرُكَ عليها قدْ تمَّتْ صناعتُها أو تحضيرُها منْ تفاعلاتٍ كيميائيةٍ مختلفةٍ، فكيفَ نحدِّدُ كميةَ الموادِّ اللازمةِ لحدوثِ هذهِ التفاعلاتِ والموادِّ الناتجةِ عنها؟ يكتسبُ تحديدُ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ أو الموادِّ الناتجةِ بشكلٍ دقيقٍ أهميةً بالغةً في بعضِ الحالاتِ، وخصوصًا في الصناعاتِ المختلفةِ، ومنها: الصناعاتُ الدوائيةُ، وصناعةُ المنظفاتُ والبلاستيكِ وغيرِها، وهذا يساعدُنا في الحصولِ على منتجٍ نقيٍّ يمتلكُ الصفاتِ المطلوبةَ، أمّا إذا زادَ أيٌّ منَ الموادِّ المتفاعلةِ عنِ الحاجةِ فسيبقى مختلطًا بالناتجِ، ويؤدي إلى وجودِ صفاتٍ غيرِ مرغوبٍ فيها، ويعتمدُ الكيميائيونَ في حسابِ هذهِ الكمياتِ على المعادلاتِ الكيميائيةِ الموزونةِ، وحتَّى نتمكنَ منْ معرفةِ دورِ المعادلةِ الكيميائيةِ في إجراءِ الحساباتِ الكيميائيةِ، لابُدَّ لنا منْ معرفةِ بعضِ المفاهيمِ الأساسيةِ المرتبطةِ بالمعادلةِ الموزونةِ، مثلَ مفهومِ الكتلةِ الذريةِ، والمولِ، والكتلةِ المولية.

١- الكتلةُ الذريةُ Atomic Mass

منَ المعروفِ أنَّ الذرةَ صغيرةٌ جدًّا، بحيثُ لا يمكنُ رؤيتُها بالعينِ المجردةِ، أو بالمجاهرِ العاليةِ التكبيرِ، وبالتالي فنحنُ لا نستطيعُ أنْ نزنَ الذرةَ أو نتعاملَ معها مباشرةً ؛ لذا لجأَ العلماءُ

إلى مقارنةِ كتلِ ذراتِ العناصرِ بالنسبةِ إلى بعضها، فوجدوا مثلاً أنَّ الماءَ H_2O يتكوّنُ منَ الأكسجينِ والهيدروجينِ بنسبةٍ عدديةٍ (١:٢)، ويتحدانِ بنسبةٍ كتليةٍ تساوي ١٦:٢، أيْ أنَّ كتلةَ ذرةٍ واحدةٍ منَ الأكسجينِ إلى كتلةِ ذرتينِ منَ الهيدروجينِ في H_2O هيَ ١٦:٢.

كما أننا نستطيعُ أنْ نحددَ النسبةَ بينَ كتلةِ ذرةِ الهيدروجين وكتلةِ ذرةِ الكلورِ عندَ تفاعلِهما لتكوينِ HCl، والنسبةَ بينَ كتلةِ ذرتَي الأكسجينِ والمغنيسيومِ عندَ تكوينِ MgO، وهكذا. ولكنَّ إيجادَ هذهِ النسبِ لا يحلُّ المشكلةَ، فلا بدَّ منْ توحيدِ المقياسِ الذي نقيسُ الكتلَ الذريةَ بالنسبةِ إليهِ. وبعدَ محاولاتٍ عديدةٍ، توصّلَ العلماءُ لقياسِ الكتلِ النسبيةِ لذراتِ العناصرِ (بوحدةِ الكتلِ الذريةِ)، لكنَّ وجودَ النظائرِ لهذهِ العناصرِ، وبنسبٍ مختلفةٍ في الطبيعةِ، جعلَ العلماءَ يحسبونَ متوسطاتِ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ للعناصرِ؛ ممّا جعلَ كتلتَها الذريّةَ تحتوي على كسورٍ، ولتسهيلِ التعاملِ معَ هذهِ الكتلِ والحساباتِ المبنيةِ عليها فإننا سنستخدمُ قيمًا تقريبيةً لها تُعرفُ بالكتلِ الذريةِ التقريبيةِ. ويبيّنُ الجدولُ (٤–١) بعضَ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ لبعضِ العناصرِ، والكتلِ الذريةِ التقريبيةِ لها:

الجدول (٤–١): الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ والتقريبيةُ لذراتِ بعضِ العناصرِ.

العنصرُ	الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ	الكتلةُ الذريةُ التقريبيةُ	العنصرُ	الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ	الكتلةُ الذريةُ التقريبيةُ
H	١,٠٠٨	١	Na	٢٢,٩٨٩	٢٣
C	١٢,٠٠١	١٢	Mg	٢٤,٣٠٥	٢٤
N	١٤,٠٠٧	١٤	Al	٢٦,٩٨١	٢٧
O	١٥,٩٩٩	١٦	Cl	٣٥,٥	٣٥,٥

سؤال

◄ بالرجوعِ إلى الجدولِ الدوريِّ، حدّدِ الكتلةَ الذريةَ التقريبيةَ لكلٍّ منْ ذراتِ الكالسيومِ Ca والفسفورِ P والحديدِ Fe؟

٢– الكتلةُ الجزيئيةُ Molecular Mass

عرفْتَ في الوحدةِ الثانيةِ أنَّ الوحداتِ الأساسيةَ للمادةِ إمّا أنْ تكونَ ذراتٍ أو جزيئاتٍ أو أيوناتٍ، كما عرفتَ–أيضًا–كيفَ يُمكنُ تحديدُ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ للعناصرِ. والآن، كيفَ

يُمكنُ تحديدُ كتلِ الجزيئاتِ مثلَ جزيءِ النيتروجينِ N_2، أو جزيءِ الماءِ H_2O، أو غيرِها منَ الجزيئاتِ؟

يمكنُ توضيحُ مفهومِ الكتلةِ الجزيئيةِ لأيِّ مركبٍ بالاعتمادِ على صيغتِهِ الكيميائيةِ،والتي تدلُّ على أنواعِ الذراتِ الداخلةِ في تركيبِه وعددِها. فمثلًا، الصيغةُ الكيميائيةُ لجزيءِ الماءِ هوَ H_2O وهذا يعني أنّهُ يحتوي على عنصرَي الأكسجينِ والهيدروجين، وأنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ فيهِ تساوي ٢، وعددَ ذراتِ الأكسجينِ تساوي ١، ويُمكنُ حسابُ كُتلةِ الجزيءِ الواحدِ منْ H_2O بجمعِ الكتلِ الذريةِ لجميعِ العناصرِ التي يتكوّنُ منها.

وبالرجوعِ إلى الجدولِ الدوريِّ، نجدُ أنَّ الكتلةَ الذريةَ التقريبيةَ للهيدروجينِ تساوي (١)، وللأكسجينِ تساوي (١٦) ،وعليهِ فإنَّ:

كتلةَ جزيءِ الماءِ = (كتلةَ ذرةِ الهيدروجينِ × عددِ ذراتِ الهيدروجينِ) + (كتلةِ ذرةِ الأكسجينِ × عددِ ذراتِ الأكسجينِ)

= (١ × ٢) + (١٦ × ١) = ١٨ وحدةَ كتلٍ ذريةٍ.

سـؤال

◄ بالرجوعِ إلى الجدولِ الدوريِّ، احسبِ الكتلةَ الجزيئيةَ لكلٍّ منَ الموادِّ الآتيةِ:

Cl_2 ,$NaCl$,MgF_2 ,H_2SO_4

٣- مفهومُ المولِ والكتلةِ المولية The Mole Concept and The Molar Mass

عرفتَ أنَّ الذراتِ جسيماتٌ صغيرةٌ جدًا لا تُرى بالعينِ المجردةِ أو بالميكروسكوباتِ عاليةِ التكبيرِ، وهذا يعني أنّه منَ الصعبِ التعاملُ معَ الذراتِ بشكلٍ مباشرٍ، فنحنُ لا نستطيعُ أنْ نزنَ ذرةً منَ المغنيسيومِ وذرةً منَ الأكسجينِ لمفاعلتِهما معًا وتكوينِ MgO، فكيفَ نحلُّ هذهِ المشكلةِ؟ وما الكميةُ المناسبةُ منَ أحدِهما اللازمةُ للتفاعلِ معَ كميةٍ معلومةٍ منَ الآخرِ؟

حاولَ العلماءُ استخدامَ الكتلِ النسبيةِ لذراتِ العناصرِ المختلفةِ، فنسبةُ كتلةِ ذرةِ المغنيسيومِ إلى كتلةِ ذرةِ الأكسجين = ٢٤ : ١٦. وهنا يتبادرُ إلى الذهنِ سؤالٌ هو: لماذا لا نحافظُ على هذهِ النسبةِ عندَ مفاعلةِ المغنيسيومِ معَ الأكسجينِ فنزنَ ٢٤ غرامًا منَ المغنيسيومِ و ١٦غرامًا منَ الأكسجينِ ونُفاعِلُهما معًا لتكوينِ ٤٠ غرامًا من MgO؟ فحصَ العلماءُ هذا الرأيَ ووجدَ أحدُهمُ

–وهوَ العالمُ الإيطاليُّ أفوغادرو – أننا إذا أخذْنا كميةً منْ أيِّ عنصرٍ، تساوي كتلتُها بالغراماتِ الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ لهُ عدديًّا، فإننا نكونُ قدْ أخذْنا ٦,٠٢×١٠^{٢٣} ذرةً منْ ذلكَ العنصر، أيْ أننا إذا وزَنّا ٢٤غرامًا منَ المغنيسيومِ فسنجدُ أنها تحتوي على ٦,٠٢×١٠^{٢٣} ذرةَ Mg، وإذا وزنّا ٢٣ غرامًا منَ الصوديومِ فسنجدُ أنها تحتوي على ٦,٠٢×١٠^{٢٣} ذرةَ Na وهكذا بالنسبةِ لجميعِ العناصرِ الأخرى. وقدْ سُمّيتِ الكتلةُ بالغراماتِ (والتي تساوي الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ عدديًا) **الكتلةَ الغرامية** للعنصرِ كما سُميَ العددُ ٦,٠٢×١٠^{٢٣} **عددَ أفوغادرو**. وهوَ كما ترى يشبهُ قولنا هذا قلمٌ وهذهِ دزينةُ أقلامٍ، فالعددُ واحدٌ في الحالتيْن (١ قلم، ١ دزينة) لكننا ضاعفْنا القلمَ اثنتي عشرة مرةً لنحصلَ على دزينةِ الأقلامِ. وهذا ما يحصلُ معَ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ والكتلِ الغراميةِ؛ فالكتلةُ الذريةُ النسبيةُ للمغنيسيوم = ٢٤ وحدةَ كتلٍ ذريةٍ، والكتلةُ الغراميةُ لهُ =٢٤غرامًا، ولكننا ضاعفْنا الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ للمغنيسيومِ ٦,٠٢×١٠^{٢٣} مرةً لنحصلَ على٢٤غرامًا، وقدْ أُطلقَ فيما بعدْ على عددِ أفوغادرو منَ الذراتِ اسمَ "**المول**"، فنقولُ إنَّ لدينا مولًا منَ الذراتِ، عندما يكونُ لدينا الكتلةُ الغراميةُ منْ عنصرٍ معينٍ، وعليهِ، فإنَّ المولَ هو عددٌ منَ الذراتِ كتلتُها تساوي الكتلةَ الغراميةَ للعنصرِ وتُسمّى هذه الكتلةُ أيضًا **الكتلةُ المولية للعنصرِ**. انظرِ الشكلَ (٤–٤)، والذي يبيّنُ عددًا منَ الموادِّ وكتلَها المولية.

الشكل (٤–٤): كتلُ مولٍ واحدٍ منْ موادَّ مختلفةٍ.

تأمل

لـو افترضْنـا أنَّ عددَ سكانِ العالمِ ٦ مليارات، وقمْنا بتوزيعِ مـولٍ منَ الدنانيرِ عليهمْ، فكمْ سيكونُ نصيبُكَ منْها؟ للحصولِ على الإجابةِ نقسمُ قيمةَ المولِ على عددِ السكانِ كما يأتي:

$$\frac{٢٣١٠\times٦}{٩١٠\times٦} = ١٤١٠\times١ = ١٠٠ \text{ بليون دينار}$$

تخيَّلْ الآن أنَّ كلَّ هذا العددِ الكبيرِ منْ ذراتِ الهيدروجينِ الموجودِ في مولٍ منهُ كتلتهُ ١ غ فقط، فهلْ تستطيعُ أنْ تتصورَ مقدارَ حجمِ ذرةِ الهيدروجينِ وكتلتِها؟

ومما يجدرُ ذكرُهُ أنَّ مفهومَ المولِ ينطبقُ على الجزيئاتِ بالطريقةِ نفسِها التي ينطبقُ بها على الذراتِ، فمولٌ واحدٌ من الماءِ يحتوي على ٦,٠٢ ×١٠ ٢٣ جزيءٍ منَ الماءِ وكتلتُه تساوي الكتلةَ الجزيئيةَ للماءِ، نُعبّرُ عنها بالغراماتِ، ولتوضيحِ ذلك دعْنا ندرسُ المثالَ الآتي:

مثال (١)

احسبْ الكتلةَ المولية للماءِ H_2O.

الحلُّ

لاحظْ أنَّ جزيءَ الماءِ يتكونُ منْ ذرتي هيدروجين وذرةِ أكسجينَ، فإذا علمتَ أنَّ الكتلةَ الغرامية للأكسجين ١٦ غ ، أي أنَّ كتلةَ مولٍ منْ ذراتِ الأكسجينِ = ١٦ غرامًا ، وأنَّ الكتلةَ الغرامية للهيدروجينِ تساوي ١ غ ، أيْ أنَّ كتلةَ مولٍ منْ ذراتِ الهيدروجينِ = ١ غرامًا، وبالتالي فإنَّ كتلةَ مولٍ منَ جزيئاتِ الماءِ يساوي مجموعَ الكتلِ المولية للذراتِ المكونةِ للماءِ، أيْ أنَّ:

الكتلةَ المولية للماء H_2O = (١× الكتلةَ المولية للأكسجين) + (٢× الكتلةَ المولية للهيدروجين)

= (١٦×١) + (١×٢) = ١٨ غ/مول.

قارنِ القيمةَ التي توصلْتَ إليها الآنَ معَ القيمةِ التي توصلْتَ إليها عندَ حسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ للماءِ في البندِ السابقِ، بماذا تتشابهان، وبماذا تختلفان؟

لا بدَّ أنَّكَ توصلْتَ منْ خلالِ ذلكَ إلى أنَّ الكتلةَ المولية للماءِ مساويةٌ في قيمتِها للكتلةِ الجزيئيةِ لجزيءِ المـاءِ، ولكـنَّ وحدةَ القياسِ اختلفتْ، فهي هنا مقيسةٌ بالغـرام، وهناكَ تُقاسُ بوحدةِ الكتلِ الذريةِ.

سـؤال

بالرجوعِ إلى قيمِ الكتلِ الذريةِ للعناصرِ في الجدولِ الدوريِّ، احسبِ الكتلَ المولية لكلٍّ ممّا يلي: C_2H_6 ، NH_3 ، $C_6H_{12}O_6$ ، $Ca(OH)_2$

والسـؤالُ الآنَ : هـلْ يمكنُ معرفةُ عددِ المـولاتِ الموجودةِ في كتلةٍ معينةٍ منَ المادةِ ، أوْ عددِ الذراتِ أو الجزيئاتِ الموجودةِ فيها؟ لتتعرفَ ذلك، ادرسِ الأمثلةَ الآتيةَ:

مثال (٢)

ما عددُ مولاتِ الصوديومِ Na الموجودةِ في عيّنةٍ منْهُ، كتلتُها ٤٦٠ غرامًا؟

الحلُّ

بالرجـوعِ إلى الجدولِ الـدوريِّ نجدُ أنَّ الكتلةَ الغرامية للصوديـومِ (كتلةُ مولٍ منْ ذراتِه) تساوي ٢٣ غ، وبالتالي يمكنُ حسابُ عددِ مولاتِ الصوديومِ في هذهِ العينةِ كالآتي:

الكتلةُ المولية (٢٣ غ) ← ١ مول منْ Na

الكتلةُ المعطاةُ (٤٦٠ غ) ← عددَ مولاتِ Na

الكتلةُ المولية × عددِ مولاتِ Na = الكتلةَ المعطاةَ × ١ مول

٢٣ غ × عددِ مولاتِ Na = ٤٦٠ غ × ١ مول

عددُ مولاتِ Na = ٤٦٠ غ × $\frac{\text{١ مول}}{\text{٢٣ غ}}$ = ٢٠ مول

لاحظْ أنَّ :

$$\text{عددَ المولاتِ} = \frac{\text{الكتلةَ بالغرامِ}}{\text{الكتلةِ المولية}}$$

وهذهِ العلاقةُ الرياضيةُ سنستخدمُها في حساباتِنا القادمةِ.

مثال (٣)

احسبْ كتلةَ ١٠ مول من $CaCl_2$؟

الحلُّ

نحسبُ الكتلةَ المولية للمركّبِ $CaCl_2$

الكتلةُ المولية $CaCl_2$ = عددَ مولاتِ Ca × الكتلةِ المولية له + عددِ مولاتِ Cl × الكتلةِ المولية له.

= ١ × ٤٠ + ٢ × ٣٥,٥ = ١١١ غ/ مول

وبناءً عليه فإنَّ:

$$\text{عددَ مولاتِ } CaCl_2 = \frac{\text{كتلةَ } CaCl_2}{\text{الكتلةِ المولية } CaCl_2}$$

$$\text{١٠ مول} = \frac{\text{كتلةَ } CaCl_2}{\text{١١١ غ/مول}}$$

$$\therefore \text{كتلةُ } CaCl_2 = ١٠ \text{ مول} \times ١١١ \frac{\text{غ}}{\text{مول}} = ١١١٠ \text{ غ}$$

سؤال

- ما عددُ مولاتِ كربوناتِ المغنيسيومِ $MgCO_3$ في عيّنةٍ كتلتُها ٢٥٢ غ منْهُ.
- احسبْ كتلةَ ٤ مول منْ $CuBr_2$

مثال (٤)

ما عددُ جزيئاتِ الفلورِ F_2 في عيّنةٍ تحتوي ٥ مولٍ منْهُ؟

الحلُّ

عرفتَ أنَّ المولَ الواحدَ منَ الذراتِ أو الجزيئاتِ يساوي عددَ أفوغادْرو، أيْ أنَّ:

١ مولٍ منْ F_2 يحتوي على $٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}$ جزيءِ F_2 (عدد أفوغادرو)

٥ مول F_2 يحتوي على عددَ جزيئاتِ F_2

$$\therefore \text{عددُ جزيئاتِ } F_2 = ٥ \text{ مول} \times ٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣} \frac{\text{جزيء}}{\text{مول}} = ٣٠,١ \times ١٠^{٢٣} \text{ جزيء.}$$

وعليهِ، فإنَّهُ يمكنُ حسابُ عددِ الجزيئاتِ أو الذراتِ منَ العلاقةِ الرياضيةِ:

عددُ الجزيئاتِ (أو الذراتِ) = عددَ المولاتِ × عددِ أفوغادرو

مثال (٥)

ما عددُ ذراتِ الحديدِ Fe في عيّنةٍ كتلتُها ١١٢غرامًا منَ الحديدِ Fe.

(الكتلةُ المولية للحديدِ = ٥٦ غ/مول)

الحلُّ

نحسبُ أولًا عددَ مولاتِ الحديدِ منَ العلاقةِ:

$$\text{عددُ المولاتِ} = \frac{\text{الكتلةَ بالغرامِ}}{\text{الكتلةِ المولية}}$$

$$\text{عددُ المولاتِ} = ١١٢\,\text{غ} \times \frac{\text{مول}}{٥٦\,\text{غ}} = ٢\ \text{مول}$$

عددُ الذراتِ = عددَ المولاتِ × عددِ أفوغادرو

عددُ الذراتِ = ٢ × ٦,٠٢ × ١٠^{٢٣} = ١٢,٠٤ × ١٠^{٢٣} ذرةٍ

سؤال

◄ تفرزُ النحلةُ عندما تلسعُ كائنًا ما ١٠$^{-٦}$ غ منْ مركّبِ أيسو بنتيل أسيتات (Isopentyl acetate) $C_7H_{14}O_2$ الذي لهُ رائحةٌ كرائحةِ الموزِ، حيثُ تجذبُ هذهِ الرائحةُ النحلاتِ الأخرياتِ لتنضمَّ للمهاجمةِ. احسبْ عددَ جزيئاتِ الأيسو بنتيل أسيتات التي تفرزُها النحلةُ عندما تلسعُ شخصًا ما .

الشكل (٤-٥): نحلةٌ تلسعُ شخصًا.

٤- النسبُ المئويةُ لكتلِ العناصرِ في المركّباتِ

Mass Percent of Elements in the Compounds

درسْتَ في مبحثِ الرياضياتِ كيفَ يمكنُ حسابُ النسبِ المئويةِ المختلفةِ مثل نسبةِ الطلبةِ المشاركينَ في مسابقةٍ ما، أو نسبةِ الطلبةِ الغائبينَ عنِ المدرسةِ، أو نسبةِ النجاحِ في الاختبارِ. فماذا نعني بقولِنا إنَّ النسبةَ المئويةَ للناجحينَ في الاختبارِ ٨٠٪؟ يعني ذلكَ أنَّ ٨٠ طالبًا منْ كلِّ مئةٍ نجحوا في الاختبارِ، وتُحسبُ النسبةُ المئويةُ عادةً بقسمةِ عددِ الكمياتِ المرادِ حسابُ نسبتِها على العددِ الكليِّ لهذهِ الكمياتِ، وضربِ الناتجِ بـ ١٠٠٪ وقدِ استفادَ الكيميائيونَ منْ حسابِ النسبِ المئويةِ للعناصرِ المكونةِ لمركّبٍ ما، في تحديدِ صيغتِهِ الجزيئيةِ، فكيفَ يتمُّ ذلكَ؟ دعْنا أولًا نحسبُ النسبَ المئويةَ لكتلِ عناصرِ مركّبٍ ما، منْ خلالِ المثالينِ الآتيينِ:

مثال (٦)

احسبِ النسبَ المئويةَ الكتليةَ للكربونِ والهيدروجينِ في الميثانِ CH_4.

الحلُّ

لحسابِ نسبةِ الكربونِ والهيدروجينِ في المركّبِ، نحسبُ أولًا الكتلةَ المولية للمركّبِ، كما يأتي:

الكتلةُ المولية للميثان CH_4 = ١٢×١ + ١ ×٤ =١٦ غ/مول

$$\text{النسبةُ المئويةُ الكتليةُ للكربونِ في } CH_4 = \frac{\text{كتلةَ ذراتِ الكربونِ في } CH_4}{\text{الكتلةِ المولية } CH_4} \times ١٠٠٪$$

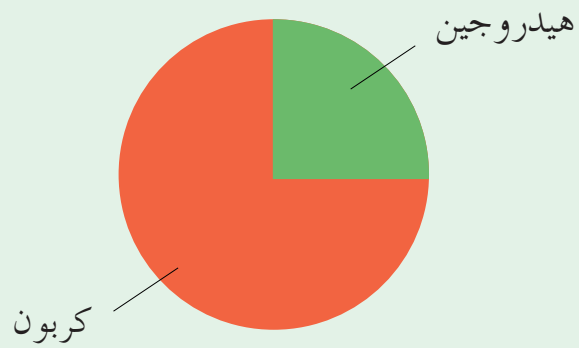
$$= \frac{\text{عددَ ذراتِ C} \times \text{الكتلة المولية C}}{\text{الكتلةِ المولية } CH_4} \times ١٠٠٪$$

$$= \frac{١ \times ١٢}{١٦} \times ١٠٠٪ = ٧٥٪$$

النسبةُ المئويةُ الكتليةُ للهيدروجينِ في CH_4 = $\frac{\text{كتلةَ ذراتِ الهيدروجينِ في } CH_4}{\text{الكتلةِ المولية } CH_4} \times ٪١٠٠$

$= \frac{\text{عدد ذراتِ H} \times \text{الكتلة المولية H}}{\text{الكتلةِ المولية } CH_4} \times ٪١٠٠$

$= \frac{٤ \times ١}{١٦} \times ٪١٠٠ = ٪٢٥$



الشكل (٤-٦): النسبةُ المئويةُ الكتليةُ للعناصرِ في CH_4

سؤال

◄ احسبِ النسبَ المئويةَ الكتليةَ لكلٍّ منَ الكربونِ والأكسجينِ في CO_2.

مثال (٧)

عندَ تحليلِ عينةٍ منْ مركبٍ مجهولٍ يتكونُ منَ الكبريتِ والأكسجينِ فقط، فإذا علمْتَ أنَّ كتلةَ الكبريتِ في العينةِ = ١,٦غرام وكتلةَ الأكسجينِ في العينةِ = ٢,٤ غرامٍ، احسبِ النسبَ المئويةَ الكتليةَ للكبريتِ والأكسجينِ في المركّبِ.

الحلُّ

في البداية نحسبُ كتلةَ العينةِ = ١,٦ + ٢,٤ = ٤ غرامات

ثمَّ نحسبُ النسبةَ المئويةَ الكتليةَ للكبريتِ والأكسجينِ في العيّنةِ.

$$\text{النسبةُ المئويةُ الكتليةُ للكبريتِ} = \frac{\text{كتلةَ الكبريتِ في العينةِ}}{\text{كتلةِ العينةِ}} \times ١٠٠٪ = \frac{١,٦}{٤} \times ١٠٠٪ = ٤٠٪$$

$$\text{النسبةُ المئويةُ الكتليةُ للأكسجينِ} = \frac{\text{كتلةَ الأكسجينِ في العينةِ}}{\text{كتلةِ العينةِ}} \times ١٠٠٪ = \frac{٢,٤}{٤} \times ١٠٠٪ = ٦٠٪$$

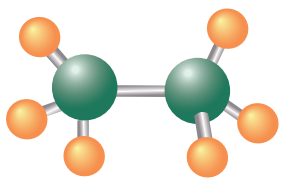
سـؤال

◄ عنـدَ تحليلِ عيّنةٍ نقيةٍ منْ مركّبٍ هيدروكربونيٍّ مجهولٍ، كتلتُها ٢,٢غرام، فكانتْ تحتوي ٠,٤ غرام هيدروجين. احسبِ النسبةَ المئويةَ لكلٍّ منَ الهيدروجينِ H، والكربونِ C في العيّنةِ.

٥- الصيغةُ الأوليةُ والصيغةُ الجزيئيةُ للمركباتِ

Empirical Formula and Molecular Formula of Compounds

عندما يكتشفُ الكيميائيُّ مركّبًا جديدًا، فإنَّ أوّلَ ما يتبادرُ إلى ذهنِهِ السؤالُ عنْ صيغتِهِ الكيميائيةِ. ولتحديدِها، يقومُ بتحليلِ المركّبِ لمعرفةِ كميّاتِ العناصرِ، أو معرفةِ النسبِ المئويةِ للعناصرِ الداخلةِ في تكوينِهِ، وبعدَها يقومُ بتحديدِ الصيغةِ الأوّليةِ للمركّبِ، ثُمَّ يحدّدُ صيغتَهُ الجزيئيةَ، فما المقصودُ بالصيغةِ الأوّليةِ للمركّبِ؟ وماذا نعني بالصيغةِ الجزيئيةِ له؟ لتتعرفَ ذلكَ ادرسِ الشكلَ (٤-٧)، ثمَّ حدّدْ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ لذراتِ الهيدروجينِ و الكربونِ في كلٍ منَ المُركّبينِ C_2H_6 ، C_6H_6.



الإيثان C_2H_6

البنزين C_6H_6

الشكل (٤-٧): الصيغةُ الكيميائيةُ لجزيءِ البنزينِ وجزيءِ الإيثان.

تسمّى الصيغُ C_2H_6 ، C_6H_6 الصيغَ الجزيئيةَ للإيثانِ والبنزينِ على التوالي. فكيفَ نصلُ إلى هذهِ الصيغِ، ونحدّدها بدقة؟ في الحقيقةِ إنَّ هذهِ العمليةَ تمرُّ بخطواتٍ عدةٍ؛ فنحنُ نحللُ المركّبَ أولاً عندَ اكتشافهِ، ونتعرفُ إلى العناصرِ المكوّنةِ لهُ ونسبِ وجودها فيهِ، ومنْ ثمَّ نستطيعُ تحديدَ أبسطِ نسبةٍ بينَ عددِ ذراتِ هذهِ العناصرِ، ونعبّرُ عنِ المركّبِ في ضوئِها عنْ طريقِ صيغةٍ تسمّى **الصيغةَ الأوليةَ** للمركّبِ، وهيَ **صيغةٌ تبينُ أنواعَ الذراتِ الموجودةِ في المركّبِ، وأبسطَ نسبةٍ لوجودِها فيه،** وبناءً على ذلكَ فإنَّ الصيغةَ الأوّليةَ للإيثانِ هي CH_3 وللبنزينِ هي CH. ولتتعرف كيفَ نحددُّ الصيغةَ الأوّليةَ للمركّبات. دعْنا ندرسُ المثالَ الآتي:

مثال (٨)

عندَ تحليلِ عينةٍ منْ أحدِ المركباتِ العضويةِ، كتلتُها ٣غرامات ، وُجدَ انَّها تحتوي ٠,٦غرامٍ هيدروجين، والباقي كربون. ما الصيغةُ الأوليةُ للمركّبِ الذي تتكونُ منْهُ العينةُ؟

الحلُّ

في البدايةِ نحسبُ كتلةَ الكربونِ في العيّنةِ = ٣ – ٠,٦ = ٢,٤ غ

ثمَّ نحسبُ عددَ مولاتِ الكربونِ C = $\frac{\text{كتلةَ الكربون في العيّنةِ}}{\text{الكتلةِ المولية للكربون}} = \frac{٢,٤}{١٢} = ٠,٢$ مول

و عددَ مولاتِ الهيدروجينِ H = $\frac{\text{كتلةَ الهيدروجين في العيّنةِ}}{\text{الكتلةِ المولية للهيدروجين}} = \frac{٠,٦}{١} = ٠,٦$ مول

لاحظْ أنَّ أقلَّ قيمةٍ لعددِ المولاتِ الموجودةِ منَ العنصرينِ في العيّنةِ هي ٠,٢، ولحسابِ عددِ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الصيغةِ الأوليةِ، فإننا نقسمُ عددَ مولاتهِ على القيمةِ الأقلِ لعددِ المولاتِ (٠,٢)، على النحوِ الآتي :

عددُ ذراتِ الكربونِ C = $\frac{\text{عدد مولاته}}{٠,٢} = \frac{٠,٢}{٠,٢} = ١$

عددُ ذراتِ الهيدروجينِ H = $\frac{\text{عدد مولاته}}{٠,٢} = \frac{٠,٦}{٠,٢} = ٣$

ومنْ هنا نجدُ أنَّ نسبةَ عددِ ذراتِ الكربونِ إلى عددِ ذراتِ الهيدروجينِ في المركّبِ المجهولِ هيَ ١:٣، وعليهِ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ للمركّبِ هيَ CH_3.

تساعدُنا الصيغةُ الأوليةُ، كما هوَ واضحٌ على تحديدِ أبسطِ نسبةٍ بينَ عددِ ذراتِ العناصرِ الموجودةِ في المركّبِ. ولكنَّ المركّباتِ لا تتكونُ بالضرورةِ منَ اتحادِ أبسطِ عددٍ منْ هذهِ الذراتِ، فقدْ يتحدُّ الكربونُ معَ الهيدروجينِ بنسبةِ ١:١ في جزيءِ الأستلينِ (C_2H_2)، وقدْ يتحدانِ بنسبةِ ١:١ في جزيءِ البنزينِ (C_6H_6)، وبالتالي فإنَّ معرفةَ الصيغةِ الأوليةِ للمركّبِ لا تحددُ بالضرورةِ ماهيةَ المركّبِ، ونحنُ في حاجةٍ إلى تحديدِ صيغةٍ أخرى للتعرّفِ إليهِ بدقةٍ، وهذهِ الصيغةُ هيَ **الصيغةُ الجزيئيةُ** للمركّبِ، **وهي تضمُّ أنواعَ الذراتِ المكونةِ للمركّبِ، وتُظهرُ عددَها الحقيقيَّ فيهِ، وهيَ في العادةِ تساوي الصيغةَ الأوليةَ، أو إحدى مضاعفاتِها**، فكيفَ تُحدّدُ هذهِ الصيغةُ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، ادرسِ المثالَ الآتي:

مثال (٩)

قامَ باحثٌ كيميائيٌّ بتحليلِ عينةٍ منْ مركّبٍ مجهولٍ، فوجدَ أنّها تتكونُ منْ ٤٣,٦٪ فسفورٍ P و ٥٦,٤ ٪ أكسجينٍ O، فإذا علمْتَ أنَّ الكتلةَ المولية للفسفورِ=٣١ غ/مول وللأكسجينِ= ١٦ غ/مولٍ، عيّنِ الصيغةَ الأوليةَ لهذا المركّبِ؟ وإذا كانتِ الكتلةُ المولية لهُ تساوي ٢٨٤ غ/مول، فما صيغتهُ الجزيئيةُ.

الحلُّ

في البدايةِ نفرضُ أنَّ كتلةَ العيّنةِ = ١٠٠ غ، وعليهِ فإنَّ كتلةَ الفسفورِ فيهِ = ٤٣,٦ غ، وكتلةَ الأكسجينِ = ٥٦,٤ غ

$$\text{نحسُبُ عددَ مولاتِ الفسفورِ P} = \frac{\text{كتلةَ P}}{\text{الكتلةِ المولية P}} = \frac{٤٣,٦}{٣١} = ١,٤ \text{مول}$$

$$\text{نحسُبُ عددَ مولاتِ الأكسجينِ O} = \frac{\text{كتلةَ O}}{\text{الكتلةِ المولية O}} = \frac{٥٦,٤}{١٦} = ٣,٥ \text{مول}$$

لاحظْ أنَّ أقلَّ قيمةٍ لعددِ المولاتِ هيَ ١,٤.

والآن نحسبُ عددَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الصيغةِ الأوليةِ

$$\text{عددُ ذراتِ P} = \frac{\text{عددَ مولاتِهِ}}{١,٤} = \frac{١,٤}{١,٤} = ١$$

$$\text{عددُ ذراتِ O} = \frac{\text{عددَ مولاتِه}}{١,٤} = \frac{٣,٥}{١,٤} = ٢,٥$$

ومنْ هنا فإنَّ نسبةَ عددِ ذراتِ الفسفورِ إلى عددِ ذراتِ الأكسجينِ هيَ ١ : ٢,٥ . وإذا اعتمدنا هذهِ النسبةِ، فإنَّ الصيغةَ الأوليةَ لهُ ستكونُ $PO_{2.5}$ ولكنْ نظرًا لكونِ صيغِ المركّباتِ يجبُ أنْ تمتلكَ أعدادًا صحيحةً، فإنّهُ لابدَّ منْ ضربِ الصيغةِ الناتجةِ بالعددِ ٢، وعليهِ تصبحُ الصيغةُ الأوليةُ للمركّبِ P_2O_5.

ولتحديدِ الصيغةِ الجزيئيةِ للمركّبِ، نحسبُ الكتلةَ المولية للصيغةَ الأوليةَ P_2O_5.

الكتلةُ المولية P_2O_5 = ٢ × ٣١ + ٥×١٦ = ١٤٢ غ/مول.

ثـمَّ نحددُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ لـذراتِ العناصرِ المكونةِ للمركّبِ، وذلكَ بقسمةِ الكتلةِ المولية للمركّبِ (كتلةُ الصيغةِ الجزيئيةِ لهُ) على كتلةِ الصيغةِ الأوليةِ، كما يلي:

$$\frac{\text{الكتلةُ المولية للمركّبِ}}{\text{كتلةِ الصيغةِ الأوليةِ للمركّبِ}} = \frac{٢٨٤}{١٤٢} = ٢$$

وبضربِ ناتجِ القسمةِ بالصيغةِ الأوليةِ، نحصُلُ على الصيغةِ الجزيئيةِ للمركّبِ.

الصيغةُ الجزيئيةُ للمركّبِ ٢ × (P_2O_5) فتصبحُ: P_4O_{10}

وهذا يعني أنَّ :

$$\text{الصيغةَ الجزيئيةَ للمركّبِ} = \frac{\text{الكتلةَ المولية للمركّبِ}}{\text{كتلةِ الصيغةِ الأوليةِ للمركّبِ}} \times \text{الصيغةِ الأوليةَ للمركّبِ}$$

سؤال

قامَ باحثٌ كيميائيٌّ بتحليلِ عيّنةٍ منْ مركّبٍ مجهولٍ، كتلتُها ٢٩,٤ غ ، فوجدَ أنّها تتكونُ منْ ثلاثةِ عناصرَ، هي: البوتاسيومُ، والكرومُ، والأكسجين، وإنَّ كتلةَ البوتاسيوم فيها= ٧,٨ غ، وكتلةَ الكروم = ١٠,٤٠ غ. ما الصيغةُ الأوليةُ للمركّبِ الذي تتكونُ منه العينةُ؟ إذا علمْتَ أنَّ الكتلةَ المولية لهذا المركّبِ = ٢٩٤ غ. فما صيغتُه الجزيئيةُ؟ علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ للعناصرِ الثلاثةِ كما يأتي: O = ١٦، K = ٣٩، Cr = ٥٢.

٦- الحساباتُ الكيميائيةُ باستخدامِ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ

Chemical Calculations Using Balance Equation

تعدُّ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ أساسَ الحساباتِ الكيميائيةِ، فهي تدلُّ على نسبِ عددِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ في التفاعلِ، أيْ النسبِ الكميةَ للموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ. ولتتعرفَ كيفيةَ حسابِ كتلةِ إحدى الموادِّ المتفاعلةِ أو الناتجةِ منَ التفاعلِ، ادرسِ المثالين الآتيين:

مثال (١٠)

الشكل (٤-٨): خام الهيماتيت.

يُعدُّ الهيماتيتُ Fe_2O_3 منْ أهمِّ خاماتِ الحديدِ، حيثُ يُحضَّرُ الحديدُ منَ الخامِ عنْ طريقِ تفاعلِ الهيماتيت Fe_2O_3 معَ أوّلِ أكسيدِ الكربونِ CO في الفرنِ اللافحِ كما في المعادلةِ:

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

١- ماعددُ مولاتِ CO اللازمةِ للتفاعلِ تمامًا معَ ١٥ مول منَ الخام Fe_2O_3.

٢- ما كتلةُ Fe الناتجةِ منْ تفاعلِ ١٠ مول Fe_2O_3 معَ كميةٍ كافيةٍ منْ CO.

٣- ما كتلةُ الهيماتيتِ اللازمةِ لإنتاجِ ٥٦٠٠ غ Fe ؟

الحلُّ

١- تبيَّنَ لنا منَ المعادلةِ الموزونةِ أنَّ ١ مول منْ Fe_2O_3 يتفاعلُ معَ ٣ مول CO وعليه فإنَّ:

عددَ مولاتِ CO اللازمةَ للتفاعلِ معَ (١٥) مولٍ منَ الخامِ = ٣ × عددِ مولاتِ Fe_2O_3

= ٣ × ١٥ = ٤٥ مول

٢- في البداية نجدُ عددَ مولاتِ Fe الناتجةِ منَ التفاعلِ.

فمنَ المعادلةِ الموزونةِ نلاحظُ أنَّ ١ مول من Fe_2O_3 ينتُجُ عنْهُ ٢ مول Fe أي أنَّ:

عددَ مولاتِ Fe = ٢ × عددِ مولاتِ Fe_2O_3

= ٢ × ١٠ = ٢٠ مول

والآن نجدُ كتلةَ Fe:

$$\text{عددُ مولاتِ Fe} = \frac{\text{كتلةَ Fe}}{\text{الكتلةِ المولية Fe}}$$

$$\text{٢٠ مول} = \frac{\text{كتلةَ Fe}}{\text{٥٦ غ/مول}}$$

$$\text{كتلةُ Fe} = \text{٢٠ مول} \times \frac{\text{٥٦ غ}}{\text{مول}} = \text{١١٢٠ غ}$$

٣- لحسابِ كتلةِ الهيماتيت اللازمةِ لإنتاجِ ٥٦٠٠ غ Fe نحسبُ أولًا عددَ مولاتِ Fe.

$$\text{عددَ مولاتِ Fe} = \frac{\text{كتلةَ Fe}}{\text{الكتلةِ المولية Fe}} = \frac{\text{٥٦٠٠ غ}}{\text{٥٦ غ/مول}} = \text{١٠٠ مول}$$

ثمَّ نجدُ عددَ مولاتِ Fe_2O_3 وذلك بالرجوعِ إلى المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ.

لاحظ أنَّ ١ مول من Fe_2O_3 يُنتجُ ٢ مول Fe وعليه فإنَّ:

$$\text{عددَ مولاتِ } Fe_2O_3 = \frac{١}{٢} \text{ عددِ مولاتِ Fe}$$

$$= \frac{١٠٠}{٢} = \text{٥٠ مول } Fe_2O_3$$

والآن نجدُ كتلةَ Fe_2O_3:

$$\text{عددُ مولاتِ } Fe_2O_3 = \frac{\text{كتلةَ } Fe_2O_3}{\text{الكتلةِ المولية } Fe_2O_3}$$

$$\text{كتلةُ } Fe_2O_3 = \text{٥٠ مول} \times \frac{\text{١٦٠ غ}}{\text{مول}} = \text{٨٠٠٠ غ}$$

مثال (١١)

الشكل (٤-٩): اسطواناتُ هيدروكسيدِ الليثيومِ في المركباتِ الفضائيةِ.

يُستخدمُ هيدروكسيدُ الليثيومِ LiOH في المركباتِ الفضائيةِ لإزالةِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 الموجودِ في حجرةِ المعيشةِ في المكوكِ عنْ طريقِ تكوينِ كربوناتِ الليثيومِ الصلّبِ، والماءِ السائلِ، حسْبَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2LiOH_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow Li_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

احسبْ ما يمكنُ امتصاصهُ منْ كتلةِ CO_2 عندَ استخدامِ ١كغم هيدروكسيدِ الليثيومِ.

الحلُّ

- نحسُبُ عددَ مولاتِ LiOH = $\frac{\text{كتلةَ LiOH}}{\text{الكتلةِ المولية LiOH}}$ ، حيثُ إنَّ ١كغم LiOH= ١٠٠٠ غ

فإن عددَ مولاتِ LiOH = $\frac{١٠٠٠ \text{غ}}{٢٤ \text{غ/مول}}$ = ٤١,٧مول

- نحسُبُ عددَ مولاتِ CO_2 الممكنَ امتصاصُها

نجدُ منَ المعادلةِ الموزونةِ أنَّ ٢ مول LiOH يحتاجُ إلى التفاعلِ معَ ١ مول CO_2، أيْ أنَّ:

عددَ مولات CO_2 = $\frac{١}{٢}$ عددِ مولات LiOH

عددَ مولات CO_2 = $\frac{١}{٢} \times ٤١,٧$ = ٢٠,٨٥ مول

- نحسبُ كتلة CO_2 التي يمكنُ امتصاصُها

كتلةُ CO_2 = عددَ المولاتِ × الكتلةِ المولية CO_2

= ٢٠,٨٥ × ٤٤ = ٩١٧,٤ غ

سؤال

ينتجُ غازُ الكلورِ وفقًا للتفاعلِ الكيميائيِّ الآتي : $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

- احسُبْ كتلةَ HCl اللازمةَ للتفاعلِ معَ ٢٥ غ منْ MnO_2.
- احسُبْ كتلةَ Cl_2 الناتجةَ منَ التفاعلِ.

الصناعاتُ الدوائيةُ

يُسهمُ علمُ الكيمياءِ في تقدمِ الصناعاتِ وتطويرِها بشكلٍ عامٍّ، ومنْ أهمِّ الصناعاتِ التي تعتمدُ علـى الكيمياءِ الصناعـاتُ الدوائيةُ . وفي الأردنِّ، أخذتْ هذهِ الصناعـةُ بالتطوّرِ، وقطعتْ أشواطًا متقدمةً، حيثُ أصبحَ الدواءُ الأردنيُّ يمتازُ بفعاليةٍ عاليةٍ، وسُمعةٍ طيبةٍ.

يُصنّعُ الدواءُ عنْ طريقِ استخدامِ الموادِّ الأوليةِ اللازمةِ لإنتاجِ الأدويةِ بكمياتٍ محدّدةٍ، وفْقَ نوعِ الـدواءِ المُرادِ تصنيعُه وصيغتُه، ويخضعُ الدواءُ المنتَـجُ لفحوصاتٍ كيميائيةٍ وبيولوجيةٍ وصيدلانيةٍ دقيقـةٍ، للتأكّـدِ مـنْ مطابقتـهِ لمواصفـاتِ الأدويـةِ المعتمدةِ في الأردنِّ، وقوانينِهـا المعتمدةِ دوليًّا، مثلَ: دستورِ الأدويةِ البريطانيِّ .

الشكل (٤–١٠):عيناتُ دواءٍ مختلفةٍ.

ويعـدُّ الأسبريـنُ $C_9H_8O_4$ مثالًا مـنَ الأدويـةِ المهمّةِ التـي تُحضَّرُ كيميائيًّـا، حيثُ يستخـدمُ مسكِّنًا لـلآلامِ، وخافضًا للحرارةِ، ويوجدُ الكثيـرُ مـنَ الأدويةِ الأُخـرى التي تُصَنّعُ فـي الأردنِّ، مثلُ: مركّبـاتِ الباراسيتامـولِ، و مضاداتِ الالتهاباتِ، وأدويةِ السعالِ، والمضاداتِ الحيويةِ .

وتخضـعُ عمليـةُ التصنيعِ الدوائيِّ إلى الرقابةِ عنْ طريقِ وجودِ كـوادرَ مؤهلةٍ تعملُ في وحدةِ ضبطِ الجودةِ في المصنعِ، وتراقبُ جميعَ مراحلِ التصنيعِ، بدءًا منَ الموادِّ الخامِ ، وانتهاءً بالمنتَجِ النهائيِّ، مـعَ مراقبةِ مدةِ صلاحيةِ الـدواءِ. إضافةً إلى الجهاتِ الرقابيةِ الأخرى، كـوزارةِ الصحةِ، ومؤسسةِ الـدواءِ والغـذاءِ، التي تراقبُ الأدويـةَ المصنّعةَ محليًّا، أو المستوردةَ مـنَ الخارجِ، منْ أجلِ ضمانِ وصـولِ المستحضرِ الدوائـيِّ إلى الإنسانِ، وفْقَ معاييرَ ومواصفاتٍ تضمـنُ جودةَ الدواءِ وسلامتِه وفاعليته، منْ خلالِ الحساباتِ الكيميائيةِ التي تعتمدُ على أسسٍ كميةٍ محددةٍ. ومنَ الجديرِ بالذكرِ، أنَّ الصناعةَ الدوائيةَ في الأردنِّ تشكّلُ رافدًا رئيسًا للاقتصادِ الوطنيِّ.

أسئلةُ الوَحدَةِ

١– اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

(١) الكتلةُ المولية للهيدرازين N_2H_4 بالغرام/مول تساوي:

أ) ٢٨ ب) ٣٢ جـ) ٣٠ د) ٣٦

(٢) النسبةُ المئويةُ للبوتاسيوم K في $KHCO_3$ تساوي:

أ) ١٢٪ ب) ٤٨٪ جـ) ٣٥٪ د) ٣٩٪

(٣) كتلةُ ٥ مول منْ $CaCO_3$ تساوي :

أ) ٥٠٠ غ ب) ٥ غ جـ) ٠,٥ غ د) ٥٠ غ

(٤) كتلةُ ٣٦,١٢ × ١٠ ٢٣ جزيء من N_2 تساوي:

أ) ٣٦ غ ب) ١٦٨ غ جـ) ٢٨ غ د) ٨٤ غ

(٥) الصيغةُ الأوليةُ لأحدِ أكاسيدِ النيتروجينِ هي N_2O_5 ، فإذا علمْتَ أنَّ الكتلةَ المولية للمركّبِ تساوي ٢١٦ غ/مول، فإنَ الصيغةَ الجزيئيةَ لهُ:

أ) N_2O_5 ب) NO جـ) N_4O_{10} د) NO_3

(٦) عددُ الجزيئاتِ الموجودةِ في ٣ مول منْ HCl هي:

أ) ٦,٠٢ × ١٠ ٢٣ جزيء ب) ١٨,٠٦ × ١٠ ٢٣ جزيء

جـ) ٣,٠١ × ١٠ ٢٣ جزيء د) ١٢,٠٤ × ١٠ ٢٣ جزيء

٢– احسبْ كتلةَ كلٍّ منَ الهيدروجينِ، والأكسجينِ في عيّنةٍ منَ الماءِ تحوي ٢٠ مولاً منْ H_2O.

٣– ادرسِ التفاعلَ الآتي، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

$$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2\,(g)} \longrightarrow 3CO_{2\,(g)} + 4H_2O_{\,(g)}$$

أ) احسبْ عددَ مولاتِ CO_2 الناتجةِ منْ تفاعلِ ٥٠ مول O_2 معَ ما يلزمُه منْ C_3H_8.

ب) احسبْ كتلةَ H_2O الناتجةَ منْ تفاعلِ ٨٨٠ غ C_3H_8 معَ كميةٍ كافيةٍ منْ O_2.

جـ) احسبْ كتلةَ C_3H_8 اللازمةَ لإنتاجِ ٤٢,١٤ × ١٠ ٢٤ جزيءٍ منْ CO_2.

٤- عندَ تحليلِ مركّبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ كربونٍ وهيدروجينٍ فقطْ ، وُجِدَ أنَّ النسبةَ المئويةَ الكتليةَ لمكوناتهِ هي: C = ٨٥,٧١ ٪ ، H = ١٤,٢٩٪ . ما الصيغةُ الأوليةُ للمركّبِ؟

٥- يعـدُّ غـازُ SO_2 أحدَ الملوثاتِ الرئيسةِ للهـواءِ. ولتخليصِ الهواءِ منْه تتـمُّ مفاعلتُهُ معَ مسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ :

$$2CaCO_{3(s)} + 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CaSO_{4\,(s)} + 2CO_{2(g)}$$

احسبْ كتلةَ مسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ اللازمةِ للتفاعلِ معَ ٣,٢ غ منْ غازِ SO_2 من الهواء.

٦- يحتـوي كلٌّ مـنَ القهوةِ والشـاي على الكافيينِ المنبّهِ للجهازِ العصبيِّ. فـإذا احتوتْ عينةٌ تزنُ ١,٢٦١ غ مـنَ الكافيينِ علـى ٠,٦٢٤ غ C، و ٠,٠٦٥ غ H، و ٠,٢٠٨ غ O، و ٠,٣٦٤ غ N، مـا الصيغـةُ الأوليةُ لمركّـبِ الكافيينِ؟ وما الصيغـةُ الجزيئيةُ لهْ؟ (علمًا بـأنَّ الكتلَة المولية للكافيينِ تساوي ١٩٤ غ/مول).

٧- سأل المعلمُ الطالبَ مسعودًا: هل تستطيعُ أنْ تحسبَ عددَ مولاتِ مادةِ الطباشيرِ (على افتراضِ أنّها مكونةٌ منْ مركبِ $CaCO_3$) اللازمةِ لكتابةِ اسمِك على اللوحِ. ماذا تقترحِ على مسعودٍ أن يفعلَ لحسابِ مولاتِ الطباشيرِ اللازمةِ لكتابةِ اسمهِ.

٨- يريـدُ مستثمـرٌ استخراجَ النحاسِ منْ وادي عربةَ فـي الأردنِّ، الذي يحتوي منجمينِ للنحاسِ، أحدُهمـا يحوي خامَ الملاكيـتِ $Cu_2CO_3(OH)_2$، والآخرُ يحوي خـامَ البايريتِ $CuFeS_2$. كيفَ تساعدُ هذا المستثمرَ على إعدادِ تقريرٍ يبّينُ أيَّ المنجمينِ أجدى اقتصاديًا للاستثمارِ؟

الوحدةُ الخامسةُ

٥

الطاقةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ

- ما أنواعُ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

تتميـزُ زهـرةُ اللـوفِ العملاقـةُ (Voodoo lily) ذاتُ المنظرِ الجميلِ بحجمِها الكبيرِ، إذ يصلُ ارتفاعُها إلى مترٍ ونصفٍ، وتُنتِجُ هـذهِ الزهرةُ رائحـةً كريهةً تشبهُ رائحةَ الجيفـةِ الميتةِ التي تجذبُ الذبابَ وبعضَ أنواعِ الخنافسِ إليها؛ مما يساعدُها في عمليةِ تلقيحِ أزهارِهـا. وتعدُّ هذهِ النبتةُ مثـالًا على النباتاتِ المولـدةِ للحرارةِ؛ نتيجةً لحدوثِ تفاعلاتٍ كيميائيةٍ حيويةٍ بداخلِها. ويمكنُ أنْ تصلَ درجةُ حرارتِها إلى ٤٣°س؛ مما يجعلُ الحشراتِ أكثرَ انجذابًا لها، حاملـةً معَها حبوبَ اللقاحِ التي تنقلُها منْ زهـرةٍ إلى أخرى. فهلْ كلُّ التفاعـلاتِ الكيميائيـةِ مولدةٌ للحرارةِ؟ وكيفَ نعبّرُ عنِ الطاقـةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ في المعادلاتِ الكيميائيةِ؟ وماذا نسمّي هذهِ المعادلاتِ؟ هذا ما ستتعرفُه خلالَ دراستِكِ هذهِ الوحدةِ.

ويُتوقَّعُ منكَ بعدَ دراستِها، أنْ تكون قادرًا على أنْ:

- تصنِّفَ التفاعلاتِ الكيميائيةَ وفقَ تغيراتِ الطاقةِ المصاحبةِ لها.
- توظِّـفَ المختبرَ وتكنولوجيا المعلومـاتِ ICT في تعرُّفِ أشكالِ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ (حرارية وكهربائية وضوئية)، وتوضّحَ أهميتَها في الحياةِ.
- توضِّحَ مفهومَ كلٍّ من: طاقةِ الرابطةِ الكيميائيةِ، وحرارةِ التفاعلِ، والقيمةِ الحراريةِ للوقودِ.
- تحسبَ الحرارةَ المرافقةَ للتفاعلِ باستخدامِ قيمِ طاقاتِ الروابطِ.
- تحسبَ القيمةَ الحراريةَ للوقودِ، وتقرِّرَ اختيارَ الوقودِ الأفضلِ.
- تحسبَ كميّةَ الطاقةِ المرافقةِ للتفاعلِ باستخدامِ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ.

أولًا

تغيراتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ
Energy Changes in Chemical Reactions

تؤدي الطاقةُ دورًا مهمًّا في الأنشطةِ الحياتيةِ للإنسانِ، إذْ نحتاجُ إليها في الزراعةِ والصناعةِ والمواصلاتِ، كما تلزمُ في الطبخِ والإنارةِ والتدفئةِ وتشغيلِ الأجهزةِ الكهربائيةِ، و تنتجُ معظمُ هذهِ الطاقةِ منْ تفاعلاتٍ كيميائيةٍ، فالكثيرُ منَ التفاعلاتِ يصاحبُها إنتاجُ طاقةٍ (ومنها: احتراقُ الوقودِ الأحفوريِّ، وتفاعلاتُ المركمِ الرصاصيّ) ، وبالمقابلِ، يوجدُ تفاعلاتٌ يصاحبُها امتصاصُ طاقةٍ (ومنها: تفاعلُ تحللِ كربوناتِ الكالسيومِ). وهكذا نجدُ أنَّ التفاعلاتِ الكيميائيةَ يرافقُها عادةً تغيرٌ في الطاقةِ يَظهرُ بأشكالٍ مختلفةٍ، مثلَ الطاقةِ الحراريةِ أو الكهربائيةِ أو الضوئيةِ أو خليطٍ منها. ويسمّى فرعُ الكيمياءِ الذي يهتمُّ بدراسةِ تغيراتِ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ **الكيمياءَ الحراريةَ** وتقسمُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ منْ حيثُ تغيراتِ الطاقةِ المرافقةِ لحدوثِها إلى نوعينِ: تفاعلاتٍ ماصةٍ للطاقةِ، وتفاعلاتٍ طاردةٍ للطاقةِ، فماذا نعني بالتفاعلِ الماصِّ للطاقةِ والتفاعلِ الطاردِ لها؟

١- التفاعلاتُ الطاردةُ للطاقةِ الحرارية Exothermic Reactions

يعدُّ احتراقُ الوقودِ منْ أشهرِ الأمثلةِ على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ، فاحتراقُ الوقودِ في المدفأةِ يؤدّي إلى إطلاقِ كميةٍ من الطاقةِ الحراريةِ التي نستفيدُ منها في عمليةِ التدفئةِ. انظرِ الشكلَ (٥-١)، ويوجدُ العديدُ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي يصاحبُ حدوثُها انطلاقًا للطاقةِ، ولتتعرفَّ هذا النوعَ منَ التفاعلاتِ نفذِّ النشاطَ (٥-١).

الشكل (٥-١): احتراقُ الغازِ في المدفأةِ تفاعلٌ طاردٌ للطاقةِ الحراريةِ.

نشاط (٥-١) : تفاعلاتٌ طاردةٌ للطاقةِ الحراريةِ

المـوادُّ والأدواتُ المطلوبةُ: محلولُ حمضِ الهيدروكلوريك HCl (تركيزُ ٨٪ بالكتلة)، محلولُ هيدروكسيـدِ الصوديومِ NaOH (تركيزُ ٨٪ بالكتلة)، كأسٌ زجـاجيةٌ سَعـةَ ٥٠مل عـدد (٢)، كأسٌ زجاجيةٌ سَعةَ ١٠٠مل، ميزانُ حرارةٍ، ماءٌ مقطرٌ.

الخطواتُ

١- ضـعْ ٢٠مـل مـنْ محلولِ HCl فـي كأسٍ زجاجيـةٍ سعتُها ٥٠مل، ثمَّ قسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ وسجِّلْها.

٢- اغسلْ ميزانَ الحرارةِ بالماءِ المقطّرِ.

٣- ضـعْ ٢٠مـل منْ محلولِ NaOH فـي كأسٍ زجاجيةٍ سعتُها ٥٠مل، ثـمَّ قسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ وسجِّلْها.

٤- اغسلْ ميزانَ الحرارةِ بالماءِ المقطّرِ.

٥- امزجِ المحلولينِ معًا في كأسٍ سعتُها ١٠٠مل، ثمَّ قسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ الناتجِ وسجِّلْها.

- قارنْ بينَ درجةِ الحرارةِ قبلَ مزجِ المحلولينِ وبعدَ مزجِهما،هل أدّى مزجُ المحلولينِ إلى ارتفاعِ درجةِ الحرارةِ أمْ انخفاضِها؟
- ما نوعُ هذا التفاعلِ منْ حيثُ التغيرُ في الطاقةِ المصاحبةِ لهُ؟
- قدِّرْ كمْ سيكونُ الارتفاعُ في درجةِ الحرارةِ لو كانَ تركيزُ كلٍّ منْ NaOH،HCl (١٦٪ بالكتلةِ).
- ما علاقةُ كميةِ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلِ بتركيزِ الموادِّ المتفاعلةِ؟

يُلاحـظُ مـنْ هذا النشاطِ انبعاثُ كميةٍ منَ الطاقةِ رافقتْ تفاعلَ الحمضِ والقاعدةِ،كما يُلاحظُ ازديادُ كميةِ الطاقةِ الناتجةِ بازديادِ تراكيزِ الموادِّ المتفاعلةِ. ويطلقُ على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ، **تفاعلاتٌ كيميائيةٌ طاردةٌ للطاقةِ الحراريةِ**. وتكتبُ قيمةُ الطاقةِ الناتجةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الممثلةِ لهـا فـي جهةِ الموادِّ الناتجـةِ، وتسمّى **معادلةً كيميائيـةً حراريةً**، والمعادلةُ الآتيـةُ توضِّحُ ذلكَ:

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

سؤال

◄ يتفاعلُ مولٌ واحدٌ منْ غازِ الهيدروجينِ H_2 معَ نصفِ مولٍ منْ غازِ الأكسجينِ O_2 لإنتاجِ مولٍ منَ الماءِ السائلِ وطاقةٍ حراريةٍ مقدارُها ٢٨٥,٨ كيلوجول. اكتبْ معادلةً كيميائيةً حراريةً توضِّحُ التفاعلَ الحادثَ.

٢- التفاعلاتُ الماصّةُ للطاقةِ الحراريةِ Endothermic Reactions

تحتاجُ بعضُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ إلى طاقةٍ حراريةٍ لحدوثِها، إذْ تتحلَّلُ كربوناتُ الصوديومِ الهيدروجينيةِ (المعروفةِ بالبيكنج باودر) بالتسخينِ إلى كربوناتِ الصوديومِ وبخارِ الماءِ وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ الضروريّ في عمليةِ الخبيز. انظرِ الشكلَ (٥-٢). ويطلقُ على التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي يصاحبُها امتصاصُ طاقةٍ حراريةٍ، اسمُ **تفاعلاتٍ ماصةٍ للطاقةِ**، ولتتعرفَ بعضَ هذهِ التفاعلاتِ، نفّذِ النشاطَ (٥-٢).

الشكل (٥-٢):
تفاعلٌ ماصٌّ للطاقةِ الحراريةِ.

نشاط (٥-٢): التفاعلُ الكيميائيُّ الماصُّ للطاقةِ.

المـوادُّ والأدواتُ المطلوبـةُ: كأسٌ زجاجيـة سعتُهـا ١٠٠ مل، ميـزانُ حرارةٍ، قضيبٌ زجاجيٌّ، حمضُ الإيثانويك CH_3COOH (الخـلُ)، كربوناتِ الصوديـومِ الهيدروجينيةِ $NaHCO_3$، نظاراتٌ واقيةٌ، مخبارٌ مدرجٌ.

الخطوات

١- ضعْ ٥٠ مل منْ حمضِ الإيثانويك في الكأسِ الزجاجيةِ.

٢- قسْ درجةَ حرارةِ الحمضِ وسجّلْها .

٣- أضـفْ إلـى الكأسِ ٤ غ منْ كربونـاتِ الصوديومِ الهيدروجينيةِ، هلْ حـدثَ تفاعلٌ؟ ما دليلُكَ على ذلك؟

٤- حرّكِ المحلولَ باستخدامِ القضيبِ الزجاجيِّ، وقسْ درجةَ حرارتِهِ وسجّلْها.

- هلْ ارتفعتْ درجةُ الحرارةِ أم انخفضتْ؟
- ما نوعُ هذا التفاعلِ منْ حيثُ الطاقةُ؟

مـنَ الواضـحِ أنَّ هذا التفاعلَ يحتـاجُ إلى طاقةٍ عندَ حدوثـهِ، وقـدْ استمدَّ هذهِ الطاقةَ مـنْ وعاءِ التفاعلِ الـذي انخفضـتْ درجةُ حرارتهِ. ويطلـقُ على هذا النوعِ منَ التفاعلاتِ **تفاعلاتٌ كيميائيةٌ ماصّةٌ للطاقةِ الحراريةِ**. وتُكتبُ قيمةُ الطاقةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ لهـذا النوعِ منَ التفاعلاتِ في جهةِ الموادِّ المتفاعلـةِ، والمعادلةُ الكيميائيةُ الحراريةُ الآتيةُ توضحُ ذلكَ:

يمكنـكَ استعمالُ الخـلِّ ومسحوقِ الخبيـزِ، ووضعهُمـا معًـا فـي كيسٍ بلاستيكيٍّ لملاحظةِ حدوثِ التفاعلِ والتغيّـرِ في الطاقةِ المصاحبِ له، عنْ طريقِ لمسِ الكيسِ من الخارجِ باليدِ.

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} + \text{حرارة} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

سـؤال

تتحلّلُ كربوناتُ الكالسيومِ الصلبةِ $CaCO_3$ بامتصاصِ طاقةٍ حراريةٍ مقدارُها ١٧٨ كيلوجول لينتجَ أكسيدُ الكالسيومِ الصلبِ CaO، وغازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 اكتبْ معادلةً كيميائيةً حراريةً تبينُ التفاعلَ الحادثَ.

والآنَ ، هلْ توجدُ أشكالٌ أخرى منَ الطاقةِ تصَاحبُ التفاعلاتِ الكيميائيةَ غيرَ الطاقةِ الحراريةِ؟

٣- أشكالٌ أخرى منَ التغيراتِ في الطاقةِ Other forms of Energy Changes

عرفْـتَ أنّهُ يوجدُ نوعانِ مـنَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، منْ حيثُ الطاقـةُ، هما: تفاعلاتٌ طاردةٌ للطاقـةِ، وتفاعـلاتٌ ماصّـةٌ لهـا، ولاحظْتَ انطـلاقَ أو امتصاصَ أحـدِ أشـكالِ الطاقةِ، في النشاطيـن (٥-١) و(٥-٢) ، وهـيَ الطاقـةُ الحراريـةُ. ولكنْ، مـا أشكالُ الطاقـةِ الأخرى المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ نفّذِ النشاطَ (٥-٣).

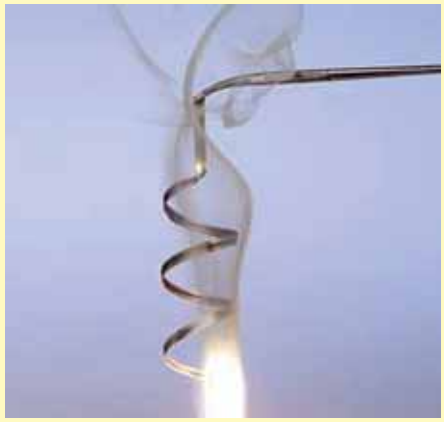
نشاط (٥-٣): تفاعلاتٌ كيميائيةٌ يصاحبُها أشكال أخرى منَ الطاقةِ

يتضمَّنُ الشكلُ المجاورُ صورًا تمثّلُ تفاعلاتٍ كيميائيةً مختلفةً. تفحّصْهَا جيدًا، ثمَّ أجبْ عنِ السؤالينِ بعدَها:

بطاريةُ مركم رصاصيٍّ

البناءُ الضوئيُّ في النباتِ

خليةُ تحليلٍ كهربائيّ



حرقُ شريطِ مغنيسيومٍ

- صنّفِ التفاعلاتِ الظاهرةَ في الشكلِ منْ حيثُ التغيرُ في الطاقةِ المصاحبةِ لكلٍّ منْها.
- ما شكلُ الطاقةِ الناتجةِ أو الممتصةِ في كلٍّ منها؟

لا بـد أنك استنتْجتَ أنَّـه يمكِنُ أنْ تنبعثَ الطاقةُ منَ التفاعـلاتِ الكيميائيةِ كما في البطاريةِ، واحتراقِ شريطِ المغنيسيوم، ويمكنُ أنْ تُمتَصَّ في أثناءِ حدوثِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، كما في عمليـةِ البناءِ الضوئيِّ والتحليل الكهربائيِّ، وتكـونُ هذهِ الطاقةُ إمّا ضوئيةً كما في عمليةِ البناءِ الضوئـيِّ وإمّا كهربائيةً كما في التحليلِ الكهربائيِّ والمركمِ الرصاصيِّ، وقدْ تكونُ خليطًا منْ أكثرِ منْ شكلٍ منْ أشكالِ الطاقةِ كما في احتراقِ شريطِ المغنيسيومِ (ضوئيةٍ وحراريةٍ).

ابحث

ابحثْ عنْ أمثلةٍ لتفاعلاتٍ طاردةٍ وماصّةٍ للطاقةِ، وذلكَ بالرجوعِ إلى أحدِ المواقعِ الإلكترونيةِ ذاتِ العلاقةِ. واكتبْ تقريرًا عنْ ذلكَ، وناقشْهُ معَ معلمكَ وزملائِكَ.

ثانيًا حسابُ حرارةِ التفاعلِ الكيميائيّ
Calculation of Chemical Reaction Heat

عرفْتَ أنَّ التفاعلاتِ الكيميائيةَ قدْ تكونُ طاردةً للطاقةِ أو ماصّةً لها، وأنَّ الطاقةَ المنطلقةَ توضَعُ معَ نواتجِ التفاعلِ، في حينِ توضَعُ الطاقةُ الممتصةُ مع المتفاعلاتِ عندَ تمثيلِ التفاعلِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ. والسؤالُ الآن: كيفَ يُمكنُ حسابُ هذهِ الكميةِ منَ الطاقةِ؟ لنتعرفَ ذلكَ لابدَّ لنا أولًا منْ فهمِ المقصودِ بطاقةِ الرابطةِ الكيميائيةِ.

١- طاقةُ الرابطةِ الكيميائيةِ Chemical Bond Energy

تُعرّفُ طاقةُ الرابطةُ بأنّها: **كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ بينَ ذرتينِ في جزيءٍ تساهميٍّ وهو في الحالةِ الغازيةِ**، ويختلفُ مقدارُ الطاقةِ اللازمةِ لذلكَ باختلافِ أنواعِ الذراتِ المرتبطةِ معًا، ولتتعرفَ ذلكَ، ادرسِ المعادلتينِ الآتيتينِ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهما:

$$H\text{-}H_{(g)} + 436\ kJ \rightarrow H_{(g)} + H_{(g)}$$

$$Cl\text{-}Cl_{(g)} + 243\ kJ \rightarrow Cl_{(g)} + Cl_{(g)}$$

- أيُّ الرابطتينِ تحتاجُ إلى طاقةٍ أعلى لكسرِها؟ الرابطةُ H–H أمْ الرابطةُ Cl–Cl؟
- أيُّ الرابطتينِ هي الأقوى (H–H) أمْ (Cl–Cl)؟ برّرْ إجابتكَ.
- حدّدْ نوعَ التفاعلِ في المعادلتينِ منْ حيثُ تغيرُ الطاقةِ. ماصٌّ أم طاردٌ؟
- اكتبْ معادلةَ التفاعلِ العكسيِّ لكلٍّ منَ التفاعلينَ الممثلينَ بالمعادلتينِ السابقتينِ.
- ماذا تتوقعُ أنْ تكونَ العلاقةُ بينَ مقدارِ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ بينَ ذرتينِ والطاقةِ الناتجةِ عنْ تكوّنِ الرابطةِ بينَهما؟

منَ الواضحِ أنَّ الرابطةَ الأقوى، هيَ التي تحتاجُ إلى كميةٍ أكبرَ مَ الطاقةِ لكسرِها، فالرابطةُ H–H أقوى منَ الرابطةِ Cl–Cl . كما أنَّ مقدارَ الطاقةَ اللازمةَ لكسرِ رابطةٍ ما تساوي مقدارَ الطاقةَ الناتجةَ عنْ تكوينِها.

ولمعرفةِ قيمِ طاقاتِ بعضِ الروابطِ الكيميائيةِ، ادرسِ الجدولَ (٥–١) ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

الجدول (٥–١): قيمُ طاقاتِ بعضِ الروابطِ الكيميائيةِ الشائعةِ. (كيلوجول/ مول) .

الرابطة	طاقة الرابطة	الرابطة	طاقة الرابطة
H-H	٤٣٦	C-F	٤٢٧
H-C	٤١٣	C-Cl	٣٣٠
H-N	٣٨٩	C-Br	٢٧٦
H-O	٤٦٤	C-I	٢١٨
H-F	٥٦٥	C-N	٢٦٨
H-Cl	٤٣٢	N-N	١٥٩
H-Br	٣٦٨	N=N	٢٠٩
H-I	٢٩٧	N≡N	٩٤١
C-C	٣٤٧	O-O	١٣٨
C=C	٦١١	O=O	٤٩٨
C≡C	٨٣٧	F-F	١٥٨
C-O	٣٤٧	Cl-Cl	٢٤٣
C=O	٧٩٩	Br-Br	١٩٢
C-S	٢٥٥	I-I	١٥١

- ما أقوى الروابطِ الموجودةِ في الجدولِ؟
- أيُّهما يُنتجُ طاقةً أعلى: تكوّنُ الرابطةِ H–F أمْ تكوّنُ الرابطةِ H–I ؟
- أيُّ الرابطتينِ تحتاجُ إلى طاقةٍ أعلى لكسرِها: الرابطةِ C–C أمْ الرابطةِ C=C؟ولماذا؟
- أيُّ الرابطتينِ تحتاجُ إلى طاقةٍ أعلى لكسرِها: الرابطةِ N=N أمْ الرابطةِ N≡N؟

تلاحظُ منَ الجدولِ أنَّ طاقةَ الرابطةِ الثلاثيةِ بينَ ذرتينِ أكبرُ منْ طاقةِ الرابطةِ الثنائيةِ بينَهما، وأنَّ طاقةَ الرابطةِ الثنائيةِ أكبرُ منْ طاقةِ الرابطةِ الأحاديةِ بينَهما. والآنْ كيفَ تُستخدمُ قيمُ طاقاتِ الروابطِ في حسابِ الحرارةِ المصاحبةِ للتفاعلِ الكيميائيِّ؟

٢– حسابُ حرارةِ التفاعلِ الكيميائيِّ باستخدامِ طاقاتِ الروابطِ.

عرفتَ أنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ يتضمنُ كسرَ بعضِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ، وتكوينَ روابطَ جديدةٍ في الموادِّ الناتجةِ، وأنَّ لكلِّ رابطةٍ طاقةً خاصةً بها، فكيفَ يمكنُ استخدامُ قيمِ طاقاتِ الروابطِ في معرفةِ إذا كانَ التفاعلُ الكيميائيُّ طاردًا للطاقةِ أمْ ماصًا لها؟ لتتعرّفَ ذلكَ ادرسِ المثالينِ الآتيينِ:

مثال (١)

يتفككُ بروميدُ الهيدروجين HBr وفْقَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2HBr_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

ما مقدارُ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا التفاعلِ؟ وهل هوَ ماصٌّ للطاقةِ أمْ طاردٌ لها؟

الحلُّ

للإجابةِ عنْ هذين السؤالين، لا بدَّ منَ الرجوعِ إلى جدولِ طاقاتِ الروابطِ (٥–١) لحسابِ طاقةِ الروابطِ في كلٍّ منَ الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجة، ثمَّ إيجادِ الفرقِ بينَهما، كما يأتي:

الروابطُ التي تكسرّتْ	الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ	الروابطُ التي تكونّتْ	الطاقةُ الناتجةُ عن تكوينِ الروابطِ
٢ (H-Br)	٣٦٨×٢	H-H	٤٣٦
		Br-Br	١٩٢
المجموعُ	٧٣٦ كيلو جول		٦٢٨ كيلو جول

لاحظْ أنّهُ يلزمُ طاقةً مقدارُها ٧٣٦ كيلو جول عندَ كسرِ روابطِ الموادِّ المتفاعلةِ، في حينِ تنتجُ طاقةٌ مقدارُها ٦٢٨ كيلو جول عندَ تكوينِ الموادِّ الناتجةِ، والفرقُ بينَ هذينِ المقدارينِ يساوي ١٠٨ كيلو جول، ويكونُ على شكلِ طاقةٍ ممتصةٍ مرافقةٍ للتفاعلِ، وبالتالي فإنَّ التفاعلَ في هذهِ الحالةِ ماصٌّ للطاقةِ، ويُطلقُ على التغيّرِ في الطاقةِ المصاحبِ للتفاعلِ الكيميائيِ **التغيّرُ في طاقةِ التفاعلِ** (Enthalpy Change)، أو **حرارةُ التفاعلِ الكيميائي**، ويُرمزُ لهُ بالرمزِ (ΔH)، ويجري حسابهُ كما يأتي:

ΔH= مجموعُ طاقاتِ الروابطِ التي تكسّرتْ في الموادِّ المتفاعلةِ – مجموعُ طاقاتِ الروابطِ التي تكوّنتْ في الموادِّ الناتجةِ

= ٧٣٦ – ٦٢٨ = ١٠٨ كيلو جول.

وهنا تكونُ إشارةُ ΔH موجبةً (+)، وهذا يعني أنَّ التفاعلَ ماصٌّ للطاقةِ (للحرارة). وبذلكَ يمكنُ كتابةُ المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ للتفاعُلِ على النحوِ الآتي:

$$2HBr_{(g)} + 108\ kJ \rightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

مثال (٢)

يتفاعلُ غازُ الهيدروجينِ H_2 معَ غازِ النيتروجينِ N_2 لإنتاجِ الأمونيا NH_3. ويمكنُ تمثيلُ التفاعلِ بالمعادلةِ الموزونةِ الآتية:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

احسبْ مقدارَ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا التفاعلِ؟ وهلْ هو ماصٌّ للطاقةِ أم طاردٌ لها؟

الحلُّ

أولًا نحسبُ طاقةَ الروابطِ في كلٍّ منَ الموادِّ الناتجةِ والموادِّ المتفاعلةِ، كما يأتي:

الروابط التي تكسرت	الطاقة اللازمة لكسر الروابط	الروابط التي تكونت	الطاقة الناتجة عن تكوين الروابط
(N≡N)	٩٤١	(N-H)٦	٦ × ٣٨٩ = ٢٣٣٤
(H-H)٣	٣ × ٤٣٦ = ١٣٠٨		
المجموعُ	٢٢٤٩ كيلو جول		٢٣٣٤ كيلو جول

لاحظْ أنّهُ يَنتجُ طاقةٌ مقدارُها ٢٣٣٤ كيلو جول عندَ تكوينِ الموادِّ الناتجةِ، في حينَ يلزمُ ٢٢٤٩ كيلـو جول عندَ تكسيرِ روابطِ الموادِّ المتفاعلةِ، والفرقُ بينَهما ٨٥ كيلو جول يظهرُ على شكلِ طاقةٍ منبعثةٍ مرافقةٍ للتفاعلِ، ويكونُ التفاعلُ في هذهِ الحالةِ طاردًا للطاقةِ.

ΔH = مجموعُ طاقاتِ الروابطِ التي تكسرتْ في الموادِّ المتفاعلةِ – مجموعُ طاقاتِ الروابطِ التي تكوّنتْ في الموادِّ الناتجةِ

= ٢٢٤٩ – ٢٣٣٤ = – ٨٥ كيلو جول.

وتشيـرُ الاشارةُ السالبةُ (–) إلى أنَّ التفاعلَ طاردٌ للطاقةِ (للحرارةِ)، وبذلكَ يمكنُ كتابةُ المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ للتفاعلِ على النحوِ الآتي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + 85\ kJ$$

لاحظْ أنّهُ في التفاعلاتِ الماصّةِ للطاقةِ، تكونُ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ أكبرَ منَ الطاقةِ الناتجةِ عـن تكويـنِ الروابط، بينما في التفاعلاتِ الطاردةِ للطاقةِ تكونُ الطاقـةُ الناتجةُ عنْ تكوينِ الروابطِ أكبرَ منَ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الروابطِ.

سؤال

استخدمْ قيمَ طاقاتِ الروابطِ الواردةِ في الجدولِ (٥–١) لتحديدِ أيَّ التفاعلينِ الآتيين يكونُ ماصًّا للطاقةِ، وأيُّهما يكونُ طاردًا للطاقةِ،واكتبْ معادلاتٍ كيميائيةً حراريةً تبيّنُ ذلكَ.

1. $H\text{-}\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{H}{\overset{|}{C}}\text{-}H_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

2. $2HI_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$

بعدَ أنْ تعلمتَ كيفيةَ حسابِ حرارةِ التفاعلِ ΔH في المعادلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ يمكنُ أنْ يتبادرَ إلى ذهنِكَ السؤالُ الآتي: كيفَ يمكنُ الاستفادةُ منْ حرارةِ التفاعلِ في حسابِ كميةِ الطاقةِ الناتجةِ عندَ تفاعلِ كمياتٍ مختلفةٍ منَ الموادِّ؟ لتتعرفَ ذلكَ ادرسِ المثالَ الآتي:

مثال (٣)

احسبْ كميةَ الطاقةِ الناتجةِ منْ تفاعلِ ٥٦٠ غ من غازِ N_2 معَ ما يلزمُهُ منْ غازِ H_2 في مثال (٢)

الحلُّ

أولًا نحسُبُ عددَ مولاتِ N_2 = الكتلةَ بالغرام / الكتلةِ المولية = ٥٦٠ غ / ٢٨ غ/مول = ٢٠ مول

بالرجوعِ إلى معادلةِ التفاعلِ الحراريةِ: $N_{2\,(g)} + 3H_{2\,(g)} \rightarrow 2NH_{3\,(g)} + 85\ kJ$

نلاحظُ أنَّ:

المولُ الواحدُ منْ N_2 ينتجُ عنْ تفاعلِهِ ٨٥ كيلوجول

٢٠ مول من N_2 يُنتجُ ؟ كيلوجول

كميةُ الطاقةِ الناتجةِ منَ التفاعلِ = ٢٠ × ٨٥ = ١٧٠٠ كيلوجول.

سؤال

يحضَّرُ الهيدروجينُ والأكسجينُ بالتحليلِ الكهربائيّ للماءِ باستخدامِ أقطابٍ منَ البلاتينِ في محلولٍ مائيٍّ ملحيٍّ مخفّفٍ، ويمكنُ تمثيلُ عمليةِ تحليلِهِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$2H_2O_{(l)} + 571.2\ kJ \rightarrow 2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)}$$

- احسبْ مقدارَ الطاقةِ اللازمةِ لتحليلِ ٥٤ غرامًا منَ الماءِ.
- احسبْ كتلةَ الهيدروجينِ الناتجةِ منَ استهلاكِ طاقةٍ مقدارُها ٢٨٥٦ كيلوجول

ثالثًا الوقودُ مصدرًا للطاقةِ Fuel as Source of Energy

يعـدُّ النفـطُ والفحمُ الحجريُّ والغازُ الطبيعيُّ منَ المصـادرِ الرئيسةِ للطاقةِ، وينتجُ عنْ احتراقِها كميـاتٌ كبيـرةٌ منَ الطاقةِ. وتعرفُ **كميةُ الطاقةِ الناتجةِ عنْ حرقِ مولٍ واحـدٍ منَ المادةِ حرقًا تامًّا في كميةٍ كافيـةٍ منَ الأكسـجينِ بحرارةِ الاحتراقِ**، وتتفاوتُ قيمُ حرارةِ احتراقِ مصـادرِ الطاقةِ ومشتقاتِها، كما هو مبيّنٌ في الجدولِ (٥–٢).

الجدول (٥–٢): قيمُ حرارةِ الاحتراقِ لبعضِ أنواعِ الوقودِ.

الرقم	المادةُ (الوقود)	الصيغةُ	حرارةُ الاحتراقِ (كيلوجول / مول)
١	الكربون (غرافيت)	C	٣٩٤
٢	الميثان	CH_4	٨٩٠
٣	الإيثاين(الأستيلين)	C_2H_2	١٢٩٨
٤	الإيثانول	C_2H_5OH	١٣٦٧
٥	الهيدروجين	H_2	٢٨٦
٦	الأمونيا	NH_3	٣٨٣
٧	١- بروبانول	C_3H_7OH	٢٠٢١

وبمعرفـةِ حرارةِ الاحتراقِ للموادِّ المختلفةِ، يمكنُ اختيارُ المادةِ الأفضلِ للاستعمالِ بوصفها وقود، ولتوضيحِ ذلكَ ادرسِ المثالَ الآتي:

مثال (٤)

استعنْ بقيمِ حرارةِ الاحتراقِ في الجدولِ (٥–٢) لحسابِ مقدارِ الحرارةِ الناتجةِ منْ حرقِ غرامٍ واحدٍ ممّا يأتي: الكربونُ (غرافيت)، والميثانُ. ثمَّ بيّنْ أيُّهما أفضلُ وقودٍ للاستخدامِ.

الحلُّ

- الكربونُ

بالرجوعِ إلى الجدولِ الدوريّ نجدُ أنَّ الكتلةَ المولية للكربونِ تساوي ١٢ غ/مول.

١ مول كربون يُنتج ٣٩٤ كيلو جول أيّ أنَّ:

١٢ غ كربون ← ٣٩٤ كيلوجول

١ غ ← ؟ كيلوجول

الطاقةُ الناتجةُ منَ احتراقِ ١ غ كربون = $\frac{٣٩٤}{١٢}$ = ٣٢,٨٣ كيلوجول.

- الميثان

الكتلةُ المولية للميثانِ = ١٦ غ/مول أيّ أنَّ :

١٦ غ ميثان ← ٨٩٠ كيلوجول

١ غ ميثان ← ؟ كيلوجول

الطاقةُ الناتجةُ منَ احتراقِ ١ غ ميثان = $\frac{٨٩٠}{١٦}$ = ٥٥,٦٢ كيلوجول.

لاحظْ أنَّ كميةَ الحرارةِ الناتجةَ منْ حرقِ ١ غ ميثانٍ أكبرُ منْ كميةِ الحرارةِ الناتجةِ منْ حرقِ ١ غ كربون، وبهذا فإنَّ استخدامَ الميثانِ بوصفه وقودًا أفضلُ منْ استخدامِ الغرافيتِ.

وتُسمّى كميةُ الحرارةِ الناتجةِ منْ حرقِ غرامٍ واحدٍ منَ الوقودِ حرقًا تامًّا في كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ القيمةُ الحراريةُ للوقودِ، وكلّما زادتْ القيمةُ الحراريةُ للمادةِ، كانتِ المادةُ أفضلَ وقودٍ للاستخدامِ.

سؤال

طلبت المعلمةُ إلى تسنيمَ إعدادَ نموذجٍ لمصباحٍ كحوليٍّ لتستخدمَهُ في تبخيرِ الماءِ، وكانَ لديها في مختبرِ المدرسةِ نوعانِ منَ الكحولِ؛ الأولُ إيثانول C_2H_5OH والثاني ١- بروبانول C_3H_7OH كيفَ تساعدُ تسنيمَ في اختيارِ الكحولِ الأفضلِ استخدامًا للمصباحِ؟

الإيثانول وقودًا للسيارات

الشكل (٥–٣):
الحصولُ على الإيثانولِ منَ الذُرة.

يمكـنُ استخدامُ الإيثانـولِ (C_2H_5OH) وقـودًا للسياراتِ، حيـثُ يحصلُ عليهِ عنْ طريقِ تخميرِ السكّرِالموجودِ في الفواكهِ والحبـوبِ، ومـنَ الجديرِ بالذكـرِ أنَّ معظمَ وقـودِ الإيثانول يتمُّ الحصـولُ عليهِ منْ الـذُرةِ. ويمكنُ لمحـركاتِ السياراتِ حرقُ الكحـولِ النقـيِّ أو خليطِ البنزينِ، هذا الخليـطُ متوافرٌ الآنَ على نطـاقٍ واسعٍ فـي بعضِ الـدولِ، ويسمّى E85، وهـوَ مكوَّنٌ منْ ٨٥٪ منَ الإيثانـول و ١٥٪ منَ البنزينِ، لكنَّ استخدامَ الكحولِ النقـيِّ وقـودًا للمحركِ ليسَ ممكنًـا؛ لأنَّهُ لا يتبخـرُ بسهولةٍ عندَ درجاتِ الحرارةِ المنخفضةِ.ومعَ ذلكِ، يمكنُ أنْ يكونَ استخدامُهُ عمليًّا جدًّا في المناخِ الدافئِ.

ابحث

يستخـدمُ العاملونَ في صيانةِ السيـاراتِ الحرارةَ الناتجةَ منْ احتراقِ غازِ الأستيلينِ (C_2H_2) في لحامِ الحديدِ وأجسامِ السياراتِ.

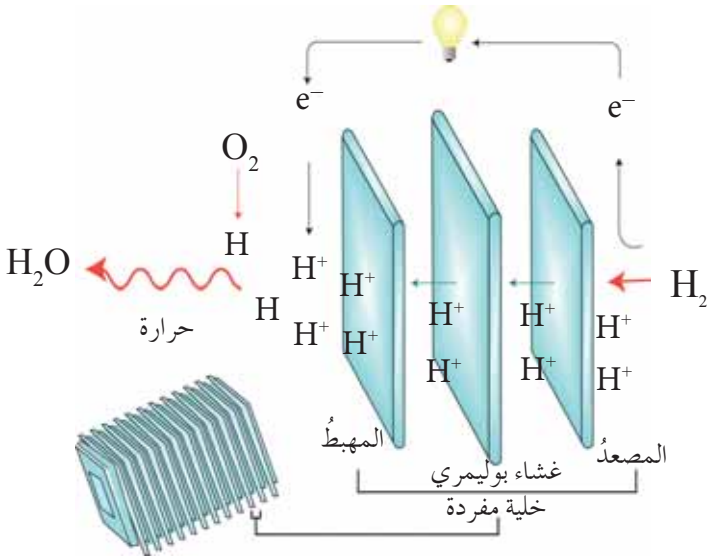
– كيفَ يتمُّ تحضيرُ هذا الغازِ؟ اكتبْ معادلةَ احتراقِ الأستيلين ؟

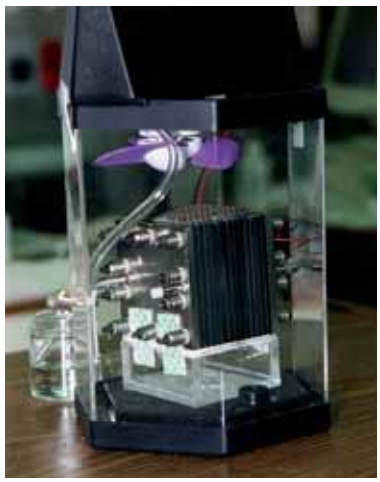
– كيفَ يزوَّدُ بالأكسجينِ اللازمِ لاحتراقِهِ؟

– مـا مقدارُ كميةِ الحرارةِ التـي يستهلكها لحامُ السيارةِ، إذا علمتَ أنَّ الأستيلين يحترقُ بمعدلِ ٢,٦ غ/ث، وأنَّ عمليةَ لحامِ السيارةِ تستغرقُ عشرَ دقائقَ؟

خليةُ الوقودِ (أكسجين– هيدروجين)

يحاولُ العلماءُ جاهدينَ الحصولَ على الطاقةِ منْ مصادرَ مختلفةٍ، ومنْ هذهِ المحاولاتِ عمليةُ الحصولِ على الطاقةِ منَ حرقِ الهيدروجينِ في كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ في خليةٍ خاصةٍ يطلقُ عليها خليةُ الوقودِ (أكسجين–هيدروجين)، إذْ ينتجُ عنْ هذا الاحتراقِ الماءُ وطاقةٌ حراريةٌ مقدارُها ٢٨٥,٨ كيلوجول، إضافةً إلى طاقةٍ كهربائيةٍ. انظرِ الشكلَ (٥–٤) الذي يبيّنُ رسمًا توضيحيًّا لخليةِ الوقودِ.





الشكل (٥–٤): خلية وقود.

تُنتــجُ النماذجُ البسيطةُ لخليةِ الوقــودِ المستخدمةِ في وسائطِ النقلِ ١,١٦ فولت تقريبًا، لذلكَ يتمُّ وصلُ عددٍ كبيرٍ منَ الخلايا لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيةِ المطلوبةِ.

وقدِ استُخدمَتْ خلايا الوقودِ منْ قِبلِ وكالةِ الفضاءِ الأمريكيةِ (ناسا) لتزويدِ روّادِ الفضاءِ بالطاقةِ الكهربائيــةِ ومــاءِ الشربِ الذي يَنتجُ منْ تفاعلِ الهيدروجيــنِ والأكسجينِ في الخليةِ. هذا ويعكفُ العلمــاءُ على إجراء تجــاربَ لتوليدِ الطاقةِ الكهربائيــةِ منْ خلايا الوقودِ لتسييــرِ السياراتِ والسفنِ وغيرِهمــا، حيثُ أجريتْ تجاربُ مختلفةٌ على سياراتٍ تسيرُ بالطاقةِ الكهربائيةِ، فوجدَ أنَّ السيارةَ تقطعُ مسافةً تتراوحُ ما بينَ ٤٠٠ إلى ٦٤٠ كيلومترًا، وبسرعةٍ مقدارُها ١٥٠كم/ساعةً قبلَ أن يعادَ شحنُها.

وتمتــازُ خلايا الوقــودِ (أكسجين– هيدروجين) بكفايتها العاليــة، مقارنةً بمحركاتِ الاحتراقِ العاديــةِ، إضافــةً إلى أنهــا لا تلوثُ البيئةَ لأنها تنتجُ الماءَ. أمّا سلبياتُهــا فتتمثلُ في كونِها غاليةَ الثمنِ لاحتوائِها على عنصرِ البلاتينِ.

حاليًــا، تصنّــعُ سياراتٌ تعملُ بخليةِ الوقودِ، ولكنّها لا زالتْ قليلــةً ومرتفعةَ الأسعار، و لا يزالُ انتشارُ محطاتِ تزويدِ الهيدروجين للسياراتِ محدودًا، ويوجدُ في القليلِ منَ البلدانِ.

الشكل (٥–٥): سياراتٌ تعملُ بخلايا الوقودِ.

٦ أسئلةُ الوَحدَةِ

١- وضّحِ المقصودَ بكلٍّ منَ المصطلحاتِ الآتيةِ:

التفاعـلِ الماصِّ للطاقةِ، التفاعلِ الطاردِ للطاقةِ، طاقةِ الرابطـةِ، القيمةِ الحراريةِ للوقودِ، حرارةِ الاحتراقِ.

٢- اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

(١) أيُّ الروابطِ الآتيةِ تمتلكُ أقلَّ طاقةٍ:

أ) C = C ب) C –C جـ) N≡N د) C≡C

(٢) الحرارةُ الناتجةُ منْ حرقِ ٤,٦ غ C_2H_5OH (بالكيلوجول) في التفاعلِ الآتي تساوي:

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 1367\ kJ$$

أ) ١٣٦٧٠ ب) ١٣٦٧ جـ) ١٣٦,٧ د) ١٣٦٧٠٠

(٣) بالرجـوعِ إلـى قيمِ طاقـاتِ الروابطِ، فإنَّ كميةَ الطاقةِ اللازمـةِ لكسرِ روابط ١٠ مول من H–Br تساوي (بالكيلوجول) :

أ) ٣٦,٨ ب) ٣٦٨٠ جـ) ٣,٦٨٠ د) ٣٦٨,٠

(٤) العبارةُ الصحيحةُ بينَ العباراتِ الآتية في ما يتعلقُّ بالتفاعلِ الآتي:

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

أ) تفاعلٌ كهركيميائيٌّ ب) تفاعلٌ ماصٌّ للحرارةِ

جـ) تفاعلٌ متعادلٌ حراريًا د) تفاعلٌ طاردٌ للطاقةِ.

٣- صنّفِ التفاعلاتِ الآتيةَ إلى تفاعلاتٍ ماصّةٍ للطاقةِ، وتفاعلاتٍ طاردةٍ لها:

أ) التحليلُ الكهربائيُّ للماءِ.

ب) تفاعلُ فلزِّ الصوديوم Na معَ الماءِ.

جـ) تفاعلُ هيدروكسيدِ البوتاسيومِ KOH معَ حمضِ النيتريكِ HNO_3.

٤- مثّلْ كلًّا منَ التفاعلاتِ الآتيةِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ:

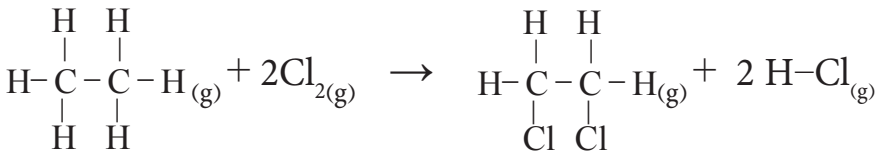
أ) تفكُّكُ مولٍ واحدٍ منْ كربوناتِ الباريوم $BaCO_{3(s)}$ إلى مولٍ واحدٍ منْ أكسيدِ الباريوم $BaO_{(S)}$ ومولٍ واحدٍ منْ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ $CO_{2(g)}$، وامتصاصُ طاقةٍ مقدارُها ٢٦٧,٢ كيلوجول.

ب) تفاعلُ مولٍ واحدٍ منْ غازِ الهيدروجين $H_{2(g)}$ معَ مولٍ واحدٍ منْ غازِ الكلور $Cl_{2(g)}$ لإنتاجِ ٢ مول منْ غازِ كلوريدِ الهيدروجين HCl، وإنتاجِ طاقةٍ مقدارُها ١٨٢ كيلوجول.

٥- احسبْ كميةَ الحرارةِ الناتجةَ منْ تفاعلِ ٦٨ غ منَ الأمونيا حسبَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)} + 176\ kJ$$

٦- استخدمْ طاقاتِ الروابطِ الواردةَ في الجدولِ (٥-١) واحسبْ (ΔH) للتفاعلِ المبينِ أدناهُ، ثمَّ بيّنْ إذا كان التفاعلُ ماصًّا للطاقةِ،أمْ طاردًا لها؟



٧- ادرسِ الجدولَ الآتي، ثمَّ أجبْ عنِ السؤالين بعدَهُ:

المادةُ	الصيغةُ	حرارةُ الاحتراق(كيلوجول/مول)
البروبان	C_3H_8	٢٢٢٠
البيوتان	C_4H_{10}	٢٨٥٥

أ) احسبِ القيمةَ الحراريةَ لكلٍّ منهما.

ب) أيُّهما يعدُّ أفضلَ وقودٍ للاستخدامِ؟

٨- يحضَّرُ غازُ سيانيدِ الهيدروجين HCN بتفاعلِ الميثانِ معَ الأمونيا حسبَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$CH_{4(g)} + NH_{3(g)} + 207\ kJ \rightarrow H-C\equiv N_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

استخدمْ طاقاتِ الروابطِ الواردةِ في الجدولِ (٥-١)، واحسبْ طاقةَ الرابطةِ C≡N.

٩- يستهلـكُ لاعبُ كرةِ سلـةٍ طاقةً مقدارُها ٢١٠٠ كيلوجول/ ساعـةِ تدريبٍ، وحيثُ إنَّ عمليةَ احتراقِ سكرِ الغلوكوزِ في جسمِ اللاعبِ لتزويدهِ بالطاقةِ، تتمُّ وفقَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + 2820\ kJ$$

والكتلةُ الموليةُ للسكر = ١٨٠ غ/مول ، فاحسبْ أقلَّ كتلةٍ منْ سكرِ الغلوكوزِ يتمُّ احتراقُها إذا تدرّبَ اللاعبُ مدةَ ساعتينِ.

الوحدةُ السّادسةُ

٦

الكيمياءُ العضويةُ

- ماذا نعني بالكيمياءِ العضويةِ ؟ وما المركباتُ التي تبحثُ فيها ؟

شاهـدَ الرحالةُ (كريستوفر كولومبس) المطاطَ الطبيعيَّ أوّلَ مرةٍ عندما وصلَ إلى (هاييتي) عامَ ١٤٣٣م، ورأى بعضَ الأطفالِ يلعبونَ بكرةٍ غريبةٍ ترتدُ عنْ سطحِ الأرضِ عندَ قذفِها، وفي عامِ ١٥٢١م رأى بعضُ المستكشفينَ الإسبانُ جماعاتِ الوطنيينَ من أهلِ المكسيكِ يستخدمونَ مادةً مرنةً مُسْتخرجةً منْ إحدى النباتاتِ، وكانَ اسمُها الوطنيُّ (كاو أتشو)، وتعني في لغتِهمْ «شجرةَ الدموعِ»، وذلكَ لأنّهمْ كانوا يقومُونَ بجَرْحِ لحاءِ هذهِ الأشجارِ، فيخرُجُ منْها لبنٌ نباتيٌّ يجمعونَهُ في أوانٍ خاصةٍ، وقدْ اشْتُقَّ الاسمُ الشائعُ للمطاطِ منْ هذا الاسمِ الوطنيِّ، وهو (كاوتشوك). وقدْ كانَ العالمُ الشهيرُ «فاراداي» أولَ منْ اكتشفَ أنَّ المطّاطَ الطبيعيَّ يتكوّنُ منْ عنصرَي الكربونِ والهيدروجينِ فقط، وهوَ بذلكِ يعدُّ منَ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ. فما الهيدروكربوناتُ؟ وما أنواعُها؟ ومَا خصائصُها؟ هذا ما ستتعرفُهُ خلالَ دراستِكَ هذهِ الوحدةَ.

ويُتوقّعُ منْكَ بعدَ دراستِها، أنْ تكونَ قادرًا على أنْ:

- توضّحَ المفاهيمَ الآتيةَ: الهيدروكربونَ، والهيدروكربونَ المُشْبَعَ، والهيدروكربونَ غيرَ المُشْبَعِ، والألكانَ، والألكينَ، والألكاينَ، والصيغةَ البنائيةَ، والتصاوغَ، والمونومرَ، والمبلمرَ، وعمليةَ البلمرةِ.
- تسمّي الصيغَ الجزيئيةَ للهيدروكربوناتِ التي تحوي أقلَّ منْ عشرِ ذراتِ كربونٍ، وترسمَ الصيغَ البنائيةَ لمصاوغاتِ بعضِها.
- تميّزَ بينَ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ المشبعةِ وغيرِ المشبعةِ (عنْ طريقِ الصيغِ البنائيةِ وأنواعِ الروابطِ فيها).
- تبني نماذجَ فراغيةً لبعضِ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ.
- تكتبَ معادلاتٍ موزونةً تمثلُ عمليةَ احتراقِ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ.
- تربطَ بينَ بعضِ الخصائصِ الفيزيائيةِ للمركباتِ الهيدروكربونيةِ، وعددِ ذراتِ الكربونِ في السلسلةِ الكربونيةِ.
- تكتبَ معادلاتٍ كيميائيةً توضّحُ إنتاجَ المبلمراتِ منْ وحداتِها الأساسيةِ (المونومرات) وتبينَ أهميتَها.
- تبيّنَ طرائقَ صناعةِ المبلمراتِ في الأردنِّ، وفوائدَها وأضرارَها في المجتمعِ والبيئةِ.
- تقدرَ أهميةَ الموادِّ الهيدروكربونيةِ بوصفِها وقودًا، في الصناعةِ، مثلَ صناعةِ المبلمراتِ.

أولًا

المركباتُ الهيدروكربونيةُ
Hydrocarbons Compounds

إذا تفحصْتَ الموادَّ التي تتعاملُ معَها في حياتكِ اليوميةِ، فستجدُ مركّباتٍ مثلَ العقاقيرِ الطبيةِ بأنواعِها، والأواني المنزليةِ، والأثاثِ، والنايلونِ والحريرِ الصناعيّ والمطاطِ الصناعيِّ، والأكياسِ البلاستيكيةِ، والفحمِ والنفطِ وغيرِها، وكثيرٌ منْ هذهِ الموادِّ مركّباتٌ عضويةٌ. فماذا نعني بالمركّباتِ العضويةِ؟ ولماذا سُميّتْ بهذا الاسم؟

يطلقُ اسمُ (المركّباتُ العضويةُ) على مركّباتِ الكربونِ، فجميعُ الموادِّ العضويةِ، سواءً أنشأتْ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، أو حُضِّرت صناعيًّا، تشتركُ في احتوائِها على عنصرِ الكربونِ، وتعدُّ المركّباتُ العضويةُ منْ أكثرِ الموادِّ انتشارًا واستخدامًا في حياتِنا اليوميةِ.

وتُدْرَجُ المركّباتُ الهيدروكربونيةُ ضمنَ المركّباتِ العضويةِ الأساسيةِ التي تتكونُ منْ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ فقط، وتُعْدُّ أبسطَ أنواعِ المركّباتِ العضويةِ التي يُشتقُّ منْها باقي المركّباتِ العضويةِ، ويرجعُ تعددُ أنواعِ مركّباتِ الكربونِ إلى قدرةِ ذرّةِ الكربونِ على تكوينِ أربعِ روابطَ تساهميةٍ، وقدْ عرفتَ في الوحدةِ الثالثةِ أنَّ الغلافَ الأخيرَ لذرةِ الكربونِ يحتوي أربعةَ إلكتروناتٍ، وأنّها تصلُ إلى حالةِ الاستقرارِ عنْ طريقِ الاشتراكِ بهذهِ الإلكتروناتِ معَ ذراتٍ أُخرى، بحيثُ يصبحُ عددُ الإلكتروناتِ المحيطةِ بكلِّ ذرّةِ كربونٍ ثمانيةَ إلكتروناتٍ (أربعَ روابطَ)، وذلكَ منْ خلالِ الارتباطِ معَ ذراتِ كربونٍ أخرى، أو معَ ذراتِ الهيدروجينِ، وقدْ تكونُ جميعُ الروابطِ التي تكوّنُها ذرّةُ الكربونِ أحاديةً، لكنّها قدْ تُكونُ روابطَ ثنائيةً أحيانًا، أو روابطَ ثلاثيةً أحيانًا أخرى. كما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ (٦-١).

الشكل (٦-١): أنواعُ الروابطِ التي تكوّنُها ذرّةُ الكربونِ في المركباتِ المختلفةِ.

ونظرًا لقدرةِ ذرّةِ الكربونِ على تكوينِ أنواعٍ مختلفةٍ منَ الروابطِ التساهميةِ، فقدْ تمَّ تصنيفُ مركّباتِ الهيدروكربونِ وفْقَ نوعِ الروابطِ الموجودةِ فيها إلى ثلاثةِ أنواعٍ رئيسةٍ، هي:

١- **المركّباتُ الهيدروكربونيةُ المشبعةُ**: حيثُ تحاطُ ذرّةُ الكربونِ فيها بأربعِ روابطَ أحاديةٍ،

وتُعرفُ بالألكاناتِ.

٢- **المركّباتُ الهيدروكربونيةُ غيرُ المشبعةِ**: حيثُ تُكوِّنُ ذرّةُ الكربونِ روابطَ ثنائيةً أو ثلاثيةً، وتقسمُ إلى قسمينِ:

أ - الألكيناتُ: تتكونُ منْ ذرّتي كربونٍ أو أكثرَ، وتتميزُ باحتوائِها على رابطةٍ ثنائيةٍ بينَ ذرّتي كربونٍ في المركّبِ.

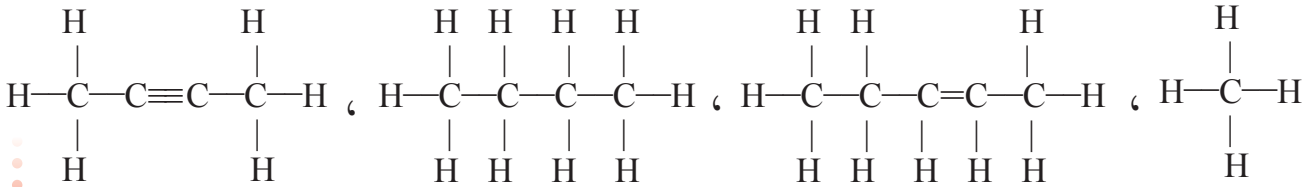
ب- الألكاياناتُ: تتكّونُ منْ ذرّتي كربونٍ أو أكثرَ، وتتميّزُ باحتوائِها على رابطةٍ ثلاثيةٍ بينَ ذرّتي كربونٍ في المركّبِ.

٣- **المركّباتُ الأروماتيةُ (العطريةُ)**: وهيَ مركّباتٌ عضويةٌ تُشتقُّ منَ المركّبِ العضويِّ المعروفِ بالبنزينِ.

وستتعرفُ خلالَ دراستِكَ في هذهِ الوحدةِ إلى المركباتِ الهيدروكربونيةِ المشبعةِ وغيرِ المشبعةِ، أمّا المركّباتُ الأروماتيةُ فسوفَ تتعرفُ إليها في صفوفٍ لاحقةٍ.

سؤال

◄ صنّفِ المركباتِ الهيدروكربونيةَ الآتيةَ إلى مركباتٍ مشبَعةٍ وأخرى غيرِ مشبعةٍ.



١- الألكاناتُ Alkanes

عرفتَ أنَّ الألكاناتِ منَ المركباتِ الهيدروكربونيةِ المشبعةِ، التي تتكونُ منْ ذراتِ كربونٍ وهيدروجينٍ، وأنَّ ذرّةَ الكربونِ فيها تكونُ محاطةً بأربعِ روابطَ أحاديةٍ، فكيفَ ترتبطُ ذراتُ الكربونِ فيما بينَها؟ وكيفَ تنشأُ الروابطُ بينَ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في الألكانِ؟ وماذا نعني بالمركّباتِ المشبعةِ؟ لتعرفَ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٦-١):

نشاط (٦-١) : التركيبُ الإلكترونيُّ لذرةِ الكربونِ

ارسمِ التركيبَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منْ ذرّتي الكربونِ والهيدروجينِ، علمًا بأنَّ العددَ الذريَّ للكربونِ (٦)، و للهيدروجين (١). ثمّ أجبْ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

- ما عددُ الروابطِ التي يُمكنُ أنْ تكوّنها كلٌّ منَ الذرتينِ؟
- ما نوعُ الرابطةِ التي يمكنُ أنْ تنشأَ بينَ كلٍّ منْ ذرّةِ الكربونِ وذرةِ الهيدروجين؟
- اكتبْ صيغةَ المركّبِ الناتجِ عنِ ارتباطِ ذرّةِ الكربونِ وذرةِ الهيدروجين؟

عندَ رسمِ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرةِ الكربونِ نجدُ أنَّها تمتلكُ أربعةَ إلكتروناتٍ تكافؤٍ، وبالتالي، فإنّها تكوّنُ أربعَ روابطَ، بينما تحتوي ذرّةُ الهيدروجينِ إلكترونَ تكافؤٍ واحدًا، وبالتالي، يمكنُها تكوينُ رابطةٍ واحدةٍ فقط، لذا فإنَ ذرّةُ الكربونِ ترتبطُ معَ أربعِ ذراتِ هيدروجينٍ مكونةً غازَ الميثانِ الذي صيغتهُ الجزيئيةُ (CH_4)، وهوَ أصغرُ مركّبٍ هيدروكربونيٍّ معروفٍ. وبهذا تكونُ ذرّةُ الكربونِ قد ارتبطتْ بأربعِ ذراتِ هيدروجينٍ أخرى، ولذلكَ يطلقُ على هذا النوعِ منَ المركّباتِ اسمُ المركباتِ الهيدروكربونيةِ المشبعةِ (**الألكانات**)، حيثُ تكونُ جميعُ الروابطِ فيها أحاديةً. والسؤالُ الآنَ: ماذا يعني اسمُ الألكانِ؟ ومنْ أينَ جاءتْ هذهِ التسميةُ؟ وما خصائصُ هذهِ المركّباتِ؟

أ - **تسميةُ الألكانِ:** يطلقُ اسمُ الألكانِ على مركّباتِ الهيدروكربونِ ذاتِ الصيغةِ العامةِ (C_nH_{2n+2})، أي التي يزيدُ فيها عددُ ذراتِ الهيدروجينِ على ضعفَي عددَ ذراتِ الكربونِ بـ٢. لاحظِ الجدولَ (٦-١) الذي يبيّنُ الصيغَ الجزيئيةَ لبعضِ الألكاناتِ الأساسيةِ وأسماءَها.

يتكوّنُ اسمُ الألكانِ منْ مقطعينِ، الأولُ "الك" ويدلُّ على عددِ ذراتِ الكربونِ، والثاني "آن" ويدلُّ على حالةِ إشباعِ المركّبِ. ولتتعرفَ هذهِ المركّباتِ وتسميتَها؛ ادرسِ الجدولَ (٦-١)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

الجدول (٦–١): الصيغُ الجزيئيةُ لبعضِ الألكاناتِ الأساسيةِ وأسماؤها.

اسم الألكانِ	ميثان	إيثان	بروبان	بيوتان	بنتان	هكسان	هبتان	أوكتان
الصيغةُ الجزيئيةُ للمركّب	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_6H_{14}	C_7H_{16}	C_8H_{18}
عددُ ذراتِ الكربونِ	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
المقطعُ المقابلُ للرقمِ								

- اكتبْ في الجدولِ المقطعَ المقابلَ للأرقامِ (١–٨)؟
- ما الزيادةُ في عددِ ذرّاتِ الكربونِ والهيدروجينِ منْ مركّبٍ إلى المركّبِ الذي يليه؟
- هلْ تنطبقُ القاعدةُ (C_nH_{2n+2}) على جميعِ الصيغِ الجزيئيةِ للمركّباتِ المذكورةِ في الجدولِ السابقِ؟
- في ضوءِ هذهِ القاعدةِ، اكتبِ الصيغةَ الجزيئيةَ لمركّبٍ هيدروكربونيٍّ يتكوّنُ من عشرِ ذراتِ كربون؟

سؤال

- ما الصيغةُ الجزيئيةُ لألكان يحتوي على ٢٦ ذرّة هيدروجين؟
- أيُّ المركباتِ الآتيةِ يعدُّ منَ الألكاناتِ ($C_{13}H_{24}$ ، C_9H_{20} ، C_7H_{12} ، C_6H_6 ، C_5H_{12})؟

ب – الصيغُ البنائيةُ للألكانات: بالرجوعِ إلى الجدولِ السابقِ، نجدُ أنَّ الصيغَ الجزيئيةَ للمركّباتِ المذكورةِ فيه تُبيّنَ نوعَ الذرّاتِ المكونة للمركّبِ وعددَها، لكنّها لا تبيّنُ كيفَ تتوزعُ هذهِ الذرّاتُ في الفراغِ، وكيفَ ترتبطُ معًا داخلَ المركّبِ، ومنْ هنا، جاءتْ محاولاتُ التعبيرِ عنِ المركّباتِ بطريقةٍ تُبيّنُ نوعَ الذرّاتِ المكوّنةِ للمركّبِ وعددَها وترتيبَها الفراغيَّ، وهُوَ ما يُطلقُ عليهِ **الصيغةُ البنائيةُ للمركّبِ**. ولتتعرفَ الصيغَ البنائيةَ للمركّباتِ، وكيفيةَ التعبيرِ عنها، نفّذِ النشاطَ (٦– ٢):

نشاط (٦– ٢): الصيغُ البنائيةُ للألكانات

يبيّنُ الشكلُ الآتي الصيغَ البنائيةَ لكلٍّ منَ الميثانِ CH_4، والإيثان C_2H_6، ادرسِهما الشكلَ، ثمّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهما:

- ما عددُ الروابطِ التي تحيطُ بذرّةِ الكربونِ في الميثانِ CH_4؟
- ما عددُ الذراتِ المحيطةِ بكلِّ ذرّةِ كربون في الإيثان C_2H_6؟
- ما نوعُ الروابطِ التساهميةِ في كلٍّ منَ المركّبينِ؟

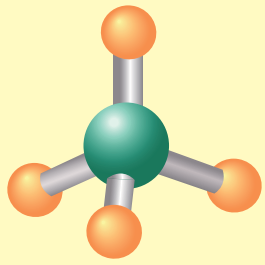
نستنتجُ ممّا سبقَ، أنَّ الصيغةَ البنائيةَ هي تعبيرٌ بالرموزِ عنِ المركّب يبيّنُ أنواعَ الذرّاتِ المكونةِ لهُ، وعددَها، وكيفيةَ توزيعها. وتتوزّعُ ذراتُ المركّب عادةً في الفراغِ بشكلٍ ثلاثيِّ الأبعادِ. وكي تتعرفَ كيفيةَ توزيعِها في الفراغِ نفّذِ النشاطَ (٦– ٣):

نشاط (٦–٣): بناءُ نماذجَ فراغيةٍ لبعضِ الألكاناتِ

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ: صندوقُ نماذجِ الذراتِ (يحتوي الصندوقُ على نماذجَ لذراتِ الكربونِ وذراتِ الهيدروجينِ، وصلاتٍ بلاستيكيةٍ أو زنبركية)

الخطواتُ

الشكلُ الفراغيُّ للميثانِ CH_4:



١ – اخترْ كرةً تمثّلُ ذرّةَ الكربونِ، بحيثُ تحتوي أربعةَ ثقوبٍ.

٢ – اخترْ أربعَ كراتٍ تمثّلُ ذراتِ الهيدروجين، يحوي كلٌّ منْها ثقبًا واحدًا.

٣ – خذْ أربعَ وصلاتٍ بلاستيكيةٍ، وركِّبْها في الثقوبِ الأربعةِ للكرةِ التي تمثّلُ ذرّةَ الكربونِ.

٤ – ابْنِ نموذجَ المركّبِ CH_4، ولاحظِ الشكلَ الفراغيَّ للميثانِ.

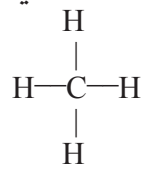
الشكلُ الفراغيُّ للإيثان C_2H_6:

– اختـرْ عددًا مناسبًا منْ كراتِ الكربونِ والهيدروجينِ، و منْ الوصلاتِ التي تمثّلُ الروابطَ بينَ الـذراتِ، وابنِ منْها نموذجًا فراغيًا للإيثان بالطريقةِ السابقةِ نفسِها، ثمّ ارسمِ الشكلَ الناتجَ.

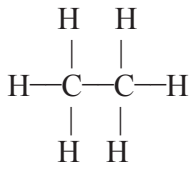
الشكلُ الفراغيُّ للبروبان C_3H_8:

– اختـر عـددًا مناسبًا منْ كراتِ الكربـونِ والهيدروجينِ، ومنْ الوصـلاتِ، وابْنِ منْها نموذجًا فراغيًّا للبروبانِ بنفسِ الطريقةِ السابقةِ، ثمّ ارسمِ الشكلَ الناتجَ.

لابدَّ أنكَ لاحظْتَ منَ النشاطِ (٦–٣) كيفَ تتوزعُ ذراتُ الكربونِ والهيدروجينِ في الفراغِ بأشـكالٍ ثلاثيـةِ الأبعادِ، ولصعوبةِ رسمِ هذهِ الأشكالِ يمكنُ رسـمُ الصيغِ البنائيةِ للألكاناتِ بطريقـةٍ بسيطـةٍ، وذلكَ لتسهيلِ دراستِها، ففـي النشاطِ السابقِ نرسمُ الصيـغَ البنائيةَ، لكلٍّ منَ الميثانِ والإيثانِ على النحو الآتي:



الصيغةُ البنائيةُ البسيطةُ للميثانِ



الصيغةُ البنائيةُ البسيطةُ للإيثانِ

كما يمكنُ كتابتُها بصورةٍ مختصرةٍ على النحوِ الآتي:

CH_4 $CH_3 - CH_3$

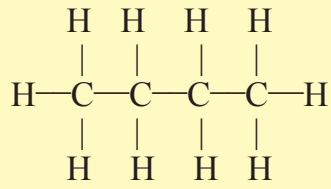
سـؤال

◄ ارسمِ الصيغةَ البنائيةَ البسيطةَ للبروبانِ؟

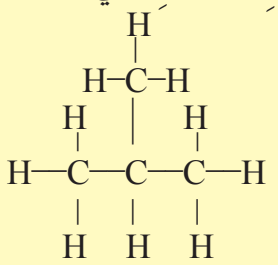
جـ–المتصاوغاتُ Isomers: لاحظْتَ منَ الصيغةِ البنائيةِ للبروبان، أنَّ ذراتِ الكربونِ تتخّذُ شكلَ سلسلةٍ متصلةٍ، تتوزّعُ حولَها ذراتُ الهيدروجينِ، فهلْ تُشكلُّ ذراتُ الكربونِ دائمًا سلسلةً متصلةً في باقي الألكاناتِ؟ وكيفَ يمكنُ أنْ تتوزعَ ذراتُ الكربونِ والهيدروجينِ فيها؟ وماذا يُطلقُ على هذا النوعِ منَ المركّباتِ؟ هذا ما ستتعرّفُ إليهِ بعدَ تنفيذكَ النشاطَ (٦–٤).

نشاط (٦- ٤): المتصاوغاتُ

يبيّنُ الشكلُ الآتي صيغتينِ بنائيتينِ، ادرسهما، ثمّ أجبْ عنِ الأسئلة التي تليهما:



الصيغةُ (١)



الصيغةُ (٢)

- هل يختلفُ عددُ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في الصيغتينِ؟ اكتبِ الصيغةَ الجزيئيةَ لكلٍّ منْهما.
- ما عددُ ذراتِ الكربونِ المتصلةِ على شكلِ سلسلةٍ في الصيغةِ رقم (١)؟
- ما عددُ ذراتِ الكربونِ المتصلةِ على شكلِ سلسلةٍ في الصيغةِ رقم (٢)؟
- إذا علمْتَ أنَّ هذهِ الصيغَ يطلقُ عليها اسمُ المتصاوغاتِ، اقترحْ تعريفًا لها؟
- ارسمْ متصاوغاتِ مركّبِ البنتانِ C_5H_{12}؟

يُمكنُ وجودُ مركّبِ الألكانِ بأكثرَ منْ صيغةٍ بنائيةٍ، بعضُها على شكلِ سلسلةٍ مستمرةٍ، وبعضُها على شكلِ سلسلةٍ متفرعةٍ، وهذهِ ظاهرةٌ مألوفةٌ في المركّباتِ العضويةِ، تُدعى **التصاوغَ**، ويُطلقُ على كلِّ مركّبٍ منْها اسمُ مُتصاوغ (Isomer)، وهُوَ مصطلحٌ مشتقٌّ منْ كلمةٍ يونانيةٍ تعني تشابهَ الأجزاءِ. **والمتصاوغاتُ مركّباتٌ ذاتُ صيغةٍ جزيئيةٍ واحدةٍ، لكنّها تختلفُ في صيغتِها البنائيةِ**، وتجدرُ الإشارةُ هنا إلى أنَّ الاختلافَ في الشكلِ يؤدّي إلى اختلافٍ في الخصائصِ بينَ متصاوغٍ وآخرَ لهما الصيغةُ الجزيئيةُ نفسُها.

سؤال

◄ أيُّ المركبينِ تتوقعُ أنْ يكونَ لهُ عددٌ أكبرُ منَ المتصاوغاتِ: البنتانِ أم الهكسانِ؟ لماذا؟

د – بعضُ الخصائصِ الفيزيائيةِ للألكانات: تختلفُ الألكاناتُ –كما عرفتَ– في عددِ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في جزيئاتها، فهلْ تختلفُ الألكاناتُ في خصائصِها الفيزيائيةِ، مثلَ درجةِ الغليانِ ودرجةِ الانصهارِ والحالةِ الفيزيائيةِ (صلبٌ، سائلٌ، غازٌ) في الظروفِ العاديةِ (٢٥س، ١ضغطٌ جويٌّ)؟

وهلْ لاختلافِ عددِ ذراتِ الكربونِ فيها علاقةٌ باختلافِ خصائصِها؟ لتعرفَ ذلكَ ادرسِ الجدولَ (٦ ـ ٢) الذي يبيّنُ أسماءَ الألكاناتِ الثمانيةِ الأولى غيرِ المتفرعةِ، وبعضَ خصائصِها الفيزيائيةِ، ثمَ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

الجدول (٦ ـ ٢): بعضُ الخصائصِ الفيزيائيةِ لعددٍ منَ الألكاناتِ الأساسيةِ.

اسمُ الألكانِ	عددُ ذراتِ الكربونِ	الصيغةُ الجزيئيةُ	درجةُ الغليانِ سْ	درجةُ الانصهارِ سْ
ميثان	١	CH_4	١٦٤−	١٨٢−
إيثان	٢	C_2H_6	٨٩−	١٨٣−
بروبان	٣	C_3H_8	٤٢−	١٨٨−
بيوتان	٤	C_4H_{10}	٠,٥−	١٣٨−
بنتان	٥	C_5H_{12}	٣٦	١٢٩−
هكسان	٦	C_6H_{14}	٦٩	٩٥−
هبتان	٧	C_7H_{16}	٩٨	٩١−
أوكتان	٨	C_8H_{18}	١٢٥	٥٧−

في ضوءِ دراستِكَ الجدولَ (٦ ـ ٢)، أجبْ عمّا يأتي:

- كيفَ تتغيرُ درجةُ غليانِ هذهِ المركّباتِ بزيادةِ عددِ ذراتِ الكربونِ فيها؟
- ماذا تتوقّعُ أنْ تكونَ درجةُ غليانِ مركّبِ الألكانِ (C_9H_{20}) بالنسبةِ إلى المركّباتِ السابقةِ لهُ في السلسلةِ؟
- ما الحالةُ الفيزيائيةُ لهذهِ المركّباتِ في الظروفِ العاديةِ (٢٥سْ، ١ ضغطٌ جويٌّ) (صلبٌ، أمْ سائلٌ، أمْ غازٌ)؟
- ما العلاقةُ بينَ درجةِ انصهارِ هذهِ المركّباتِ، وعددِ ذراتِ الكربونِ فيها؟

تمتازُ الألكاناتُ بانخفاضِ درجاتِ غليانِها وانصهارِها، وتزدادُ هذهِ الدرجاتُ بزيادةِ عددِ ذراتِ الكربونِ في المركّبِ بشكلٍ عامٍّ. كما تمتازُ الألكاناتُ أيضًا بقلةِ ذائبيتِها في الماءِ.

سؤال

في أيامِ الشتاءِ الباردةِ، وعندما تنخفضُ درجاتُ الحرارةِ إلى ما دونَ الصفرِ، تعاني رباتُ البيوتِ منْ عدمِ اشتعالِ غازِ الطبخِ رغمَ امتلاءِ عبوةِ الغازِ، فإذا علمتَ أنَّ غازَ الطبخِ يتكونُ منْ ٢٠٪ بروبان و ٨٠٪ بيوتان، كيفَ يمكنُكَ تفسيرَ ذلكَ؟ ما الحلُّ الذي تقترحُه للتخلصِ منْ هذهِ المشكلةِ؟

هـ – بعضُ الخصائصِ الكيميائيةِ للألكانات: تُستخلصُ الألكاناتُ عادةً منَ النفطِ الخامِ، وهي منْ أقلِّ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ نشاطًا منَ الناحيةِ الكيميائيةِ. إذْ يعدُّ البيوتانُ و البروبانُ (البوتوغاز) المكونانِ الأساسيانِ لغازِ الأسطوانةِ المنزليةِ، والذي يستخدمُ في عملياتِ الطهوِ وإشعالِ المدافئِ ، وتسخينِ المياهِ. وتتميزُ الألكاناتُ بتفاعلاتِ الاحتراقِ، حيثُ ينتجُ عنِ احتراقِها في كميةٍ وافرةٍ منَ الأكسجينِ، غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ، وبخارُ الماءِ، إضافةً إلى كميةٍ كبيرةٍ منَ الطاقةِ التي يستفادُ منْها في الطهوِ والتدفئةِ وتحريكِ الآلاتِ وتوليدِ الطاقةِ الكهربائيةِ. وتبيّنُ المعادلةُ الآتيةُ تفاعلَ احتراقِ البروبانِ بوجودِ كميةٍ وافرةٍ منَ الأكسجينِ:

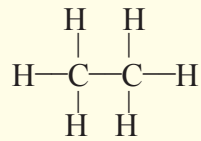
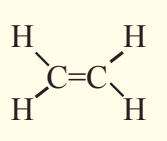
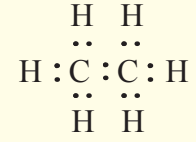
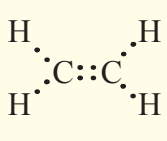
$$C_3H_{8(g)} + 5\,O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + 2220\ kJ$$

سـؤال

◄ إذا علمتَ أنَّ احتراقَ مولٍ واحدٍ منَ البيوتانِ يعطي كميةً منَ الطاقةِ تقدرُ بـ ٢٨٥٥ كيلو جول، اكتبْ معادلةً كيميائيةً حراريةً موزونةً، تمثّلُ احتراقَ مولٍ منهُ في كميةٍ وافرةٍ منَ الأكسجينِ؟

٢– الألكيناتُ Alkenes

عرفتَ أنَّ الألكاناتِ مركّباتٌ هيدروكربونيةٌ مشبعةٌ، تُكوّنُ ذراتُ الكربونِ فيها روابطَ أحاديةً، في حينِ أنَّ الألكيناتِ مركباتٌ هيدروكربونيةٌ تحتوي رابطةً ثنائيةً بينَ ذرتي كربونٍ في المركّبِ. وللتمييزِ بينَ هذينِ النوعينِ منَ المركّباتِ، ادرسِ المركّبينِ الآتيينِ وتركيبِ لويس لكلٍّ منهما، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهما:

	المركّب (١)	المركّب (٢)
الصيغةُ البنائيةُ للمركّبِ		
تركيبُ لويس للمركّبِ		

- هلْ يختلفُ عدُد ذراتِ كلٍّ منَ: الكربونِ والهيدروجينِ في المركّبينِ؟
- ما عددُ الروابطِ التي تكّونُها ذرّةُ الكربونِ في كلٍّ منَ المركّبينِ ١، ٢؟
- ما نوعُ الرابطةِ التساهميةِ بينَ ذرّتي الكربونِ في كلٍّ منَ المركّبين؟
- هلْ يعدُّ المركّبُ (٢) مشبعًا؟ لماذا؟

لا بد أنك لاحظتَ أنَّ ذرّةَ الكربونِ في كلٍّ منَ المركّبينِ تحاطُ بثمانيةِ إلكتروناتٍ (أربعةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ) وأنّها في كِلا المركّبينِ تكوّنُ أربعَ روابطَ، حيثُ تكُونُ الروابطُ في المركّبِ (١) أحاديةً، ويكونُ المركّبُ مشبعًا بذراتِ الهيدروجينِ، أمّا في المركّبِ (٢) فنلاحظُ أنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ أقلُّ منْ عددِها في المركّبِ (١)، فذرةُ الكربونِ لَمْ يكتملْ إشباعُها منْ ذراتِ الهيدروجينِ، ممّا استدعى تكوينَ رابطةٍ ثنائيةٍ معَ ذرّةِ الكربونِ الثانيةِ ليصبحَ عددُ الإلكتروناتِ المحيطةِ بها ثمانيةَ إلكتروناتٍ، ويطلقُ على هذا النوعِ منْ مركّباتِ الهيدروكربونِ غيرِ المشبعةِ اسمَ **الألكيناتِ**، وتتميّزُ باحتوائِها على رابطةٍ ثنائيةٍ بينَ ذرتَي كربونٍ متجاورتينِ في سلسلةِ الهيدروكربونِ.

أ – **تسميةُ الألكيناتِ**: يُشتقُّ اسمُ الألكينُ منَ اسمِ الألكانِ المناظرِ لهُ، وذلكَ باستعمالِ المقطعِ (ين) في اسمِ الألكينِ المناظرِ بدلًا منْ (آن) في اسمِ الألكانِ، إذْ يشيرُ المقطعُ (ين) في الألكيناتِ إلى وجودِ رابطةٍ ثنائيةٍ في الجزيءِ، ويمثلُ الجدولُ (٦ـ ٣) أسماءَ الألكاناتِ الثمانيةِ الأولى، والألكيناتِ المناظرةِ لها والصيغَ الجزيئيةَ لهذهِ الألكيناتِ. ادرسِ الجدولَ الآتي، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

الجدولُ (٦ ـ ٣): أسماءُ الألكاناتِ الثمانيةِ الأولى والألكيناتِ المناظرةِ لها، والصيغُ الجزيئيةُ لهذهِ الألكيناتِ.

عددُ ذراتِ الكربون	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
اسمُ الألكان	ميثان	إيثان	بروبان	بيوتان	بنتان	هكسان	هبتان	أوكتان
اسمُ الألكين	—	إيثين	بروبين	بيوتين	بنتين	هكسين	هبتين	أوكتين
الصيغةُ الجزيئيةُ للألكين	—	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}	C_7H_{14}	C_8H_{16}

- ما عددُ ذراتِ الهيدروجينِ بالنسبةِ إلى ذراتِ الكربونِ في كلِّ ألكينٍ؟
- اقترحْ صيغةً عامةً تربطُ بينَ عددِ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في هذهِ المركّباتِ.
- هل تنطبقُ هذهِ الصيغةُ على الميثانِ؟ ولماذا؟

لا بدَّ أنكَ توصلتَ إلى أنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ في الألكيناتِ، يشكِّلُ ضعفَي عددِ ذراتِ الكربونِ، وأنَّ الصيغةَ العامةَ لهذهِ المركّباتِ هي (C_nH_{2n}). ولا يوجدُ ألكين مناظرٌ للميثانِ، لأنَّ تكوينَ رابطةٍ ثنائيةٍ في الألكين، يستدعي وجودَ ذرتي كربون على الأقلِّ فيه، وبالتالي فإنَّ الألكيناتِ تبدأُ منَ الإيثين.

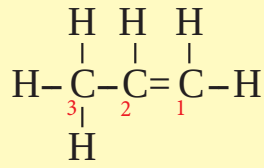
سـؤال

- ما الصيغةُ الجزيئيةُ لألكين يحتوي على عشرِ ذراتِ كربونٍ؟
- صنّفِ المركّباتِ الآتيةَ إلى ألكاناتٍ وألكيناتٍ (C_9H_{18} ، C_7H_{16} ، C_5H_{12} ، C_3H_6).

ب–الصيغُ البنائيةُ للألكيناتِ: تتميزُ الألكيناتُ باحتوائِها على رابطةٍ ثنائيةٍ بينَ ذرتي كربونٍ متجاورتينِ، فكيفَ تتوزعُ ذراتُ الهيدروجينِ على ذراتِ الكربونِ فيها؟ وهلْ يختلفُ توزيعُ ذراتِ الهيدروجينِ حولَ ذرتي الكربونِ المرتبطتينِ برابطةٍ ثنائيةٍ، عنْ توزيعها في الألكاناتِ التي تحتوي روابطَ أحاديةً فقطُ بينَ ذراتِ الكربونِ؟ لمعرفةِ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٦ ـ ٥) .

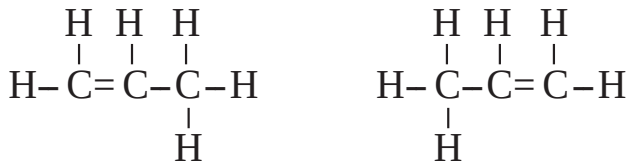
نشـاط (٦– ٥): الصيغُ البنائيةُ للألكيناتِ

يبيّنُ الشكلُ الآتي، الصيغةَ البنائيةَ للبروبين C_3H_6، ادرسِ الشكلَ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



- ما عددُ ذراتِ الهيدروجينِ حولَ كلٍّ منْ ذراتِ الكربونِ رقم ١ ، ٢ ، ٣ ؟
- ما سببُ اختلافِ عددِ ذرّاتِ الهيدروجينِ حولَ ذراتِ الكربونِ في المركّبِ؟
- ارسمِ الصيغَ البنائيةَ المحتملةَ لسلسلةٍ غيرِ متفرعةٍ منْ ذراتِ الكربونِ في البيوتين C_4H_8؟
- ما عددُ الصيغِ الناتجةِ؟ وماذا يُطلقُ على هذهِ الصيغِ؟

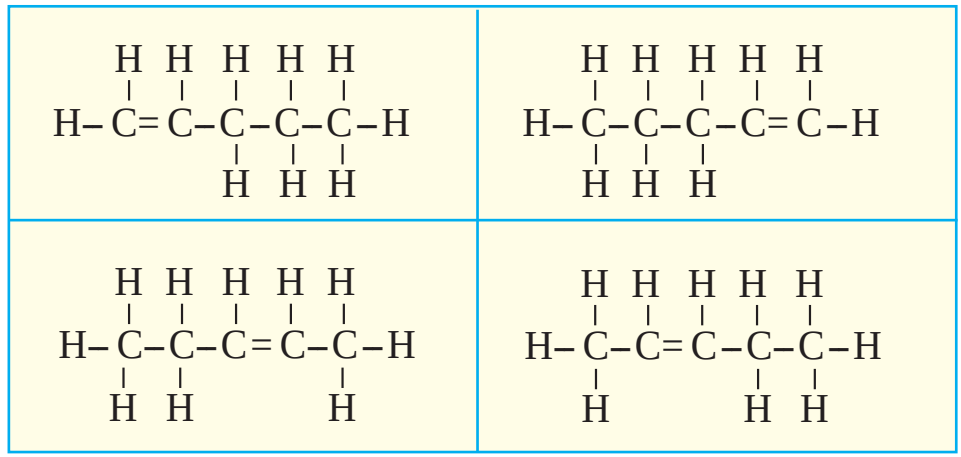
تُشكّلُ سلسلةُ الألكينِ التي يزيدُ عددُ ذراتِ الكربونِ فيها على ثلاثِ ذراتٍ متصاوغاتٍ، تختلفُ باختلافِ موقعِ الرابطةِ الثنائيةِ في السلسلةِ، ويجبُ ملاحظةُ أنّهُ إذا كانَ للرابطةِ الثنائيةِ الترتيبُ نفسُه منْ يسارِ المركّب أو يمينِه، فَإنَّ الصيغتينِ تمثّلانِ المتصاوغَ نفسَهُ، وبناءً على ذلكَ فإنَّ البروبينَ لهُ متصاوغٌ واحدٌ فقط، كما يتضحُ منَ الصيغةِ البنائيةِ لهُ:



الصيغتان تمثلانِ الصيغةَ البنائيةَ نفسَها للبروبينِ.

سـؤال

◄ ادرسِ الصيغَ الآتيةَ للبنتينِ C_5H_{10}، وبيّنْ إذا كانتْ تمثّلُ أربعَ متصاوغاتٍ مختلفةٍ أمْ لا، ولماذا؟



ابحث

هلْ توجدُ متصاوغاتٌ أخرى للبنتينِ؟ ابحثْ في ذلكَ، واكتبْ تقريرًا بما تتوصلُ إليهِ، وناقشْهُ معَ معلمكَ، ثمَّ اعرضْ ما توصلتَ إليهِ على زملائِكَ في الصفِّ.

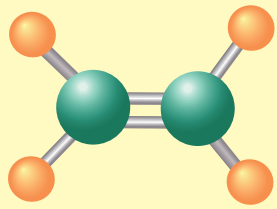
والسؤالُ الآنَ: كيفَ تبدو الروابطُ في الألكيناتِ؟ وكيفَ تتوزّعُ ذراتُ الكربونِ والهيدروجينِ فيها؟ لتتعرّفَ ذلكَ، نفّذِ النشاطَ (٦– ٦) الذي يبيّنُ كيفيةَ بناءِ نماذجَ فراغيةٍ لبعضِ الألكيناتِ.

نشاط (٦- ٦): بناءُ نماذجَ فراغيةٍ لبعضِ الألكيناتِ

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ: صندوقُ نماذجِ الذرّاتِ

الخطواتُ

الشكلُ الفراغيُّ للإيثين C_2H_4



١ – اخْترْ كُرَتينِ تمثلانِ ذرّتي الكربونِ، وتحتوي كلٌّ منْهما أربعةَ ثقوبٍ.

٢ – اخْترْ أربعَ كراتٍ تمثّلُ ذراتِ الهيدروجين، وتحتوي كلٌّ منْها ثقبًا واحدًا.

٣ – خذْ وصلتينِ بلاستيكيتين، وركّبْ أحدَ طرفي كُلٍّ منْهما بنموذجِ ذرّةِ الكربونِ الأولى، ثمَّ صلِ الطرفينِ الآخريينِ لهما بذرّةِ الكربونِ الثانيةِ، وبذلك تكونُ قدْ مثلتَ الرابطةَ الثنائيةَ بينَ ذرتَي الكربونِ.

٤ – ركّبْ أربعَ وصلاتٍ أخرى على الثقوبِ الفارغةِ في ذرّتَي الكربونِ المتصلتينِ.

٥ – صلِ الأطرافَ الحرةَ للوصلاتِ الأربعِ بنماذجَ مِنْ ذراتِ الهيدروجينِ. لتحصلَ على نموذجٍ يمثّلُ الشكلَ الفراغيِّ للإيثينِ.

الشكلُ الفراغيُّ للبروبينِ C_3H_6

١ – كرّرِ الخطواتِ السابقةَ باستخدامِ عددٍ مناسبٍ منَ الكراتِ والوصلاتِ، لتبني نموذجًا لجزيءِ البروبينِ.

٢ – ارسمِ الشكلَ الفراغيَّ الذي حصلْتَ عليه.

جـ– الخصائصُ الفيزيائيةُ للألكيناتِ: تشبهُ الألكيناتُ في خواصِّها الفيزيائيةِ الألكاناتِ المناظرةَ لها في عددِ ذراتِ الكربونِ، منْ حيثُ انخفاضُ درجاتِ الغليانِ والانصهارِ، وقلةُ الذوبانِ في الماءِ.

د– بعضُ الخصائصِ الكيميائيةِ للألكيناتِ: إنَّ ما يميزُّ الألكيناتِ أنَّها تحتوي على روابطَ ثنائيةٍ، وهذهِ الروابطُ أكثرُ نشاطًا وقابليةً للتفاعلِ معَ ذراتِ عناصرٍ أخرى إنْ وجدتْ، وبالتالي فإنَّ للألكيناتِ عدةَ أنواعٍ منَ التفاعلاتِ، مثلَ:

١. **تفاعلِ الاحتراقِ:** تحترقُ الألكيناتُ بوجودِ الأكسجينِ، وينتجُ عنْ ذلكَ ثاني أكسيدِ الكربونِ وبخارُ الماءِ وطاقةٌ حراريةٌ، كما يحدثُ في الألكاناتِ. والمعادلةُ الآتيةُ تبيّنُ احتراقَ غازِ الإيثينِ:

$$CH_2=CH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + \text{طاقةٌ حراريةٌ}$$

٢. **تفاعلاتُ الإضافةِ**: تعدُّ هذهِ التفاعلاتُ منْ أهمِّ تفاعلاتِ الألكيناتِ، وهي أنواعٌ مختلفةٌ، منْ أشهرِها إضافةُ الهيدروجينِ الذي يُحوّلُ الألكينَ (مركّبٌ غيرُ مشبعٌ) إلى ألكان (مركّبٌ مشبعٌ)، ويتمُ هذا التفاعلُ بوجودِ عاملٍ مساعدٍ مثلَ البلاتينِ أو النيكلِ أو البلاديومِ، والمعادلةُ الآتيةُ توضّحُ ذلكَ:

$$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-CH_3$$

سؤال

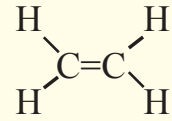
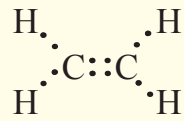
◄ أكملِ المعادلاتِ الآتيةَ:

$$CH_3-CH=CH_2 + \frac{9}{2}O_2 \longrightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots + \ldots\ldots$$

$$CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

٣- الألكيناتُ Alkynes

هي- أيضًا- مركّباتٌ هيدروكربونيةٌ غيرُ مشبعةٍ، لكنها تحتوي على رابطةٍ ثلاثيةٍ بينَ ذرتي كربونٍ متجاورتينِ في المركّبِ. فهلْ يختلفُ عددُ ذراتِ الهيدروجينِ فيها عنْ نظيراتِها منَ الألكيناتِ؟ وكيفَ نسمّي هذهِ المركباتِ؟ لتتعرّفَ ذلكَ، ادرسِ المركّبينِ الآتيين، ثمَّ أجبْ عن الأسئلةِ التي تليهما:

	المركّبُ (١)	المركّبُ (٢)
الصيغةُ البنائيةُ للمركّبِ		$H-C\equiv C-H$
تركيبُ لويس للمركّبِ		$H:C\vdots\vdots C:H$

◄ ما عددُ الإلكتروناتِ المحيطةِ بكلِّ ذرّةِ كربونٍ في كلٍّ منْهما؟

◄ ما عددُ ذراتِ الهيدروجينِ في كلٍّ منَ المركّبينِ ١، ٢؟

◄ ما عددُ الروابطِ التي تكّونُها ذرّةُ الكربونِ في كلٍّ منَ المركّبينِ ١، ٢؟

لا بدَّ أنَّكَ توصَّلتَ منْ خلالِ إجابتكِ للأسئلةِ السابقةِ، إلى أنَّ كِلا المركّبينِ ١ ، ٢ منَ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ غيرِ المشبعةِ، حيثُ تكونُ الرابطةُ بينَ ذرتي الكربونِ في المركّب (١) رابطةً ثنائيةً، في حينِ تكونُ بينَ ذرتي الكربونِ في المركّب (٢) رابطةً ثلاثيةً، كما توصَّلتَ إلى أنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ في المركّب (٢) أقلُّ منْ عددها في المركّب (١)، وبالتالي فإنَّ المركّبَ (٢) هو منَ المركّباتِ الهيدروكربونيةِ غيرِ المشبعةِ، ويطلقُ على هذا النوعِ منَ المركّباتِ اسمَ **الألكاينات**.

أ – **تسميةُ الألكاينات:** يشتقُّ اسمُ الألكاينِ منْ اسمِ الألكانِ المناظرِ لهُ، وذلكَ باستعمالِ المقطعِ (آين) في اسمِ الألكاينِ المناظرِ بدلًا منَ المقطعِ (آن) في الألكانِ، ويمثّلُ الجدولُ (٦ـ ٤) أسماءَ الألكاناتِ الثمانيةِ الأولى وبعضَ الألكاينات المناظرةِ لها، ادرسِ الجدولَ، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:

الجدول (٦ ـ ٤): أسماءُ الألكاناتِ الثمانيةِ الأولى وبعضُ الألكاينات المناظرةِ لها.

عددُ ذراتِ الكربونِ	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
اسم الألكان	ميثان	إيثان	بروبان	بيوتان	بنتان	هكسان	هبتان	أوكتان
اسمُ الألكاين	—	إيثاين	بروباين	بيوتاين	.....	.....	.....	.....
الصيغةُ الجزيئيةُ للألكاين	—	C_2H_2	C_3H_4	C_4H_6	.....	.....	.....	.....

- أكملِ الفراغاتِ في الجدولِ بكتابةِ أسماءِ الألكاينات، وصيغِها الجزيئيةِ.
- اقترحْ صيغةً عامةً تربطُ بينَ عددِ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في هذه المركّباتِ.
- اكتبِ الصيغةَ الجزيئيةَ للألكاينِ الذي يحتوي تسعَ ذراتِ كربونٍ.

سـؤال

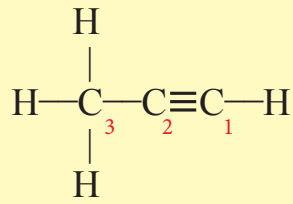
- ما الصيغةُ الجزيئيةُ لألكاينٍ يحتوي عشرَ ذراتِ كربونٍ؟
- هل يمكنُ وجودُ ألكاينٍ اسمُه ميثاين؟ لماذا؟
- صنّفِ المركّباتِ الآتيةَ إلى ألكانات وألكينات وألكاينات:

(C_5H_{10} ، C_6H_{10} ، C_4H_8 ، C_3H_8 ، C_8H_{14})

ب- الصيغُ البنائيةُ للألكاينات: عرفْتَ أنَّ الألكاينات مركّباتٌ هيدروكربونيةٌ، تتميزُ باحتوائِها على رابطةٍ ثلاثيةٍ بينَ ذرتي كربونٍ متجاورتينِ، فكيفَ تتوزّعُ ذراتُ الهيدروجينِ على ذراتِ الكربونِ فيها؟ وهل يختلفُ توزيعُ ذراتِ الهيدروجينِ حولَ ذرتي الكربونِ المرتبطتينِ برابطةٍ ثلاثيةٍ عمّا هوَ في الرابطةِ الثنائيةِ؟ لمعرفةِ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٦ ـ ٧).

نشاط (٦- ٧): الصيغُ البنائيةُ للألكاينات

١- الشكلُ الآتي يبيّنُ الصيغةَ البنائيةَ للبروباين C_3H_4، ادرسِ الشكلَ، ثمّ أجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليه:



- ما عددُ ذراتِ الهيدروجينِ المحيطةِ بكلِّ ذرّةِ كربونٍ في المركّبِ؟
- ما سببُ اختلافِ عددِ ذراتِ الهيدروجينِ حولَ ذراتِ الكربونِ في المركّبِ؟

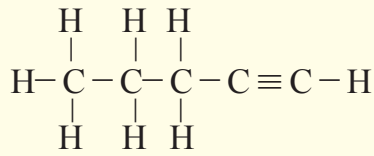
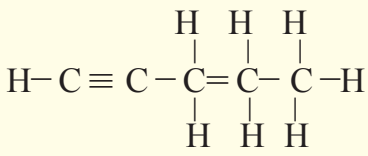
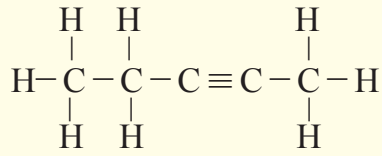
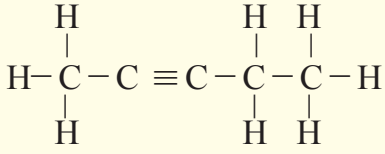
٢- ارسمِ الصيغَ البنائيةَ المحتملةَ لسلسلةٍ منَ البيوتاينِ C_4H_6؟

- ما عددُ الصيغِ الناتجةِ؟ وماذا يطلقُ على هذهِ الصيغِ؟
- ما سببُ اختلافِ هذهِ الصيغِ؟

لا شكَ أنّكَ توصلْتَ إلى أنَّ عددَ ذراتِ الهيدروجينِ على ذرتَي الكربونِ المكونتينِ للرابطةِ الثلاثيةِ يقلُّ بمقدارِ ذرتَي هيدروجينٍ، عمّا هي الحالُ في الرابطةِ الثنائيةِ. كما أنَّ سلسلةَ الألكاينِ التي يزيدُ عددُ ذراتِ الكربونِ فيها على ثلاثِ ذراتٍ، تشكّلُ متصاوغاتٍ تختلفُ باختلافِ موقعِ الرابطةِ الثلاثيةِ في السلسلةِ.

سؤال

◄ ادرسِ الصيغَ البنائيةَ الآتيةَ للبنتاين C_5H_8 وبيّنْ إذا كانتْ تمثّلُ أربعةَ متصاوغاتٍ مختلفةٍ أمْ لا، ولماذا؟

(١)	(٢)
	
(٣)	(٤)
	

◀ ارسمْ جميعَ متصاوغاتِ سلسلةٍ غيرِمتفرعةٍ منَ الهكساينِ C_6H_{10}.

والسؤالُ الآنَ: كيفَ تبدو الروابطُ في الألكاينات؟ وكيفَ تتوزعُ ذراتُ الكربونِ والهيدروجينِ فيها؟ لتتعرّفَ ذلك، نفّذِ النشاطَ (٦– ٨) الذي يبيّنُ كيفيةَ بناءِ نماذجَ فراغيةٍ لبعضِ الألكاينات.

نشاط (٦– ٨): بناءُ نماذجَ فراغيةٍ لبعضِ الألكاينات

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ: صندوقُ نماذجِ الذرّاتِ

الخطواتُ

أولاً: الشكلُ الفراغيُّ للإيثاينِ C_2H_2

١– اخترْ كُرتينِ تمثّلانِ ذرّتَي الكربون، تحوي كلٌّ منْها أربعةَ ثقوبٍ.

٢– اخترْ كرتينِ تمثلانِ ذرّتَي هيدروجين، تحوي كلٌّ منْها ثقبًا واحدًا.

٣– خذْ ثلاثَ وصلاتٍ بلاستيكيةٍ، واستخدمْها في الوصلِ بينَ ذرّتَي الكربون.

٤– ركِّبْ وصلتينِ جديدتينِ على الثقوبِ الفارغةِ منْ ذرتَي الكربونِ المتصلتين.

٥– صِلْ طرفَي الوصلتينِ الحرتينِ بنموذجي ذرتي الهيدروجينِ. لتحصلَ على نموذجٍ يمثّلُ الشكلَ الفراغي للإيثاينِ.

٦– ارسمِ الشكلَ الناتجَ.

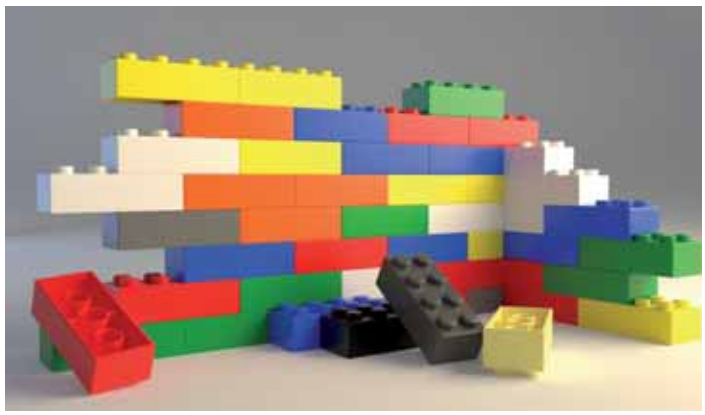
ثانيًا

المبلمراتُ
Polymers

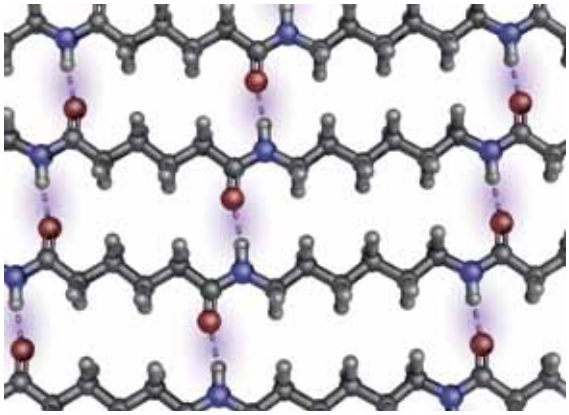
تؤدي صناعةُ المركّباتِ العضويةِ دورًا مهمًّا في حياتِنا اليوميةِ؛ فكثيرٌ منَ الموادِّ التي نستخدمُها تُصنّعُ كليًّا أو جزئيًّا منْ موادَّ عضويةٍ، بدءًا بالأكياسِ البلاستيكيةِ، مثلَ أكياسِ النفاياتِ، وأكياسِ حفظِ الأطعمةِ، والأدواتِ المنزليةِ البلاستيكيةِ، والكراسيِّ والطاولاتِ البلاستيكيةِ، والملابسِ (المنسوجاتِ)، وأغلفةِ الهواتفِ، وأغلفةِ أجهزةِ الحاسوبِ، وغيرِها الكثيرِ، إلى درجةٍ أصبحَ منَ الصعبِ تخيلُ حياتِنا منْ دونِ وجودِ هذهِ الموادِّ. فماذا يطلقُ على هذهِ الموادِّ؟ وكيفَ يتمُّ تصنيعُها؟ وما الموادُّ الأساسيةُ التي تُستخدمُ في صناعتِها؟ وهلْ جميعُ هذهِ الموادِّ صناعيةٌ؟ هذا ما ستتعرّفُ إليهِ في هذا البندِ منْ هذهِ الوحدةِ.

١- عمليةُ البلمرةِ (Polymerization)

لا بدَّ أنَّكَ استخدمتَ ألعابَ التركيبِ (الليجو) المصنعةَ منْ البلاستيكِ الملوّنِ، وقمتَ ببناءِ أشكالٍ مختلفةٍ منْها، كما في الشكلِ (٦-٢/أ). وبالمقابلِ، فالشكلُ (٦-٢/ب) يمثّلُ مخططًا لأحدِ أنواعِ المركّباتِ الكيميائيةِ، المسمَّى (النايلون)، ويطلقُ على هذا المركّبِ والمركّباتِ الشبيهةِ بهِ اسمُ المبلمراتِ، ادرسْ الشكلينِ، وأجبْ عنِ الأسئلةِ التي تليهما:



الشكل (٦-٢/أ): بناءُ بيتٍ باستخدامِ قطعِ التركيبِ (الليجو)



الشكل (٦-٢/ب): أحدُ أنواعِ المبلمراتِ (النايلون)

- إذا فكّكتَ البناءَ في (الشكلِ ٦-٢/أ)، فما الأجزاءُ التي ستحصلُ عليها؟
- هلْ يوجد انتظامٌ في تتابعِ ترتيبِ الجزيئاتِ في الشكلِ (٦-٢/ب)؟ وضحْ ذلكَ؟
- ما وجهُ الشبهِ بينَ تركيبِ المبلمرِ في الشكلِ (٦-٢/ب) والبناءِ في (الشكلِ ٦-٢/أ)؟

منَ الواضحِ أنَّ كِلا النموذجينِ يتكونانِ منْ وحداتٍ صغيرةٍ ترتبطُ أو تتركّبُ معًا لتكوينِ وحداتٍ أكبرَ منْها، ويطلقُ على عمليةِ البناءِ في الشكلِ (٦-٢/ب) عمليةُ البلمرةِ، وهيَ تفاعلٌ كيميائيٌ تتحدُ فيهِ جزيئاتٌ ذاتُ كتلٍ جزيئيةٍ صغيرةٍ نسبيًّا تسمّى **المونومرات** (Monomers) مكونةً معَ بعضها بعضًا جزيئًا واحدًا ذا كتلةٍ جزيئيةٍ كبيرةٍ جدًا (بالنسبةِ إلى وحدةِ البناءِ الصغيرةِ) يُسمّى **المبلمر** (Polymer).

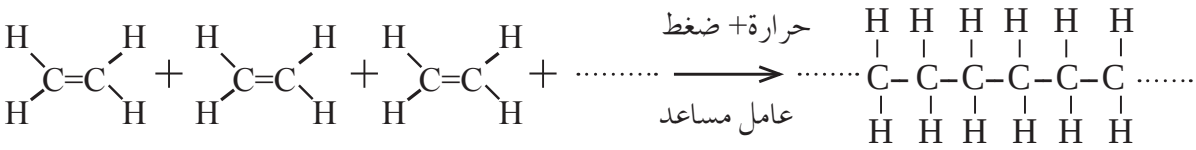
٢- أنواع المبلمرات Types of Polymers

تعدُّ الموادُّ البلاستيكيةُ ومنها الأدواتُ المنزليةُ، والطاولاتُ والمنسوجاتُ الصناعيةُ، وكثيرٌ منَ المركّباتِ العضويةِ التي تُصنعُ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ (مثل البروتيناتِ، والسكرياتِ، والدهونِ، والزيوتِ، وغيرِها) موادَّ ذاتَ كتلٍ جزيئيةٍ ضخمةٍ (مبلمرات) يتمُّ تصنيعُها منْ خلالِ عمليةِ البلمرةِ، وحيثُ إنَّ مصادرَ المبلمراتِ مختلفةٌ، فقدْ قسِّمتْ إلى قسمينِ رئيسينِ، هما: المبلمراتُ الصناعيةُ ومنها البلاستيكُ والنايلونُ وغيرُهما، والمبلمراتُ الطبيعيةُ ومنها النشا والبروتينُ وغيرُهما. وفي ما يأتي ستتعرّفُ بعضَ أنواعِ هذه المبلمرات:

أ - **المبلمراتُ الصناعيةُ** Industrial Polymers: تتميزُ الألكيناتُ- كما عرفتَ-بوجودِ رابطةٍ ثنائيةٍ بينَ ذرّتي كربونٍ متجاورتينِ، تجعلُ هذهِ الرابطةُ جزيئاتِ الألكيناتِ نشطةً كيميائيًّا، لذا؛ يمكنُ تحويلُها منْ مركّباتٍ غيرِ مشبعةٍ إلى مركّباتٍ مشبعةٍ عنْ طريقِ تفاعلاتِ الإضافةِ، حيثُ تُستبدَلُ الرابطةُ الثنائيةُ برابطتينِ أحاديتينِ، ويستفادُ منْ هذا التفاعلِ في تصنيعِ العديدِ منَ المبلمراتِ، عنْ طريقِ إضافةِ عددٍ كبيرٍ منَ الألكيناتِ بوصفها وحداتِ بناءٍ أساسيةٍ إلى بعضِها بعضًا، لترتبطَ معًا بروابطَ كيميائيةٍ، مكونةً جزيئاتٍ ضخمةً يحتوي الواحدُ منْها عددًا كبيرًا منَ الذراتِ، قدْ يصلُ عددُها إلى ٢٠٠ ألفِ ذرةٍ، ومنَ الأمثلةِ على ذلكَ:

١. **مبلمرُ متعددِ الإيثلينِ (البولي إيثلين)** Polyethylene: يعدُّ جزيءُ الإيثينِ (الإيثلين) (C_2H_4) أبسطَ جزيءٍ في سلسلةِ الألكيناتِ، ونظرًا لوجودِ الرابطةِ الثنائيةِ بينَ ذرّتي الكربونِ فيه، فإنَّ عددًا كبيرًا جدًّا منْ جزيئاتِ الإيثلينِ يمكنُ أنْ يرتبطَ معًا عنْ طريقِ كسرِ الرابطةِ الثنائيةِ بينَ ذرّتي الكربونِ المتجاورتينِ في الجزيءِ الواحدِ، بتسخينِ غازِ الإيثلينِ تحتَ ضغطٍ عالٍ، وبوجودِ عاملٍ مساعدٍ مناسبٍ، ومنْ ثمَّ ترتبطُ المكوناتُ الناتجةُ معًا لتكوينِ سلسلةٍ طويلةٍ منْ مبلمرِ متعددِ الإيثلين، وهوَ مادةٌ صلبةٌ يمكنُ تشكيلُها بأشكالٍ متعددةٍ،

والمعادلةُ الآتيةُ توضِّحُ ذلكَ:



جزيئاتُ غازِ الإيثين

مقطعٌ منْ سلسلةِ متعددِ الإيثلين الصلبِ

ويمكنُ تمثيلُ عمليةِ بلمرةِ الإيثلين منْ خلالِ تنفيذِ النشاطِ (٦ ـ ٩).

نشاط النشاط (٦ ـ ٩): بناءُ نموذجٍ فراغيٍّ لمبلمرِ متعددِ الإيثلين

الموادُّ والأدواتُ المطلوبةُ: صندوقُ نماذجِ الذراتِ (يحتوي الصندوقُ على نماذجَ لذراتِ الكربونِ وذراتِ الهيدروجينِ، ووصلاتٍ بلاستيكيةٍ أو زنبركيةٍ).

الخطواتُ

١ – ابنِ ثلاثةَ نماذجَ لجزيئاتِ الإيثلينِ باستخدامِ الكراتِ والوصلاتِ.

٢ – انزعْ إحدى وصلتي الرابطةِ الثنائيةِ بينَ ذراتِ الكربونِ في جزيئاتِ الإيثلينِ معْ إبقاءِ رابطةٍ واحدةٍ بينها، وعدمِ إحداثِ أيِّ تغييرٍ على الروابطِ بينَ ذراتِ الكربونِ وذراتِ الهيدروجينِ في كلٍّ منهما.

٣ – استخدمْ إحدى الوصلاتِ التي نزعْتَها للوصلِ بينَ ذرةِ كربونٍ في أحدِ المركّباتِ المتوافرةِ لديكَ، وبينَ ذرةِ كربونٍ في مركّبٍ آخرَ منْها.

٤ – استخدمْ وصلةً ثانيةً للوصلِ بينَ الناتجِ منَ الخطوةِ السابقةِ والمركّبِ الثالثِ المتبقي.

٥ – ارسمِ الشكلَ الناتجَ.

٦ – إذا توافرَ لديكَ عددٌ آخرُ منْ جزيئاتِ الإيثلينْ، فهلْ يمكنُك وصلُها بالسلسلةِ؟ وضِّحْ إجابتَكَ.

لاحظْ أنَّ النموذجَ الذي حصلتَ عليهِ هوَ مقطعٌ صغيرٌ منْ جزيءٍ متعددِ الإيثلينِ، والذي يتكونُ منْ ربطِ عددٍ كبيرٍ منْ جزيئاتِ الإيثلينِ قدْ يصلُ عددُها إلى ١٠٠,٠٠٠ جزيءٍ. يُستخدَمُ مبلمرٌ متعددِ الإيثلينِ في صناعةِ الأغطيةِ البلاستيكيةِ، وأكياسِ تعبئةِ الخضراواتِ، وخراطيمِ المياهِ، وأكياسِ النفاياتِ، والأدواتِ المنزليةِ، وتغليفِ الأسلاكِ الكهربائيةِ، لأنهُ مادةٌ

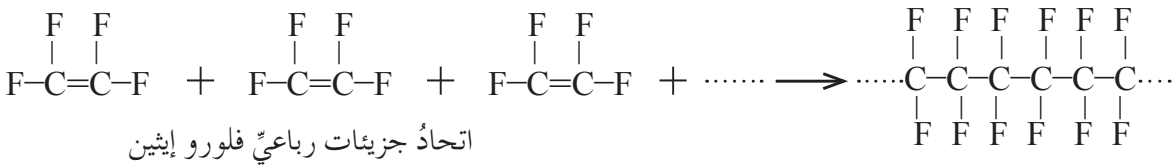
عازلةٌ. ويوضِّحُ الشكلُ (٦ ـ ٣) بعضَ استخداماتِ مبلمرِ متعددِ الإيثلينِ.

الشكل (٦–٣): بعضُ استخداماتِ مبلمرِ متعدد الإيثلينِ.

٢. **مبلمرُ التِفلونِ** Teflon :تَفقّدْ أواني الطبخَ الموجودةِ في بيتكَ ولاحظْ اللونَ الأسودَ الذي يغطّي بعضَها منَ الداخلِ، هذهِ الطبقةُ السوداءُ اللونِ التي تغلفُ سطحَ المقلاةِ منْ الداخلِ، والتي تمنعُ التصاقَ الطعامِ، هي ما يعرفُ بالتفلونِ، وهو مبلمرٌ يستخدمُ في صنعِ أدواتِ الطبخِ التي لا يلتصقُ بها الطعامُ، الشكل (٦–٤)، وأواني حفظِ الموادِّ الكيميائيةِ، وصنعِ الصماماتِ التي لا يلزمُها التشحيمُ، وفرشِ ملاعبِ التزلّجِ.

ولتتعرفَ وحداتِ البناءِ الأساسيةِ لهذا المبلمرِ، ادرسِ المعادلةَ الكيميائيةَ الآتيةَ، ثمَّ أجبْ عن الأسئلةِ التي تليها:

الشكل (٦–٤): بعضُ أواني الطبخِ التي لا يلصقُ بها الطعام.



اتحادُ جزيئات رباعيِّ فلورو إيثين

◄ ما وحدةُ البناءِ الأساسيةِ للتفلونِ؟

◄ اكتبِ الصيغةَ الجزيئيةَ لوحدةِ البناءِ الأساسية.

◄ بالرجوعِ إلى شكلِ مبلمرِ متعددِ الإيثلينِ، ما أوجهُ الشبهِ والاختلافِ بينَهُ وبينَ التفلونِ؟

منَ الواضح أنَّ مبلمرَ التفلونِ ينتُجُ منْ بلمرةِ رباعي فلورو إيثين، وصيغتهُ البنائيةُ $CF_2=CF_2$، وأنَّ تركيبَ التفلونِ يُشبهُ تركيبَ مبلمر متعدد الإيثلينِ، لكنَّهُ يحتوي ذراتِ الفلورِ بدلًا منْ ذراتِ الهيدروجينِ في مبلمرِ متعددِ الإيثلين، ويمتازُ التفلونُ بأنّهُ أكثرُ ثباتًا منْ مبلمرِ متعددِ الإيثلين؛ ويرجعُ ذلكِ إلى أنَّ ذراتِ الفلور تُكوِّنُ روابطَ قويةً جدًّا معَ ذراتِ الكربونِ؛ مما يجعلُ منَ الصعبِ وصولَ أيِّ مركّبٍ كيميائيٍّ إلى سلسلةِ الكربونِ، والتفاعلَ معَها؛ لذا نجدُ مبلمرَ التفلونِ أكثرُ ثباتًا منْ أيِّ مادةٍ مبلمرةٍ، سواء أكانتْ طبيعيةً أو صناعيةً، فهوَ لا يحترقُ، ولا يتآكلُ بفعلِ العواملِ الجويةِ، ولا يميلُ إلى تكوينِ روابطَ معَ غيرِهِ.

سؤال

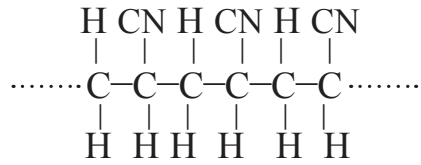
◄ هلْ يمكِنُ استخدامُ الإيثانِ أو البروبانِ في تكوينِ مبلمراتٍ؟ لماذا؟

٣. **الألياف الصناعية** Synthetic Fibers: يعدُّ الصوفُ والقطنُ والحريرُ الطبيعيّ منَ الموادِّ التقليديةِ التي اعتادَ الإنسانُ استخدامَها في صناعةِ الخيوطِ، وقدْ كانَ يحصلُ عليها عادةً منْ مصادرَ طبيعيةٍ، ولكنْ نظرًا لتزايدِ الحاجةِ إلى هذهِ الموادِّ في صناعةِ المنسوجاتِ، فقدْ أصبحَ منَ الضروريّ البحثُ عنْ مصادرَ أخرى بديلةٍ لتغطيةِ هذهِ الحاجةِ، لذا فقدْ قامَ الكيميائيونَ بدراسةِ تركيبِ هذهِ الموادِّ، والتعرّفِ إليها، ثمَّ قاموا بصناعةِ الكثيرِ منْها منَ المشتقاتِ النفطيةِ التي تحتوي عددًا كبيرًا منَ المركّباتِ العضويةِ، ومنْ أهمِّ الخيوطِ وأولِها التي تمَّ تصنيعُها، خيوطُ النايلونِ، الذي يُستخدمُ في صناعةِ الأقمشةِ، وفرشِ الأسنانِ، وخيوطِ الجراحةِ، والجواربِ. ويبيّنُ الشكلُ (٦–٥) بعضَ أنواعِ الألياف والخيوطِ الصناعيةِ.

الشكل (٦–٥): بعضَ أنواعِ الخيوطِ الصناعيةِ.

سـؤال

◄ إذا علمتَ أنَّ الصيغةَ البنائيةَ للأورلونِ (الأكريلان) الذي يمتازُ بصفاتٍ مطاطيةٍ ويدخلُ في صناعةِ الأقمشةِ هيَ:



اكتبْ الصيغةَ البنائيةَ للوحدةِ الأساسيةِ (المونومر) التي تدخلُ في تركيبِ هذا المبلمرِ.

ب– المبلمـراتُ الطبيعيـةُ Natural Polymers: عرفتَ سابقًا أنَّ أجسـامَ الكائناتِ الحيةِ تعدُّ مصنعًا لجزيئـاتٍ عملاقـةٍ ذاتِ كتلٍ جزيئيةٍ كبيرةٍ، تلعبُ دورًا مهمًّا في العملياتِ الحيويةِ في الجسمِ، فما أهمُّ هذهِ المركّباتِ ومِمَّ تتركّبُ؟

١ . **النشـا Strach** : ينتـجُ النشـا في النباتاتِ مـنْ اتحادِ عددٍ كبيرٍ منْ وحـداتِ سكرِ الغلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$ ، إذ يُخـزّنُ في ثمارِ النباتِ وجذورهِ وسيقانهِ وبذورهِ، ويكثُرُ وجودُهُ في العديدِ منَ الموادِّ الغذائيةِ منها البطاطا والأرزِّ والخبزِ والذرَةِ. وعندَ نقصِ نسبةِ السكَّرِ في النباتِ، فإنّهُ يعملُ على تحويلِ النشا الموجودِ فيهِ إلى سكرِ الغلوكوز، ويستفادُ منْهُ في إنتاجِ الطاقةِ اللازمـةِ للعملياتِ الحيويةِ. ويبيّنُ الشكلُ (٦– ٦) رسمًـا تخطيطيًا لجزءٍ منْ مبلمرِ النشا.

الشكل (٦ – ٦): رسمٌ تخطيطيٌ لجزءٍ منْ مبلمرِ النشا.

٢. **السليلوز** Cellulose : يوجدُ هذا المبلمرُ في الخشبِ، وهوَ يشكّلُ ٩٠٪ منْ تركيبِ القطنِ، ويستخدمُ في صناعةِ الورقِ، و الحريرِ الصناعيِّ و الألبسةِ القطنيةِ و المتفجراتِ. ويتكوّنُ مثل النشا منَ اتحادِ عددٍ كبيرٍ منْ وحداتِ سكرِ الغلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$ التي تكونُ على شكلِ سلاسلَ متوازيةٍ غيرَ متفرعةٍ، لكنّهُ يختلفُ عنِ النشا في طريقةِ ارتباطِ جزيئاتِ الغلوكوزِ ببعضِها فيه.

٣. **البروتينات** Proteins :تعدُّ البروتيناتُ منْ أهمِّ مكوناتِ أجسامِ الكائناتِ الحيةِ؛ إذ تدخلُ في تركيبِ جميعِ الخلايا الحيةِ، وتقومُ بوظائفَ متعددةٍ في جسمِ الإنسانِ فتدخلُ في بناءِ الأنسجةِ و تجديدِها، وفي تكوينِ الدمِّ، وإنتاجِ الأنزيماتِ، ومساعدةِ الغددِ على تأديةِ وظائفِها بالشكلِ الأنسبِ. فما العناصرُ التي تدخلُ في تركيبِ البروتيناتِ؟ وما الوحدةُ الأساسيةُ التي تتركّبُ منْها هذهِ المبلمراتُ؟ تتكونُ البروتيناتُ منَ اتحادِّ عددٍ كبيرٍ منْ جزيئاتٍ صغيرةٍ تسمّى **الحموضَ الأمينيةَ**، والتي تتكونُ بدورِها منْ عناصرِ الكربونِ والهيدروجينِ، والأكسجينِ، والنيتروجينِ، وقليلٌ منْها يحتوي الكبريتَ و الفسفورَ. انظرِ الشكلَ (٦–٧).

الشكل (٦–٧): رسمٌ تخطيطيٌ لمقطعٍ من جزيء بروتين.

يبلغُ عددُ أنواعِ الحموضِ الأمينيةِ عشرينَ حمضًا أمينيًّا تقريبًا، تدخلُ في تركيبِ البروتيناتِ، إلّا أنَّه يوجدُ عشراتُ الآلافِ منْ أنواعِ البروتيناتِ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، ويؤدي كلٌّ منْها وظيفةً خاصةً بهِ وفْقَ تركيبهِ. فكيفَ تُفسّرُ الحصولَ على هذا العددِ منْ البروتيناتِ؟ لمعرفةِ ذلكَ نفّذِ النشاطَ (٦ – ١٠).

نشاط (٦ ـ ١٠) : تكوُّنُ الأنواعِ المختلفةِ منَ البروتيناتِ

لديكَ ثلاثةُ حموضٍ أمينيةٍ هي: سيرين(Ser)، وهيستيدين (His)، وغلوتامين(Glu)، ممثلةً في الكراتِ المبينةِ في الشكلِ المجاورِ. ركّبْ منْ هذهِ الكراتِ أكبرَ عددٍ منَ السلاسلِ المكونةِ منَ الحموضِ الثلاثةِ من دونِ تكرارٍ.

Glu His Ser

أسماءُ ثلاثةِ حموضٍ أمينيةٍ.

- ما عددُ السلاسلِ الناتجةِ؟
- استبدلْ الحمضَ فالين (Val) بالحمضِ (Ser)، وأعدْ تركيبَ السلاسلِ السابقةِ، ما العددُ الكليُّ للسلاسلِ التي حصلْتَ عليها؟
- ما عددُ السلاسلِ المتوقعةِ عندَ استخدامِ الحموضِ الأمينيةِ جميعِها؟

لا بدَّ أنَّكَ توصلْتَ منْ خلالِ النشاطِ السابقِ، إلى إمكانيةِ تكوينِ عددٍ كبيرٍ منَ البروتيناتِ باستخدامِ الحموضِ الأمينيةِ السابقةِ، وهكذا تتضحُ إمكانيةُ الحصولِ على أعدادٍ لا حصرَ لها منْ أنواعِ البروتيناتِ، لكلٍّ منْها تركيبتُها الخاصةُ التي تعتمدُ على نوعِ الحموضِ الأمينيةِ وعددِها وترتيبِها.

الكيمياء في حياتنا

خيوطُ العنكبوتِ

تعدُّ خيوطُ العنكبوتِ أحدَ الأمثلةِ على المبلمراتِ الطبيعيةِ؛ إذْ تتكونُ منَ البروتيناتِ، وتمتازُ بمتانتِها. وتعدُّ الخصلاتُ الحريريةُ التي تُكوّنُ نسيجَ بيتِ العنكبوتِ قويةً جدًّا؛ إذْ يتمددُ الخيطُ الواحدُ منْها إلى خمسةِ أضعافِ طولِهِ قبلَ أنْ ينقطعَ.

الشكل (٦–٨): خيوطُ عنكبوتٍ.

ابحث

تقومُ كثيرٌ منَ المصانعِ بإنتاجِ خيوطٍ مصنوعةٍ منَ مبلمراتٍ طبيعيةٍ مثلَ: القطنِ، والصوفِ، والحريرِ، وخيوطٍ مصنوعةٍ منْ مبلمراتٍ صناعيةٍ مثلَ خيوطِ الأقمشةِ، وفرشِ الأسنانِ، والسجادِ، والجوارب. ارجعْ إلى المواقعِ الإلكترونيةِ ذاتِ العلاقةِ، وحاولِ الإجابةَ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ، واكتبْ تقريرًا حولَ ذلك، وناقشْهُ معَ زملائِك ومعلّمِكَ.

- أيُّ هذهِ الخيوطِ يتحمَّلُ قوةَ شدٍّ أكبرَ؟
- أيُّ الخيوطِ لا يتحلّلُ بفعلِ البكتيريا؟
- ما الأضرارُ الناجمةُ عنْ تراكمِ الخيوطِ الصناعيةِ في البيئةِ؟
- ما مقترحاتُكَ للتقليلِ مِنْ أثرِ تراكمِ الخيوطِ الصناعيةِ في تلوّثِ البيئةِ؟
- ما التوجهاتُ الحديثةُ في مجالِ صناعةِ الخيوطِ الصناعيةِ للتقليلِ منْ حجمِ المشكلةِ؟

اتجاهاتٌ حديثةٌ في صناعة المبلمرات: الموادُّ المركّبةُ

ظهرتْ الموادُّ المركّبةُ، وانتشرَ استخدامُها في مجالِ هندسةِ الطيرانِ والفضاءِ بسببِ خفةِ وزنِها وصلابتِها؛ فهي تتألفُ منْ أليافٍ ذاتِ مقاومةٍ عاليةٍ، وصلابةٍ مرتفعةٍ، كأليافِ الزجاجِ والكربونِ، التي تُغمرُ في أحدِ أنواعِ المبلمراتِ التي تعملُ بوصفها مادةً رابطةً بينَ تلكَ الأليافِ، وتؤمّنُ الحمايةَ لها منَ المؤثراتِ الخارجيةِ. وتمتازُ هذهِ الموادُّ بعمْرٍ افتراضيٍّ طويلٍ نسبيًا، وبعدمِ قابليتِها للتحللِ، ولذلكَ نتخلَّصُ منْها بإحدى طريقتينِ: الأولى، دفنُها في مدافنَ خاصةٍ تحتَ الأرضِ؛ مما يسببُ تراكمَها كنفاياتٍ دائمةٍ. والثانيةُ، حرقُها في محارقَ خاصةٍ ممّا يسببُ انبعاثَ كمياتٍ كبيرةٍ منَ الغازاتِ الملوثةِ للهواءِ الجويّ. وبالتالي، فإنَّ هذهِ الموادَّ تعدُّ مصدرًا رئيسًا منْ مصادرِ التلوثِ البيئيِّ، الذي يصعبُ التخلصُ منْ آثارهِ الضارَّةِ. ولذلكَ اتجهتِ الأبحاثُ نحوَ تطويرِ موادَّ بديلةٍ تكونُ قابلةً للتحللِ عضويًا، أو قابلةً لإعادةِ الاستخدامِ، فظهرتْ أنواعٌ منَ الموادِّ المركّبةِ مثلَ اللدائنِ المقواةِ بالألياف الطبيعيةِ، والموادِّ المركّبةِ الحيويةِ، والتي تعدُّ موادَّ صديقةً للبيئةِ، ومنْ هذهِ الموادِّ:

١- اللدائنُ المقواةُ بالألياف الطبيعية

تقسمُ المبلمراتُ (اللدائنُ) إلى نوعينِ:

أ - لدائنُ التصلُّدِ الحراريّ thermosets: وهي تأخذُ شكلها النهائيَّ عندَ تشكيلِها للمرةِ الأولى، ولا يمكنُ إعادةُ تشكيلِها بالتسخينِ ثانيةً.

ب- لدائنُ حراريةٌ thermoplastics: وهي لدائنُ يمكنُ إعادةُ تشكيلِها بالتسخينِ.

ونظرًا لإمكانيةِ إعادةِ تشكيلِ اللدائنِ الحراريةِ، فقدْ وُجدَ توجهٌ نحوَ تصنيعِ أنواعٍ مركّبةٍ منْ هذهِ الموادِّ، عُرفَتْ في مجالِ الصناعةِ بالموادِّ المركبةِ الصناعيةِ، والتي تتركّبُ منْ بعضِ المبلمراتِ مثلَ: مبلمرِ متعدّدِ الإيثلين، ومتعدّدِ البروبلينِ، ومتعددِ فينيل كلوريد (PVC) معَ أليافٍ منْ أصلٍ نباتيٍّ قابلةٍ للتحلّلِ حيويًا. وقدِ استخدمَتْ في البداياتِ نشارةُ الخشبِ في إنتاجِ بعضِ أنواعِ المبلمراتِ المقواةِ بالألياف، مثلَ متعددِ بروبلين، ومتعددِ فينيل كلوريد، فيما

عُـرفَ بالخشبِ البلاستيكيِّ، حيثُ تصلُ نسبةُ أليافِ الخشبِ فيهِ إلى ٧٠٪ تقريبًا. وتستخدَمُ هـذهِ المنتجاتُ في صناعةِ إطـاراتِ الأبوابِ والنوافذِ وهياكلِ السيـاراتِ، وقطعِ الأثاثِ التي لا تتعرّضُ إلـى ضغطٍ عالٍ أو إجهاداتٍ عاليةٍ عنـدَ الاستخدامِ. وهذا يقدّمُ حلًا جزئيًّا لمشكلةِ النفاياتِ منَ اللدائنِ ذاتِ الأصلِ البتروليِّ.

ومـنْ هنا، فقـدِ استمـرتِ الأبحاثُ التي تسعـى لتحسينِ جـودةِ الأليافِ المقـواةِ طبيعيًّا للحصـولِ على خصائصَ ميكانيكيةٍ عاليةِ الجودةِ، مثـلُ المتانةِ ومقاومةِ الصدمِ، ومقاومةِ الحريـقِ، والقابليةِ لامتصاصِ المـاءِ، ممّا يزيدُ منْ ثقةِ المستهلكِ بمثلِ هذهِ الموادِّ، ويعزّزُ استخدامَها في صناعةِ السياراتِ، انظرِ الشكلَ (٦– ٩) .

الشكل (٦–٩): استخدامُ اللدائنِ المقواةِ بالأليافِ الطبيعيةِ في صناعةِ السياراتِ.

٢– الموادُّ المركبةُ الحيويةُ

ظهـرتْ في الآونةِ الأخيرةِ موادُّ سُميّتْ الموادَّ المركّبـةَ الحيويةَ صديقةَ البيئةِ، وهي تتألّفُ منْ أليـافٍ طبيعيةٍ مغمورةٍ فـي مبلمراتٍ حيويةٍ ذاتِ أصلٍ نباتيٍّ (متجـددةٍ)، وتتميّزُ بأنَّها رخيصةُ الثمـن وقابلةٌ للاحتـراقِ، ولا تَخدِشُ الموادَّ، وعازلةٌ للحرارةِ والصـوتِ؛ وذلكَ لكونِها اليافًا مساميـةً، ذاتَ شـكلٍ أسطوانـيٍّ، ومجّوفـةً كأليـافِ السليلـوزِ. ويصنَّعُ بعضُها مـنَ الدهونِ الحيوانيـةِ، أوالزيوتِ النباتيةِ: مثـلَ زيتِ الصويا، وزيتِ العُصفرِ وزيـتِ الزيتونِ، حيثُ تعالَجُ بإضافـةِ موادَّ بتروكيميائيةٍ، لتحسيـنِ خواصِّها. ويطلَقُ على هذهِ الموادِّ اسمُ **الموادِّ الخضـراءِ**، ويمكنُ استخدامُها في التطبيقاتِ ذاتِ العمرِ القصيرِ (سنتين)، ولمرةٍ واحدةٍ، ويمكنُ التخلصُ

منْها بسهولةٍ بواسطةِ تفاعلاتٍ أنزيميةٍ، كما يمكِنُ أنْ تتحلّلَ في الهواءِ الرطِب.

وهكذا، نجدُ أنَّ صناعةَ المبلمراتِ منَ الصناعاتِ الواعدةِ، والتي تحظى باهتمامٍ كبيرٍ في مجالاتِ الصناعةِ المختلفةِ، لتوفيرِ بدائلَ للمبلمراتِ غيرِ القابلةِ للتحلُّلِ، والتي تسبّبُ العديدَ منَ المشكلاتِ البيئيةِ.

ابحث

بالرجوعِ إلى المواقعِ الإلكترونيةِ ذاتِ الصلةِ، استعنْ بالعباراتِ المفتاحيةِ الآتيةِ:

أثـرُ المبلمراتِ في البيئـةِ، الملوثاتُ الصناعيةُ. للبحـثِ في الآثارِ البيئيةِ الناجمـةِ عنِ استخدامِ المبلمـراتِ، حَضِّـرْ عرضًا تقديميًا حـولَ ذلكَ؛ وناقشْهُ معَ معلمِكَ، ثـمّ اعرضْهُ أمامَ زملائِك؛ لتتعرّفَ إلى تلكَ الآثارِ، وطرقِ التقليلِ منْها.

أسئلةُ الوَحدَةِ

١- وضّحْ المقصودَ بكلٍّ مما يأتي:

المركّبِ الهيدروكربونيِّ، المركّبِ الهيدروكربونيِّ المشبعِ، المركّبِ الهيدروكربونيِّ غيرِ المشبعِ، الصيغةِ البنائيةِ، التصاوغِ ، المبلمراتِ، المبلمراتِ الطبيعيةِ، المونومرِ.

٢- يبيّنُ الجدولُ الآتي درجاتِ الغليانِ لبعضِ المركباتِ الهيدروكربونيةِ **المتتاليةِ** في سلسلةِ الألكاناتِ غيرِ المتفرعةِ (أ ، ب ، جـ ، د) ، أجبْ عما يأتي في ما يتعلقُ بهذه المركباتِ:

المركّبُ	أ	ب	جـ	د
درجةُ الغليانِ (°س)	-٠,٥	٣٦	٦٩	٩٨

أ) أيُّ هذهِ المركباتِ يوجدُ في الحالةِ الغازيةِ في الظروفِ العاديةِ (٢٥°س ، ١ ضغطٌ جويٌّ) ؟

ب) إذا كانتِ الصيغةُ الجزيئيةُ للمركبِ (أ) هي C_4H_{10} اكتبِ الصيغـةَ الجزيئيةَ للمركباتِ ب، جـ ، د .

جـ) اكتبْ جميعَ الصيغِ البنائيةِ الممكنةِ لمتصاوغاتِ المركّبِ (ب) .

٣- فسِّرْ ما يأتي:

أ) توصفُ الألكيناتُ بأنها هيدروكربوناتٌ غيرُ مشبعةٍ.

ب) التفلونُ أثبتُ منْ أيِّ مادةٍ مبلمرةٍ أخرى سواءً أكانتْ صناعيةً أو طبيعيةً.

جـ) يمكنُ الحصولُ على آلافِ الأنواعِ المختلفةِ منَ البروتيناتِ على الرغمِ منْ قلةِ عددِ الحموضِ الأمينيةِ التي تتكونُ منْها.

٤- إذا كانَ لديكَ ثلاثُ ذراتِ كربونٍ، وأردتَ تكوينَ عدةَ مركباتٍ هيدروكربونيةٍ منْها، فأجبْ عمّا يأتي:

أ) اكتبْ جميعَ الصيغِ البنائيةِ والجزيئيةِ المحتملةِ للمركباتِ التي يمكنُ تكوينُها، وسمِّها.

ب)إذا احترقتْ هذهِ المركباتُ بوجودِ كميةٍ وافرةٍ منَ الأكسجينِ، فاكتبْ معادلاتٍ كيميائيةً موزونةً تمثّلُ احتراقَها.

٥- X مركّبٌ هيدروكربونيٌّ يتكونُ جزيئهُ منْ خمسِ ذراتِ كربونٍ، وهوَ يحترقُ بوجودِ الأكسجينِ، ولهُ عدَّةُ صيغٍ بنائيةٍ، ولا يصلحُ للاستخدامِ في صناعةِ المبلمراتِ. في ضوءِ هذهِ المعلوماتِ، أجبْ عما يلي:

أ) هلِ المركّبُ X ألكانٌ أمْ ألكينٌ؟ لماذا؟

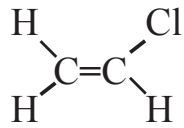
ب) ما الصيغةُ الجزيئيةُ للمركبِ X؟

جـ) اكتبْ صيغةً بنائيةً ممكنةً للهيدروكربونِ X؟

٦- انقلْ الجدولَ الآتي إلى دفترِكْ، واملأْ الفراغاتِ الموجودةَ فيهِ بالبياناتِ الملائمةِ:

اسم المبلمر / وجه المقارنة	مبلمر متعدد الإيثلين	البروتين	السليلوز	التفلون
أسماءُ العناصرِ الداخلةِ في التركيبِ	كربون وهيدروجين			
اسمُ المونومر		حمضٌ أمينيٌّ		
طبيعيٌّ أم صناعيٌّ			طبيعيٌّ	

٧- كلوريدُ الفينيلِ (Vinyl Chloride) مادةٌ كيميائيةٌ صيغتها البنائيةُ:



أ) ما أوجهُ الشبهِ والاختلافِ بينَ تركيبِ جزيءِ هذهِ المادَّةِ وجزيءِ الإيثينِ؟

ب)إذا علمتَ أنَّ بلمرةَ جزيئاتِ هذهِ المادةِ تكونُ مبلمرًا ذا أهميةٍ اقتصاديةٍ كبيرةٍ يدعى متعددَ فينيل كلوريد، فاكتبْ جزءًا منَ الصيغةِ البنائيةِ لمبلمرِ (PVC) .

٨- يحترقُ المركّبُ الهيدروكربونيُّ A بوجودِ الأكسجينِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$A + \frac{9}{2} O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O + \text{طاقة}$$

كما تتفاعلُ جزيئاتُه معَ بعضِها بوجودِ عاملٍ مساعدٍ وتُنتجُ مادةً صلبةً (B)، كتلتُها الجزيئيةُ ٤٢٠٠٠ غ. أجبْ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ في ضوءِ المعلوماتِ المتعلقةِ بهذا المركّبِ:

أ) ما الصيغةُ الجزيئيةُ والبنائيةُ للمركّبِ A؟

ب) ما اسمُ المادةِ الصلبةِ B؟

جـ) اكتبْ جزءًا منْ صيغةِ المادةِ B.

٩ – تستخدمُ المبلمراتُ في مجالاتٍ حياتيةٍ واسعةٍ كما في الشكلِ الآتي، وعندَ تلَفِ هذهِ الموادِّ، يُتَخَلَّصُ منْها بالطرقِ التقليديةِ، مما يجعلُ هذهِ المخلفاتِ ذاتَ آثارٍ ضارةٍ بالبيئةِ. في ضوءِ دراستكَ للمبلمراتِ، أجبْ عنِ الأسئلةِ الآتية:

أ) لماذا تعدُّ هذهِ الموادُّ ضارةً بالبيئة؟

ب) ما الطرقُ التقليديةُ المستخدمةُ في التخلصِ منْ هذهِ الموادِّ؟

جـ) في ضوءِ تزايدِ استخدامِ المبلمراتِ في حياتنا اليوميةِ، ما أنسبُ الطرُقِ للتقليلِ منْ أخطارِ المبلمراتِ في البيئةِ منْ وجهةِ نظركَ؟

١٠– اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

(١) الصيغةُ الكيميائيةُ التي لا تمثِّلُ مادَّةً هيدروكربونيةً فيما يأتي، هيَ:

أ) C_2H_4 ب) C_2H_6 جـ) C_2H_2 د) C_2H_6O

(٢) صيغةُ الهيدروكربونِ الذي يحتوي على ١٢ ذرةَ كربونٍ، و ينتمي إلى الألكيناتِ هي:

أ) $C_{12}H_{26}$ ب) $C_{12}H_{24}$ جـ) $C_{12}H_{22}$ د) $C_{12}H_{20}$

(٣) صيغةُ هيدروكربونٍ يحتوي ٢٢ ذرةِ هيدروجينٍ في سلسلةِ ألكاينٍ، هي:

أ) C_9H_{22} ب) $C_{10}H_{22}$ جـ) $C_{11}H_{22}$ د) $C_{12}H_{22}$

(٤) وحدةُ البناءِ الأساسيةُ (المونومر) التي تدخلُ في تكوينِ النشا هيَ:

أ) الحمضُ الأمينيُ ب) الإيثين جـ) الغلوكوز د) البروبين

(٥) الأورلونُ (الأكريلان) يعدُّ منْ مبلمراتِ:

أ) الألياف الصناعيةِ ب) الألياف الطبيعيةِ جـ) الألياف الحيويةِ د) الألياف المركبةِ

(٦) المركّبُ الذي له أعلى درجةِ غليانٍ هو:

أ) الإيثان ب) البروبان جـ) الهبتان د) البنتان

قائمة المصطلحات

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	المدلول
ألكان	Alkane	مركّبٌ هيدروكربونيٌّ مشبعٌ، جميعُ الروابطُ فيه تساهميةٌ أحاديةٌ، وصيغتهُ العامةُ (C_nH_{2n+2}).
ألكاين	Alkyne	مركّبٌ هيدروكربونيٌّ غيرُ مشبعٍ، يحتوي رابطةٍ ثلاثيةٍ بينَ ذرتي كربونٍ متجاورتينِ، وصيغتُهُ العامةُ (C_nH_{2n-2}).
ألكين	Alkene	مركّبٌ هيدروكربونيٌّ غيرُ مشبعٍ، يحتوي على رابطةٍ ثنائيةٍ بينَ ذرتي كربونٍ متجاورتينِ، وصيغتهُ العامةُ (C_nH_{2n}).
التصاوغُ	Isomerism	وجودُ أكثرِ منْ مركّبٍ تشتركُ جميعُها في الصيغةِ الجزيئيةِ نفسِها ولكنّها تختلفُ في الصيغةِ البنائيةِ.
تفاعلُ أضافةٍ	Addition Reaction	تفاعلٌ كيميائيٌّ يتمُّ فيهِ اتحادُ جزيئينِ أو أكثرَ، لتكوينِ جزيءٍ أكبرَ، وتتميّزُ بهِ المركباتُ العضويةُ غيرُ المشبعةِ.
التفاعلُ الكيميائيُّ	Chemical Reaction	هو تغيّرٌ يتضمّنُ تكسيرَ روابطَ وإنتاجَ روابطَ جديدةٍ، تؤدّي إلى إعادةِ ترتيبِ الذرّاتِ بحيثُ تنتجُ موادٌّ جديدةٌ تختلفُ عنْ صفاتِ الموادِّ المتفاعلةِ.
تفاعلٌ طاردٌ للطاقةِ	Exothermic Reaction	تفاعلٌ يعطي طاقةً عندَ حدوثهِ.
تفاعلٌ ماصٌّ للطاقةِ	Endothermic Reaction	تفاعلٌ يحتاجُ إلى طاقةٍ عندَ حدوثهِ.
حرارةُ احتراقِ الوقودِ	Heat of Combustion	كميةُ الطاقةِ الناتجةِ مِنْ حرقِ مولٍ واحدٍ منْ مادةِ الوقودِ حرقًا تامًا في كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ.
الصيغةُ الأوليةُ	Empirical Formula	صيغةٌ توضّحُ أبسطَ نسبةٍ بينَ عددَ ذرّاتِ العناصرِ الداخلةِ في تكوينِ جزيءِ المركّبِ.
الصيغةُ البنائيةُ	Structral Formula	صيغةٌ تمثّلُ ترتيبَ الذراتِ وارتباطِها معًا في الجزيءِ.
الصيغةُ الجزيئيةُ	Molecular Formula	صيغةٌ توضّحُ العددَ الفعليَّ لكلِ نوعٍ منْ أنواعِ الذرّاتِ في جزيءِ المركّبِ.

القيمةُ الحراريةُ للوقودِ	Fuel Value	كميةُ الطاقةِ الناتجةِ مِنْ حرقِ غرامٍ واحدٍ منْ مادةِ الوقودِ حرقًا تامًّا في كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجين.
طاقةُ الرابطةِ	Bond Energy	مقدارُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الروابطِ بينَ ذرتين في جزيءٍ تساهميٍّ وهو في الحالةِ الغازيةِ.
اللدائنُ	Plastics	مبلمراتٌ سهلةُ التشكيلِ لانخفاضِ درجةِ انصهارِها نسبيًّا، ولكنّها تتفاوتُ في صفاتِها كثيرًا، بحيثُ تستعملُ في أغراضٍ كثيرةٍ في الحياةِ المعاصرةِ، وتسمّى أحيانًا موادَّ بلاستيكيةٍ.
مبلمراتٌ	Polymers	جزيئاتٌ عملاقةٌ ذاتُ كتلٍ جزيئيةٍ عاليةٍ، تتكوّنُ بترابطِ عددٍ كبيرٍ منَ الجزيئاتِ الصغيرةِ تسمّى «مونمراتٍ».
متصاوغٌ	Isomer	واحدٌ منْ عددٍ منَ المركباتِ التي تشتركُ في الصيغةِ الجزيئيةِ نفسِها ولكنّها تختلفُ في الصيغةِ البنائيةِ.
مركّبٌ هيدروكربونيٌّ مشبعٌ	Saturated Compound	مركبٌ عضويٌّ تكونُ جميعُ الروابطُ فيهِ أحاديةً ولايحتوي روابطَ ثنائيةً أو ثلاثيةً.
مركّبٌ هيدروكربونيٌّ غيرُ مشبعٍ	Unsaturated Compound	مركبٌ عضويٌّ يحتوي روابطَ ثنائيةً أو ثلاثيةً.
موادٌّ عضويةٌ	Organic Materials	مركباتٌ ناتجةٌ أساسًا منَ اتّحادِ الكربونِ معَ الهيدروجينِ و عددٍ قليلٍ منَ العناصرِ الأخرى، مثَل: الأكسجينِ والنيتروجينِ والكبريتِ والهالوجيناتِ.
مولٌ	Mole	كميةُ المادةِ التي تحتوي عددَ أفوغادرو منَ الجسيماتِ (ذراتٍ، جزئياتٍ، أيوناتٍ..) أو هو عددُ أفوغادرو ($٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}$) من تلكَ الجسيماتِ.
مونومراتٌ	Monomers	جزيئاتٌ صغيرةٌ ذاتُ كتلةٍ جزيئيةٍ صغيرةٍ تتّحدُ معَ بعضِها مكونةً المبلمراتِ.

قائمة المراجع

المراجع العربية

١- أحمد برهم وآخرون، **دليل التجارب العلمية في الكيمياء للمرحلة الثانوية الفرع العلمي**، عمان، وزارة التربية والتعليم ، ٢٠٠٤.

٢- غالب وائل وآخرون، **أسس الكيمياء العضوية**، بنغازي، دارُ الكتبِ الوطنية، ٢٠٠٨.

٣- مجموعة مؤلفين، **الكيمياء للصف العاشر**، عمان، وزارة التربية والتعليم، ٢٠٠٦.

٤- مهدي السيد إبراهيم وآخرون، **العلوم الصحية والبيئة**، عمان،الجامعة العربية المفتوحة، ٢٠٠٤.

المراجع الأجنبية:

1- Bewick-Edge-Forsythe-Parsons,**Chemistry**, CK-12 Foundation, 2009.

2-Brady and Humiston,**General Chemistry Principles And Struture**,4th ed., New York,1985.

3- Clark, **Longman GCSE chemistry** , 2nd ed., Harlow, Pearson Education,2003.

4-Ebbing Gammon, **General Chemistry**, 10th ed., 2011.

5-Holt, Rinehant and Winston, **Chemistry**, Online ed., USA, 2006.

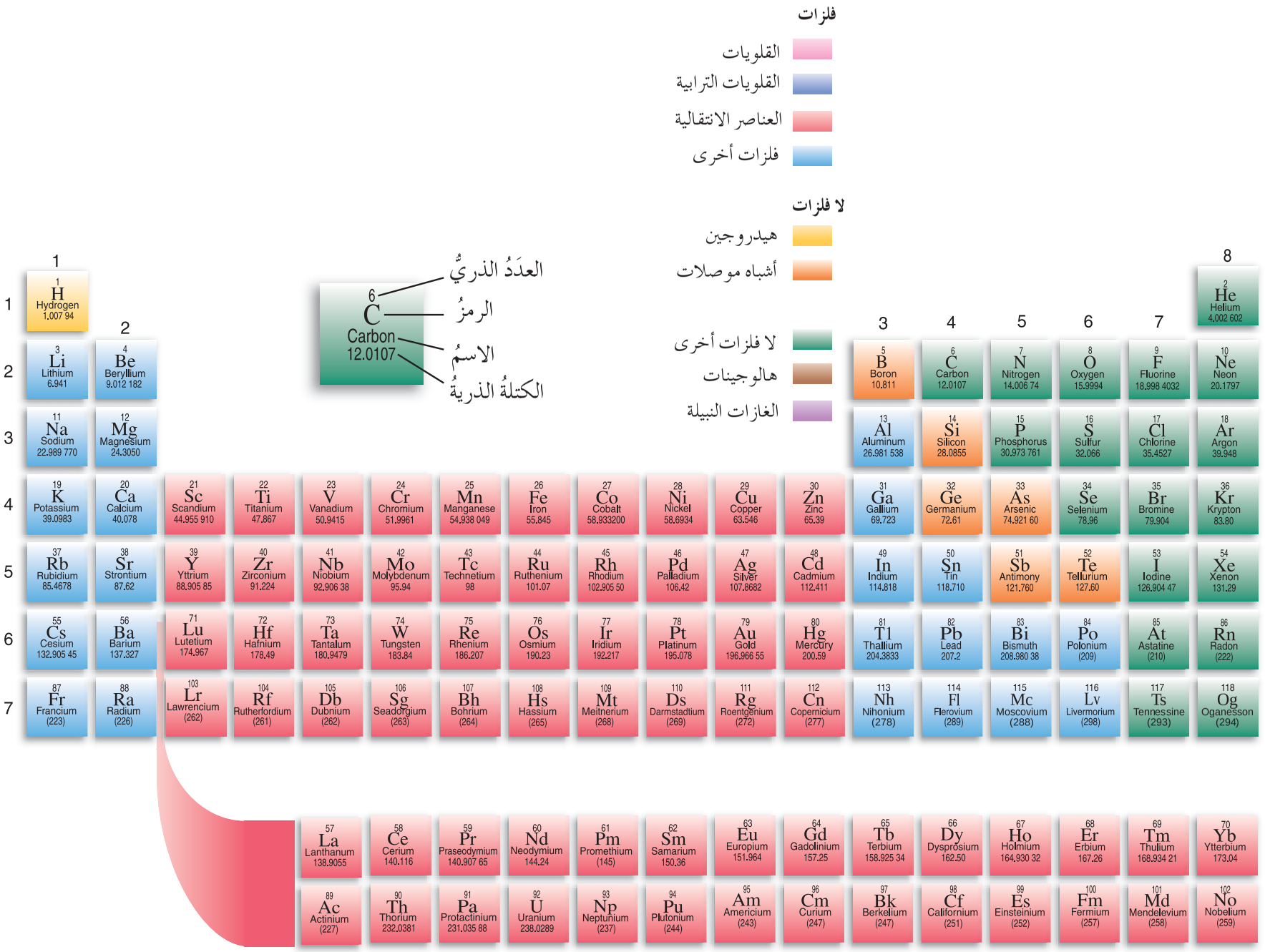
6-Sherman, A. ,Sherman. , S.J, Russikoff, L. , **Basic Concepts of Chemistry**, 5th ed., Boston, Houghton Mifflin Company, 1992.

7-Solomons, **Organic Chemistry**, 8th ed., Canada, 2004.

8-Steven, Zumdahl, **Chemistry**, 8th ed., Boston, New York, 2010.

9-Stoker, H.S., **Interoducing to Chemical Principles**, 6th ed., New jersy, Prentice Hall, Inc, 1999.

10-Wibraham,Staley-MataWaterman, **Prentice Hall Chemistry**, Teacher's Edition, Boston, 2008.


فلزات
القلويات
القلويات الترابية
العناصر الانتقالية
فلزات أخرى
لا فلزات
هيدروجين
أشباه موصلات
لا فلزات أخرى
هالوجينات
الغازات النبيلة
العدَدُ الذريُّ
الرمزُ
الاسمُ
الكتلةُ الذريةُ
6
C
Carbon
12.0107
1 2 3 4 5 6 7 8
1 H Hydrogen 1.007 94
2 He Helium 4.002 602
2 Li Lithium 6.941
4 Be Beryllium 9.012 182
5 B Boron 10.811
6 C Carbon 12.0107
7 N Nitrogen 14.006 74
8 O Oxygen 15.9994
9 F Fluorine 18.998 4032
10 Ne Neon 20.1797
3 Na Sodium 22.989 770
12 Mg Magnesium 24.3050
13 Al Aluminum 26.981 538
14 Si Silicon 28.0855
15 P Phosphorus 30.973 761
16 S Sulfur 32.066
17 Cl Chlorine 35.4527
18 Ar Argon 39.948
4 K Potassium 39.0983
20 Ca Calcium 40.078
21 Sc Scandium 44.955 910
22 Ti Titanium 47.867
23 V Vanadium 50.9415
24 Cr Chromium 51.9961
25 Mn Manganese 54.938 049
26 Fe Iron 55.845
27 Co Cobalt 58.933200
28 Ni Nickel 58.6934
29 Cu Copper 63.546
30 Zn Zinc 65.39
31 Ga Gallium 69.723
32 Ge Germanium 72.61
33 As Arsenic 74.921 60
34 Se Selenium 78.96
35 Br Bromine 79.904
36 Kr Krypton 83.80
5 Rb Rubidium 85.4678
38 Sr Strontium 87.62
39 Y Yttrium 88.905 85
40 Zr Zirconium 91.224
41 Nb Niobium 92.906 38
42 Mo Molybdenum 95.94
43 Tc Technetium 98
44 Ru Ruthenium 101.07
45 Rh Rhodium 102.905 50
46 Pd Palladium 106.42
47 Ag Silver 107.8682
48 Cd Cadmium 112.411
49 In Indium 114.818
50 Sn Tin 118.710
51 Sb Antimony 121.760
52 Te Tellurium 127.60
53 I Iodine 126.904 47
54 Xe Xenon 131.29
6 Cs Cesium 132.905 45
56 Ba Barium 137.327
71 Lu Lutetium 174.967
72 Hf Hafnium 178.49
73 Ta Tantalum 180.9479
74 W Tungsten 183.84
75 Re Rhenium 186.207
76 Os Osmium 190.23
77 Ir Iridium 192.217
78 Pt Platinum 195.078
79 Au Gold 196.966 55
80 Hg Mercury 200.59
81 Tl Thallium 204.3833
82 Pb Lead 207.2
83 Bi Bismuth 208.980 38
84 Po Polonium (209)
85 At Astatine (210)
86 Rn Radon (222)
7 Fr Francium (223)
88 Ra Radium (226)
103 Lr Lawrencium (262)
104 Rf Rutherfordium (261)
105 Db Dubnium (262)
106 Sg Seaborgium (263)
107 Bh Bohrium (264)
108 Hs Hassium (265)
109 Mt Meitnerium (268)
110 Ds Darmstadtium (269)
111 Rg Roentgenium (272)
112 Cn Copernicium (277)
113 Nh Nihonium (278)
114 Fl Flerovium (289)
115 Mc Moscovium (288)
116 Lv Livermorium (298)
117 Ts Tennessine (293)
118 Og Oganesson (294)
57 La Lanthanum 138.9055
58 Ce Cerium 140.116
59 Pr Praseodymium 140.907 65
60 Nd Neodymium 144.24
61 Pm Promethium (145)
62 Sm Samarium 150.36
63 Eu Europium 151.964
64 Gd Gadolinium 157.25
65 Tb Terbium 158.925 34
66 Dy Dysprosium 162.50
67 Ho Holmium 164.930 32
68 Er Erbium 167.26
69 Tm Thulium 168.934 21
70 Yb Ytterbium 173.04
89 Ac Actinium (227)
90 Th Thorium 232.0381
91 Pa Protactinium 231.035 88
92 U Uranium 238.0289
93 Np Neptunium (237)
94 Pu Plutonium (244)
95 Am Americium (243)
96 Cm Curium (247)
97 Bk Berkelium (247)
98 Cf Californium (251)
99 Es Einsteinium (252)
100 Fm Fermium (257)
101 Md Mendelevium (258)
102 No Nobelium (259)

تَمَّ بِحَمْدِاللّٰهِ تَعَالَى