الكِيمِياء

كتاب الطالب

المستوى العاشر

CHEMISTRY

STUDENT BOOK

GRADE 10

الفصل الدراسي الثاني
SECOND SEMESTER
2021 - 2020

(الطبعة الأولى)

حضرة صاحب السّموّ الشيخ تميم بن حمد آل ثاني
أمير دولــة قطــر

النشيد الوطني

قَسَماً بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ
قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ
وَحَمَائِمٌ يَوْمَ السَّلاَمْ جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

المراجعة والتدقيق العلمي والتربوي

كلية الآداب والعلوم - جامعة قطر

خبرات تربوية وأكاديمية من المدارس

الإعداد والإشراف العلمي والتربوي

فريق من الخبراء التربويين

إدارة المناهج الدراسية ومصادر التعلم

مقدمة

الحمدُ للهِ ربِّ العالمين، والصلاةُ والسلامُ على أشرفِ الأنبياءِ والمرسلينَ، سيدِنا محمدٍ وعلى آلِه وصحبِه أجمعينَ، وبعْد..

أبناءَنا الطلبة:

تسعى دولةُ قَطر من خلالِ رؤيةِ 2030، واستنادًا إلى «الإطارِ العامّ للمنهجِ التعليميّ الوطنيّ لدولةِ قَطر»، إلى تطويرِ نظامِها التعليميّ، وإعدادِ مناهجَ وطنيةٍ ملتزمةٍ بمعاييرِ الجودةِ العالميَّة، بُغيةَ بناءِ الإنسانِ وإعدادِه إعدادًا سليمًا، وتسليحِه بالمعرفةِ والقِيَمِ والمهاراتِ والاتجاهاتِ الَّتي تؤَهِّلُهُ لمواكبةِ التَّطوُّراتِ العالميةِ في المجالاتِ كافَّة، حتَّى أصبحتْ دولةُ قَطَرَ تنافِسُ الدُّولَ المتَقدِّمةَ في مجالِ التَّعليمِ والمجالاتِ الأُخرَى.

ويُعَدُّ الكتابُ المدرَسيُّ مصْدَرًا رئيسًا من مصادرِ المعرفةِ، وأحَدَ الرَّكائزِ المهمَّةِ في العمليَّةِ التَّعليميَّةِ؛ جاءَ حصيلةً لمزيجٍ مُتَجانِسٍ مِنَ الخِبْراتِ المعرِفيَّةِ والثقافيَّةِ والاجتماعيَّةِ والفنِّيَّةِ، وُضِعَتْ مِنْ قِبَلِ خُبرَاءَ متخصِّصين، فالكِتابُ وسيلةٌ منظَّمةٌ من وسائلِ التَّعليمِ، وهو أداةٌ من أدَواتِ التَّوجيهِ التَّربويّ، والأساسُ الَّذي يستعينُ بِهِ المعلِّمُ في إعدادِ دُروسِه.

لقد تمَّ تأليفُ هذا الكتابِ الَّذي يستهدفُ طلَبةَ المستوى العاشِرِ في التَّعليمِ العام، ويتوافقُ مع قُدُراتِهم؛ بحيثُ تتَدرَّجُ المعلوماتُ فِيهِ من السَّهلِ إلى الصَّعبِ، ومن العامِّ إلى الخاصِّ، ويهدِفُ إلى رفعِ مستوى كفاءَةِ الطَّلَبةِ وخِبْراتِهم، وإثارةِ دافعيتِهم وتفاعُلِهم مع زملائِهم ومعلِّميهم؛ لاكتسابِ المعلوماتِ والمهاراتِ والكِفاياتِ، من خلالِ الأنشطةِ الصَّفِّيَّةِ واللاصفِّيَّة.

يحقِّقُ محتوَى الكتابِ تنميةَ مهاراتِ التفكيرِ والبحثِ العلميّ والاستقصاءِ بنوعَيهِ؛ الموجَّهِ والمفتوحِ، وحلِّ المشكِلات. ويتضمَّنُ كلُّ درسٍ أنشِطةً عمليَّةً متنوِّعةً، وأسئلةَ تقويمٍ تمهيديٍّ وتكوينيٍّ وختاميّ؛ حيثُ تجدُ في مقدِّمةِ كلِّ درسٍ أسئلةً تمهيديةً لتحديدِ معرفةِ الطلبةِ وخبراتِهم السَّابقة، وأسئلةً في نهايةِ كلِّ فَقرةٍ تحت عُنوانِ «اِخْتَبر نَفْسَكَ» تَقيسُ ما تمَّ تعلُّمُه، ثمَّ تقويمًا خاصًّا بكلِّ درسٍ، وفي نهايةِ كلِّ وَحدة. كما يَشتملُ الكتابُ على رسومٍ وأشكالٍ توضيحيَّةٍ تحقِّقُ مهارةَ قراءةِ الأشكالِ والرُّسومِ البيانيَّة.

يحتوي كتابُ الكِيمياءِ للصفِّ العاشرِ في فصلَيهِ على ست وَحَداتٍ دراسيةٍ تشمَلُ: «الدَّورِيَّةُ في خصائصِ العناصِر، ومفهومُ المول والحسابات الكيميائيَّة، والكيمياءُ الحركيَّةُ، الأحماض والقواعد، التغيُّراتُ في الطَّاقةِ، والكيمياءُ العُضْويَّة».

ونحنُ إذْ نضعُ بين يدَيكَ هذا الكتابَ، لَندعوكَ إلى التَّفاعلِ الإيجابيِّ معَ محتواهُ وأنشطتِه المختلِفة؛ لتحقيقِ الهدفِ المنشودِ منْه.

ونسألُ اللهَ عزَّ وجلَّ لك التَّوفيقَ والسَّداد،،،

الكيمياء

المستوى العاشر - الفصل الدراسي الأول

Chemistry

GRADE 10

بعض أقسام هذا الكتاب

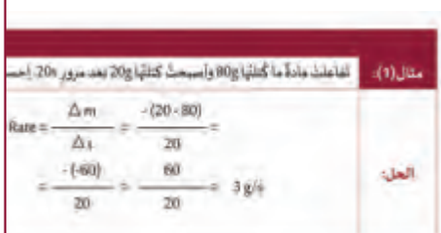
مفتاح الكفايات:

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر QNCF Key Competencies ، ويشير إلى مجموعة كفايات معرفية ومهارية ووجدانية يعمل منهج العلوم على تنميتها لدى الطلبة.

(CT)	التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking
(L)	الكفاية اللغوية Literacy
(N)	الكفاية العددية Numeracy
(C)	التواصل Communication
(CP)	التعاون والمشاركة Cooperation and Participation
(IR)	الاستقصاء والبحث Inquiry and Research
(PS)	حل المشكلات Problem Solving

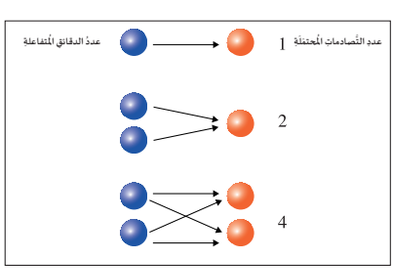
مثال :

توظيف العلاقات الكمية والقوانين العلمية لتنمية المهارات الحسابية



الأشكال التوضيحية:

معينات بصرية توضح المحتوى العلمي عن طريق صور ورسوم وأشكال بيانية، تنمي مهارة قراءة الأشكال وتحليل الرسوم البيانية وتمثيل العلاقات العلمية لدى الطلبة



اختبر نفسك:

التحقق من مدى استيعاب الطلاب للأفكار أثناء الدرس

اختبر نفسك

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ تكون مادةٍ ناتجةٍ إذا علمتَ أنَّ تَركيزَها قد تَغيّرَ من 1×10^{-3} mol/L.s ليصلَ إلى 5×10^{-3} mol/L.s ، خلال 20 s.

الأنشطة:

مواقف تفاعلية لتنمية القدرة على التطبيق العملي للأفكار الجديدة، والتدرب على الأنشطة العملية

نشاط 1-3

التَّغيُّرُ في كتلةِ المُتفاعلاتِ والنَّواتجِ في وحدةِ الزمنِ

الهدف: يستقصي أثرَ التَّغيُّرِ في كتلةِ المُتفاعلاتِ والنواتجِ في وحدةِ الزمنِ

جدولُ بياناتٍ للتَّفاعُلِ الافتراضي الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ:

$$X_{(s)} + Y_{(g)} \longrightarrow XY_{(s)}$$

المصطلحات العلمية:

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ	
سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي	Rate of Chemical Reaction
التَّصادُمُ الفعَّالُ	Effective Collision

الجداول التوضيحية:

الزمن t(s)	[CO] (mol/L)	الزمن t(s)	[CO] (mol/L)
40	3.0×10^{-2}	0	1.0×10^{-1}
60	1.7×10^{-2}	10	6.7×10^{-2}
80	0.7×10^{-2}	20	5.0×10^{-3}
100	0.2×10^{-2}	30	3.8×10^{-2}

مراجعة الدرس:

مجموعة من الأفكار الرئيسة التي يتناولها الدرس

تقويم الدرس:

مجموعة من الأسئلة لقياس مدى استيعاب الطلبة للأفكار الواردة في الدرس، تشمل أسئلة الاختيار من متعدد والأسئلة ذات الإجابة القصيرة.

تقويم الوحدة:

مجموعة أسئلة مهارية متنوعة لقياس
مدى تحقق مخرجات دروس الوحدة كاملة.

إثراء:

الرَّبْطُ مع الفيزياءِ
نموذجُ الحركةِ الجُزيئيةِ

درستَ سابقًا أنَّ نَموذجَ الحركةِ الجُزيئيةِ يَفترضُ أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ سواءً كانت جُزيئاتٍ،

معلومات إضافية تعزز المفاهيم والأفكار العلمية في الدرس

العلم والعلماء:

تعزيز القيم من خلال تقدير

جهود ومساهمات العلماء في اكتشاف وتطور المعرفة العلمية

مخطط المادة:

الوحدة الثالثة: الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ Chemical Kinetics

UNIT 3

الـدرس الأول: 1-3 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي Rate of Chemical Reaction

الـدرس الثاني: 2-3 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ Factors Affecting Reaction Rate

الوحدة الرابعة: الطاقةُ الحراريّةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ Thermal Energy in Chemical Reactions

UNIT 4

الـدرس الأول: 1-4 التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ

Energy Changes for Chemical Reactions

الـدرس الثاني: 2-4 تمثيل مُخطَّطاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ

Construction of Energy Profile Diagrams

الوحدة الخامسة: الأحماضُ والقواعدُ Acids and Bases

UNIT 5

الـدرس الأول: 1-5 الخصائصُ المُميزةُ للأحماضِ والقواعدِ Properties of Acids and Bases

الـدرس الثاني: 2-5 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ Factors Affecting Reaction Rate

الوحدة السادسة: الكيمياءُ العضويةُ Organic Chemistry

UNIT 6

الـدرس الأول: 1-6 مقدمةٌ في الكيمياءِ العضويةِ Introduction to Organic Chemistry

الـدرس الثاني: 2-6 الألكاناتُ Alkanes

الكِيمِياء Chemistry

علمُ الكيمياءِ هو علمُ دراسةِ خواصِّ الموادِّ والتفاعُلاتِ الكيميائيةِ وارتباطِها بالطَّاقة، وهو فرعٌ من فروعِ العلومِ الطبيعيةِ (الكيمياءِ، الفيزياءِ، الأحياء وعلومِ الأرض)، الذي يتعاملُ مع بِنيةِ المادَّة ومكوّناتِها وخصائصِها، وهو يهتمُّ بدراسةِ كل شيءٍ يحيط بنا؛ ومنها الموادِّ الَّتي تتكوَّنُ منها أجسامُنا، وما يحيط بنا من طبيعةِ الأرضِ والهواءِ والماءِ من حولِنا الَّتي تؤثّرُ فِينا وتتأثَّرُ بِنا، ويهتمُّ عِلمُ الكيمياءِ كذلكَ بدراسةِ التَّغيُّراتِ الَّتي تطْرأُ على المادَّةِ، وتؤدّي إلى إنتاجِ موادَّ جديدةٍ يستخدمُها الإنسانُ في الحياةِ اليوميَّة؛ مثلَ البَلاستيك، والأدويةِ الَّتي تدخُلُ في صناعتِها عناصرُ كيميائية.

يُطلَقُ على عِلمِ الكيمياءِ أيضًا اسمُ «العلمُ المركزيّ»؛ لأنَّه يجمعُ أكثرَ من نوعٍ من أنواع العلومِ؛ مثلَ الفيزياءِ، وعِلمِ الأحياءِ، وعِلمِ الفَلَكِ، والجيولوجيا؛ لذلك يُقال إنَّ الكيمياءَ هي الحياة.

وعلى عكسِ ما يعتقدُهُ بعضُ الناسِ مِنْ أنَّ عِلمَ الكيمياءِ يستهدفُ المهتمين بعلومِ الكيمياءِ والتفاعُلاتِ الكيميائيةِ فحسْب، بلْ إنَّ المعرفةَ بعلومِ الكيمياءِ المختلفةِ ممتِعةٌ ومبهِجةٌ وستساعدُك على فَهمِ البيئةِ من حَولِك، وعلَى حلِّ العديدِ من المشكِلات الَّتي تواجِهُك في حياتِك اليوميَّة.

ينقسِمُ عِلمُ الكيمياءِ بصفةٍ عامَّةٍ إلى عِدَّةِ فروعٍ رئيسةٍ، مِنها:

الكيمياءُ التَّحليليَّةُ: الَّتي تهتمَّ بتحليلِ عيّناتٍ من المادَّةِ لمعرفةِ التركيبِ الكيميائيّ لها وكيفيةِ بنائِها.

الكيمياءُ الحيَويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ الموادِّ الكيميائيةِ الحياتيَّة، والتفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ الَّتي تحدُثُ في الكائناتِ الحيَّة.

الكيمياءُ غيرُ العُضْويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ خواصِّ المرَكَّباتِ غيرِ العُضويَّةِ وتفاعُلاتِها.

الكيمياءُ العُضْويَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ المركَّباتِ العُضويةِ، من حيثُ التَّركيبُ، والخواصُّ، والتفاعُلات.

الكيمياءُ الفيزيائِيَّةُ: الَّتي تهتمُّ بدراسةِ الطَّاقةِ في التفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ، وحركيَّةِ التفاعُلات.

وقد أسْهمَ العُلماءُ المسلمونَ في تطويرِ عِلمِ الكيمياءِ؛ ومنهم جابرُ بنُ حيَّانَ، وابنُ سِينا، وأبو بكرٍ الرَّازي، ويُعَدُّ هؤلاءِ من أشهرِ العلماءِ المسلمينَ الَّذينَ تَركوا بصْمةً في هذا المجال.

وفي عصرِنا الحديثِ أصبحَ للتِّكنولوجيا أثرٌ كبيرٌ في الطريقةِ الَّتي يعملُ بها الكيميائيونَ ويتعلَّمونَ بِوَاسطتِها. ومُنذُ أنْ أصبحَ الحاسوبُ مُتاحًا فقد أصبحَ من السَّهلِ تعلُّمُ الكيمياءِ في مواضيعَ عِدَّةٍ؛ مثلَ: وزنِ المعادلاتِ الكيميائيَّةِ، والتَّعرُّفِ على الكثيرِ من التفاعُلاتِ باستخدامِ الفِيديو والمختبراتِ الافتراضيَّة.

الفهرس

الوحدة الثالثة :

الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ
Chemical Kinetics

15 الدرس الأول:

1-3 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي
Rate of Chemical Reaction

38 الدرس الثاني:

2-3 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting Reaction Rate

الوحدة الرابعة :

الطاقةُ الحراريّةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ
Thermal Energy in Chemical Reactions

66 الدرس الأول:

1-4 التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ
Energy Changes for Chemical Reactions

83 الدرس الثاني:

2-4 تمثيل مُخطَّطاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams

الفهرس

الوحدة الخامسة :

الأحماضُ والقواعدُ
Acids and Bases

104 الدرس الأول:
1-5 الخصائصُ المُميزةُ للأحماضِ والقواعدِ
Properties of Acids and Bases

133 الدرس الثاني:
2-5 قوةُ الأحماضِ والقواعدِ
The Strength of Acids and Bases

الوحدة السادسة :

الكيمياءُ العضويةُ
Organic Chemistry

162 الدرس الأول:
1-6 مقدمةٌ في الكيمياءِ العضويةِ
Introduction to Organic Chemistry

175 الدرس الثاني:
2-6 الألكاناتُ
Alkanes

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر
QNCF Key Competencies

	(CT)	التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking
	(L)	الكفاية اللغوية Literacy
	(N)	الكفاية العددية Numeracy
	(C)	التواصل Communication
	(CP)	التعاون والمشاركة Cooperation and Participation
	(IR)	الاستقصاء والبحث Inquiry and Research
	(PS)	حل المشكلات Problem Solving

C1006

UNIT 3

الوِحدةُ الثالثةُ

الكيمياءُ الحَرَكِيَّةُ

Chemical Kinetics

محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 3-1 سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي .
Rate of Chemical Reaction

الدرس الثاني: 3-2 العواملُ المُؤثِّرةُ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting the Reaction Rate

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-3

سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي
Rate of Chemical Reaction

التَّجارِبُ والأنشِطة

(1-3) التَّغيُّرُ في كُتلةِ مادةٍ ناتجةٍ في وِحدةِ الزمنِ.

(2-3) التَّصادُماتُ المُحتَمَلَةُ .

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُدركَ أنَّ سُرعةَ التَّفاعُلاتِ تختلفُ بشكلٍ كبيرٍ. ويَرسُمَ ويُحلِّلَ الرسومَ البيانيةَ ويَجمعَ البياناتِ من تجاربِ سُرعةِ التَّفاعُلِ.
- يَشرحَ تَفاعلَ ثُنائيّ الجُزيئاتِ بدلالةِ تَصادُماتِ الجُسيماتِ، ويُدركَ أنَّ إمكانيةَ التَّصادُمِ الفعَّالِ (التَّفاعُل) تَعتمدُ على الاتجاهِ الفراغيّ المناسبِ وطاقةِ الجُسيماتِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

سُرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي	Rate of Chemical Reaction
التَّصادُمُ الفعَّالُ	Effective Collision
طاقةُ التنشيطِ	Activation Energy
نظريةُ التَّصادُمِ	Collision Theory

مُقدِّمة

هل تَساءَلتَ يومًا عن الزمنِ الذي تَستغرقُهُ الفاكهةُ لكي تَنضُجَ، أو الزمنِ الذي تَستغرقُهُ قطعةٌ من التفّاحِ لكي يَتغيَّرَ لونُها إلى اللون البُنيّ؟ أو الزمنِ الذي تَستغرقُهُ قطعةٌ من الحديدِ لكي تَصدأَ؟ أو تَساءَلتَ عن سببِ الاحتراقِ السريعِ للفحمِ؟ وعن سببِ الاشتعالِ الأسرعِ للألعابِ الناريةِ؟ انظر الشكل (3-1) .

هذه التَّساؤُلاتُ وغيرُها دفعتِ العلماءَ إلى البحثِ حولَ اختلافِ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ عن بعضِها البعض.، وكَيفيَّةِ التَّحكُّمِ فيها لزيادةِ سُرعتِها أو إبطائِها. ويُسمَّى هذا الفرعُ من الكيمياءِ الذي يَهتمُّ بدراسةِ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ والعواملِ المُؤثِّرةِ فيها **بالكيمياءِ الحَرَكِيَّةِ**.

الشكل 3-1 تَفاوُتُ سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائية.

مَفهومُ سُرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
Concept of Rate of Chemical Reaction

تَتَفاعلُ الموادُّ الكيميائيّةُ مع بعضِها البعضِ، وتَحدثُ هذه التَّفاعُلاتُ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ تَختلفُ باختلافِ خصائصِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ وظُروفِ التَّفاعُلِ؛ لذلك تَتَفاوتُ هذه التَّفاعُلاتُ في السرعةِ التي تَتِمُّ بها، فبعضُها يَحدثُ بسرعةٍ كبيرةٍ جدًّا خلالَ فترةٍ زمنيةٍ قصيرةٍ تُقدَّرُ بالثواني أو أجزاءَ من الثانيةِ، فمثلًا التَّفاعُلاتُ التي تَحدثُ بين الأحماضِ والقواعدِ عُمومًا تكونُ سريعةً، ومن الأمثلةِ أيضًا خَلْطُ مَحلولَيْ نتراتِ الفضةِ وكلوريدِ البوتاسيومِ، فإنه يَظهرُ راسبٌ أبيضُ من كلوريدِ الفضةِ AgCl بسرعةٍ نتيجةَ التَّفاعُلِ بشكلٍ سريعٍ بينهما، انظر الشكل (3-2).

الشكل 3-2 تَكَوُّنُ راسبٍ أبيضَ من كلوريدِ الفضةِ AgCl.

وفي المُقابِلِ، فإنَّ بعضَ التَّفاعُلاتِ تَحتاجُ زمنًا أطولَ لِحدوثِها مثلَ صدأِ الحديدِ انظر الشكل 3-3، وقد يَحتاجُ بعضُها إلى زمنٍ طويلٍ جدًّا قد يَصلُ إلى آلافِ السنين، مثلَ تَكَوُّنِ الفحمِ الحجريِّ والبترولِ. فما المَقصودُ بسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيِّ؟ ولماذا تَتَفاوتُ هذه التَّفاعُلاتُ في سرعةِ حُدوثِها؟ وما علاقةُ سرعةِ التَّفاعُلِ بظروفِ التَّفاعُلِ؟

الشكل 3-3 يَحتاجُ صَدأُ الحديدِ وقتًا طويلًا لكي يحدثَ.

عندما تَقطعُ سيارةٌ مسافةَ 100 Km في ساعةٍ واحدةٍ، يُقالُ إنَّ سُرعتَها 100 Km/h وتُقرأُ 100 كيلو مترٍ في الساعةِ، فالسرعةُ هي تَغَيُّرُ كميةٍ مُعينةٍ في وِحدةِ الزمنِ، مثلَ تَغَيُّرِ المسافةِ التي تَقطعُها سيارةٌ في وِحدةِ الزمنِ. وعند الحديثِ عن التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فيُمكنُ القولُ أنَّ **سرعةَ التَّفاعُلِ الكيميائي Rate of Chemical Reaction** تَختلفُ من تَفاعلٍ لآخرَ، وكذلك تَتَفاوتُ سُرعاتُ التَّفاعُلِ الكيميائي نفسِهِ باختلافِ الظروفِ المُؤثِّرةِ فيه مثلَ درجةِ الحرارةِ، أو التَّركيزِ وغيرِهِما؛ لذلك يَتِمُّ قِياسُ مُعدَّلِ هذه السرعاتِ، ويُمكنُ تَعريفُ **مُعدَّلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي Rate of Chemical Reaction** بأنها مِقياسٌ لمقدارِ التَّغيُّرِ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلَةٍ أو مادةٍ ناتجةٍ في وِحدةِ الزمنِ، وتُقاسُ بوِحدةِ مول/ لتر. ث (mol/L.s)؛ حيثُ يُمكنُ التَّعبيرُ عنها بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

عِلْمٌ وعُلماءُ

أحمد زويل

استخدمَ البروفسورُ أحمدُ زويل طريقةً يُمكنُ وَصفُها بأنها أسرعُ كاميرا حتى الآن. تَتِمُّ باستخدامِ وَمَضاتٍ ليزريةٍ، يكونُ الزمنُ بين الوَمضاتِ مُنخفِضًا جداً بحيثُ يُمكنُنَا النزولُ لمستوياتٍ زمنيةٍ صغيرةٍ والتي تقاربُ سرعةَ بعض التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، أي الفمتو ثانية Femtosecond. حيثُ الفمتو ثانية هو 10^{-15} من الثانية، أي ما يُقابلُ ثانيةً واحدةً لـ 32 مليونَ سنةٍ.

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغَيُّرَ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلَةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta \text{ quantity}}{\Delta \text{ t}}$$

ويُعبَّرُ عن كميةِ المادةِ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ من خلالِ استخدامِ التَّغيُّرِ في التَّركيزِ أو التَّغيُّرِ في الكتلةِ أو التَّغيُّرِ في الحجمِ، ويُشارُ إلى هذا التَّغيُّرِ بالرمزِ دلتا (Δ)، فإذا قِيستِ السرعةُ بدلالةِ التَّغيُّرِ في كتلةِ المادةِ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ مع الزمنِ، تُكتَبُ العلاقةُ الرياضيةُ كما يأتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرَ في الكتلةِ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta \text{ m}}{\Delta \text{ t}}$$

وفي هذه الحالةِ يُعبّرُ عن وِحدةِ سُرعةِ التَّفاعُلِ بوِحدةِ الجرام/ثانية (g/s).

نشاط 3-1

التَّغيُّرُ في كتلةِ المُتفاعِلاتِ والنَواتجِ في وِحدةِ الزمنِ

الهدف: يَستقصي أَثَرَ التَّغيُّرِ في كتلةِ المُتفاعِلاتِ والنواتجِ في وِحدةِ الزمنِ

المواد والأدوات:

جدولُ بياناتٍ للتَّفاعُلِ الافتراضي الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ:

$$X_{(s)} + Y_{(g)} \longrightarrow XY_{(s)}$$

التَّغيُّرُ في كتلةِ المادةِ الناتجةِ (XY) بالجرامِ	0.0	0.4	6.5	8.5	9.5	10.0	12.0
الزمنُ بالثانيةِ	0	5	10	15	20	25	30
التَّغيُّرُ في كتلةِ المادةِ المتفاعلةِ (X) بالجرامِ	13.0	11.0	8.0	5.9	4.2	3.0	1.8

خُطُواتُ العملِ:

أُرسمْ مُنحنًى بيانيًّا يُمثلُ البياناتِ المُوضَّحَةَ في الجدولِ السابقِ بحيثُ يكونُ اللونُ الأحمرُ للمادةِ الناتجةِ (XY)، واللونُ الأزرقُ للمادةِ المُتفاعِلَةِ (X).

التحليلُ

1. كيف تَتَغَيَّرُ كُتلةُ المادةِ المُتَفاعِلَةِ خلالَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ؟
2. كيف تَتَغَيَّرُ كُتلةُ المادةِ الناتجةِ خلالَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ ؟
3. اِحسبْ سُرعةَ التَّفاعُلِ بدلالةِ تَغَيُّرِ كتلةِ المادةِ المُتَفاعِلَةِ (X) خلالَ الفترةِ الزمنيةِ من 20s إلى 30s.
4. اِحسبْ سُرعةَ التَّفاعُلِ بدلالةِ تَغَيُّرِ كتلةِ المادةِ الناتجةِ (XY) خلالَ الفترةِ الزمنيةِ من 20s إلى 30s.
5. التَّفكيرُ النَّاقدُ. كيف تَتَغَيَّرُ كتلةُ المادةِ (Y) خلالَ التَّفاعُلِ؟

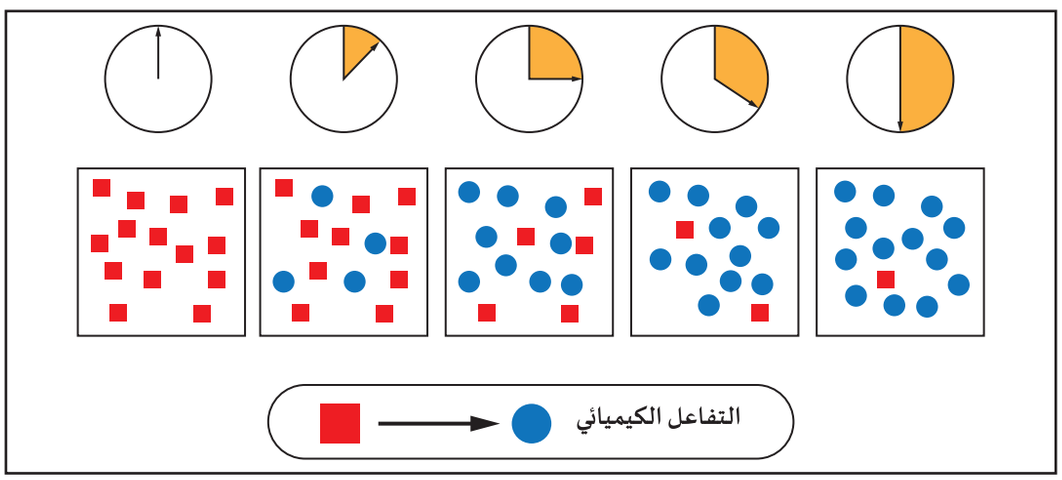
الاستنتاجُ

.....

ومثالُ ذلك: تَفَاعُلُ الماغنسيومِ مع مَحلولٍ مُخَفَّفٍ من حِمْضِ الكبريتيكِ وِفقَ المُعادَلَةِ الآتيةِ:

$$Mg_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow MgSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

حيثُ يُمكنُ قِياسُ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ تَحديدِ سُرعةِ استهلاكِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو سرعةِ تَكوُّنِ إحدى الموادِّ الناتجةِ. وتُقاسُ السرعةُ في التَّفاعُلِ السابقِ من خلالِ قِياسِ كتلةِ الماغنسيومِ المُستهلَكَةِ أو حَجْمِ غازِ الهيدروجينِ الناتجِ في وِحدةِ الزمنِ؛ حيثُ تَقِلُّ كميةُ المادةِ المُتفاعِلَةِ بمرورِ الزمنِ؛ في حينِ تَزدادُ كميةُ المادةِ الناتجةِ، انظر الشكل (3-4). الذي يُوضِّحُ تَنَاقُصَ كميةِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ (مربعات حمراء)، بينما تَزدادُ كميةُ الموادِّ الناتجةِ (دوائر زرقاء).



الشكل 3-4 تَناقُصُ كميةِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ، وزيادةُ كميةِ الموادِّ الناتجةِ.

وبمَعرفةِ مُعدَّلِ التَّغيُّرِ في هذه الكمياتِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ يُمكنُ حِسابُ مُعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ القانونِ الآتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُ في كتلةِ الماغنسيومِ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}} \quad \text{أو} \quad \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُ في حجمِ الهيدروجين}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}} \quad \text{أو} \quad \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

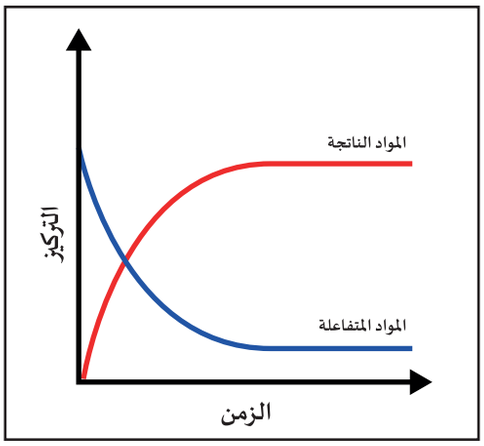
ويُمكنُ التَّعبيرُ بطريقةٍ أخرى عن مُعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ مُحدَّدةٍ. حيثُ يُمكنُ حسابُ مَعدَّلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ قياسِ تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ مُحدَّدةٍ، كما يأتي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{\text{التَّغيُّرُفي تركيزِ مادةٍ مُتفاعلةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$$

$$\text{Rate} = \frac{\Delta\,[\text{reactants or products}]}{\Delta t}$$

حيثُ يُشيرُ الرمزُ [ ] إلى تَركيزِ مادةٍ مُتفاعِلَةٍ أو ناتجةٍ. وفي هذه الحالةِ يُعبَّرُ عن وِحدةِ سُرعةِ التَّفاعُلِ بوِحدةِ مول/لتر. ث (mol/L.s).

ويُوضِّحُ الشكلُ (3-5) العلاقةَ بين تَراكيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.



الشكل 3-5 العلاقةُ بين تَراكيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ والموادِّ الناتجةِ خلالَ الزمنِ.

تُلاحظُ من الشكلِ أنَّ تَركيزَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يَقِلُّ بمرورِ الزمنِ، في حينَ يَزدادُ تَركيزُ الموادِّ الناتجةِ؛ وبهذا يُمكنُ حِسابُ مُعدَّلِ سرعةِ التَّفاعُلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ إحدى الموادِّ المُتفاعِلَةِ أو الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.

ومثالُ ذلك دراسةُ التَّغيُّرِ في تَركيزِ غازِ أولِ أكسيدِ الكربون CO في أثناءِ تَفاعُلِهِ مع غازِ ثاني أكسيدِ النيتروجينِ NO_2 تجريبيًّا عند درجةِ حرارةٍ مُعيَّنةٍ؛ لإنتاجِ غازِ CO_2 وغازِ NO، كما هو مُوضَّحٌ في المُعادَلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

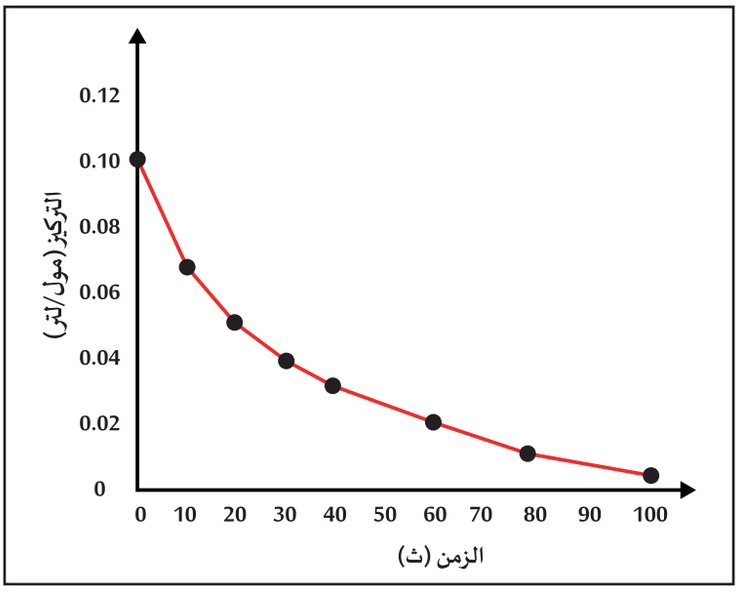
$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

حيثُ تَمَّ الحُصولُ على البياناتِ المُوضَّحَةِ في الجدولِ (3-1):

الزمن t(s)	[CO] (mol/L)	الزمن t(s)	[CO] (mol/L)
40	3.0×10^{-2}	0	1.0×10^{-1}
60	1.7×10^{-2}	10	6.7×10^{-2}
80	0.7×10^{-2}	20	5.0×10^{-2}
100	0.2×10^{-2}	30	3.8×10^{-2}

الجدول 3-1 تَراكيزُ الموادِّ المُتفاعِلَةِ خلالِ وِحدةِ الزمنِ.

لاحظْ من الجدولِ (3-1) إلى أنَّ تَركيزَ غازِ CO يَتناقَصُ مع مرورِ الزمنِ، ويُمكنُ تَمثيلُ البياناتِ الواردةِ فيه بيانيًّا كما في الشكل (3-6):



الشكل 3-6 رَسْمٌ بيانيٌّ يُوضِّحُ تَغيُّرَ تركيزِ غازِ CO مع مرورِ الزمنِ.

وبهذا يُمكنُ حسابُ مُعدلِ سُرعةِ التَّفاعُلِ من خلالِ العَلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [CO]}{\Delta t}$$

أي أنَّ: مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ $= -\dfrac{[\text{التركيز}2] - [\text{التركيز}1]}{\text{الزمن } 2 - \text{الزمن } 1}$

أو يُمكنُ كتابةُ العَلاقةِ بالطريقةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = -\frac{[CO]\ t_2 - [CO]\ t_1}{t_2 - t_1}$$

لاحظْ من العَلاقةِ الرياضيةِ السابقةِ استخدامَ الإشارةِ السالبةِ (–) للدلالةِ على أنَّ تَركيزَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يَتَناقَصُ بمرورِ الزمنِ. في حينَ تُكتَبُ العلاقةُ الرياضيةُ لحسابِ مُعدلِ سرعةِ التَّفاعُلِ لإحدى الموادِّ الناتجةِ بدونِ الإشارةِ السالبةِ وذلك لأنَّ تَركيزَ الموادِّ الناتجةِ يَزدادُ بمرورِ الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta [NO]}{\Delta t}$$

مثال(1):	تَفاعلتْ مادةٌ ما كُتلتُها 80g وأصبحتْ كتلتُها 20g بعد مرورِ 20s. اِحسبْ مُعدلَ سُرعةِ التَّفاعُلِ.
الحل:	$\text{Rate} = \dfrac{\Delta m}{\Delta t} = \dfrac{-(20 - 80)}{20} =$ $= \dfrac{-(-60)}{20} = \dfrac{60}{20} = 3\ g/s$

مثال(2):

في المُعادَلَةِ الرمزيةِ الافتراضيةِ الآتيةِ:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$$

إذا علمتَ أنَّ تَركيزَ A في بدايةِ التَّفاعُلِ 1×10^{-2} mol/L ، ثم أصبح تركيزُهُ بعد مرورِ 10 ثوانٍ، 0.5×10^{-2} mol/L . احسب معدل سرعة التفاعل.

الحل:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [A]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.5\times10^{-2}) - (1\times10^{-2})}{10} = -\frac{(-0.5\times10^{-2})}{10}$$

$$= 5\times10^{-4} \text{ mol/L.s}$$

تُلاحظُ من المُعادلَةِ الافتراضيةِ المَوزونةِ السابقةِ:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$$

أنَّ عددَ مُولاتِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ يُساوي عددَ مُولاتِ الموادِّ الناتجةِ؛ وبناءً على ذلك فإنّ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعُلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ مادةٍ مُتفاعِلَةٍ أو مادةٍ ناتجةٍ يُساوي:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta [C]}{\Delta t} = \frac{\Delta [D]}{\Delta t} = \frac{-\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{-\Delta [B]}{\Delta t}$$

ولكنْ هل يَختلفُ مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ باختلافِ عددِ مُولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ والناتجةِ في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ؟ للإجابةِ عن هذا السؤالِ أُدرسِ المثالَ الآتيَ:

مثال(3):

يَتَحَلَّلُ غازُ N_2O_4 عديمُ اللونِ بالحرارةِ مُكوِّنًا غازَ NO_2 ذا اللونِ البنيِّ المُحمَرِّ وِفقَ المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$N_2O_{4(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

حيثُ جُمعتْ بياناتُ التَّفاعلِ السابقِ كما هو مُوضَّحٌ في الجدولِ الآتي، أُدرسْهُ جيدًا، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:

الزمن t(s)	$[N_2O_4]$ mol/L	$[NO_2]$ mol/L
0	0.10	0
20	0.07	0.06
40	0.05	0.10

1. اِحسبْ مُعدَّلَ سُرعةِ تَفَاعُلِ N_2O_4 في الفترةِ الزمنيةِ بين 40s – 20s؟
2. اِحسبْ مُعدَّلَ سُرعةِ تَفَاعُلِ NO_2 في الفترةِ الزمنيةِ بين 40s – 20s؟
3. ما العلاقةُ بين مُعدَّلِ سرعةِ تفاعل N_2O_4 ومُعدَّلِ سرعةِ تفاعل NO_2؟

الحل:

.1

$$\text{مُعدَّلُ سرعةِ تفاعل } N_2O_4 = -\frac{\Delta[N_2O_4]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.05 - 0.07)}{40 - 20} = 1\times10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

.2

$$\text{مُعدَّلُ سرعةِ تفاعل } NO_2 = \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$$

$$= \frac{(0.10) - (0.06)}{40 - 20} = 2\times10^{-3} \text{ mol/L.s}$$

الحل:

3. نُلاحظُ من المُعادلةِ الكيميائيةِ المَوزونةِ أنَّ عددَ مُولاتِ N_2O_4 يُساوي نصفَ عددِ مُولاتِ NO_2، وبالتالي فإنَّ مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل N_2O_4 يُساوي 1/2 مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل NO_2 ؛ لذلك تَمَّ الحصولُ على قيمتينِ مُختلفتينِ للسرعةِ، تُبيّنُ القيمةُ الأولى: مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل المادةِ المُتفاعلةِ، والقيمةُ الثانيةُ: مُعدَّلَ سرعةِ تفاعل المادةِ الناتجةِ. فأيُّ القراءتينِ تُمثّلُ مُعدَّلَ سرعةِ التَّفاعلِ؟

لقد تَمَّ الاصطلاحُ على حسابِ مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ مول واحد من الموادِّ المُتفاعلةِ أو الموادِّ الناتجةِ؛ وبذلك يَكونُ مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ مولٍ واحدٍ من الموادِ المُتفاعِلةِ هي: 1×10^{-3} mol/L.s .

إثــراء

عندما يكونُ عددُ مولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ يَختلفُ عن عددِ مولاتِ الموادِّ الناتجةِ كما في المُعادلةِ العامةِ الآتيةِ:

$$aA \longrightarrow bB$$

فإنه يَتِمُّ التَّعبيرُ عن مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ وعلاقتِها بمعدلِ سرعةِ تفاعل (استهلاكِ) المادةِ المُتفاعلةِ A أو معدل سرعة التفاعل (تكوّن) المادة الناتجة B من خلال العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{1}{a}\ (\text{مُعدَّلَ سُرعةِ استهلاك A}) = \frac{1}{b}\ (\text{مُعدَّلَ سُرعةِ تكوّن B})$$

حيثُ يُشيرُ الرمزُ (a) إلى عددِ مولاتِ الموادِّ المُتفاعلةِ ويُشيرُ الرمزُ (b) إلى عددِ مولاتِ الموادِّ الناتجةِ.

وكذلك يُمكنُ التَّعبيرُ عن معدلِ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في التَّركيزِ مع الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{1}{a}\ \frac{\Delta [A]-}{\Delta t} = \frac{1}{b}\ \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$$

مثال(4):

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالة تَحَلُّلِ غازِ N_2O_5 إلى غازِ NO_2 وغازِ الأكسجين O_2 كما في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2N_2O_{5(g)} \longrightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

الزمن t(s)	$[N_2O_5]$ mol/L	$[NO_2]$ mol/L
600	1×10^{-2}	1×10^{-3}
1100	0.9×10^{-2}	5×10^{-3}

الحل:

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta [N_2O_5]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(0.9 \times 10^{-2}) - (1 \times 10^{-2})}{1100 - 600} = -\frac{(0.1 \times 10^{-2})}{500}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ mol/L.s}$$

اختبر نفسك

اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ تكون مادةٍ ناتجةٍ إذا علمتَ أنَّ تَركيزَها قد تَغيّرَ من 1×10^{-3} mol/L ليصلَ إلى 5×10^{-3} mol/L ، خلال 20 s.

نَظَرِيَّةُ التَّصادُمِ Collision Theory

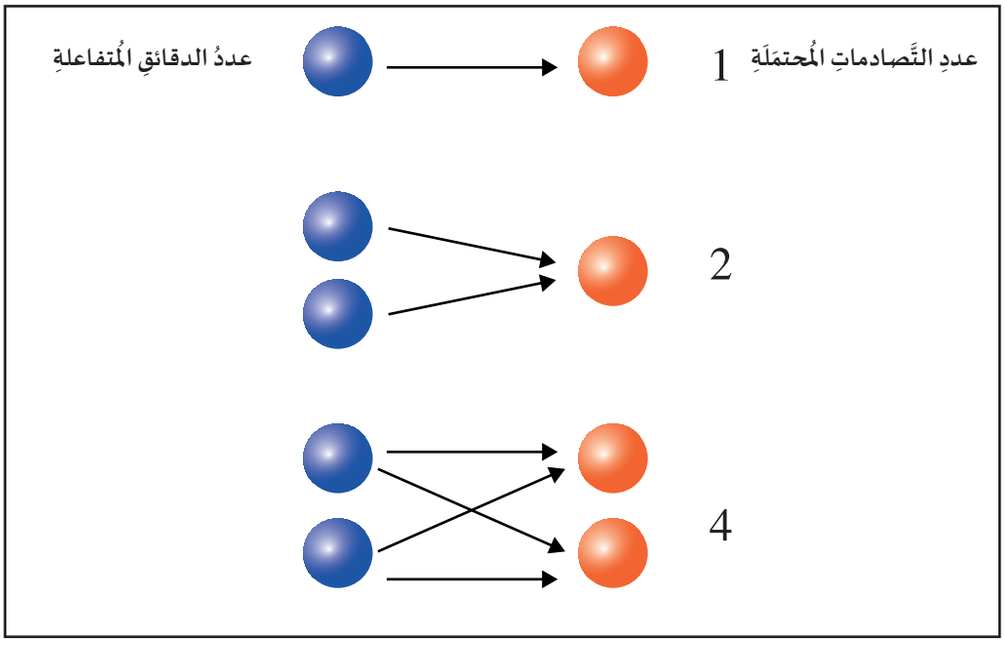
تَتَفاوَتُ سرعةُ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ تَبعًا لطريقةِ حُدوثِها والعواملِ التي تُؤثرُ فيها، فكما درستَ سابقًا هناك تَفاعلاتٌ سريعةُ الحدوثِ في حينِ هناك تَفاعلاتٌ تَحدثُ بشكلٍ بطيءٍ، ولِتفسيرِ كَيفيةِ حُدوثِ التَّفاعلِ الكيميائي، وَضَعَ العلماءُ نظريةً تُسمَّى **نظريةَ التَّصادُمِ Collision Theory** التي تَنُصُّ على أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعلةِ (الذرات، الأيونات، أو الجزيئات) في حركةٍ مُستمرةٍ، ويُمكنُ أنْ تَتفاعلَ وتُكوّن نواتجَ عندما يَصطدمُ بعضُها مع بعضٍ في الاتجاهِ الصحيحِ وعند تَوفّرِ طاقةٍ حركيةٍ كافيةٍ.

وقد وَضعَ العلماءُ هذا التعريفَ بناءً على افتراضاتٍ (تصورات) لنظريةِ التَّصادُمِ تُفسِّرُ التَّفاعلاتِ الكيميائيةِ، وهذه الافتراضاتُ هي:

- **الافتراضُ الأولُ: حتى يحدثَ تَفاعُلٌ كيميائيٌّ يجبُ أنْ تَتَصادمَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ ببعضِها البعضِ.**
- **الافتراضُ الثاني: يجبُ أنْ يكونَ التَّصادُمَ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ فَعّالًا لكي يحدثَ التَّفاعلُ.**

1. الافتراضُ الأولُ:

حُدوثُ تَفاعلٍ كيميائيٍّ، يَتطلبُ تَصادمُ دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ ببعضِها البعضِ؛ وهذا يعني عدمُ حدوثِ التَّفاعلِ بين الموادِّ دون حُدوثِ تَصادمٍ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وكلما زادَ عددُ الدقائقِ المُتفاعلةِ يَزدادُ عددُ التَّصادماتِ الكليةِ، وتزدادُ احتماليةُ حدوثِ التَّفاعلِ، انظر الشكل (3-7)، الذي يُوضّحُ زيادةَ عددِ التَّصادماتِ بزيادةِ عددِ الدقائقِ.



الشكل 3-7 العلاقةُ بين عددِ التَّصادماتِ المُحتمَلَةِ وعددِ الدقائقِ المُتفاعلَةِ.

نشاط 2-3 التَّصادُماتُ المُحتمَلَةُ

الهدف:	**يَستقصي التَّصادُماتِ المُحتمَلَةَ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلةِ ويَرسُمُ مُخططًا لها.**
المواد والأدوات:	**مجموعةٌ من الكُراتِ المُلونةِ بلونينِ مختلفينِ(مثلاً كرات حمراء وزرقاء)، ورقةٌ، قلمٌ.**

خُطُواتُ العملِ:

إجرِ تَصادماتٍ بين الكراتِ ذاتِ الألوانِ المختلفةِ كما يأتي:

- المُحاولَةُ الأولى: كرةٌ حمراءُ مع كرةٍ زرقاءَ.
- المُحاولَةُ الثانيةُ: كرتانِ حمراوانِ مع كرتينِ زرقاوينِ.
- المُحاولَةُ الثالثةُ: 3 كراتٍ حمراواتٍ مع 3 كرات زرقاواتٍ.

التحليلُ

أكملِ الجدولَ الآتي بما يُناسبُهُ بعد إجراءِ النشاطِ.

رقم المُحاولَةِ	عددُ الكراتِ المُتصادمةِ		رَسْمُ مُخططِ التَّصادمات	عددُ التَّصادماتِ المُحتملةِ
	الحمراء	الزرقاء		
الأولى				
الثانية				
الثالثة				

ما العلاقةُ بين عددِ التَّصادُماتِ المُحتمَلَةِ وعددِ الكراتِ المُتصادِمَةِ؟

الاستنتاجُ

.....

استقصاء :

أجر تصادمات بين ثلاث كرات زرقاء وخمس كرات حمراء ثم جد عدد التصادمات المحتملة.

اختبر نفسك

أُرسِمِ التَّصادُماتِ المُحتمَلَةَ عند تَفاعُلِ 4 ذراتٍ من عنصرِ (A)، مع 4 ذراتٍ من العنصر (B). وما عدد التصادمات؟

ولكنْ هل تُؤدي جميعُ التَّصادُماتِ بين الدقائقِ إلى حُدوثِ تَفاعلٍ؟ وَجَدَ العلماءُ أنه رغمَ حدوثِ تَصادُماتٍ بين الدقائقِ إلّا أنَّ عددًا قليلًا من هذه التَّصادُماتِ أدَّى لتكوين نَواتجَ؛ وهذا قاد العلماءَ إلى وَضْعِ افتراضٍ آخرَ، وهو:

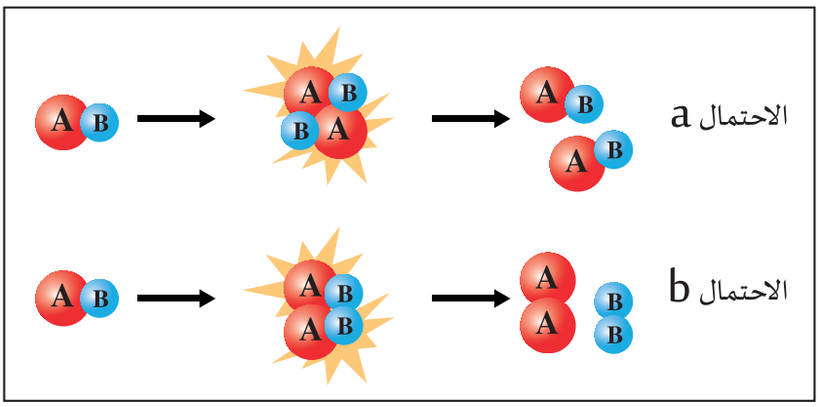
2. الافتراضُ الثاني:

يجبُ أنْ يكونَ التَّصادُمُ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ فعّالًا لكي يَحدثَ التَّفاعلُ.

ويُقصَدُ **بالتَّصادُمِ الفعّالِ Effective Collision** بأنه التَّصادمُ الذي يُؤدي لتكوينِ نواتجَ؛ وحتى يكونَ التَّصادُمُ فَعّالًا لابدَّ من تَوافُرِ شرطينِ، هما:

- **الشرطُ الأولُ**: أن تكونَ الجُزيئاتُ المُتصادِمةُ في الاتجاهِ المُناسبِ لحظةَ التَّصادُمِ.

حيثُ أنَّ الجُزيئاتِ التي تَصطدمُ وهي في وَضْعٍ غيرِ مُناسبٍ لن تَتَفاعلَ مع بعضِها البعضِ، انظر الشكل (3-8) الذي يُبيّنُ التَّصادُماتِ المُحتملَةَ بين جُزيئاتِ مادةٍ مُتفاعلةٍ AB.



الشكل 3-8 التَّصادُماتُ المُحتملَةُ بين جُزيئاتِ A وجُزيئاتِ B.

يُوضِّحُ الشكلُ (3-8) أنَّ الاحتمالَ (a) تَتَصادمُ فيه ذرةُ (A) من الجُزيءِ الأولِ، مع ذرةِ (B) من الجزيءِ الثاني؛ فيؤدي إلى إنتاجِ (AB)، وهو المادةُ المُتفاعلةُ نفسُها، أي تَرتيبُ الجُزيئاتِ المُتصادِمةِ غيرُ مناسبٍ، بينما في الاحتمالِ الثاني (b) فتَتَصادمُ فيه ذرةُ (A) من الجُزيءِ الأولِ مع ذرةِ (A) من الجُزيءِ الثاني، وتَتَصادمُ كذلك ذرةُ (B) مع ذرةِ (B) أخرى، فيؤدي إلى تَكوينِ (A_2، و B_2)، وهي النواتجُ المَطلوبةُ، كما يَتضِحُ من مُعادلةِ التَّفاعلِ، وهذا يُشيرُ إلى أنَّ الاحتمالَ (b) هو الوضعُ المُناسبُ لِحدوثِ التَّصادُمِ الفَعَّالِ الذي يُؤدي إلى تَكوينِ النَواتجِ.

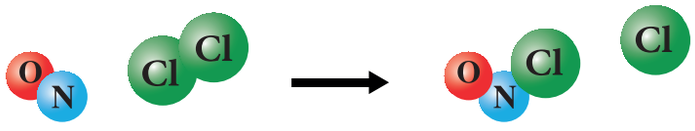
مثال(5):

يَتَفاعلُ جُزيءُ NO مع جُزيءِ Cl_2 لإنتاجِ جُزيءِ NOCl، وذرةِ Cl، كما في المُعادلةِ الآتيةِ:

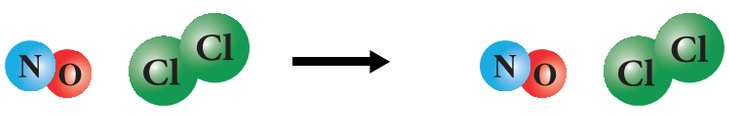
$$NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow NOCl_{(g)} + Cl_{(g)}$$

وعلى افتراضِ وُجودِ احتماليْنِ لِتصادمِ الجُزيئاتِ المُتفاعلةِ كما هو مُبيَّنٌ في الشكلِ أدناه، فأيُّ الاحتماليْنِ يُعتبَرُ الاتجاهَ المُناسبَ للتَّصادمِ الفَعَّالِ؟

(a)



(b)



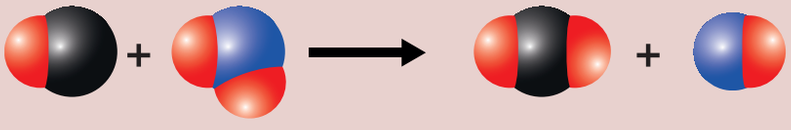
الحل:

الاحتمالُ (a) هو الاتجاهُ المُناسبُ للتَّصادُمِ الفَعّالِ؛ لأنَّ التَّصادمَ تَمَّ بين (N) في جُزيءِ (NO)، مع (Cl) في جُزيءِ (Cl_2)، وهذا يُعطي الناتجَ المطلوبَ.

بينما في الاحتمالِ (b) تَمَّ التَّصادُمُ بين (O) في جُزيءِ (NO)، مع (Cl) في جُزيءِ (Cl_2)، ولم يُعطِ الناتجَ المطلوبَ.

اختبر نفسك

أُدرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ أحدَ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، ثم أجبْ عن السؤالِ الذي يليه:



بيِّنْ، أيَّ الاحتماليْنِ a أم b يكونُ التَّصادُمُ فيه في الاتجاهِ الفراغيّ المُناسبِ لِتكوينِ نواتجَ؟

b a

- **الشرطُ الثاني:** أنْ تَمتلكَ الدقائقُ المُتفاعلةُ طاقةً حركيةً كافية لِتكسيرِ الروابطِ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وتكوينِ روابطَ جديدةٍ بين دقائقِ الموادِّ الناتجةِ، وتُسمّى هذه الطاقةُ **طاقةَ التَّنشيطِ** Activation Energy.

وبناءً على ذلك، فإنّ التَّصادُمَ الفعّالَ هو التَّصادُمُ الذي يَحدثُ بين الدقائقِ التي تَمتلكُ طاقةَ التنشيطِ ويكونُ اتجاهُ تصادُمِها مناسبًا، ويُمكنُ تَلخيصُ بُنودِ نظريةِ التَّصادُمِ كما يأتي:

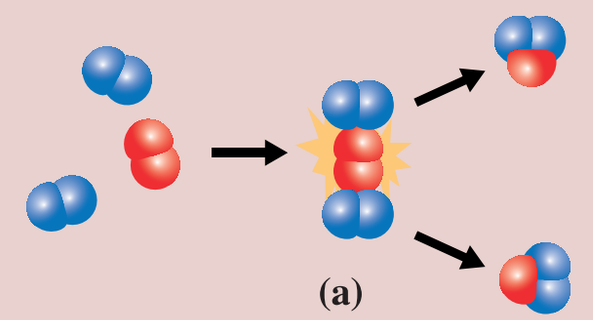
أولًا: يجبُ أنْ تَتَصادمَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ (ذرات أو أيونات أو جزيئات) ببعضِها البعضِ.

ثانيًا: أنْ يكونَ التَّصادُمُ فعّالًا، ويشترط فيه:

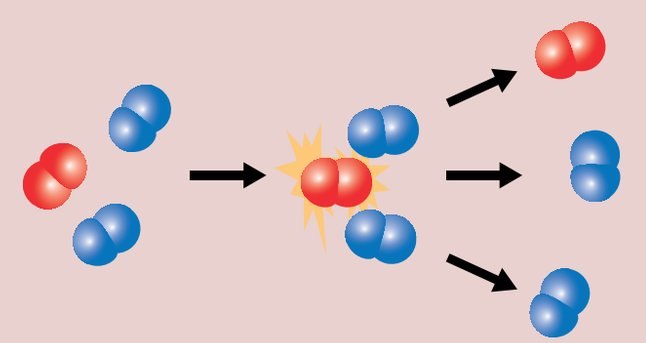
- أنْ تكونَ الجُزيئاتُ المُتصادمةُ في الاتجاهِ الفراغيّ المناسبِ لحظةَ التَّصادُمِ.
- أنْ تمتلكَ الدقائقُ المُتصادمةُ طاقةَ التَّنشيطِ المُناسبةِ لبدءِ التَّفاعلِ.

اختبر نفسك

في أيٍّ من الحالتينِ الآتيتينِ يُعدُّ فيها التَّصادُمُ فعّالًا؟ فسِّرْ إجابتَك.



(a)



(b)

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأوَّل

الأفكار الرئيسة:

- يُعبّرُ عن سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي بِتغيُّرِ كميةِ (تركيز أو كتلة أو حجم) إحدى الموادِّ المُتفاعلةِ أو الموادِّ الناتجةِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ.

- مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ = $\frac{\text{التَّغيُّرَ في كميةِ مادةٍ مُتفاعلةٍ أو ناتجةٍ}}{\text{التَّغيُّرِ في الزمنِ}}$

- يَتِمُّ التَّعبيرُ عن مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي بدلالةِ التَّغيُّرِ في التركيزِ، كما يلي:

$$\text{مُعدَّلُ سُرعةِ التَّفاعُلِ} = \frac{[\text{التركيز2}] - [\text{التركيز1}]}{\text{الزمنِ 2} - \text{الزمنِ 1}}$$

وهكذا الحالُ بالنسبةِ للتَّغيُّرِ في الكتلةِ أو التَّغيُّرِ في الحجمِ.

- تُوضّحُ نظريةُ التَّصادُمِ أنه لِحدوثِ تَفاعلٍ كيميائيٍّ لا بُدَّ من تَصادُمِ دَقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، وأنْ يكونَ التَّصادُمُ فعّالًا، وهذا يعني أنْ يكونَ اتجاهُ التَّصادُمِ مناسبًا، وأنْ تمتلكَ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ الطاقةَ الحركيَّةَ اللازمةَ لحدوثِ التَّفاعلِ (طاقة التنشيط).

تقويم الدَّرْسِ الأوّل

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. ما العبارةُ الصحيحةُ فيما يتعلقُ بتركيز المواد الناتجة أثناء التفاعل الكيميائي؟

a. تبقى ثابتةً مع مرورِ الزمنِ.

b. تَقِلُّ ثم تَزدادُ مع مرورِ الزمنِ.

c. تَتَناقصُ مع مرورِ الزمنِ.

d. تَزدادُ مع مرورِ الزمنِ.

- في تجربةٍ ما، تمّ الحصولُ على البياناتِ الواردةِ في الجدولِ أدناه للتَّفاعلِ الآتي عند درجةِ حرارةٍ مُعينةٍ، أُدرسُهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ (2 و 3) التي تليه: $A \longrightarrow B$

رقم التجربة	الزمن t(s)	[A] mol/L	[B] mol/L
1	10	0.1	0.02
2	20	0.06	0.04
3	30	.....	.....

2. ما مُعدلُ سُرعةِ تَفاعُلِ المادةِ (A) في الفترةِ الزمنيةِ (10 s – 20 s) بوِحدةِ mol/L.s ؟

a. 0.4

b. 0.04

c. 0.004

d. 0.0004

3. أيُّ التراكيزِ الآتيةِ يُعَدُّ صحيحًا للمادتينِ (A و B) في التجربةِ رقم 3 بوِحدةِ mol /L؟

a. [A] = 0.03 ، [B] = 0.07

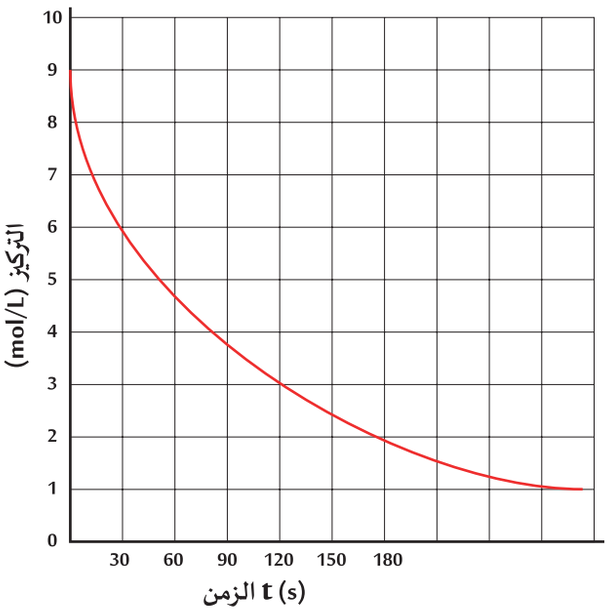
b. [A] = 0.08 ، [B] = 0.01

c. [A] = 0.04 ، [B] = 0.03

d. [A] = 0.09 ، [B] = 0.08

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

4. لَديكَ المُنحنى الآتي الذي يُمثِّلُ مُنحنى سرعةِ تَفاعلٍ، أُدرسْهُ جيِّدًا ثم أجبْ عن السؤالِ الذي يليه:



ما مُعدلُ سرعةِ التَّفاعلِ بدلالةِ التَّغيُّرِ في تَركيزِ مادةٍ مُتفاعلةٍ في الفترة الزمنية من 30s - 120s ؟

a. 0.75

b. 0.075

c. 0.13

d. 0.033

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a. مُعدلِ سرعةِ التَّفاعلِ الكيميائي.

b. التَّصادُمِ الفَعّالِ.

2. هل يؤدي كلُّ تَصادُمٍ بين الدقائقِ المُتفاعلةِ إلى تكوينِ نواتجَ؟ فسِّر إجابتك.

3. في تفاعلٍ ما، تَغيَّرَ تَركيزُ إحدى الموادِّ المُتفاعلةِ من 0.82 mol /L إلى 0.68 mol /L في 10 s. اِحسبْ مُعدلَ سرعةِ التَّفاعلِ.

4. في المُعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + I_{2(s)} \longrightarrow 2HI_{(g)}$$

بيِّنْ بالرسمِ احتمالَ التَّصادُمِ الفعّالِ بين دقائقِ الهيدروجينِ واليُودِ.

الدَّرسُ الثاني 2-3

العواملُ المؤثّرةِ في سُرعةِ التَّفاعُلِ
Factors Affecting Reaction Rate

التَّجارِبُ والأنشِطة

(3-3) أثرُ زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتَفاعِلَةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(4-3) أثرُ مساحةِ السطحِ للموادِّ المُتَفاعِلَةِ في سرعة التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(5-3) أثرُ درجةِ الحرارةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(6-3) أثرُ العواملِ الحفَّازةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

(7-3) الخُطوةُ المُحدَّدةُ لِسرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُحدِّدَ تأثيرَ العواملِ المُختلفةِ في سُرعةِ التَّفاعُلِ، مثل: التركيزُ، وحجمُ الجُسيماتِ، والعواملُ الحفّازةُ (العوامل المساعدة)، ويفسِّرُ التأثيرَ بدلالةِ نموذجِ الحركةِ الجُزيئيةِ.
- يُميِّزَ بين العواملِ الحفَّازةِ المُتجانسةِ وغيرِ المُتجانسةِ، ويُعطي أمثلةً على كلٍّ منهما.
- يُدركَ أنَّ العديدَ من التَّفاعُلاتِ تَحدُثُ على خُطُواتٍ مُتعدِّدةٍ وأنَّ الخُطوةَ الأبطأَ هي التي تُحدِّدُ سُرعةَ التَّفاعُلِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

العواملُ الحفّازة	Catalysts
العواملُ الحفَّازةُ المُتجانسةُ	Homogeneous Catalyst
العواملُ الحفَّازةُ غيرُ المُتجانسةِ	Heterogeneous Catalyst
الخُطوةُ المُحَدِّدَةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ	Rate Determining Step

مُقدِّمة

يحتاجُ الكيميائيونَ في بعضِ الأحيانِ إلى التَّحكُّمِ بسرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فكثيرٌ من التَّفاعُلاتِ لها تَطبيقاتٌ صِناعيَّةٌ مُهمةٌ يَلزمُ إجراؤُها في سُرعاتٍ عاليةٍ، بينما هناك تَفاعُلاتٌ ضارَّةٌ، مثلَ تَحَلُّلِ طبقةِ الأوزون، وصَدَأِ الحديدِ، يلزمُ ضَبْطُها وتَقليلُ سُرعةِ حُدوثِها، ومن المُشاهداتِ التي يُمكنُ مُلاحظتُها على تَفاوُتِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ، أنَّ الأغصانَ الصغيرةَ تَحترقُ بسرعةٍ أكبرَ من احتراقِ قِطَعِ الخشبِ الكبيرةِ، وكذلك يَذوبُ السكَّرُ في الماءِ الساخنِ بسرعةٍ أكبرَ من ذَوبانِهِ في الماءِ الباردِ، وتَزدادُ سرعةُ اشتعالِ فَتيلِ الشَّمعةِ في جوٍّ من الأكسجينِ أكثرَ من الهواءِ الجويّ. ومن هذه المُشاهداتِ وغيرِها، فإنَّ هناكَ عدةَ عواملٍ تُؤثِّرُ في سرعةِ التَّفاعُلِ، فما العواملُ المُؤثِّرةُ في سرعةِ التَّفاعُلِ؟ وما طبيعةُ تأثيرِها؟ وكيف يُمكنُ تَفسيرُ أثرِهَا؟

العَوامِلُ المُؤثِّرةُ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
Factors Affecting Rate of the Chemical Reaction

درستَ سابقًا أنَّ حدوثَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ يَتطلَّبُ تَصادُمَ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ ببعضِها البعضِ في الاتجاهِ المُناسبِ، وتَوَفُّرَ طاقةِ تَنشيطٍ كافيةٍ؛ وبهذا فإنَّ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةَ منها ما هو سريعٌ ومنها ما هو بَطيءٌ عند الظروفِ نفسِها، ورغمَ أنَّ لكلِّ تَفاعُلٍ كيميائيٍّ سرعةً خاصةً به إلا أنهُ يُمكنُ زيادةُ سرعتِهِ أو تَقليلُها عن طريقِ التَّحكُّمِ في الظروفِ التي يجري فيها التَّفاعُلُ والعواملُ المُؤثِّرةُ فيه.

ويَتأثَّرُ التَّفاعُلُ الكيميائيُّ بعددٍ من العواملِ، وهي:

1. تَركيزُ الموادِّ المُتفاعِلةِ.
2. حَجْمُ الدقائقِ (مساحة السطح) للموادِّ المُتفاعِلَةِ.
3. درجةُ حرارةِ التَّفاعُلِ.
4. العواملُ الحفّازةُ.

الرَّبْطُ مع الفيزياءِ
نموذجُ الحركةِ الجُزيئيةِ

درستَ سابقًا أنَّ نَموذجَ الحركةِ الجُزيئيةِ يَفترضُ أنَّ دقائقَ الموادِّ المُتفاعِلَةِ سواءً كانت جُزيئاتٍ، أو ذراتٍ، أو أيوناتٍ تَتحرَّكُ بسرعاتٍ مُختلفةٍ، اعتمادًا على كُتَلِهَا وطاقةِ حَركتِها؛ ونتيجةً لذلك تَتفاوتُ في سرعةِ وعَدَدِ تَصادُمَاتِها بالدقائقِ الأخرى. وتَبعًا لنموذجِ الحركةِ الجُزيئيةِ ونظريةِ التَّصادُمِ؛ فإنه يُمكنُ تفسيرُ تَغَيُّرِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.

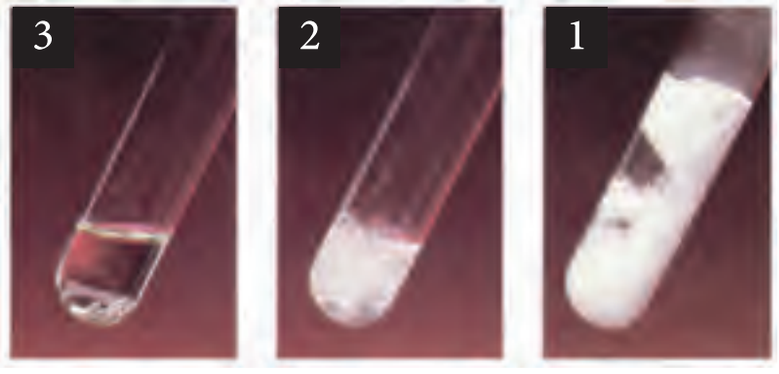
أولًا: تَركيزُ الموادِّ المُتفاعلةِ Concentration of Reactants

درستَ سابقًا نظريَّةَ التَّصادُمِ التي تَشترطُ حُدوثَ تَصادُمٍ فعّالٍ بين دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلةِ لِحدوثِ التَّفاعُلِ، ولِتَتَعرَّفَ أثرَ زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سُرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، نفِّذِ النشاطَ (3-3) .

نشاط 3-3	أثر زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
الهدف:	يَستقصي أَثَرَزيادةِ تَركيزِالموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ.
المواد والأدوات:	شريطُ ماغنسيوم، ثلاثةُ أنابيبِ اختبارٍ، حاملُ أنابيبِ اختبارٍ، 3 مَحاليلَ من HCl مختلفةِ التَّراكيزِ(1mol/L, 0.1mol/L, 0.01 mol/L)، ورقُ الصَّنفرةِ ، ساعةُ إيقافٍ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْلمَسَ الحِمضِ، ارتدِ مِعطفَ المُختبروالقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الواقيةَ.

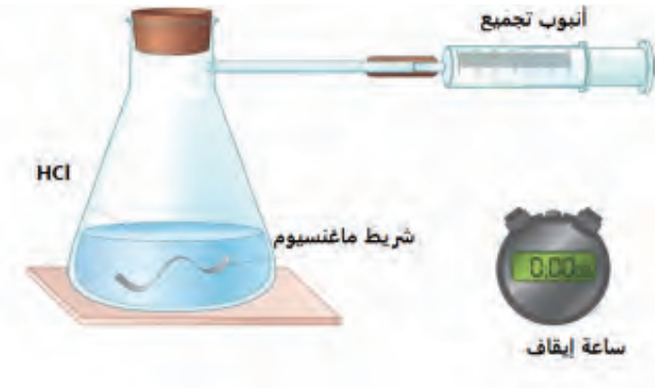
خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الأولِ 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 1mol/L.
2. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الثاني 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 0.1mol/L.
3. ضَعْ في أُنبوبِ الاختبارِ الثالثِ 5 ml من مَحلولِ الحِمْضِ ذي التَّركيزِ 0.01mol/L.
4. قُصَّ 12 cm من شريطِ الماغنسيومِ، ثم نَظِّفْهُ باستخدامِ وَرَقِ الصَّنفرةِ. وقَطِّعْهُ إلى ثلاثِ قِطَعٍ مُتساويةٍ.



5. أَضِفْ قطعةً من الماغنسيومِ إلى كلِّ أُنبوبٍ من الأنابيبِ السابقةِ في الوقتِ نفسِهِ. واستخدمْ ساعةَ الإيقافِ للتَّعرُّفِ على زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ في كلِّ أنبوبٍ، لاحظْ ما يحدثُ، ثم سجِّلِ البياناتِ في الجدولِ.

ولِلتَّعرُّفِ على كميَّةِ الغازاتِ المُتصَاعِدَةِ في كلِّ أنبوب ، ركب جهازَ جَمْعِ الغازاتِ كما هو مُبيَّنٌ في الشكل التالي:



	التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة
زمنُ التَّفاعُلِ			
حجم غاز H_2 الناتج			

التحليلُ

1. كيف تَستدِلُّ على حُدوثِ التَّفاعُلِ ؟
2. في أيِّ تجربة كانت سرعةُ التَّفاعُلِ أكبرَ؟
3. في أيِّ التجارب السابقةِ كانت كميةُ الهيدروجينِ المُتصاعِدةُ أكبرَ ما يُمكنُ؟

الاستنتاجُ

.....

استقصاء

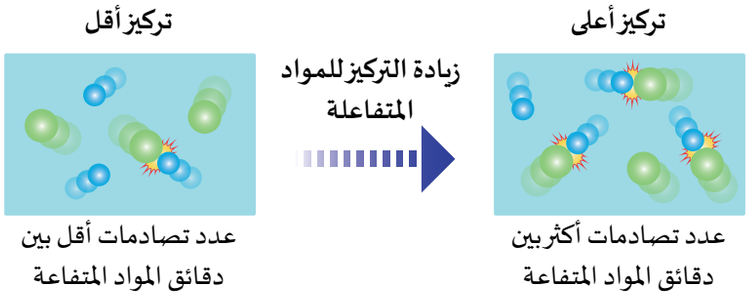
كيفَ يمكنُ الكشفَ عن غازِ الهيدروجينِ المتصاعدِ بتجربةٍ عمليةٍ.

تُلاحظُ من النشاطِ السابقِ أنه عند تَفاعُلِ الماغنسيومِ مع مَحلولِ حِمْضِ الهيدروكلوريك يَتصاعَدُ غازُ الهيدروجين، كما في المُعادَلَةِ الكيميائيةِ المَوزونةِ الآتيةِ:

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

وتُلاحظُ أيضًا أنَّ كميةَ غازِ الهيدروجينِ المُتصاعِدةَ من الأنبوبِ الأولِ الذي يحتوي على مَحلولِ الحِمضِ ذي التَّركيزِ 1mol/L، كانت أكبرَ مُقارنةً مع الكميةِ المُتصاعِدَةِ من الأنبوبينِ الآخرينِ؛ مما يدلُّ على أنه كلَّما زادَ تَركيزُ حِمْضِ HCl زادت سرعةُ التَّفاعُلِ. ويُمكنُ تفسيرُ ذلك أنه كلَّما ازدادَ تَركيزُ الموادِّ المُتفاعلةِ يعني ذلك زيادةَ عددِ الدقائقِ في حَجْمٍ مُعيَّنٍ؛ فتزدادُ عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ، وبالتالي تَزدادُ سُرعةُ التَّفاعُلِ.

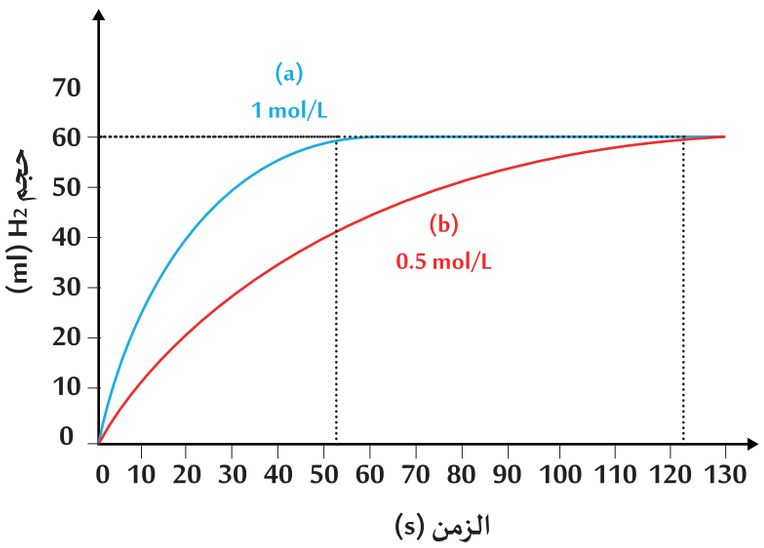
ويُوضِّحُ الشكلُ (3-9)، العلاقةَ بين عَدَدِ دقائقِ موادٍّ مُتفاعلةٍ، وعَدَدِ التَّصادُماتِ في تفاعلٍ افتراضي.



الشكل 3-9 زيادةُ عَدَدِ التَّصادُماتِ بزيادةِ تَركيزِ المُتفاعِلاتِ.

مثال(1):

في تَفاعُلٍ ما، أُستخدِمَ تَركيزانِ مُختلفانِ من حِمْضِ(HCl) 1 mol/L و 0.5 mol/L وجرى قِياسُ حَجْمِ غازِ الهيدروجين H_2 الناتجِ عن التَّفاعُلينِ في كلٍّ من الوِعاءينِ (b, a)، خلالَ فَتَراتٍ زمنيةٍ مُتساويةٍ، ورُسِمتِ العلاقةُ البيانيةُ بين حَجْمِ الهيدروجين الكليِّ مع الزمنِ، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل، أُدرسْهُ جيِّدًا ثم أَجِبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



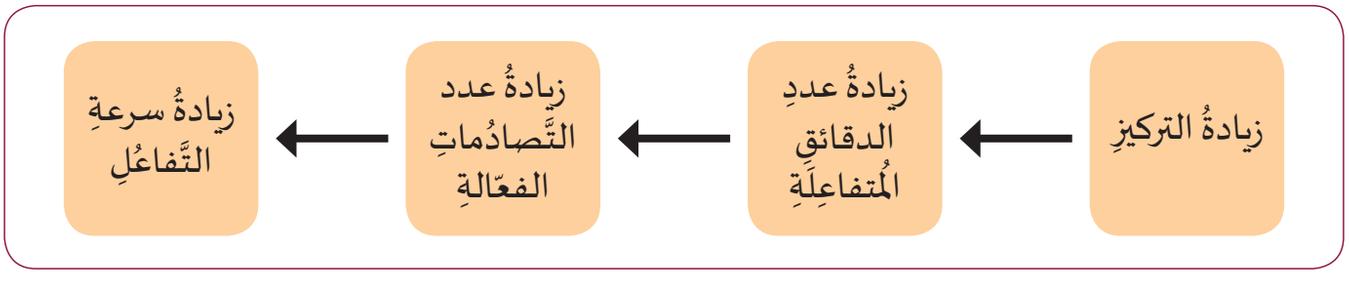
1. ما حَجْمُ غازِ الهيدروجين الناتجِ في كلٍّ من الوعاءينِ؟
2. اِحسبْ معدل سرعةِ التَّفاعُلِ من بدايتِهِ حتى نهايتِهِ في كلٍّ من الوعاءينِ (b, a).
3. أيُّ التَّفاعُلينِ (a) أم (b) أسرعُ؟ ولماذا؟
4. ما أَثَرُ تَركيزِ الحِمْضِ في سرعةِ التَّفاعُلِ؟

الحل:

1. 60 ml
2. الوعاءُ a: $\frac{60}{54} \approx 1.11$ ml/s

   الوعاءُ b: $\frac{60}{122} \approx 0.49$ ml/s
3. التَّفاعُلُ (a) أسرعُ؛ لأنَّ زمنَ انتهاءِ التَّفاعُلِ في الوعاءِ (a) أقلُّ من زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ في الوعاءِ (b).
4. كُلَّما زادَ تَركيزُ مَحلولِ الحِمْضِ زادت سرعةُ التَّفاعُلِ.

ويمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ زيادةِ تركيز المواد المتفاعلة في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.



ثانيًا: حَجْمُ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ (مساحة السطح)

Reactants Particles Size (Surface Area)

تَشتعلُ نِشارةُ الأخشابِ بسرعةٍ أكبرَ من اشتعالِ قَطَعِ الخشبِ الكبيرةِ، وكذلك تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدأِ مِسمارٍ من الحديدِ. ولِتَتعرَّفَ أَثَرَ حَجْمِ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ، نفِّذِ النشاطَ (3-4):

نشاط 4-3	أَثَرُ حَجْمِ دقائقِ (مساحة السطح) الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	يَستقصي أَثَرَحَجْمِ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.
المواد والأدوات:	قِطَعٌ من كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$، مَسحوقُ كربوناتِ الكالسيوم، مَحلولُ حِمْضِ الهيدروكلوريك (1M) HCl، كأسٌ زجاجيةٌ سِعةَ 200 ml ، دورق مخروطي، طَبَقٌ خزفيٌّ، ميزانٌ حَسَّاسٌ، ساعةُ إيقافٍ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْلمَسَ الحِمْضِ، ارتدِ مِعطفَ المُختبرِوالقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الواقيةَ

خُطُواتُ العملِ:

1. زِنْ 5 g من قِطَعِ كربوناتِ الكالسيوم، ثم ضَعْهَا في كأسٍ زجاجيةٍ.
2. أَضِفْ 10 ml من مَحلولِ الحِمْضِ إلى الكأسِ، واستخدمْ ساعةَ الإيقافِ لمعرفةِ زمنِ انتهاءِ التَّفاعُلِ. ثم سَجِّلْهُ في الجدولِ.
3. كَرِّرِ الخُطوتينِ 1، 2 باستخدامِ مَسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ والدورق المخروطي، وسَجِّلْ زمنَ انتهاءَ التَّفاعُلِ في الجدولِ.

	الكأسُ الأولى (قِطَعُ كربوناتِ الكالسيوم)	الدورق المخروطي (مَسحوقِ كربوناتِ الكالسيوم)
زمنُ انتهاءِ التَّفاعُلِ		

التحليلُ

في أيٍّ من الوعاءين (الكأس أم الدورق المخروطي) كانت سُرعةُ التَّفاعُلِ فيه أكبرَ؟

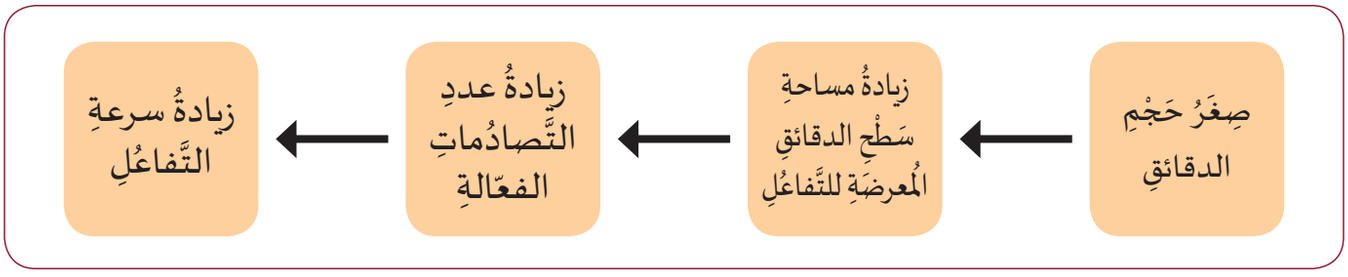
الاستنتاجُ

.....

تُلاحِظُ من النشاطِ السابقِ أنه عند إضافةِ مَحلولِ الحِمضِ إلى مسحوقِ كربوناتِ الكالسيومِ في الدورق المخروطي كانت سرعةُ التَّفاعُلِ أكبرَ منها في الكأسِ؛ وذلك لأنَّ حَجْمَ دقائقِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ في الدورق المخروطي كانت أصغرَ؛ وبالتالي فإنَّ مساحةَ سطحِ المادةِ المُعرّضةِ للتَّفاعُلِ مع الحِمضِ تكونُ أكبرَ من مساحةِ السطحِ المُعرّضِ للتَّفاعُلِ في حالةِ قِطَعِ الكربوناتِ. وهذا يُؤدي إلى زيادةِ عَدَدِ التَّصادُماتِ الفعّالةِ بين الدقائقِ؛ فتزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ.

ومن الطرائقِ التي يُمكنُ استخدامُها لزيادةِ مساحةِ سَطْحِ المادةِ المُتفاعِلَةِ الصُّلبةِ طَحْنُهَا وتَحويلُها إلى مسحوقٍ ناعمٍ.

ويُمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ حَجْمِ الدقائقِ المُتفاعِلَةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.



اختبر نفسك

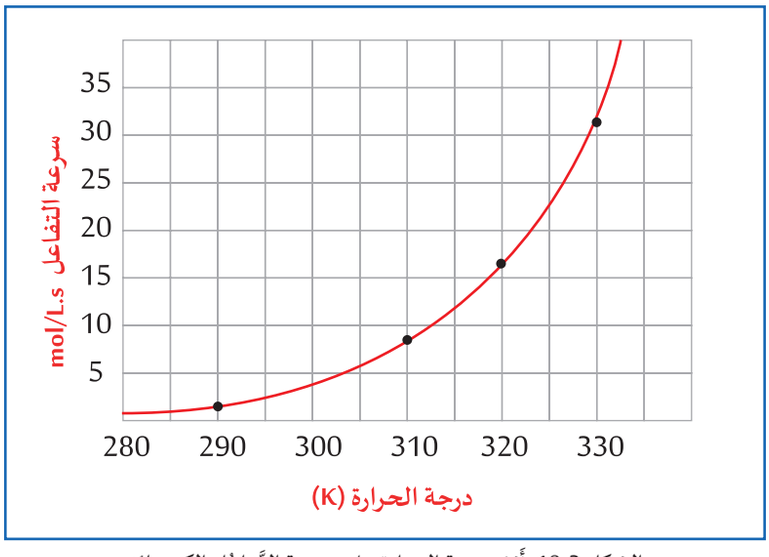
1. تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدَأِ قِطَعِ الحديدِ التي لها الكُتلةُ نفسُها، وعند الظروفِ نفسِها. فسِّرْ ذلك.
2. **التفكيرُ الناقدُ.** يَنصحُ الأطباءُ بأهميةِ مَضْغِ الطعامِ جيّدًا قبل بَلْعِهِ. فسِّرْ ذلك.

ثالثًا: درجةُ الحرارةِ Temperature

عند وَضْعِ طبقينِ من اللبنِ الرائبِ، أحدُهُما في الثلاجةِ والآخرُ خارجَها عند درجاتِ حرارةٍ مُرتفعَةٍ، نُلاحظُ أنَّ اللبنَ الرائبَ الذي وُضِعَ خارجَ الثلاجةِ يَفسُدُ بسرعةٍ، بينما يبقى اللبنُ الرائبُ المَوجودُ داخلَ الثلاجةِ عِدَّةَ أيامٍ قبلَ أنْ يَفسُدَ، وكذلك لِطَهْيِ الطعامِ بشكلٍ أسرعَ، نحتاجُ إلى رَفْعِ درجةِ الحرارةِ. فما السببُ في ذلك؟

تُؤدي الزيادةُ في درجاتِ الحرارةِ إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، فزيادةُ درجةِ حرارةِ المادةِ يَزيدُ من الطاقةِ الحركيةِ لدقائقِ المادةِ؛ فتزدادُ سرعةُ حركتِها؛ مما يزيدُ عَدَدُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ؛ فيؤدي إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.

ويُوضِّحُ الشكلُ (3-10) العلاقةَ بين سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ، ودرجةِ الحرارةِ (K).

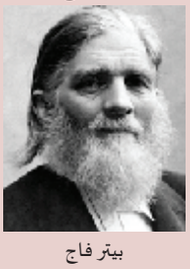


الشكل 3-10 أَثرُ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ

ولِتتعرَّفَ أثرَ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ، نفِّذ النشاط (3-5).

عِلْمٌ وعُلماءُ

جولدبرج


بيتر فاج

هناك علماءُ أسهموا في دراسةِ سرعةِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ والعواملِ المُؤثِّرةِ فيها ومنهم العالمينِ النرويجيينِ (جولدبرج و فاج) حيثُ درسا العلاقةَ بين سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ وتَركيزِ الموادِّ المُتفاعِلَةِ ، فوضعا قانونًا يُسمَّى قانونَ فِعْلِ الكتلةِ.

وكذلك العالمانِ (ماكسويل و بولتزمان) اللذان درسا العلاقةَ بين الطاقةِ الحركيةِ لجُزيئاتِ الغازِ عند درجاتِ حرارةٍ مختلفةٍ، فتوصلا إلى أنَّ متوسطَ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ يَزدادُ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.

ماكسويل

بولتزمان

نشاط 5-3	أثرُ درجةِ الحرارةِ في سرعةِ التَّفاعلاتِ الكيميائية
الهدف:	يستقصي أثرَ درجةِ الحرارةِ على سرعةِ التَّفاعلاتِ الكيميائيةِ.
المواد والأدوات:	ثلاثة أقراصٍ فوّارةٍ مُضادةٍ للحُموضةِ، ثلاث كؤوسٍ زجاجيةٍ، ماءٌ (بارد، دافئ، ساخن)، ساعةُ إيقافٍ، قلمُ تلوينٍ، شريطٌ لاصقٌ ورقيٌّ، ورقةُ رسمٍ بيانيٍّ
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	اِحذرْ لمَسَ الماءِ الساخنِ.

خُطُواتُ العملِ:

1. اكتبِ الكلماتِ الآتيةَ: (بارد، دافئ، ساخن)،على ثلاثِ قُصاصاتٍ منفصلةٍ، وألصقْها على كلِّ كأسٍ.
2. ضَعْ كمياتٍ متساويةً من الماءِ بحسبِ المُلصَقِ على كلِّ كأسٍ.
3. ضَعْ مقياسَ حرارةٍ في كلِّ كأسٍ لقياسِ درجةِ حرارةِ الماءِ، ثم سجِّلها في الجدولِ.
4. ضَعْ قرصَ فوّارٍ في الكأسِ الأولى، مع تَشغيلِ ساعةِ الإيقافِ وسجِّلْ زمنَ انتهاءِ التَّفاعُلِ. ولاحظْ ما يَحدثُ.
5. كرِّرِ الخُطواتِ السابقةَ للكأسينِ الأُخريينِ، وسَجِّلِ الملاحظاتِ في الجدولِ.

الكأسُ	درجةُ الحرارةِ °C	الزمنُ اللازمُ لإتمامِ التَّفاعلِ
بارد		
دافئ		
ساخن		

التحليلُ

1. كيف تَستدلُّ على حُدوثِ التَّفاعُلِ ؟
2. أيُّ الكؤوسِ حدث فيها تَفاعلٌ بشكلٍ أسرعَ من غيرها؟ ماذا تستنتجُ؟
3. مثِّلِ القيمَ التي حصلتَ عليها في الجدولِ بيانيًّا، لتوضيحِ العلاقةِ بين درجةِ الحرارةِ والزمنِ اللازمِ لإتمامِ التَّفاعُلِ.

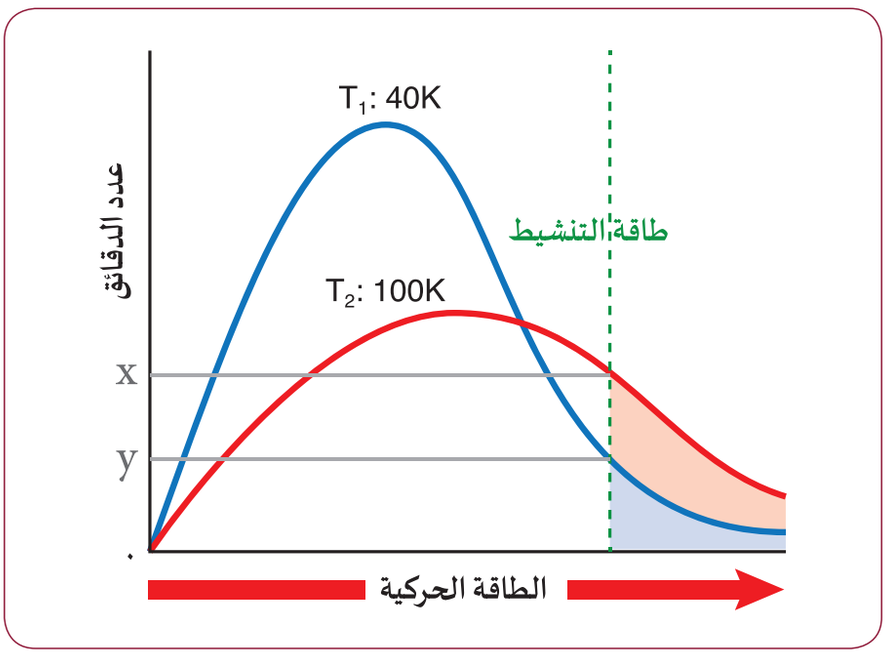
الاستنتاجُ

.....

الاستقصاءُ :

صَمِّمْ تَجربةً تُوضِّحُ فيها أثرَ درجةِ الحرارةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ باستخدامِ ماءٍ باردٍ جدًّا (ماء مثلج).

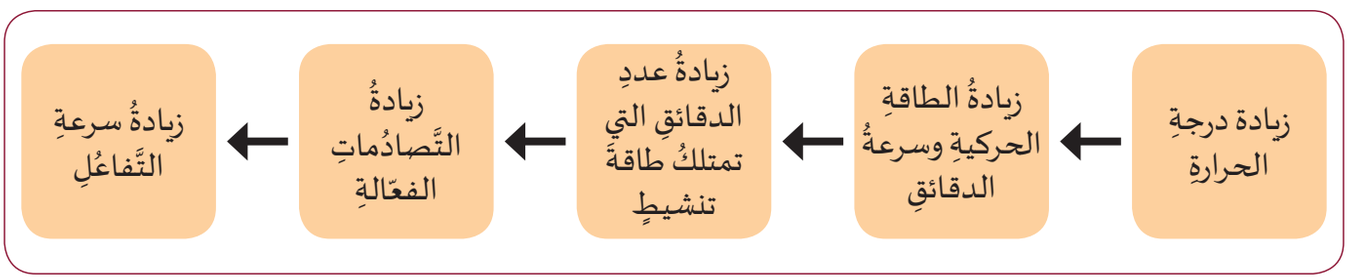
لعلك تَوصَّلتَ من النشاطِ السابقِ إلى أنَّ سرعةَ التَّفاعُلِ تزدادُ بزيادةِ درجةِ حرارةِ الموادِّ المُتفاعلةِ، ويُمكنُ تفسيرُ ذلك بأن زيادةَ درجةِ الحرارةِ يزيدُ من متوسطِ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ؛ حيثُ يظهرُ في الشكل (3-11) أنَّ عددَ الدقائقِ (X) التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ عند درجةِ الحرارةِ المُرتفعةِ (T_2) أكبرُ من عددِ الدقائقِ (Y) التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ عند درجةِ الحرارةِ المُنخفضةِ (T_1)، ويُمثِّلُ الخطُّ المُتقطِّعُ طاقةَ التنشيطِ للتَّفاعلِ، بينما تُمثِّلُ المنطقةُ المُظلَّلةُ تحت كلِّ مُنحنًى عددُ الاصطداماتِ التي لها طاقةٌ مساويةٌ أو أكبرُ من طاقةِ التنشيطِ، أي إنها تُمثِّلُ عددَ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ، وكلما زاد عددُ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ، زاد عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ، وبهذا فإنَّ عددَ التَّصادُماتِ الفعّالةِ عند درجةِ الحرارةِ المُرتفعةِ (T_2) أكبرُ منها عند درجةِ الحرارةِ المُنخفضةِ (T_1)؛ مما يؤدي إلى زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.



الشكل 3-11 العلاقةُ بين عددِ الدقائقِ والطاقةِ الحركيةِ.

ويُمكنُ تلخيصُ ذلك بأنَّ زيادةَ درجةِ الحرارةِ تؤدي إلى زيادةِ الطاقةِ الحركيةِ للدقائقِ؛ وبالتالي زيادةِ عددِ الدقائقِ التي تمتلكُ طاقةَ التنشيطِ؛ فيزدادُ عددُ التَّصادُماتِ الفعّالةِ؛ فتزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائي.

ويُمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي أثرَ درجةِ الحرارةِ في زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.



اختبر نفسك

1. فسِّر:
- زيادةُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.
- لماذا يُنصَحُ بحفظِ الدواءِ في درجةِ الحرارةِ التي أوصت بها الشركةُ المُصنِّعةُ.
2. **تفكيرٌ ناقدٌ**. بالرجوع إلى الشكل (3-11). هل تتأثرُ طاقةُ التنشيطِ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.

رابعًا: العواملُ الحفّازةُ (العواملُ المُساعِدةُ) Catalysts

درستَ سابقًا أنَّ سرعةَ التَّفاعُلِ الكيميائيّ تتأثرُ بعددٍ من العواملِ مثلَ زيادةِ درجةِ الحرارةِ وتركيزِ الموادِّ المُتفاعلَةِ، وحَجْمِ الدقائقِ، وكذلك تُوجَدُ موادُّ تُساعدُ في زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي. فما هي الموادُّ التي تُساعدُ على زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ ؟ وما دورُها؟ وما أنواعُها؟

يُطلَقُ على هذه الموادِّ العواملَ الحفّازةَ (المساعدة) Catalysts ومن أمثلتِها الإنزيماتُ التي تُنتجُها خلايا أجسامِ الكائناتِ الحيةِ التي تُساعدُ في زيادةِ سرعةِ حدوثِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ في أجسامِها، ولِلتَّعرُّفِ على دَوْرِ العواملِ الحفَّازةِ في تَسريعِ التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ، نفِّذِ النشاطَ (3-6).

معلومة

المُثبِّطاتُ Inhibitors

هي موادٌّ تعملُ على تقليلِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي.

نشاط 6-3	أثرُ العواملِ الحفَّازةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	**يَستقصي أثرَ العواملِ الحفَّازةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.**
المواد والأدوات:	**مِخبارٌ مُدرَّجٌ سعة 100 ml ، دورق مخروطي ، محلولٌ فوق أكسيدِ الهيدروجين H_2O_2، يوديد البوتاسيوم KI، سائلُ تنظيفٍ، قَطَّارة، ميزانٌ حسَّاسٌ، ساقٌ زجاجيةٌ.**
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	**تَعاملْ مع فوق أكسيدِ الهيدروجين بحذرٍ، ارتدِ مِعطَفَ المُختبرِوالقَفَّازاتِ والنَّظاراتِ الواقيةَ.**

خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ 30 ml من فوق أكسيدِ الهيدروجين في كلٍّ من المخبار المدرج، والدورق المخروطي.
2. أَضِفْ إلى كلٍّ منهما 10 نِقاطٍ من سائلِ التنظيفِ، مع التّحريكِ. ولاحظْ فُقاعاتِ الغازِ المُتصاعدةَ.
3. زِنْ 1g من يوديد البوتاسيوم، ثم أضفْها إلى الدورق المخروطي (كما في الشكل). ولاحظْ ما يحدثُ.

التحليلُ

1. أيهما تَظهرُ فيه الفُقاعاتُ؟
2. ما أثرُ إضافةِ يوديدِ البوتاسيوم في سرعةِ التَّفاعُلِ ؟
3. ماذا يُمكنُ أنْ نُطلقَ على يوديدِ البوتاسيوم في هذا التَّفاعُلِ ؟

الاستنتاجُ

.....

الاستقصاءُ :

ماذا يحدث لسرعة تفاعل تفكك H_2O_2 عند اضافة مسحوق الجرافيت بدلاً من إضافة يوديد البوتاسيوم؟

يَتَحلَّلُ فوق أكسيدِ الهيدروجينِ بِبطءٍ عند درجةِ حرارةِ الغرفةِ، وعند إضافةِ يوديدِ البوتاسيوم إلى أحدِ المِخبارينِ تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ ، ويُمكنُ التَّعبيرُ عن التَّفاعُلِ الكيميائيّ بالمُعادلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$2H_2O_{2(aq)} \xrightarrow{KI} 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

ويُسمَّى KI في هذه الحالةِ، عاملًا حفّازًا، **والعواملُ الحفّازةِ Catalysts**، موادٌّ نقيةٌ تُضافُ إلى التَّفاعُلِ ؛ فتُقللُ من طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ لحدوثِ التَّفاعُلِ ؛ فتزيدُ من سرعتِه، دون أنْ تُستهلكَ أثناءَ التَّفاعُلِ. وتُستعملُ العواملُ الحفَّازةُ على نطاقٍ واسعٍ في الصناعاتِ الكيميائيةِ لإنتاجِ كميةٍ أكبرَ من المُنتجاتِ بسرعةٍ كبيرةٍ؛ مما يُقَلِّلُ من الكُلفةِ الاقتصاديةِ.

تَنقسمُ العواملُ الحفّازةُ بحسبِ الحالةِ التي يَتواجدُ فيها العاملُ الحفّازُ والموادُّ المُتفاعلَةُ إلى قسمينِ رئيسينِ، هما:

1. العواملُ الحفّازةُ المُتجانسَةُ.
2. العواملُ الحفّازةُ غيرُ المُتجانسَةِ.

أولًا: العواملُ الحفّازةُ المُتجانسةُ Homogeneous Catalysts

تَكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ في هذه الحالةِ نفسَ الحالةِ الفيزيائيةِ للموادِّ المُتفاعلَةِ، وعادةً ما تكونُ غازيةً أو سائلةً، ومثالُ ذلك: أكسدةُ غازِ ثاني أكسيدِ الكبريت SO_2 لِتحضيرِ غازِ ثالثِ أكسيدِ الكبريت SO_3؛ حيث يُستخدمُ غازُ أكسيدِ النيتريك NO بِوَصْفِهِ عاملًا حفّازًا، كما في المُعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{NO_{(g)}} 2SO_{3(g)}$$

وكذلك تَفَكُّكُ غازِ الأوزون O_3 مُكونًا غازَ الأكسجين O_2 ؛حيث يستخدمُ العاملُ الحفّازُ غازَ NO، كما هو مُوضَّحٌ في المُعادلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$2O_{3(g)} \xrightarrow{NO_{(g)}} 3O_{2(g)}$$

وهناك أمثلةٌ عديدةٌ على العواملِ الحفَّازةِ المُتجانسةِ منها: مَحاليلُ الأحماضِ أو القواعدِ المُستخدَمَةِ في تَفاعُلاتِ المَحاليلِ الكيميائيةِ المختلفةِ، وكذلك الأنزيماتُ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، ومنها إنزيمُ السكريزِ الذي يُحفِّزُ على التَّحَلُّلِ المائيِّ لمحلولِ السكروز، كما هو مُوَضَّحٌ في المُعادلةِ اللفظيةِ الآتيةِ:

محلولُ السكروزِ $\xleftarrow{\text{إنزيم السكريز}}$ فركتوز + جلوكوز

ثانيًا: العواملُ الحفَّازةُ غيرُ المُتجانسةِ Heterogeneous Catalysts

تختلفُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ عنها للموادِّ المُتفاعلةِ، ففي كثيرٍ من الحالاتِ يَكونُ العاملُ الحفّازُ غيرُ المُتجانسِ في الحالةِ الصلبةِ في حين تكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للموادِّ المُتفاعلةِ سائلةً أو مُذابةً في مَحاليلَ سائلةٍ أو غازيةٍ، ويُعدُّ العاملُ الحفّازُ غيرُ المُتجانسِ الأكثرَ استخدامًا في الصناعةِ، فمُركباتُ البلاتينِ أو البلاديومِ تُستخدَمُ بوصفِها حفّازاتٍ غيرَ مُتجانسةٍ في عادمِ السيارةِ من أجلِ تَسريعِ عمليةِ التَّخلُّصِ من الغازاتِ الضارَّةِ الناتجةِ عن احتراقِ الوَقودِ مثل: NO، CO، وكذلك استخدامُ الحديدِ الصلب Fe عند تَحضيرِ غازِ الأمونيا، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \xrightarrow{Fe_{(s)}} 2NH_{3(g)}$$

وكذلك من الأمثلةِ استخدامُ النيكلِ Ni في تَفاعلاتِ تَحويلِ الزيوتِ السائلةِ إلى دهونٍ صلبةٍ مثلَ السمنِ.

الخُطوةُ المُحددةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ Rate Determining Step

تحتاجُ أغلبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ إلى عدةِ خُطواتٍ لحدوثِها، وتحدثُ هذه الخطواتُ بسرعاتٍ متفاوتةٍ، والخُطوةُ الأبطأُ في التفاعلِ الكيميائيّ هي التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ الكلي، وتُسمَّى هذه الخطوةُ **الخطوةَ المُحدِّدةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ Rate Determining Step**. فمثلًا إذا كانت مجموعةٌ من السياراتِ تسيرُ خلفَ شاحنةٍ بطيئةِ الحركةِ فتُعتبرُ الشاحنةُ هي المُحدِّدةُ لسرعةِ السياراتِ، ولِلتعرُّفِ على الخُطوةِ المُحدِّدةِ لسرعةِ التفاعلِ، نفِّذِ النشاط (3-7).

نشاط 3-7	الخُطوةُ المُحدِّدةُ لسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ
الهدف:	يستقصي الخَطوةَ المُحدِّدةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ.
المواد والأدوات:	قُمْعٌ زجاجيٌّ حَجْمُ وَسَطٍ عددُ (6)، قُمْعٌ زجاجيٌّ حَجْمُ صغيرٌعددُ (3)، كأسٌ زجاجيةٌ عددُ (3)، دورقٌ عددُ (3)، ماءٌ، صِبغةُ طعامٍ، حاملٌ مَعدنيٌّ عدُد3 مع المَشابك، ساعةُ إيقافٍ، ساقٌ زجاجيةٌ.
إجراءاتُ الأمنِ والسلامةِ	التَّعاملُ مع الأدواتِ الزجاجيةِ بحذرٍ.

خُطُواتُ العملِ:

1. رَكِّبِ الأدواتِ كما في الشكلِ المجاورِ، ثم ثَبِّتْها على الحاملِ المعدنيّ باستخدامِ المَشابكِ.
2. املأْ كلَّ كأسٍ بـ (300 ml) من الماء، ثم ضَعْ مِلعقةً صغيرةً من صِبغةِ الطعامِ في كلٍّ منها ثم حرِّكِ المحلولَ.
3. في التجربةِ الأولى، أُسكبِ الماءَ في القُمْعِ الزجاجيّ العُلويّ، ثم لاحظْ نُزولَ الماءِ بين كلِّ قُمْعٍ وآخرَ حتى نُزولِ الماءِ إلى الدورقِ.
4. كَرِّرِ الخُطوةَ 3 للتجربتينِ الثانيةِ والثالثةِ.

(1) (2) (3)

التحليلُ

1. حدِّدْ في كلِّ تجربةٍ القُمعَ الزجاجيَّ الذي أبطأَ حركةَ نُزولِ الماءِ إلى الدورقِ.
2. ما الذي حَدَّدَ حركةَ نزولِ الماءِ بين كلِّ قُمعٍ والذي يليهِ؟

الاستنتاجُ

.....

تُلاحظُ من النشاطِ أنَّ مُعدلَ تَدَفُّقِ الماءِ من خلال القُمعِ الزجاجي يكونُ مَحدودًا، ويَعتمدُ ذلك على قُطْرِ مَخرجِ القُمعِ؛ بحيث يكونُ تَدَفُّقُ الماءِ من القُمعِ الصغيرِ أبطأَ من تَدفُّقِهِ من القُمعِ الكبيرِ، وأبطأُ هذه الخطواتِ هي التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّدفُّقِ وهكذا الحالُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ. فالخطوة البطيئة هي التي تحدد سرعة التفاعل الكيميائي.

ومثالُ ذلك، تحلل خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتية:

$$2N_2O_5 \longrightarrow 4NO_2 + O_2$$

فإنَّ هذا التَّفاعُلَ يَتِمُّ وِفقًا للخطواتِ الثلاثِ الآتيةِ:

$N_2O_5 \rightleftharpoons NO_2 + NO_3$ خطوةٌ سريعةٌ (Fast)

$NO_2 + NO_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 + NO$ خطوةٌ بطيئةٌ (Slow)

$NO + N_2O_5 \longrightarrow 3NO_2$ خطوةٌ سريعةٌ (Fast)

ولا يُشترطُ أنْ تكونَ الخطوةُ الأولى في أيِّ تَفاعلٍ هي الخطوةَ الأبطأَ التي تُحدِّدُ سرعتَهُ، فأحيانًا قد تكونُ الخطوةُ الأبطأُ هي الخطوةَ الثانيةَ أو الثالثةَ؛ حيث تُحدَّدُ هذه الخطوةُ من خلال التجربةِ العمليةِ. لاحظْ أنَّ الخطوةَ الأبطأَ في هذا التَّفاعُلِ التي تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ هي الخطوةُ الثانيةُ.

اختبر نفسك

وُجِدَ عمليًا أنَّ NO_2 يَتفاعلُ مع F_2 لإنتاج NO_2F وفقَ خُطوتينِ تكونُ إحداهُما أسرعَ من الأخرى:

الأبطأ $NO_2 + F_2 \longrightarrow NO_2F_2$

الأسرع $NO_2F_2 + NO_2 \longrightarrow 2NO_2F$

1. أيٌّ من الخطوتينِ تُمثلُ الخطوةَ المُحدِّدَةَ لسرعةِ التَّفاعُلِ ؟
2. تحفيز. اكتبِ المُعادلةَ النهائيةَ للخطوتينِ السابقتينِ.

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

الأفكار الرئيسة:

- تَتَحرَّكُ دقائقُ الموادِّ المُتفاعلةِ بسرعاتٍ مختلفةٍ، اعتمادًا على كُتلِها وطاقةِ حَركتِها؛ ونتيجةً لذلك تتفاوتُ في سرعةِ وعددِ تَصادُماتِها بالدقائقِ الأخرى.
- تتأثرُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بِعدةِ عواملَ، هي: التركيزُ، ودرجةُ الحرارةِ، وحجمُ الدقائقِ، والعواملُ الحفّازةُ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ عند زيادةِ تَركيزِ الموادِّ المُتفاعلةِ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ.
- تؤدي زيادةُ درجةِ الحرارةِ إلى زيادةِ الطاقةِ الحركيةِ لدقائقِ الموادِّ المُتفاعلةِ، ومن ثَمَّ زيادةُ فُرَصِ اصطدامِها ببعضِها البعضِ، وزيادةُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ كلما قلَّ حَجْمُ الدقائقِ؛ فتزدادُ مساحةُ سطحِ الموادِّ المُتفاعلةِ المعرّضةِ للتَّفاعلِ.
- تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بوجودِ العواملِ الحفّازةِ.
- تعملُ العواملُ الحفّازةُ على تَقليلِ طاقةِ التنشيطِ وبالتالي زيادةِ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي، ولا تُستهلَكُ أثناءَ التَّفاعُلِ.
- تنقسم العوامل الحفازة إلى نوعين : متجانسة وغير متجانسة.
- تكونُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ المُتجانسةِ نفسَ الحالةِ الفيزيائيةِ للموادِّ المتفاعلةِ.
- تختلفُ الحالةُ الفيزيائيةُ للعواملِ الحفّازةِ غيرِ المتجانسةِ عنها للموادِّ المتفاعلةِ.
- تَتِمُّ أغلبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ في عدةِ خُطواتٍ، ويَتِمُّ تَحديدُ سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ بالخطوةِ الأبطأِ.
- يُمكنُ تَلخيصُ العواملِ المؤثرةِ في سرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائيّ من خلالِ المُخطَّطِ المَفاهيميّ الآتي:

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. أيٌّ من العباراتِ الآتيةِ **غيرُ صحيح** فيما يتعلقُ بسرعةِ التَّفاعُلِ الكيميائي؟
   a. تُؤثرُ عليها عواملُ منها التركيزُ ومساحةُ السطح.
   b. يُمكنُ قياسُها من خلال التَّغَيُّرِ في تراكيزِ الموادِّ خلال وِحدَةِ الزمن.
   c. تزدادُ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ مناسبٍ.
   d. تَقِلُّ كميةُ الموادِّ الناتجةِ المُتكونةِ خلال وِحدَةِ الزمن.

2. ما سببُ ازديادِ سرعةِ التَّفاعُلِ عند رَفْعِ درجةِ الحرارة؟
   a. زيادةُ طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.
   b. تَنَاقُصُ الطاقةِ الحركيةِ للدقائق.
   c. زيادةُ عددِ التَّصادُماتِ الفعّالةِ.
   d. تَنَاقُصُ طاقةِ التَّنشيطِ.

3. ما تأثيرُ العاملِ الحفّازِ في التَّفاعُلِ؟
   a. زيادة سرعة التفاعل.
   b. رَفْعُ طاقةِ المواد المتفاعلة.
   c. خَفْضُ طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.
   d. زيادةُ زمنِ التَّفاعُلِ.

4. كيف يتغيرُ تركيزُ المواد الناتجةِ مع الزمن؟
   a. تَقِلُّ.
   b. تَزدادُ.
   c. تبقى ثابتةً.
   d. تَقِلُّ ثم تَزدادُ.

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:
   - a- العاملُ الحفَّازُ.
   - b- العاملُ الحفَّازُ المُتجانِسُ.
   - c- العاملُ الحفَّازُ غيرُ المُتجانسِ.

2. فسِّر ما يلي:
   - a. في ضَوْءِ نظريةِ التَّصادُمِ، فسِّرْ سببَ احتراقِ الكربونِ في الأكسجين النقيّ بشكلٍ أسرعَ من احتراقِهِ في الهواء.
   - b. تَصدأُ بُرادةُ الحديدِ بسرعةٍ أكبرَ من صَدَأِ قِطعةِ حديدٍ لهما الكتلةُ نفسُها، عند تَعَرُّضِهما للظروفِ نفسِها.
   - c. تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ بإضافةِ عاملٍ حفَّازٍ مناسبٍ.
   - d. تزدادُ سرعةُ التَّفاعُلِ الكيميائيّ عند رَفْعِ درجةِ حرارةِ التَّفاعُلِ.

3. اذكرِ العواملَ المُؤثرةَ في سرعةِ التَّفاعُلِ.

4. لديكَ التفاعلانِ الكيميائيانِ الآتيانِ. ما نوع العامل الحفاز في كل منهما (متجانس / غير متجانس):

   a. $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow{Ni_{(s)}} C_2H_{6(g)}$

   b. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{NO_{(g)}} 2SO_{3(g)}$

5. أُضيفَ 10 g من عاملٍ حفَّازٍ إلى تَفاعُلٍ ما، ما كُتلةُ العاملِ الحفَّازِ بعد انتهاءِ التَّفاعُلِ ؟

6. وُجِدَ عمليًا أن N_2O_5 يمكن أن يَتحلَّلُ بالحرارةِ وِفْقَ خُطوتينِ تكونُ إحداهُما أسرعَ من الأخرى، أجبْ عن السؤالين الآتيين:

$N_2O_5 \longrightarrow 2NO_2 + O$ (Slow)

$N_2O_5 + O \longrightarrow 2NO_2 + O_2$ (Fast)

- a- أيٌّ من الخُطوتينِ تُحدِّدُ سرعةَ التَّفاعُلِ ؟
- b- تحفيز. اكتبِ المُعادلةَ النهائيةَ للخطوتينِ السابقتينِ.

أسئلة الوحدة الثالثة

أولًا: أسئلة الاختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة

1. ما تأثير خفض درجة حرارة المتفاعلات في سرعة التفاعل؟
   a. تزداد سرعة التفاعل.
   b. لا تتأثر سرعة التفاعل.
   c. تقل سرعة التفاعل.
   d. تزداد عدد الدقائق المنشطة.

2. في أي من الحالات الآتية تتوقع أن يكون معدل سرعة التفاعل بين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وحمض النيتريك HNO_3 أكبر ما يمكن؟
   a. مسحوق $CaCO_3$ مع 2M من HNO_3 عند 40°C.
   b. مسحوق $CaCO_3$ مع 0.5M من HNO_3 عند 40°C.
   c. قطعة من $CaCO_3$ مع 2M من HNO_3 عند 20°C.
   d. قطعة $CaCO_3$ مع 0.5M من HNO_3 عند 40°C.

3. ماذا يحدث عند إضافة عامل حفّاز لتفاعل ما؟
   a. تزداد سرعة التفاعل.
   b. تزداد كتلة العامل الحفّاز.
   c. يزداد زمن التفاعل.
   d. تزداد طاقة التنشيط.

4. ماذا يسمى الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل؟
   a. طاقة المواد المتفاعلة.
   b. طاقة المواد الناتجة.
   c. طاقة التنشيط.
   d. طاقة حرارية.

5. ما الذي تشير إليه الإشارة السالبة في قانون معدل سرعة التفاعل؟
   a. يقل تركيز المواد الناتجة.
   b. يزداد تركيز المواد الناتجة.
   c. يزداد تركيز المواد المتفاعلة.
   d. يقل تركيز المواد المتفاعلة.

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

6. أي العبارات الآتية صحيح فيما يتعلق بنظرية التصادم؟
   a. يكفي أن يحدث تصادم بين دقائق المواد المتفاعلة.
   b. يمكن أن يحدث تفاعل حتى لو لم تمتلك الدقائق طاقة كافية.
   c. يحدث التفاعل بوجود طاقة كافية وتصادم في الاتجاه الصحيح.
   d. يكفي أن يكون التصادم في الاتجاه الصحيح.

7. ما العامل الذي يؤدي إلى نقصان سرعة التفاعل؟
   a. زيادة درجة حرارة التفاعل.
   b. إضافة عامل حفاز للتفاعل.
   c. زيادة حجم دقائق المواد المتفاعلة.
   d. إضافة كمية أخرى من المواد المتفاعلة.

8. ما التفاعل الأبطأ من التفاعلات الآتية؟
   a. تفاعل مسحوق الخارصين مع 0.5 mol/L من الحمض.
   b. تفاعل قطع من الخارصين مع 0.5 mol/L من الحمض.
   c. تفاعل قطع من الخارصين مع 1 mol/L من الحمض.
   d. تفاعل مسحوق الخارصين مع 1 mol/L من الحمض.

9. أي من الآتي ليست من وحدات سرعة التفاعل الكيميائي؟
   a. m/s
   b. cm^3/s
   c. g/s
   d. mol/L.s

10. ما العامل الأكثر تأثيرًا الذي يزيد من احتمالات التصادمات الفعّالة؟
   a. زيادة درجة الحرارة.
   b. زيادة حجم دقائق المواد المتفاعلة.
   c. نقصان مساحة سطح المواد المتفاعلة.
   d. عدم إضافة عامل حفاز.

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة

1. ما المقصود بالمفاهيم الآتية:
   - a- سرعة التفاعل الكيميائي
   - b- العامل الحفّاز
   - c- طاقة التنشيط
   - d- نظرية التصادم

2. فسِّر ما يلي:
   - a- كيف يؤدي إضافة العامل الحفّاز إلى زيادة سرعة التفاعل؟
   - b- تتم عملية طهي الطعام في أواني الضغط بسرعة أكبر منها في الأواني العادية.

3. اذكر العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.

4. يبين الجدول الآتي تراكيز مادة افتراضية (X) خلال فترات زمنية مختلفة، ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:
   - a- استنتج فيما إذا كانت المادة X من المواد المتفاعلة، أم من المواد الناتجة؟ فسِّر إجابتك.
   - b- احسب معدل سرعة التفاعل خلال الفترة الزمنية (4 – 8).
   - c- توقع. كم يصبح تركيز المادة X عند الزمن 12s: (أكبر من 1، أم أقل من 1). فسِّر إجابتك.

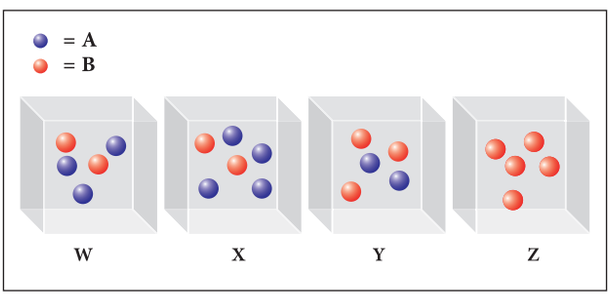
الزمن S	التركيز mol/L
0	4
4	2
8	1
12	؟

تابع أسئلة الوحدة الثالثة

5. في التفاعل الافتراضي الآتي:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow AB_{(g)}$$

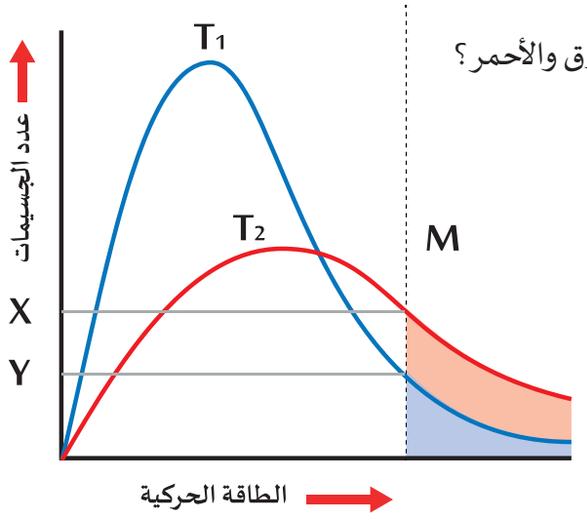
تمثل الأوعية الأربعة التالية التفاعل السابق حيث بدأ التفاعل بوجود كميات أولية مختلفة من A و B. على افتراض أن حجم الأوعية متساوي وعند نفس درجة الحرارة ، أجب عن الأسئلة التي تلي الشكل.



a- أي الأوعية يكون سرعة التفاعل فيها أكبر؟ فسِّر إجابتك.
b- أي الأوعية السابقة يتوقع عدم حدوث تفاعل فيها؟
c- ما التأثير المحتمل لزيادة درجة حرارة الوعاء W في سرعة التفاعل؟ لماذا؟

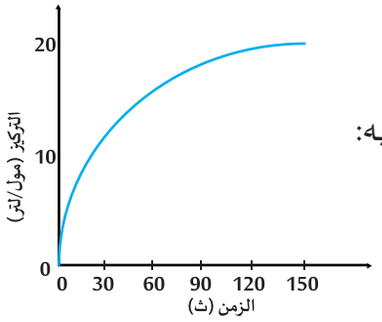
6. لديك المنحنى البياني الآتي الذي يمثل العلاقة بين عدد الدقائق والطاقة الحركية لها، ادرسه جيِّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

a- ما الذي تشير إليه كل من الرموز الآتية: M ، Y ، X؟
b- أيهما يكون متوسط الطاقة الحركية للدقائق له أعلى: (عند المنحنى المشار إليه بالرمز T1، أم T2)؟
c- هل تؤثر زيادة درجة الحرارة في طاقة التنشيط؟
d- ماذا تمثل المنطقة المظللة في المنحنى باللونين الازرق والأحمر؟



تابع أسئلة الوحدة الثالثة

7. يمثل الرسم البياني العلاقة بين الزمن وتركيز مادة ناتجة عن



تفاعل كيميائي في الظروف القياسية. ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

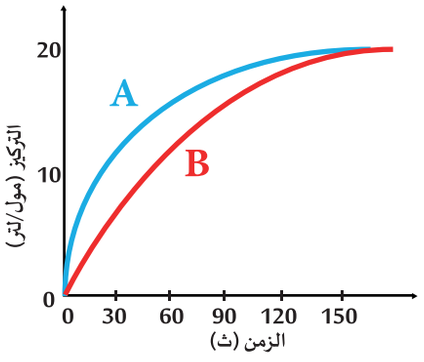
a- ما الزمن اللازم لإتمام التفاعل؟

b- اقترح الطرائق الثلاث التي تعمل على زيادة سرعة هذا التفاعل.

c- احسب متوسط سرعة التفاعل في الفترة الزمنية (0 - 150)؟

d- عند إضافة عامل حفّاز للتفاعل كتلته 2g، كم تكون كتلته عند نهاية التفاعل؟

8. يبين الشكل العلاقة بين تركيز مادة ناتجة وزمن التفاعل، أي من المنحنيين (A أم B) يبين سرعة التفاعل الأقل؟ فسِّر إجابتك.



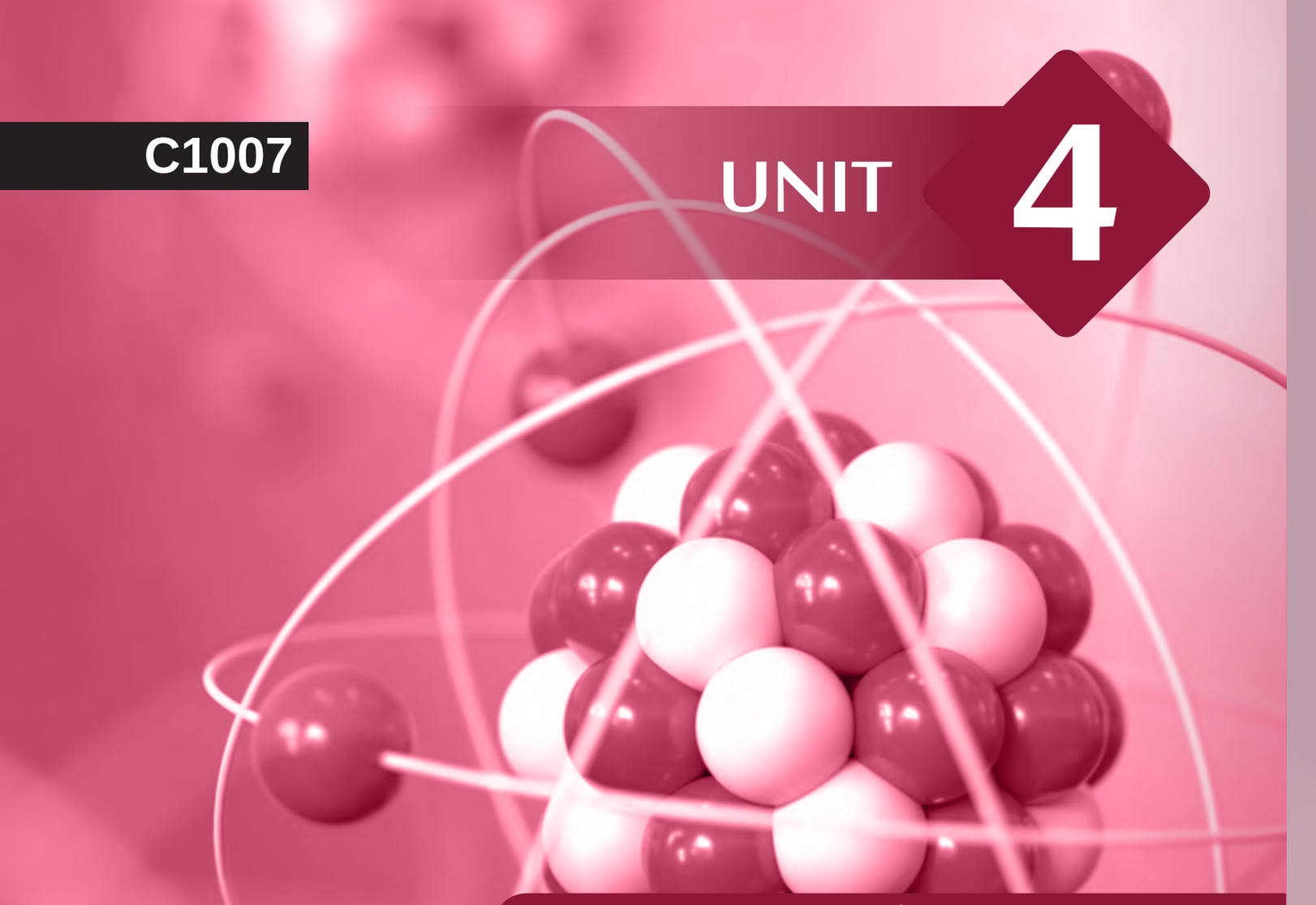
9. في المعادلة الكيميائية التالية:

$$2AB \longrightarrow A_2 + B_2$$

ارسم مخططًا يبين جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئي المادة المتفاعلة AB.

C1007

UNIT 4



الوِحدةُ الرابعةُ

الطاقةُ الحراريّةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ

Thermal Energy in Chemical Reactions

محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 4-1 التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.
Energy Changes for Chemical Reactions

الدرس الثاني: 4-2 تمثيل مُخطَّطاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-4

التَّغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.

Energy Changes for Chemical Reactions

التَّجارِبُ والأنشِطة

(1-4) التَّفاعُلاتُ الكيميائيةُ الطاردةُ للحرارةِ.

(2-4) التَّفاعُلاتُ الكيميائيةُ الماصّةُ للحرارةِ .

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يُدركَ أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ يُصاحبُها تَغيراتٌ في الطاقةِ، تكونُ بالعادةِ على شكلِ طاقةٍ حراريةٍ. وأن تغيراتِ الطاقةِ يمكنُ أن تكونَ طاردةً للحرارةِ أو ماصَّةً للحرارةِ.**

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

الطاقةُ	Energy
تَفاعلٌ طاردٌ للحرارةِ	Exothermic Reaction
تَفاعلٌ ماصٌّ للحرارةِ	Endothermic Reaction
المُحتوى الحراري (H)	Enthalpy
التَّغيرُ في المحتوى الحراري (ΔH)	Enthalpy Change

مُقدِّمة

للطاقةِ أهميةٌ كبيرةٌ؛ حيثُ إنها تُستخدَمُ في أنشطةٍ مختلفةٍ في حياتِنا اليوميةِ مثل التدفئةِ وتوليدِ الكهرباءِ، تشغيلِ المصانعِ، والآلاتِ وكافةِ وسائلِ النقلِ المختلفةِ وغيرِها، فالطاقةُ تُزوِّدُ الإنسانَ بحاجتِهِ من الدفءِ في الشتاءِ، وكذلك عندما تقومُ بعملِ مجهودٍ بدنيٍّ فإن جسمَكَ يحتاجُ إلى طاقةٍ لمساعدتِك على القيامِ به، وتنبعُ هذه الطاقةُ من تَفاعلاتِ الاحتراقِ التي تحدثُ داخلَ خلايا الجسمِ؛ لذلك فإن كافةَ الأنشطةِ البدنيةِ والذهنيةِ التي تقومُ بها تحتاجُ إلى طاقةٍ. انظر الشكلَ (4-1). وهذه الطاقةُ مُستمَدَّةٌ من الطعامِ الذي تتناولُهُ. **فالطاقةُ Energy هي المَقدرةُ على إنجازِ شُغلٍ.**

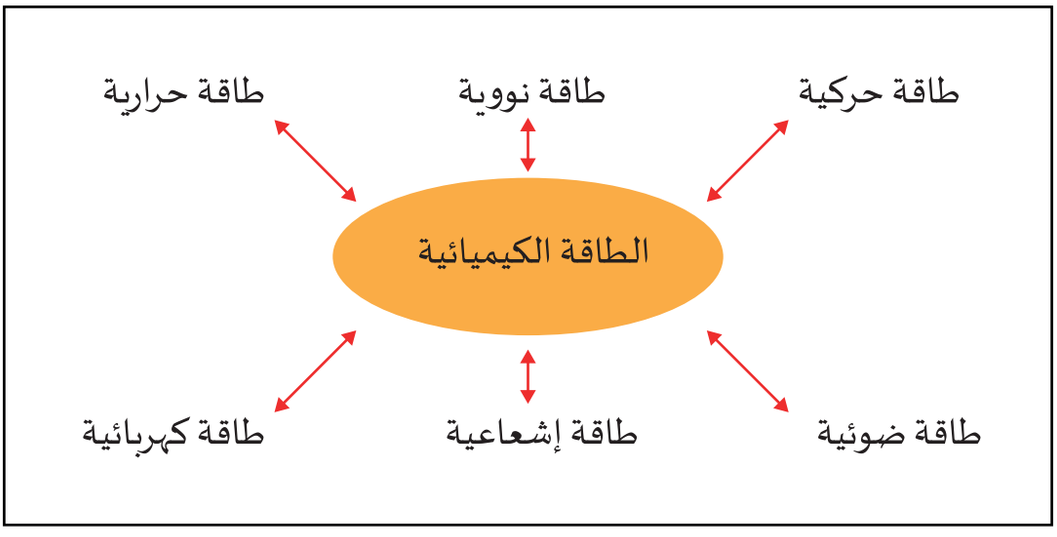
الشكل 4-1 المجهودُ البدني أو الذهني يحتاجُ إلى طاقة.

وقد درستَ أن الطاقةَ تَتواجدُ بشكلٍ عامٍّ على صورةِ **طاقةِ وَضْعٍ Potential Energy** تعتمدُ على مُوضعِ الجسمِ **وطاقةِ حركةٍ Kinetic Energy** تعتمدُ على حركةِ الجُسيماتِ، وأن الجُسيماتِ لها طاقةُ حركةٍ تَجعلُها في حركةٍ دائمةٍ، وتتناسبُ مع درجةِ الحرارةِ؛ حيث تزدادُ حركةُ الجُسيماتِ بازديادِ درجةِ الحرارةِ. ولكنْ ما دورُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

الطاقةُ الكيميائيةُ Chemical Energy

يُصاحبُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ تَغيراتٌ في الطاقةِ، فبعضُها تحتاجُ إلى طاقةٍ، وبعضُها يَنتجُ عنها طاقةٌ؛ حيث تُخزَّنُ الموادُّ المتفاعلةُ كميةً من الطاقةِ في الروابطِ تُسمَّى **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ Potential Energy of Reactants**، وتُخزَّنُ الموادُ الناتجةُ كميةً من الطاقةِ في الروابطِ تُسمَّى **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ Potential Energy of Products.**

تَتضمنُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ أشكالًا مختلفةً من الطاقةِ، فقد تكونُ حراريةً، أو ضوئيةً أو كهربائيةً، أو مَزيجًا منها. انظر الشكلَ (4-2).



الشكل 4-2 أشكالٌ من تَحولاتِ الطاقةِ الكيميائيةِ.

فاحتراقُ الفحمِ أو الغازِ الطبيعي مثلًا، يَنتجُ عنه كميةٌ كبيرةٌ من الطاقةِ الحراريةِ، وهناك تفاعلاتٌ كيميائيةٌ تُولّدُ طاقةً كهربائيةً كما في العمودِ البسيطِ، وبعضُ التفاعلاتِ تُوَلّدُ أيضًا طاقةً ضوئيةً إضافةً إلى طاقةٍ حراريةٍ مثل الألعابِ الناريةِ.

وفي التفاعلاتِ الكيميائيةِ، يُمكنُ أن تَتحولَ الطاقةُ من شكلٍ إلى آخرَ دونَ أن تُستحدثَ أو أن تَفنى، وهذا ما يُسمَّى **قانونَ حِفْظِ الطاقةِ Energy Conservation Law.**

ومن أبرزِ أشكالِ الطاقةِ الشائعةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، الطاقةُ الحراريةُ. فما أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ من حيثُ التغيرُ في الطاقةِ الحراريةِ؟

معلومة

تَتفردُ قطرُ غاز بمكانتِها بوصفِها شركةً عالميةً للطاقةِ؛ حيثُ تقومُ الشركةُ بتشغيلِ 14 خطًّا لإنتاجِ الغازِ الطبيعي المُسالِ؛ مما يجعلُ قطرَ غاز أكبرَ مُنتجٍ للغازِ الطبيعي المُسالِ والهيليوم في العالمِ. تأسستْ قطرُ غاز في عام 1984، وتقومُ بتطويرِ وإنتاجِ وتسويقِ الغاز الطبيعي ومشتقاته من أكبر حقل للغازِ الطبيعي الخامِ في العالمِ، بالإضافةِ إلى إنتاجِ الغازِ الطبيعي المُسالِ. واليوم تُواصلُ قطرُ غاز إرساءَ معاييرَ جديدةٍ في صناعةِ الغازِ الطبيعي المُسالِ من خلال قيامِها بإمدادِ العُملاءِ في جميعِ أنحاءِ العالمِ بالطاقةِ بشكلٍ آمنٍ وموثوقٍ.

الطاقةُ الحراريةُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ
Thermal Energy in Chemical Reactions

تَنقسمُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ من حيثُ التغيراتُ في الطاقةِ الحراريةِ المُصاحِبَةِ للتفاعلِ إلى نوعين، هما:

a. تَفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ.
b. تَفاعلاتٌ ماصَّةٌ للحرارةِ.

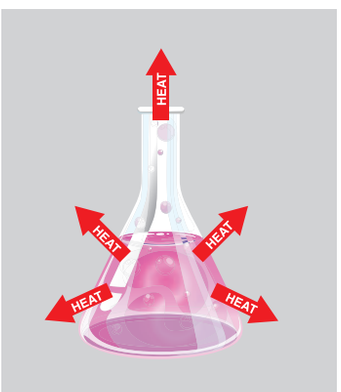
أولًا: التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارةِ Exothermic Reactions

هي التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي يُصاحبُها انطلاقُ كميةٍ من الطاقةِ الحراريةِ أثناءَ التفاعلِ كناتجٍ من نواتجِ التفاعلِ. وهي كلمةٌ مشتقةٌ من الكلمتين اليونانيتين (Exo)، والتي تَعني خارجَ و(Thermo)، وتَعني حرارةً، فاحتراقُ الفحمِ أو الغازِ الطبيعي أو الخشبِ مثلًا يُعدُّ شكلًا من أشكالِ التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ، انظر الشكلَ (4-3) الذي يُمثلُ تفاعلًا طاردًا للحرارةِ. إذ تنبعثُ كميةٌ من الطاقةِ الناتجةِ عن الاحتراقِ على شكلِ إشعاعٍ حراريٍّ. ولِتتعرَّفَ على التفاعلاتِ الطاردةَ للحرارةِ، نفِّذِ النشاطَ (4-1).

الشكل 4-3 احتراق الفحم ينتج طاقة حرارية.

نشاط 4-1	التفاعلاتُ الكيميائيةُ الطاردةُ للحرارةِ
الهدف:	يَستقصي الطاقةَ الحراريةَ المُنبعثةَ من التفاعلاتِ الكيميائيةِ .
المواد والأدوات:	كأسٌ زجاجيةٌ سعةُ 50 ml، مخبارين مدرجين، مقياس حرارة، محلول حمض HCl، محلول NaOH (لهما التركيز نفسه).
الأمنِ والسلامةِ	تعاملْ بحذرٍ مع المحاليلِ الكيميائية. ارتدِ معطفَ المختبرِ والقفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ

خُطُواتُ العملِ:



1. ضَعْ 10 ml من محلولِ حِمضِ HCl في مخبارٍ مُدرَّجٍ.
2. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ، وسجِّلْها.
3. ضَعْ 10 ml من محلول NaOH في مخبارٍ مُدرجٍ آخرَ.
4. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ، وسجِّلها.
5. أُسكبْ محتوياتِ الأنبوبين في كأسٍ زجاجيةٍ سعةَ 50 ml.
6. حرِّكِ المزيجَ بلطفٍ، وانتبهْ حتى لا ينكسرَ مقياسُ الحرارةِ.
7. قِسْ درجةَ حرارةِ المحلولِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ (أو مستشعر الحرارة)، وسجِّلها.
8. المسْ جدارَ الكأسِ الزجاجيةِ، وسجِّل ملاحظتك.

درجة حرارة HCl °C	درجة حرارة NaOH °C	درجة حرارة المزيج °C

التحليلُ

1. قارنْ بين درجةِ حرارةِ كلٍّ من المخبارين مع درجةِ حرارةِ المزيجِ.
2. هل نتجَ عن هذا التفاعلِ حرارةٌ؟ أو احتاجَ إلى حرارةٍ لكي يتمَّ التفاعلُ؟
3. اكتبْ معادلةً موزونةً للتفاعلِ الكيميائي الحادث في النشاطِ.

.....

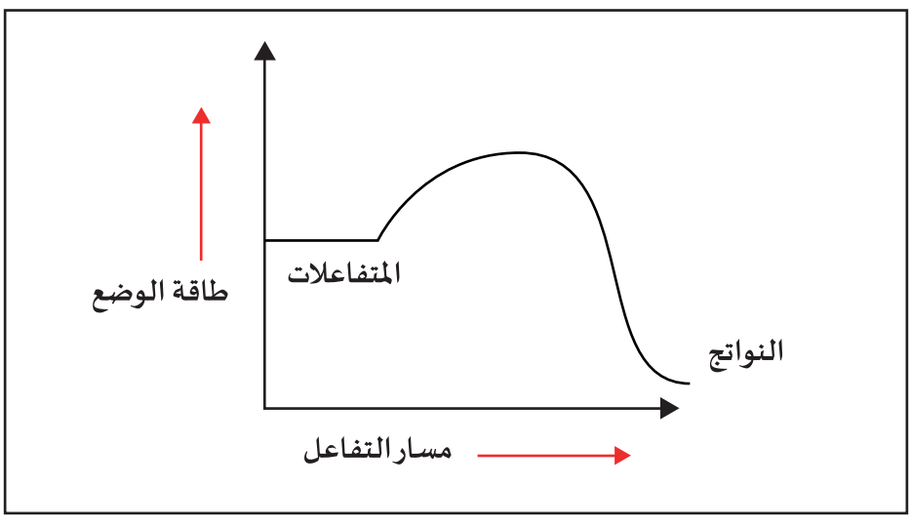
الاستنتاجُ

.....

استقصاء : بمساعدة معلمك، قم بإذابة قليل من هيدروكسيد الصوديوم الصلب $NaOH_{(s)}$ في الماء، واستنتج هل هذا الذوبان تغير طارد أم ماص للحرارة .

تُلاحظُ من النشاطِ ارتفاعَ درجةِ حرارةِ الكأسِ الزجاجيةِ بعد مَزْجِ محلولي HCl، وNaOH معًا، وهذا يدلُّ على أن التفاعلَ أنتجَ طاقةً حراريةً.

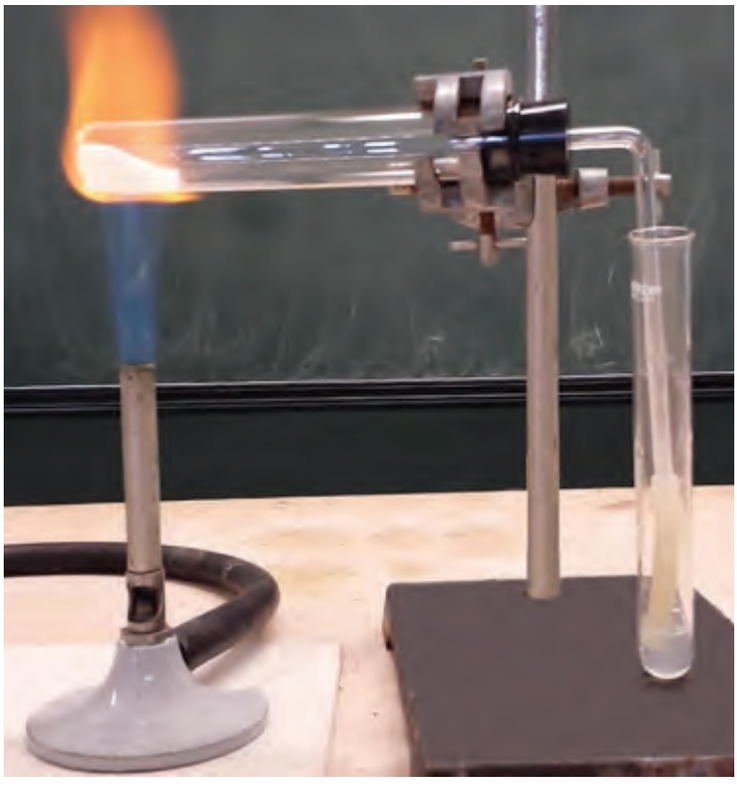
ويُمكنُ تمثيلُ التفاعلِ الطاردِ للحرارةِ كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (4-4)، الذي يَظهرُ فيه أن **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ أكبرُ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ**.



الشكل 4-4 مسارُ تفاعلٍ كيميائيٍّ طاردٍ للحرارة.

ثانيًا: التفاعلاتُ الماصَّةُ للحرارة Endothermic Reactions

هي التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي يُصاحبُها امتصاصُ كميةٍ من الطاقةِ الحراريةِ أثناء التفاعلِ. وهو مصطلحٌ مشتقٌ أيضًا من الكلمتين اليونانيتين: (endo)، وتَعني داخلَ و(thermo) التي تعني حرارةً. فالنباتاتُ تمتصُّ طاقةَ أشعةِ الشمسِ بواسطةِ عمليةٍ ماصّةٍ للحرارة تُسمَّى عمليةَ البناءِ الضوئي. ومن التفاعلاتِ الأخرى الماصّةِ للحرارةِ التفاعلُ الكيميائي الذي تَتفكَّكُ فيه كربوناتُ الكالسيوم $CaCO_3$ إلى أكسيدِ الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2، انظر الشكل (4-5). ويحتاجُ هذا التفاعلُ إلى امتصاصِ طاقةٍ حراريةٍ كافيةٍ لتزويدِ التفاعلِ بالطاقةِ الكافيةِ لإتمامِه. ولِتتعرَّفَ التفاعلَ الماصَّ للحرارةِ، نفِّذ النشاطَ (4-2).

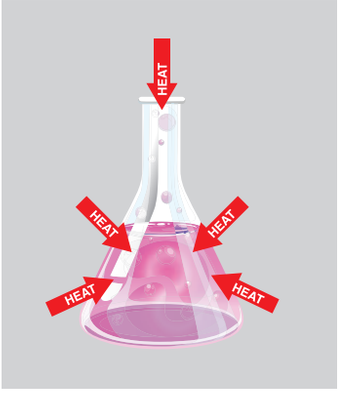


الشكل 4-5 تفاعلٌ ماصٌّ للحرارةِ

نشاط 2-4	التفاعلاتُ الكيميائيةُ الماصَّةُ للحرارةِ
الهدف:	يَستقصي الطاقةَ الحراريةَ الممتصةَ من التفاعلاتِ الكيميائيةِ. .
المواد والأدوات:	كأسٌ زجاجيةٌ سعة 100 ml مقياس حرارة، محلول حمض الإيثانويك CH_3COOH، كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، ساق زجاجية.
الأمنِ والسلامةِ	تعاملْ بحذرٍ مع المحاليل الكيميائية. ارتدِ مِعطفَ المختبر والقفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ.

خُطُواتُ العملِ:

1. ضَعْ 20 ml من محلولِ حمضِ الإيثانويك CH_3COOH في الكأسِ الزجاجيةِ. ثم قِسْ درجةَ الحرارةِ باستخدامِ مقياسِ الحرارة، وسجِّلها.
2. زِن 4 g من $NaHCO_3$ ثم أضفْها إلى الكأس. ماذا تلاحظ؟
3. حرِّكِ المحلولَ باستخدامِ ساقٍ زجاجية، ثم قِس درجةَ الحرارةِ باستخدامِ مقياسِ الحرارةِ (أو مستشعرِ الحرارة)، وسجِّلها في الجدولِ أدناه.



التحليلُ

درجة حرارة CH_3COOH °C	درجة حرارة المزيج °C

1. قارنْ بين درجةِ حرارةِ كلٍّ من حمضِ الإيثانويك CH_3COOH في بدايةِ التفاعلِ، ودرجةِ حرارةِ المزيجِ.
2. هل نتجَ عن هذا التفاعلِ حرارةٌ؟ أو احتاجَ إلى حرارةٍ لكي يَتمَّ التفاعلُ؟
3. اكتب معادلة موزونة للتفاعل الكيميائي الحادث في النشاط.

.....

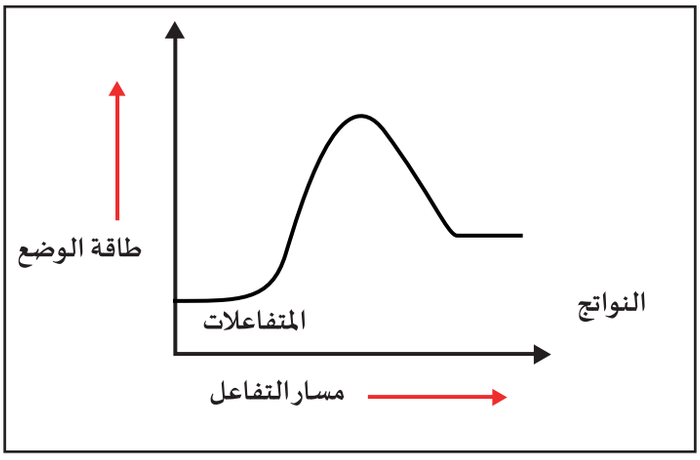
الاستنتاجُ

.....

استقصاء :

بمساعدة معلمك،اعد خطوات العمل السابقة باستخدم المواد الآتية : محلول نتريت الصوديوم $NaNO_2$ ، ومحلول كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ، واستنتج هل التفاعل طارداً أم ماصاً للحرارة.

تُلاحظُ من النشاطِ انخفاضَ درجةِ حرارةِ الكأسِ الزجاجيةِ بعد إضافةِ كربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينية $NaHCO_3$ إلى محلولِ حِمضِ الإيثانويك CH_3COOH، وهذا يدلُّ على أن التفاعلَ يحتاجُ إلى طاقةٍ حراريةٍ لكي يحدثَ. ويُمكنُ تَمثيلُ التفاعلِ الماصِّ للحرارة كما في الشكل (6-4) الذي يَظهرُ فيه أن **طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ أقلُّ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجة**.



الشكل 6-4 مسارُ تفاعلٍ كيميائيٍّ ماص للحرارة.

التغير في المُحتوى الحراري Enthalpy Change ΔH

يهتمُّ الكيميائيون بدراسةِ تَغيراتِ الطاقةِ المُصاحبَةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ التي يُرافقُها تَغيراتٌ في الطاقةِ الحراريةِ خلال عمليةِ تَكسيرِ الروابطِ وتَكوينِها. ويُسمَّى مجموعُ هذه التغيراتِ **حرارةَ التفاعلِ Heat of reaction** التي يمكنُ تعريفُها على أنها كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ أو الممتصَّةِ أثناءَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

ويَعتمدُ انطلاقُ الطاقةِ الحراريةِ أو امتصاصُها على طبيعةِ الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، ويَعتمدُ أيضًا على كميةِ الطاقةِ المَخزونةِ في هذه الموادِّ، وهو ما يُعرفُ بالمحتوى الحراري للمادة؛ ويُعرّفُ **المحتوى الحراري Enthalpy** بأنه الطاقةُ المُختزَنَةُ في مولٍ واحدٍ من المادة، ويُرمزُ له بالرمزِ H. وتُقاسُ كميةُ الحرارةِ بوحدةِ الكيلو جول .

ويُعبّرُ عن الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلِ **بالتغيرِ في المحتوى الحراري Enthalpy Change** بين الموادِّ الناتجةِ والموادِّ المتفاعلةِ. ويُساوي الفرقَ بين طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ وطاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ. ويرمزُ لها بالرمز ΔH. ويُمكنُ التعبيرُ عن التغيرِ في المحتوى الحراري بالعلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

التغير في المحتوى الحراري = المحتوى الحراري للمواد الناتجة - المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

$$\Delta H = H(products) - H(reactants)$$

وعندما تكونُ قيمةُ ΔH سالبةً، فهذا يَعني أن التفاعلَ طاردٌ للحرارة، أما إذا كانت قيمةُ ΔH موجبةً، فهذا يَعني أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارةِ.

مثال(1):	إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 20 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 10 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراري ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارةِ.
الحل:	$\Delta H = H(products) - H(reactants)$ $= 10 - 20$ $= -10\ kJ$ بما أن قيمةَ ΔH لهذا التفاعلِ سالبةٌ، فالتفاعلُ طاردٌ للحرارة.

مثال(2):	إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 40 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 70 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارة.
الحل:	$\Delta H = H(products) - H(reactants)$ $= 70 - 40$ $= +30\ kJ$ بما أن قيمةَ ΔH لهذا التفاعلِ موجبةٌ، فالتفاعلُ ماصٌّ للحرارة.

اختبر نفسك

إذا علمتَ أن المحتوى الحراريَّ للموادِّ المتفاعلةِ في تفاعلٍ ما يُساوي 20 kJ، وأن المحتوى الحراريَّ للموادِّ الناتجةِ يُساوي 60 kJ. اِحسبِ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلِ. ثم حدِّدْ نوعَ التفاعلِ من حيثُ كونِه طاردًا أو ماصًّا للحرارة.

المعادلةُ الكيميائيةُ الحراريةُ Thermal Chemical Equation

يُمكنُ التعبيرُ عن التفاعلاتِ الكيميائيةِ سواءً أكانت طاردةً للحرارة أم ماصّةً للحرارةِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ يَظهرُ فيها كميةُ الطاقةِ الحراريةِ المُصاحبةِ للتفاعلِ سواءً أكانت هذه الطاقةُ مفقودةً (منطلقة) أم مُمتصَّةً (مكتسبة). كما يأتي:

- **تُكتبُ المعادلةُ الكيميائيةُ للتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:**

مواد متفاعلة ⟶ مواد ناتجة + **طاقة حرارية**

حيثُ تُكتبُ كميةُ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا النوعِ من التفاعلاتِ في جهةِ الموادِّ الناتجةِ من التفاعلِ؛ مما يدلُّ على أن التفاعلَ طاردٌ للحرارة، وتُسمَّى مثلُ هذه المعادلاتِ **بالمعادلاتِ الكيميائيةِ الحرارية Thermal Chemical Equations** ، كما هو مُوضَّحٌ في المثالِ الآتي الذي يُبينُ المعادلةَ الكيميائيةَ الحراريةَ لتفاعلِ غازِ الهيدروجين مع غازِ النيتروجين لإنتاجِ غازِ الأمونيا:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + \mathbf{91.8\ kJ}$$

وتكونُ الطاقةُ الحراريةُ للموادِّ المتفاعلةِ H(reactants) في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ أكبرَ من الطاقةِ الحراريةِ للموادِّ الناتجةِ H(products) ؛لذلك عند طَرْحِ قِيمةِ H(reactants) من قيمةِ H(products) نحصلُ على قيمةٍ سالبةٍ؛ وبهذا فإن قيمةَ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ ΔH للتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ قيمةٌ سالبةٌ دائمًا، ويُمكنُ التعبيرُ عن معادلةِ التفاعلِ السابقِ كما يأتي:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = \mathbf{-91.8\ kJ}$$

اختبر نفسك

مثِّلِ التفاعلَ الآتيَ بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ موزونةٍ:

يحترقُ الكربونُ الصلبُ (C) بوجود غازِ الأكسجين (O_2) ، لينتجَ غازُ ثاني أكسيدِ الكربون (CO_2) وكميةٌ من الحرارةِ قدرُها 394 kJ.

.....

- **تُكتبُ المعادلةُ الكيميائيةُ للتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:**

مواد متفاعلة + **طاقة حرارية** ⟶ مواد ناتجة

حيثُ تُكتبُ كميةُ الطاقةِ المصاحبةِ لهذا النوعِ من التفاعلاتِ في جهةِ الموادِّ المتفاعلةِ؛ مما يدلُّ على أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارة، ويُعبَّرُ عن ذلك بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ، كما في المثال الآتي الذي يُوضِّحُ تفاعلَ غازِ الأكسجين مع غازِ النيتروجين لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ النيتروجين:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \mathbf{66.4\ kJ} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

وتكونُ الطاقةُ الحراريةُ للموادِّ الناتجةِ H(products) في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ أكبرَ من الطاقةِ الحراريةِ للموادِّ المتفاعلةِ H(reactants) ؛ لذلك عند طَرْحِ قِيمةِ H(reactants) من قيمةِ H(products) نحصلُ على قيمةٍ مُوجَبةٍ؛ وبهذا فإن قيمةَ التغيرِ في المحتوى الحراريّ ΔH للتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارة يكون قيمةً موجبةً دائمًا، ويُمكنُ التعبيرُ عن معادلةِ التفاعلِ السابقِ كما يأتي:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H = \mathbf{+\ 66.4\ kJ}$$

اختبر نفسك

عبِّرْ عن التفاعلِ الآتي بمعادلةٍ كيميائيةٍ حراريةٍ موزونةٍ:
يَتفاعلُ غازُ الهيدروجين H_2 مع اليودِ I_2 في الحالةِ الغازيةِ، ويَمتصُّ التفاعلُ كميةً من الحرارةِ قدرُها 53 kJ، لينتجَ غازُ يوديد الهيدروجين HI.

.....

يوضحُ الجدولُ (4-1) أمثلةً على التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ والتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ وقيمةَ ΔH لكلٍّ منها.

التفاعل الكيميائي	ΔH (kJ)
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$	-590.4
$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$	-566.0
$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$	-393.5
$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$	-3351
$N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$	+182.6
$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$	+66.4
$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$	-483.6
$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$	-571.6
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$	-91.8
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \longrightarrow 2HI_{(g)}$	+53.0
$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	+3.88
$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$	-55.8

الجدول (4-1) أمثلة على التفاعلاتِ الطاردةِ والتفاعلاتِ الماصّةِ للحرارة.

اختبر نفسك

أكملِ الجدولَ الآتيَ بما يناسبُه:

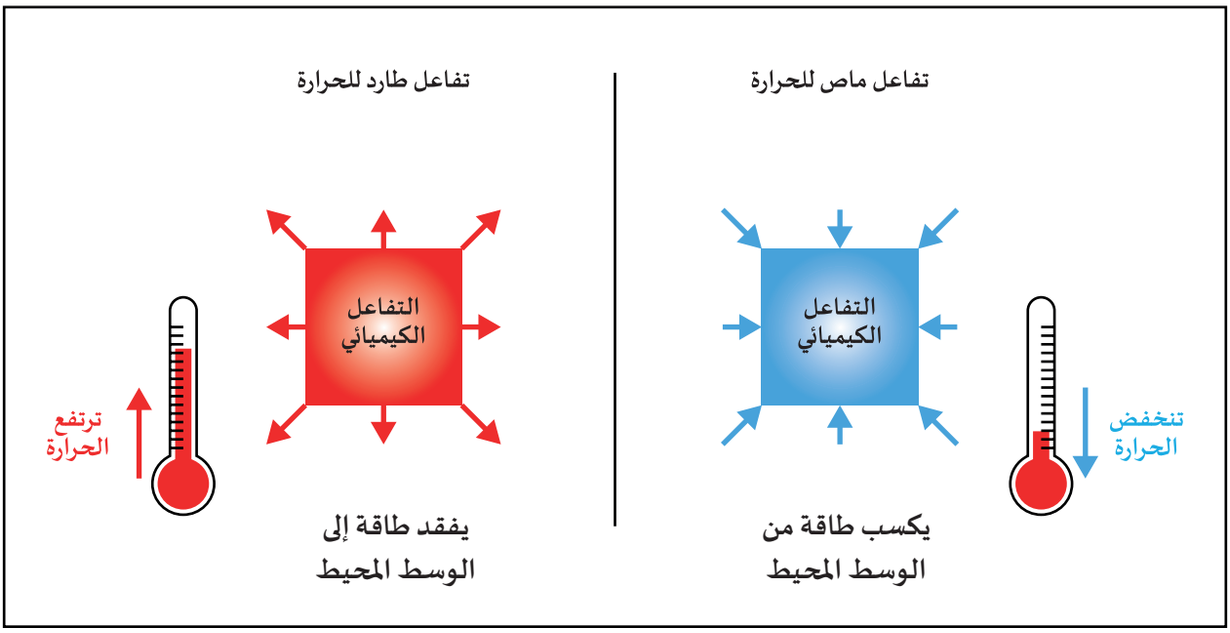
(H) للمواد المتفاعلة kJ	(H) للمواد الناتجة kJ	ΔH kJ	إشارة ΔH	نوع التفاعل (ماص/ طارد)
55	70	.....	.....	.....
.....	120	160	سالبة	.....
60	.....	50	سالبة	.....

يمكنُ تلخيصُ الفرقِ بين التفاعلاتِ الكيميائيةِ الطاردةِ للحرارةِ، والتفاعلاتِ الكيميائيةِ الماصَّةِ للحرارةِ في الجدول (4-2):

جدول 4-2 مقارنةٌ بين التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارة، والتفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارة.

التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارة	التفاعلاتُ الماصَّةُ للحرارة
يُطلقُ حرارةً	يَمتصُّ حرارةً
إشارةُ ΔH سالبةٌ	إشارةُ ΔH موجبةٌ
طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ أقلُّ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ.	طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ أكبرُ من طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ
قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ تُكتبُ مع النواتجِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.	قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ تُكتبُ مع المتفاعلاتِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.

ويُمثلُ الشكلُ (4-7) انطلاقَ الحرارةِ في تفاعلٍ طاردٍ للحرارة، وكذلك امتصاصُ الحرارةِ في تفاعلٍ ماصٍّ للحرارة.



الشكل 4-7 انطلاقُ الحرارةِ وامتصاصُها في التفاعلاتِ

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأول

الأفكار الرئيسة:

- التفاعلاتُ الطاردةُ للحرارةِ هي تفاعلاتٌ كيميائيةٌ يُصاحبُها انطلاقُ كميةٍ من الحرارةِ أثناءَ التفاعلِ كناتجٍ من نواتجِ التفاعلِ.
- التفاعلاتُ الماصّةِ للحرارةِ هي تفاعلاتٌ كيميائيةٌ يُصاحبُها امتصاصُ كميةٍ من الحرارةِ أثناءَ التفاعلِ.
- المحتوى الحراري (H) هو الطاقةُ المُختزَنةُ في مولٍ واحدٍ من المادة.
- التغيرُ في المحتوى الحراريّ ΔH، هو كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ أو المُمتصَّةِ خلال التفاعلِ الكيميائي.
- إذا كانت قيمةُ ΔH للتفاعلِ موجبةً، فالتفاعلُ ماصٌّ للحرارة.
- إذا كانت قيمةُ ΔH للتفاعلِ سالبةً، فالتفاعلُ طاردٌ للحرارة.
- التغيرُ في المحتوى الحراريّ = المحتوى الحراري للموادِّ الناتجةِ – المحتوى الحراري للموادِّ المتفاعلةِ

$$\Delta H = H(\text{products}) - H(\text{reactants})$$

- تُكتَبُ كميةُ الحرارةِ الممتصةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ مع الموادِّ المتفاعلةِ.
- تُكتَبُ كميةُ الحرارةِ المنطلقةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ مع الموادِّ الناتجةِ.

تقويم الدَّرْسِ الأول

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحة فيما يأتي:

1. أيٌّ من المعادلاتِ الآتيةِ تُعبرُ عن تفاعلٍ طاردٍ للحرارة؟

   a- A + حرارة ⟶ B

   b- A ⟶ B + حرارة

   c- A + B + حرارة ⟶ C+D

   d- AB $\xrightarrow{\text{حرارة}}$ A+B

2. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريّ ΔH بوحدةِ kJ، إذا علمتَ أن المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة يساوي 120 kJ والمحتوى الحراري للمواد الناتجة يساوي 140 kJ؟

   a. + 260

   b. - 260

   c. + 20

   d. - 20

3. أيُّ العباراتِ الآتيةِ صحيحةٌ؟

   a. في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ تظهرُ الحرارةُ جهةَ الموادِّ المتفاعلةِ.

   b. في التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ تكونُ طاقةُ الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.

   c. في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ تظهرُ الحرارةُ جهةَ الموادِّ الناتجةِ.

   d. في التفاعلاتِ الماصَّةِ للحرارةِ تكونُ طاقةُ الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من طاقةِ الموادِّ الناتجةِ.

4. ما العبارةُ الصحيحةُ فيما يتعلقُ بالتفاعلِ الآتي؟

   $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} + Heat$

   a. التفاعلُ ماصٌّ للحرارة.

   b. إشارةُ ΔH سالبةٌ.

   c. طاقةُ المتفاعلاتِ أقلُّ من طاقةِ النواتجِ.

   d. قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريّ موجبةٌ.

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

5. في تفاعلٍ ما، وُجد أن ΔH للتفاعلِ يُساوي kJ 60+، وأن طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ يُساوي kJ 25، فكم تكونُ طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ بوحدةِ kJ؟

a. 35

b. 65

c. 25

d. 85

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرة:

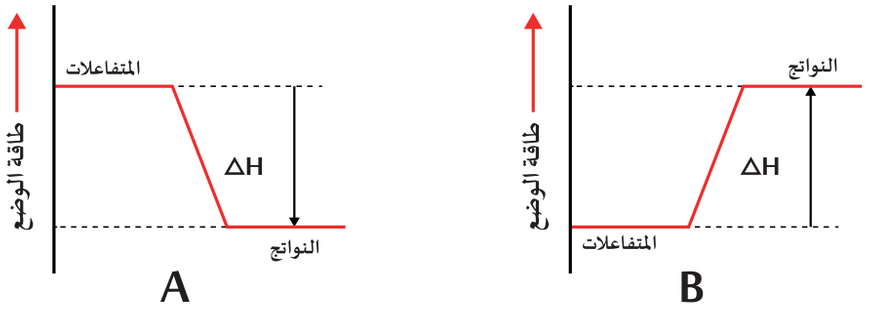
1. ما المقصودُ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:

-a التغيرُ في المحتوى الحراريّ.

-b التفاعلُ الطاردُ للحرارة.

-c التفاعلُ الماصُّ للحرارة.

2. لديك الشكلان الآتيان اللذان يمثّلان التغيرَ في المحتوى الحراريّ لتفاعلين، أحدُهما تفاعلٌ ماصٌّ للحرارة، وآخرُ تفاعلٌ طاردٌ للحرارة، ادرسْه جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



-a أيُّ التفاعلين السابقين يمثلُ تفاعلًا طاردًا للحرارة؟

-b أي التفاعلين السابقين يمثلُ تفاعلًا ماصًّا للحرارة؟

-c قارنْ بين طاقةِ الوَضعِ للموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ في الشكل A.

-d قارنْ بين طاقةِ الوَضعِ للموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ في الشكل B.

-e ما إشارةُ ΔH للتفاعلِ A؟

-f ما إشارةُ ΔH للتفاعلِ B؟

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

3. مثِّلِ التفاعلين الآتيين بمعادلاتٍ كيميائيةٍ حراريةٍ.

a- تَفكُّكُ مولٍ واحدٍ من كربونات الباريوم $BaCO_3$ الصلبةِ، منتجةً مولًا واحدًا من أكسيد الباريوم الصلب BaO ومولًا واحدًا من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وامتصاصَ طاقةٍ مقدارُها 267 kJ.

b- تفاعلُ مولٍ واحدٍ من غاز الهيدروجين H_2 مع مولٍ واحدٍ من غازِ الكلور Cl_2 لإنتاجِ 2 مولٍ من غاز كلوريد الهيدروجين HCl، وطاقةٍ مقدارُها 182 kJ.

4. قارنْ بين التفاعلِ الطاردِ للحرارة، والتفاعلِ الماصِّ للحرارة كما في الجدول الآتي:

المقارنة	التفاعلُ الطاردُ للحرارة	التفاعلُ الماصُّ للحرارة
إشارة ΔH		
العلاقةُ بين طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ وطاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ.		
مكانُ كتابةِ قيمةِ الطاقةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ.		
الطاقةُ المصاحبةُ للتفاعلِ (مُمتَصَّة / مُنطلقة)		

5. صنِّفِ التفاعلاتِ الآتيةَ إلى تفاعلاتٍ ماصَّةٍ للحرارةِ وتفاعلاتٍ طاردةٍ للحرارةِ:

a- $C_{(s)}+O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $(\Delta H = -393.5\ kJ)$

b- $N_{2(g)}+O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$ $(\Delta H = +180.5\ kJ)$

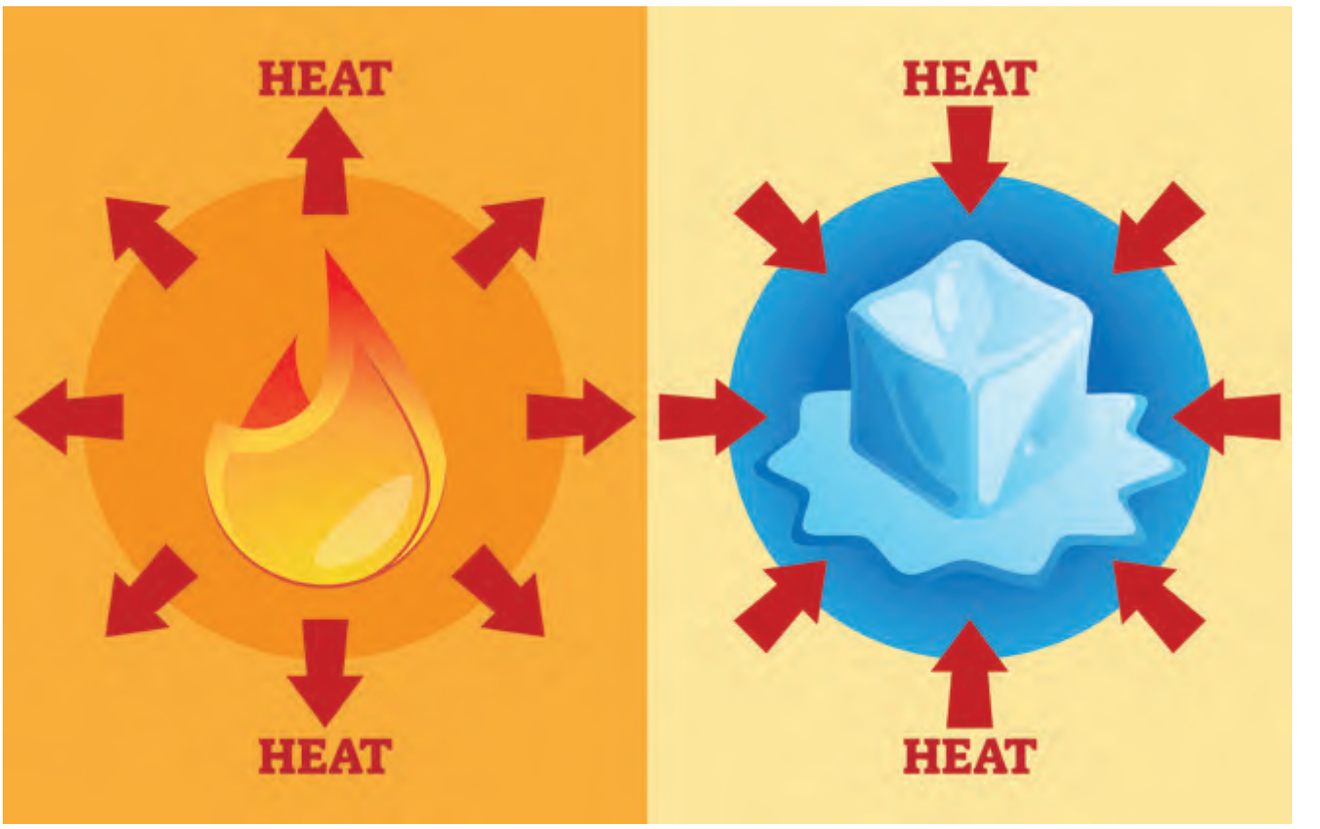
c- $2NaHCO_{3\,(s)} + Heat \longrightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

d- $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} + Heat$

6. استقصاء : ابحث مع زملائك في كيفية عمل الكمادات التي يستخدمها الرياضيون.

الدَّرسُ الثاني 2-4

تمثيل مُخططاتُ الطاقةِ في التَّفاعُلاتِ الكيميائيةِ
Construction of Energy Profile Diagrams



التَّجارِبُ والأنشِطة

(3-4) طاقةُ الرابطةِ.

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُدركَ أن تكسيرَ الروابطِ يُصاحَبُ بامتصاصِ الحرارةِ، بينما يُصاحَبُ تَكوينُ الروابطِ بانطلاقِ حرارةٍ.
- يُمثلَ التفاعلاتِ الطاردةَ للحرارةِ والتفاعلاتِ الماصَّةَ للحرارةِ وطاقةَ التنشيطِ باستخدامِ مُخططِ الطاقةِ.
- يُوضِّحَ كيف يُمكنُ أن يُوفرَ العاملُ الحفّازُ مَسارًا بديلًا من الطاقةِ مع طاقةِ تنشيطٍ أقلَّ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

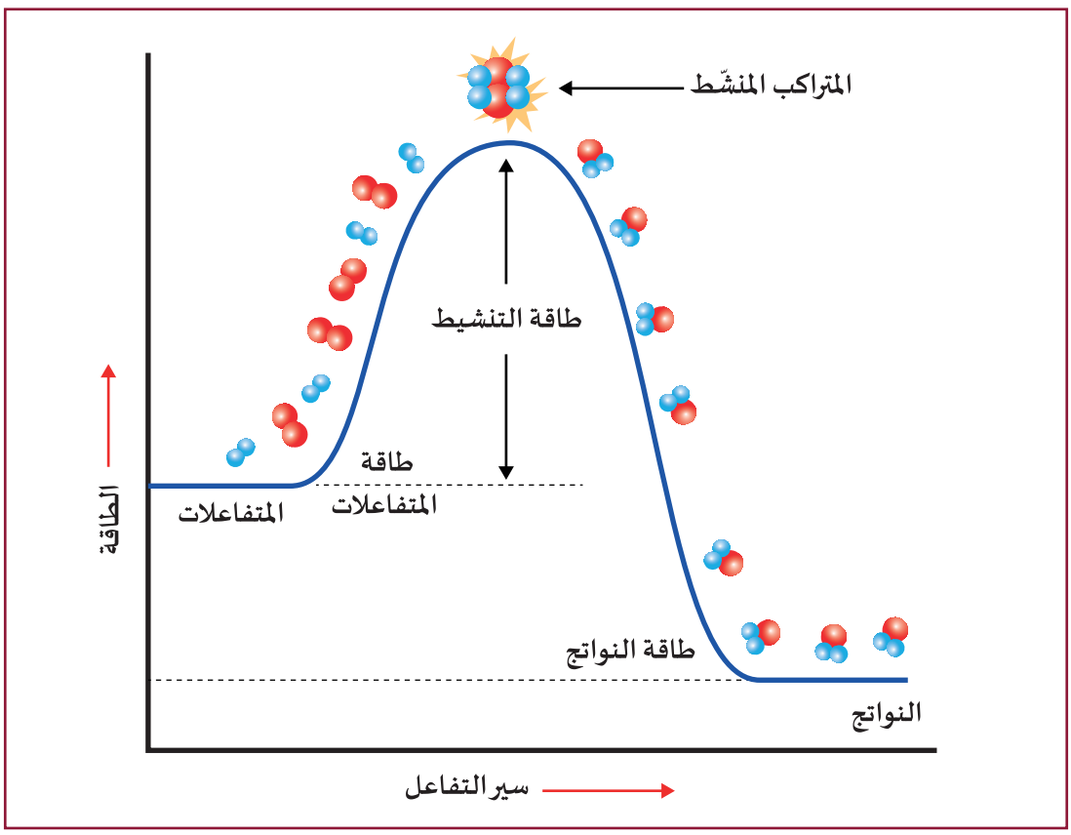
طاقةُ التنشيطِ	Activation Energy
المُتراكبُ المُنشطُ	Activated Complex
طاقةُ الرابطةِ	Bond Energy

مُقدِّمة

درستَ سابقًا أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ يُصاحبُها تغيّراتٌ في الطاقةِ، فهناك تفاعلاتٌ طاردةٌ للطاقةِ الحرارية، وهناك تفاعلاتٌ ماصَّةٌ للطاقة الحرارية. فاحتراقُ الفحمِ مثلًا يُنتِجُ كميةً من الحرارةِ تعتمدُ على كميةِ المادةِ المُحترِقةِ، وتُكتبُ قيمةُ الطاقةِ الحراريةِ في المعادلةِ الكيميائيةِ في جهةِ الموادِّ الناتجةِ بِوَصفِها طاقةً مُنطلِقَةً أو في جهةِ الموادِّ المُتفاعلةِ بِوصْفِها طاقةً مُمتصَّةً.

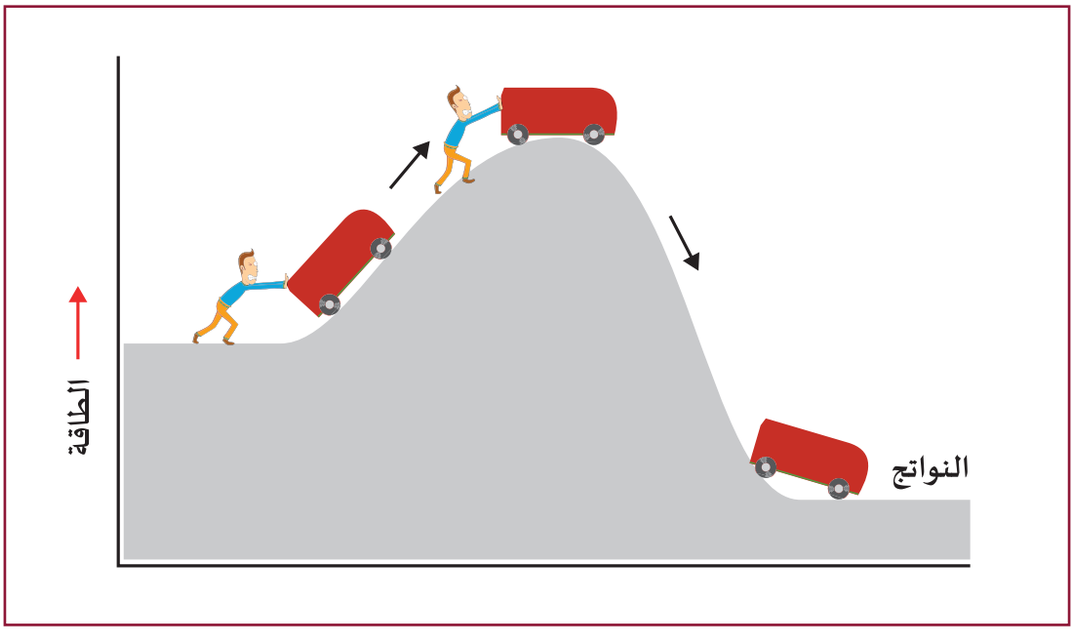
طاقةُ التنشيطِ Activation Energy

درستَ سابقًا أن التفاعلاتِ الكيميائيةَ تحدثُ عندما تَتصادمُ دقائقُ الموادِّ المتفاعلةِ، ويكونُ اتجاهُ تَصادُمِها مناسبًا، وكذلك تَمتلكُ الحدَّ الأدنى من الطاقةِ الحركيةِ اللازمةِ لتكسيرِ الروابطِ بين دقائقِ الموادِّ المتفاعلةِ والتي سُميتْ **طاقةَ التنشيطِ Activation Energy**. وهذه الطاقةُ تُضعِفُ الروابطَ بين ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ وتُؤدي إلى كَسرِها، وبالمقابلِ يبدأُ تَكوّنُ روابطَ جديدةً بين هذه الذراتِ؛ ونتيجةً لذلك يَتكوَّنُ **المُتراكبُ المُنشطُ Activated Complex** وهو بناءٌ وسيطٌ غيرُ مستقرٍ يَتكوَّنُ من تَجَمُّعِ الذراتِ جميعِها، له أعلى طاقةِ وَضْعٍ، يحدثُ خلالَه تَكسيرُ روابطَ وتكوينُ روابطَ جديدةً؛ مما يؤدي إلى تكوينِ موادَّ ناتجةً جديدةً، أو تعودُ الموادُّ المتفاعلةُ كما كانت مرةً أخرى. انظرِ الشكلَ (4-7).



الشكل 4-7 مَسارُ تفاعلٍ طاردٍ للطاقةِ الحراريةِ.

تُلاحظُ من الشكلِ أن طاقةَ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ تزدادُ حتى تصلَ إلى أعلى قيمةٍ لها تُسمَّى طاقةَ وَضْعِ المُتراكبِ المُنشّطِ. ويُمكنُ تَمثيلُ فكرةِ الطاقةِ في التفاعلِ الكيميائي المُوضحِ في الشكل (4-8) من خلال شخصٍ يقومُ بدفعِ عربةٍ ثقيلةٍ إلى قمةِ التلِّ، فإذا كان التلُّ مرتفعًا، فسوف يحتاجُ الشخصُ إلى طاقةٍ كبيرةٍ لدفعِ العربةِ نحوَ القمةِ، وسيستغرقُ وقتًا طويلًا للوصولِ إلى قمةِ التلِّ، أما إذا كان التلُّ مُنخفضًا فسوف يحتاجُ الشخصُ إلى كميةٍ أقلَّ من الطاقةِ، ووقتٍ أقل لدفعِ العربةِ إلى قمةِ التلِّ.



الشكل 4 - 8 تمثيل طاقة التنشيط.

وبتطبيقِ هذه الفكرةِ على التفاعلِ الكيميائي، نجدُ أنه عندما تكونُ قيمةُ طاقةِ التنشيطِ عاليةً، فإن ذلك يَعني أن عددًا قليلًا من التصادماتِ له طاقةٌ كافيةٌ لتكوينِ المتراكبِ المنشطِ، فتكونُ سرعةُ التفاعلِ بطيئةً، أما إذا كانت قيمةُ طاقةِ التنشيطِ مُنخفضةً، فهذا يَعني أن هناك عددًا كبيرًا من التصادماتِ لها طاقةٌ كافيةٌ لحدوثِ التفاعلِ، فيكونُ التفاعلُ أسرعَ.

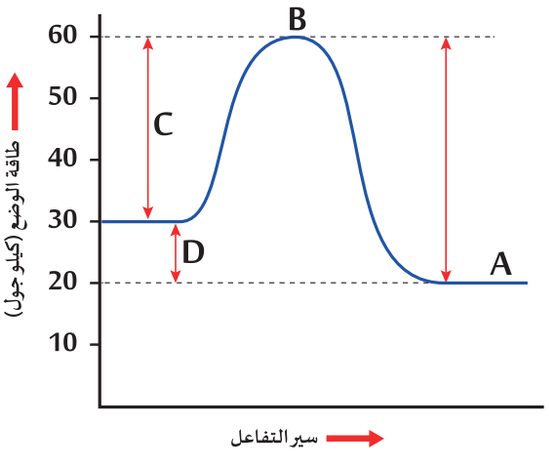
إثراء

التفاعلُ الأماميُّ والتفاعلُ العكسيُّ

لاحظْ أن بعضَ التفاعلاتِ قد كُتبتْ بوَضْعِ سهمٍ ذي اتجاهٍ واحدٍ (⟶)، وبعضَها الآخرَ كُتبتْ بوَضْعِ سهمين متعاكسين (⇌)، فما الفرقُ بينهما؟ التفاعلاتُ التي تحدثُ في اتجاهٍ واحدٍ تنتهي بانتهاءِ التفاعلِ بين الموادِّ المتفاعلةِ، ولا يحدثُ تفاعلٌ بين الموادِّ الناتجةِ. بينما التفاعلاتُ التي تُكتَبُ بسهمٍ مُزدوجٍ فلا تنتهي بانتهاءِ التفاعلِ بين الموادِّ المتفاعلةِ، ولكنْ يُمكنُ للموادِّ الناتجةِ أن تتفاعلَ أيضًا مع بعضِها البعضِ لتكوينِ الموادِّ المتفاعلةِ مرة أخرى، وهذا النوعُ من التفاعلاتِ يُسمّى تفاعلاتٍ انعكاسيةً Reversible reactions، ويُسمّى التفاعلُ الذي يحدثُ بين الموادِّ المتفاعلةِ التفاعلَ الأماميَّ، بينما يُسمّى التفاعلُ الذي يحدثُ بين الموادِّ الناتجةِ التفاعلَ العكسيَّ.

تدريب (1):

ادرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ سيرَ تفاعل افتراضي، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



1. إلامَ تُشيرُ كلٌّ من الرموزِ الآتية: A، B، C، D ؟
2. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟
3. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟
4. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟

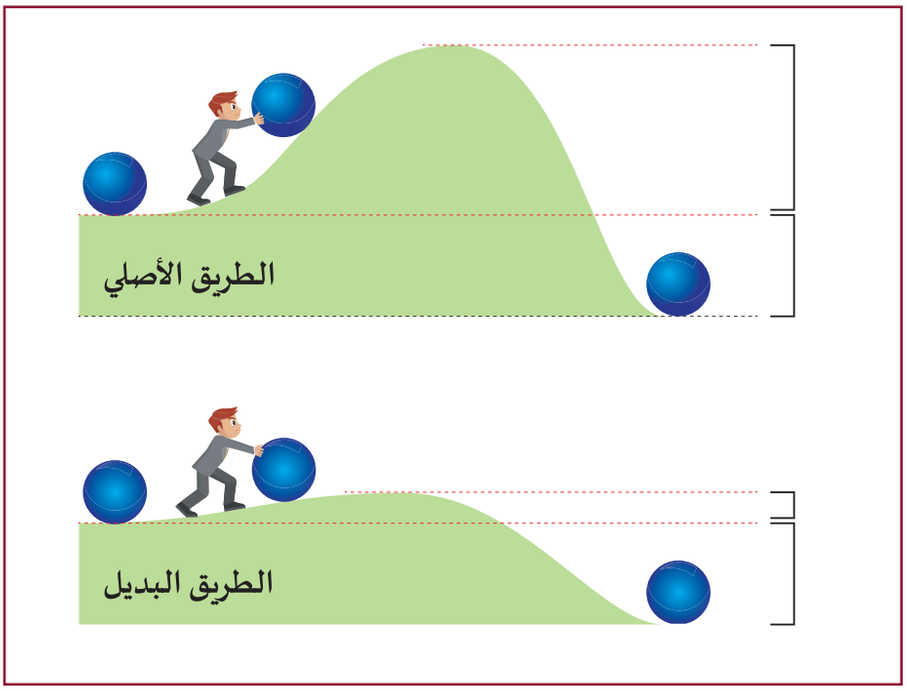
الحل:

1. الرمز A: .....
   الرمز B: .....
   الرمز C: .....
   الرمز D: .....
2. طاقةُ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ: .....
3. طاقةُ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ: .....
4. طاقةُ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ: .....

أثرُ العاملِ الحفّازِ في طاقةِ التنشيطِ

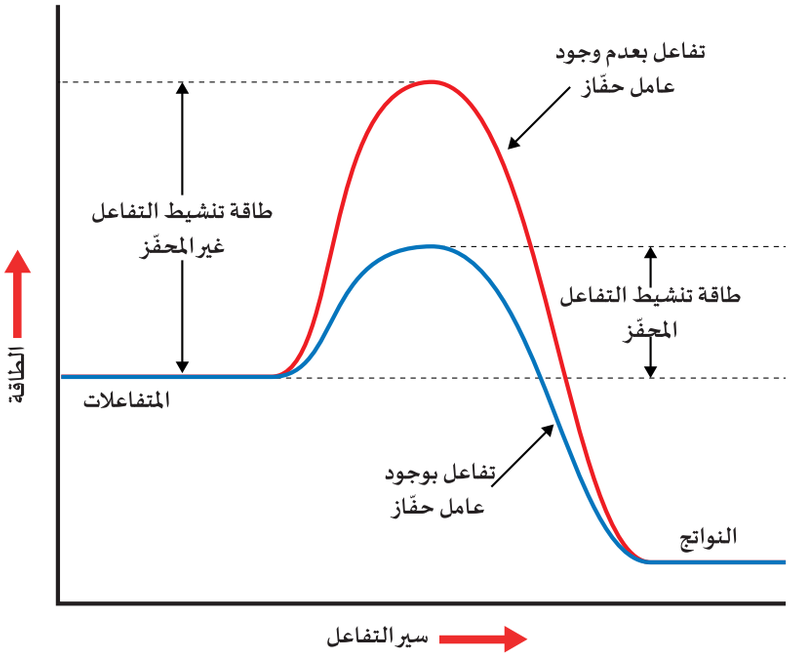
Effects of Catalyst on Activation Energy

درستَ سابقًا أن العاملَ الحفّازَ يزيدُ من سرعةِ التفاعلِ الكيميائي، وقد أثبتتِ التجاربُ أن العاملَ الحفّازَ يُمهّدُ طريقًا بديلًا أكثرَ سُهولةً للتفاعلِ، كما هو مُوضَّحٌ في الشكلِ (4-9).



الشكل 4-9 العاملُ الحفَّازُ يُمهدُ طريقًا بديلًا أكثرَ سهولةً.

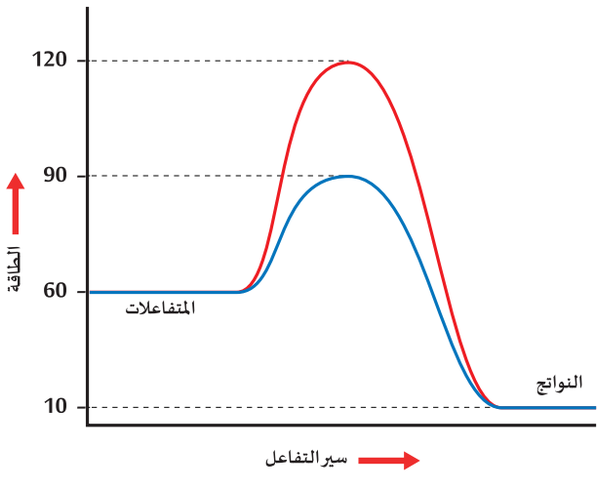
حيثُ يُقلِّلُ العاملُ الحفّازُ من طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ للتفاعلِ، مقارنةً بتلك الطاقةِ المطلوبةِ في حالِ غيابهِ، وكذلك يُقللُ من طاقةِ وَضعِ المتراكبِ المنشطِ، ويَقِلُّ زمنُ حدوثِ التفاعلِ، ولكنه لا يُؤثرُ في طاقةِ وَضعِ كلٍّ من الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، كما أنه لا يؤثرُ في التغيرِ في المحتوى الحراري ΔH. انظرِ الشكلَ (4-10) الذي يُوضِّحُ العلاقةَ بين الطاقةِ وسَيرِ التفاعلِ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبِعدمِ وجودِه.



الشكل 4-10 العلاقةُ بين الطاقةِ وسَيرِ التفاعلِ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبعدمِ وجودِه.

تدريب (2):

أُدرسِ الشكلَ الآتيَ الذي يُمثلُ سيرَ تفاعلٍ افتراضيٍّ، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



1. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟
2. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟
3. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بدونِ وجودِ العاملِ الحفّازِ؟
4. ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بوجودِ العاملِ الحفّازِ؟
5. ما مقدارُ التغيرِ في طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ عند إضافةِ عاملٍ حفّازٍ؟
6. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراريّ ΔH للتفاعلِ؟
7. هل التفاعلُ ماصٌّ للطاقةِ الحراريةِ؟ أو طاردٌ لها؟

الحل:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....

اختبر نفسك

ما أثرُ العاملِ الحفّازِ في كلٍّ من:

a. سرعةِ التفاعلِ.

b. طاقةِ التنشيطِ.

c. زمنِ التفاعلِ.

طاقةُ الرابطةِ الكيميائيةِ Chemical Bond Energy

تَترابطُ الذراتُ بعضُها ببعضٍ بوساطةِ روابطَ كيميائيةٍ، وتُعرّفُ **الرابطةُ الكيميائيةُ Chemical Bond** بأنها قوةُ تَجاذُبٍ بين الدقائقِ (مثل الذرات أو الأيونات) لتكوينِ مُركباتٍ جديدةٍ، ويحدثُ في التفاعلِ الكيميائي تكسيرُ روابطَ كيميائيةٍ بين دقائقِ الموادِّ المتفاعلةِ، وتكوينِ روابطَ جديدةً بين دقائقِ الموادِّ الناتجةِ.

وكلما زادتْ قوةُ التجاذبِ كانت الرابطةُ أقوى. وتُخزّنُ الرابطةُ الكيميائيةُ كميةً من الطاقةِ تُسمَّى **طاقةَ الرابطةِ Bond Energy** وتُعرّفُ بأنها كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لِكَسرِ الرابطةِ بين ذرتين بينهما رابطةٌ تَساهُميةٌ في جُزيءٍ في الحالةِ الغازيةِ، ووِحدةُ قِياسِها كيلو جول/مول وتُكتَبُ kJ/mol. وتُعَدُّ الطاقةُ مِقياسًا لقوةِ الرابطةِ الكيميائيةِ. فالرابطةُ الأقوى تمتلكُ الطاقةَ الأكبرَ وتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ لكسرِها. وتَعتمدُ كميةُ الطاقةِ المتصَّةِ على نوعِ الذراتِ، ونوعِ الروابطِ بينها وعددِها، فمثلًا في المعادلتين الآتيتن:

$$H\text{-}H_{(g)} + 436\ kJ/mol \longrightarrow H_{(g)} + H_{(g)}$$

$$N\text{-}N_{(g)} + 170\ kJ/mol \longrightarrow N_{(g)} + N_{(g)}$$

تُلاحظُ من المعادلتين السابقتين أن طاقةَ الرابطةِ H-H أعلى من طاقةِ الرابطةِ N-N، وهذا يَعني أنه يلزمُ كميةً أعلى من الطاقةِ لكسرِ الرابطةِ H-H مقارنةً بكميةِ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ N-N.

ويُصاحِبُ عمليةَ تَكسيرِ الروابطِ وتَكوينِها انبعاثُ طاقةٍ أو امتصاصُها. فإذا كانت الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من الطاقةِ الناتجةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ طاردًا للطاقةِ على شكلِ حرارةٍ وتكونُ إشارةُ ΔH سالبةً؛ مما يؤدي إلى رفعِ درجةِ حرارةِ وعاءِ التفاعلِ.

أما إذا كانت الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أكبرَ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ ماصًّا للطاقةِ، وتكونُ إشارةُ ΔH موجبةً. ويؤدي ذلك إلى خفضِ (تبريد) درجةِ حرارةِ وعاءِ التفاعلِ.

وقد درستَ سابقًا أن طولَ الرابطةِ هو مقياسٌ للمسافةِ بين أنويةِ الذراتِ المشاركةِ في الرابطةِ. فالرابطةُ الثلاثيةُ أقصرُ من الرابطةِ الثنائيةِ ولكنَّ طاقتَها أكبرُ، وكذلك تكونُ الرابطةُ الثنائيةُ أقصرَ من الرابطةِ الأُحاديةِ، ولكنَّ طاقتَها أكبرُ منها، وهكذا. **فكلما كانتِ الرابطةُ أطولَ، تَقلُّ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِها.**

ويُبينُ الجدولُ (4-3) العلاقةَ بين طولِ الرابطةِ بوحدةِ البيكومتر (pm) وطاقتِها بوحدةِ (kJ/mol) لعددٍ من الروابطِ.

الجدولُ (4-3) العلاقةَ بين طولِ الرابطةِ بوحدةِ (pm) وطاقتِها بوحدةِ (kJ/mol) لعددٍ من الروابطِ.

نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة	نوع الرابطة	طول الرابطة	طاقة الرابطة
H-H	74	436	H-C	109	413
C-N	147	308	H-N	101	391
N-N	145	170	H-O	96	463
O-O	148	145	H-F	92	568
F-F	142	158	H-Cl	127	432
Cl-Cl	199	243	H-Br	141	366
Br-Br	228	193	H-I	161	298
I-I	267	151	C=C	134	614
C-C	154	348	C ≡ C	120	839
C-O	143	360	O=O	121	498
C-S	182	272	N ≡ N	110	945
C-F	135	488	C-Cl	177	330
C-Br	194	288	C-I	214	216

نشاط 3-4	طاقةُ الرابطةِ
الهدف:	يَستنتجُ العلاقةَ بين طاقةِ الرابطةِ وقوتِها، وطولِها
المواد والأدوات:	جدولُ قِيَمِ طاقةِ الروابطِ وأطوالِها

خُطُواتُ العملِ:

- تعاونْ مع زملائِكَ في الإجابةِ عن الأسئلةِ الآتيةِ اعتمادًا على جدولِ قِيَمِ طاقاتِ الروابطِ

التحليلُ

1. بَيْنَ أيِّ ذرتينِ تُكونُ قوةُ التجاذبِ هي الأكبرَ؟
2. ما الرابطةُ التي تحتاجُ إلى مقدارِ طاقةٍ أعلى لِكسرِها؟
3. ما الرابطةُ التي تحتاجُ إلى مقدارِ طاقةٍ أقلَّ لِكسرِها ؟
4. ما مقدارُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ Cl-Cl في مولٍ واحدٍ من جزيئات Cl_2؟
5. بَيْنَ أيِّ ذرتين تكونُ الرابطةُ هي الأطولَ؟
6. أيُّ الرابطتين يَنتجُ عن تَكوُّنِها طاقةٌ أكبرَ: H-C أم H-F؟
7. أيٌّ من الرابطتين تحتاجُ إلى طاقةٍ أقلَّ لكسرِها: O-O أم O=O؟
8. ما كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ 8 روابطِ من Br – Br؟
9. ما الرابطةُ الأقوى؟
10. ما الرابطةُ الأضعفُ؟

الاستنتاجُ

ما العلاقةُ بين طاقةِ الرابطةِ وقوتِها، وطولِها؟

تُلاحظُ من النشاطِ أن هناك علاقةً عكسيةً بين طولِ الرابطةِ وطاقتِها؛ فكلما زاد طولُ الرابطةِ تَضعفُ قوتُها وتحتاجُ إلى طاقةٍ أقلَّ لكسرِها.

حسابُ حرارةِ التفاعلِ بدلالةِ طاقةِ الرابطةِ
Calculating Enthalpy Change in terms of Bond Energy

تُفيدُ معرفةُ طاقاتِ الروابطِ في حسابِ قِيمةِ الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ في الحالةِ الغازيةِ، وبالتالي معرفةُ متى يكونُ التفاعلُ الكيميائيُّ طاردًا للحرارةِ، أو ماصًّا لها. وتكونُ الطاقةُ المُمتصَّةُ لكسرِ الرابطةِ تُساوي الطاقةَ المُنطلقةَ (الناتجة) عند تَكوينِ الرابطةِ.

ويُمكنُ حسابُ حرارةِ التفاعلِ من خلالِ العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

حرارةُ التفاعل = مجموعَ الطاقاتِ اللازمةِ لكسرِ الروابطِ - مجموعَ الطاقاتِ الناتجةِ عند تكوينِ النواتج

$$\Delta H = \Sigma \mathbf{BE}(\text{broken}) - \Sigma \mathbf{BE}(\text{formed})$$

حيث: Σ: مجموع **BE**: طاقة الرابطة

ولِلتعرُّفِ على كيفيةِ حسابِ طاقةِ حرارةِ التفاعلِ، أُدرسِ المثالين الآتيين:

مثال (1):

عند تَفاعُلِ غازِ الهيدروجين H_2 مع غازِ الكلور Cl_2 ينتجُ غازُ كلوريد الهيدروجين HCl وِفْقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

الحل:

بالرجوعِ إلى جدولِ قِيَمِ طاقاتِ الروابطِ، نجدُ أن الرابطةَ بين H–H تَكسَّرتْ وطاقتُها 436 kJ/mol، بينما تَكسَّرتِ الرابطةُ بين Cl–Cl وطاقتُها 243 kJ/mol، وتَكوَّنتْ رابطةٌ طاقتُها 432 kJ/mol بين H–Cl. ولِحسابِ حرارةِ التفاعلِ بدلالةِ طاقةِ الروابطِ:

$$\Delta H = \Sigma BE(\text{broken}) - \Sigma BE(\text{formed})$$

$$= (H\text{–}H + Cl\text{–}Cl) - (2\times H\text{–}Cl)$$

$$= (436 + 243) - (2\times 432)$$

$$= 679 - 864$$

$$= -185\ kJ$$

وبما أن إشارةَ قِيمةِ حرارةِ التفاعلِ سالبةٌ فهذا يَعني أن التفاعلَ طاردٌ للحرارةِ.

مثال (2):

بالرجوعِ إلى جدولِ طاقاتِ الروابطِ، اِحسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ:

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

الحل:

$$\Delta H = \Sigma BE(\text{broken}) - \Sigma BE(\text{formed})$$

$$= (4\times H{-}O) - [\,(2\times H{-}H) + (O{=}O)\,]$$

$$= (4\times 463) - [(2\times 436) + (498)\,]$$

$$= 1852 - [\,(872 + 498)\,]$$

$$= +482\ kJ$$

وبما أن إشارةَ قِيمةِ حرارةِ التفاعلِ موجبةٌ فهذا يَعني أن التفاعلَ ماصٌّ للحرارةِ.

اختبر نفسك

اِحسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ، وحدِّدْ فيما إذا كان التفاعلُ طاردًا للحرارةِ أم ماصًّا لها:

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

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

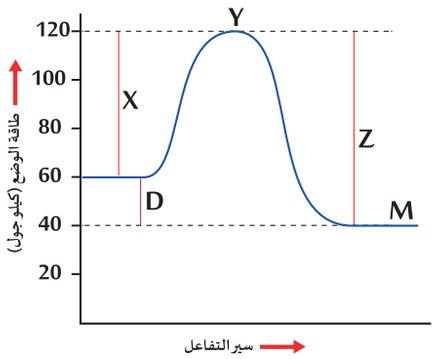
الأفكار الرئيسة:

- تَعتمدُ كميةُ الطاقةِ المُمتصَّةِ أو المُنطلِقَةِ على كَسْرِ الروابطِ أو تَكوينِها وعلى نوعِ الذراتِ وتَرتيبِها ونوعِ الروابطِ وعددِها.
- المُتراكبُ المنشّطُ هو بناءٌ وسيطٌ غيرُ مستقرٍّ يَتكوَّنُ من تَجمُّعِ جميعِ الذراتِ، له أعلى طاقةِ وَضْعٍ، يحدثُ خلالَه تَكسيرُ روابطَ وتكوينُ روابطَ جديدةً؛ مما يؤدي إلى تكوينِ الموادِّ الناتجةِ، أو الموادِّ المتفاعلةِ مرةً أخرى.
- يُقلِّلُ العاملُ الحفّازُ من قيمةِ كلٍّ من: طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ للتفاعلِ، ومن طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ، وزمنِ حدوثِ التفاعلِ.
- لا يُؤثِرُ العاملُ الحفّازُ في كلٍّ من: طاقةِ وَضْعِ كلٍّ من الموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ، ولا يُؤثرُ في التغيرِ في المحتوي الحراري ΔH.
- الرابطةُ الكيميائيةُ هي قوةُ تَجاذبٍ بين الدقائقِ (مثل الذرات أو الأيونات).
- طاقةُ الرابطةِ هي كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ بين ذرتين بينهما رابطةٌ تَساهُميةٌ في جُزيءٍ في الحالةِ الغازيةِ.
- إذا كانتِ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ طاردًا للطاقةِ وتكونُ إشارةُ ΔH سالبةً.
- إذا كانتِ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ أكبرَ من الطاقةِ المنطلقةِ عند تَكوينِها، يكونُ التفاعلُ ماصًّا للطاقةِ، وتكونُ إشارةُ ΔH موجبةً .

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من مُتعددٍ: اختَرْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

في الرسمِ البيانيّ الآتي الذي يُوضِّحُ سيرَ تفاعلٍ افتراضيٍّ، أُدرسْهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ (1 -5) التي تليه:



1. ما الفرقُ بين قِيمةِ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ وطاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟

a. 20
b. 60
c. 80
d. 120

2. ما الفرقُ بين قِيمةِ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ وطاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ؟

a. 20
b. 60
c. 80
d. 120

3. ما قيمةُ طاقةِ الوَضْعِ للمادةِ الناتجةِ؟

a. 100
b. 80
c. 60
d. 40

4. ما الرمزُ الذي يُشيرُ إلى المتراكبِ المنشطِ؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

5. ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراري؟

a. 20
b. 40
c. 60
d. 120

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن السؤالِ الآتي:

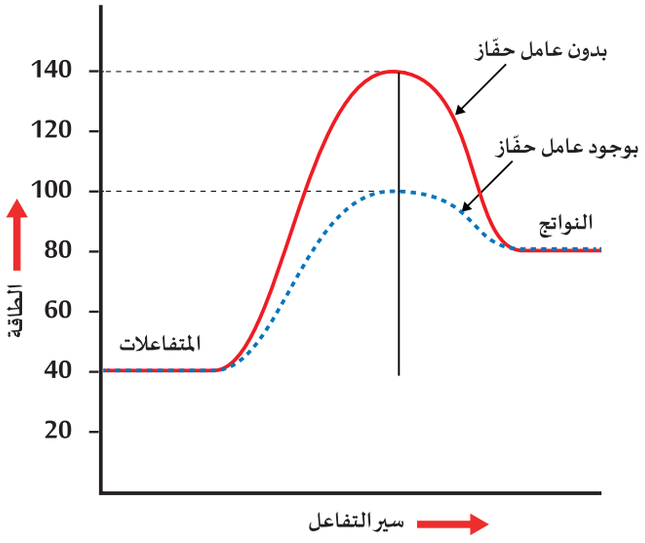
1. ما المقصودُ بطاقةِ الرابطةِ؟

2. ارسمْ مُخططًا لتفاعلٍ طاردٍ للطاقةِ الحرارية بوجودِ العاملِ الحفّازِ، مُبينًا عليه الموادَّ المتفاعلةَ، والموادَّ الناتجةَ، والمتراكب المنشط، والتغير في المحتوى الحراري ΔH.

3. مُستخدمًا الجدولَ (4-3) احسبْ حرارةَ التفاعلِ الآتي بدلالةِ طاقةِ الروابطِ، وحدِّدْ فيما إذا كان التفاعلُ طاردًا للحرارةِ أم ماصًّا لها:

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

4. لديكَ المُنحنى الآتي الذي يُمثلُ سيرَ تفاعلٍ بوجودِ عاملٍ حفّازٍ، وبدونِ وُجودِ عاملٍ حفّازٍ. أُدرسْهُ جيّدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه (بوحدة kJ):



a- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ المتفاعلةِ؟

b- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ الموادِّ الناتجةِ؟

c- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بدون وجودِ العاملِ الحفّازِ؟

d- ما مقدارُ طاقةِ وَضْعِ المتراكبِ المنشطِ بوجودِ العاملِ الحفّازِ؟

e- ما قيمةُ التغيرِ في المحتوى الحراري ΔH للتفاعلِ؟

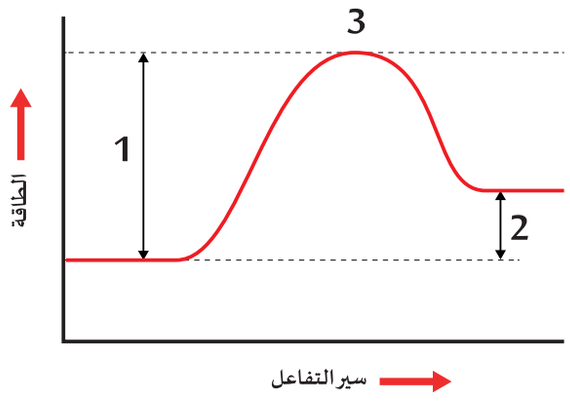
f- هل التفاعلُ ماصٌّ أم طارد للطاقةِ الحراريةِ؟

أسئلة الوحدة الرابعة

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة:

1. عندما يضاف عامل حفّاز إلى التفاعل الذي يمثله منحنى الطاقة التالي فأي الأرقام في الرسم ستتغير؟

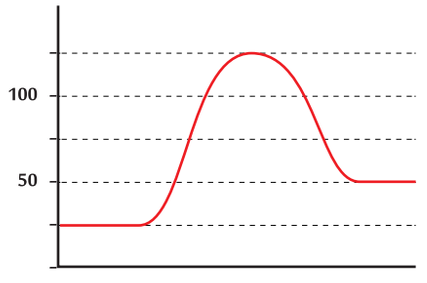
a. 1 ، 3
b. 1 ، 2
c. 1 ، 2 ،3
d. 2 ، 3

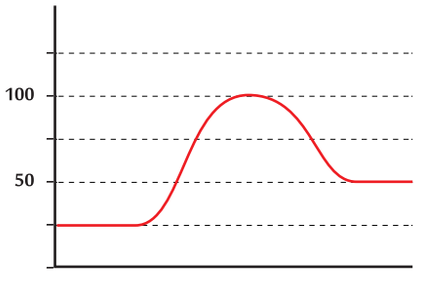


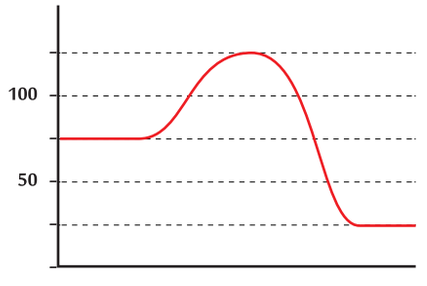
2. ماذا يحدث عندما تكون طاقة وضع المتفاعلات أكبر من طاقة وضع النواتج في تفاعل كيميائي؟

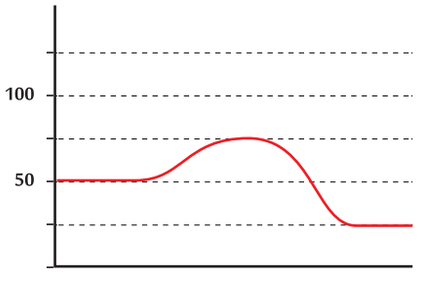
a. تقل سرعة التفاعل الكيميائي.
b. يكون التفاعل طارد للحرارة.
c. يكون التفاعل ماص للحرارة.
d. تزداد سرعة التفاعل الكيميائي.

3. ما الشكل البياني الذي يعبر عن التفاعل الأبطأ؟

a.


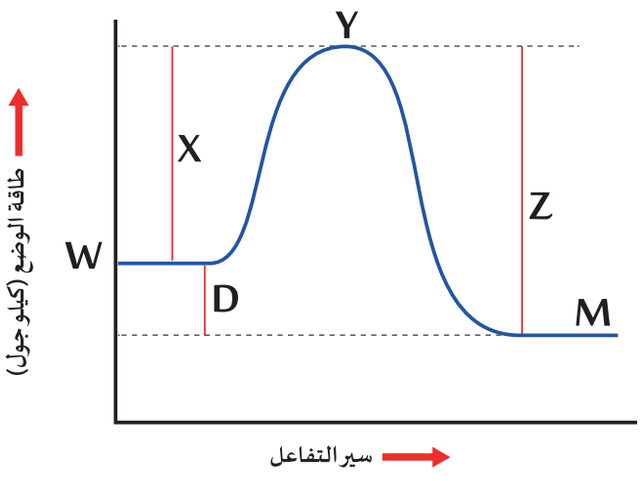
b.


c.


d.


تابع أسئلة الوحدة الرابعة

- في الرسم البياني الآتي الذي يوضح سير التفاعل، ادرسه جيّدًا ثم أجب عن الأسئلة (4-7) :



4 - ما الرمز الذي يدل على الفرق بين طاقة وضع المواد المتفاعلة و طاقة وضع المتراكب المنشط؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

5. ما الرمز الذي يدل على طاقة وضع المواد المتفاعلة؟

a. X
b. Y
c. W
d. M

6. ما الرمز الذي يدل على المواد الناتجة؟

a. X
b. Y
c. Z
d. M

7. ما الرمز الذي يشير إلى المتراكب المنشط؟

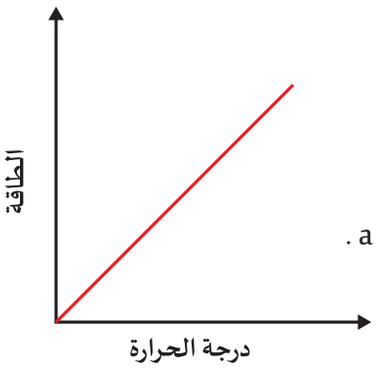
a. X
b. Y
c. Z
d. M

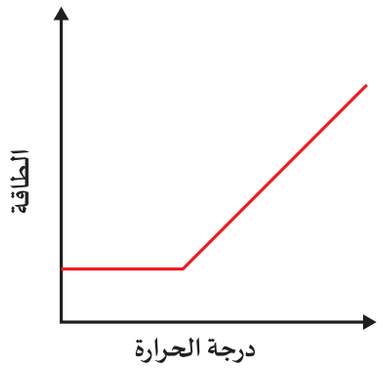
8. بالرجوع إلى جدول قيم طاقات الروابط، ما كمية الطاقة اللازمة لكسر 4 روابط من H – Br بوحدة kJ؟

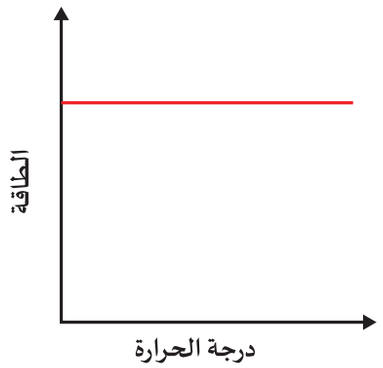
a. 91.5
b. 366
c. 1464
d. 1550

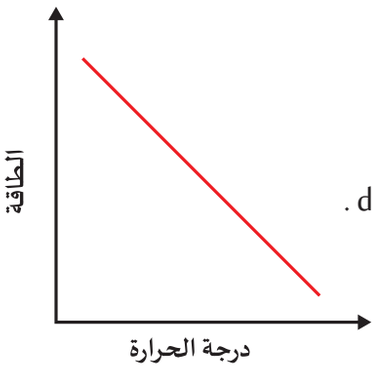
تابع أسئلة الوحدة الرابعة

9. أي المنحنيات الآتية يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية لدقائق المادة المتفاعلة؟

a.


b.


c.


d.


10. ما العبارة الصحيحة من العبارات الآتية، إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل A (120 kJ / mol)، وللتفاعل B (270 kJ / mol)؟

a. سرعة A أقل من سرعة B.

b. سرعة A = سرعة B.

c. سرعة B ضعفي سرعة A.

d. سرعة A أكبر من سرعة B.

تابع أسئلة الوحدة الرابعة

ثانيًا: أجب عن الأسئلة الآتية:

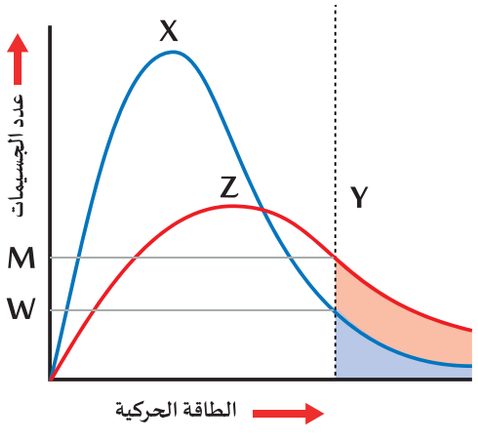
1. بالرجوع إلى جدول قيم طاقة الروابط. أجب عن الأسئلة الآتية فيما يتعلق بمعادلة التفاعل الآتية:

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

a. احسب حرارة التفاعل بدلالة طاقة الروابط.
b. هل التفاعل طارد للحرارة أم ماص لها؟ فسِّر إجابتك.
c. مثِّل سير هذا التفاعل بيانيًّا.

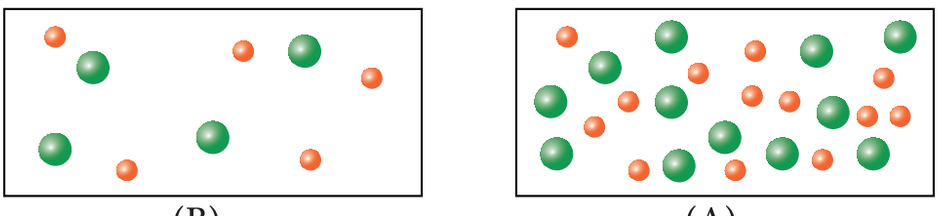
2. اكتب معادلة كيميائية حرارية موزونة توضح الآتي:
a. تفكك أكسيد الألمنيوم الصلب Al_2O_3 إلى عناصره، حيث يحتاج طاقة مقدارها 3350 kJ .
b. احتراق حمض الإيثانويك CH_3COOH بوجود الأكسجين، لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، وانبعاث طاقة حرارية مقدارها 871 kJ.

3. من خلال الشكل الآتي، أجب عن الأسئلة التالية:



I. إلام تشير الرموز الآتية؟
a. Y
b. M
c. W
II. أي درجتي الحرارة (X أم Z) هي الأعلى؟

4. لديك الشكل الآتي الذي يمثل تفاعلين افتراضيين (A و B)، حيث تمثل الكرات الحمراء ذرات العنصر Y، وتمثل الكرات الخضراء ذرات العنصر X. ادرسهما جيِّدًا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:
a. أي التفاعلين أسرع (A أم B)؟ فسِّر إجابتك.
b. اقترح طريقتين يمكن من خلالهما زيادة سرعة التفاعل الأبطأ مع ثبوت عدد الدقائق المتفاعلة.


(B) (A)

تابع أسئلة الوحدة الرابعة

5. ارسم مخططًا يبين جميع الاحتمالات للتصادمات التي ينتج عنها اتحاد (X)، مع (Y) في الحالتين الآتيتين:
   a. تصادم ذرتين من المادة المتفاعلة (X) وذرتين من المادة المتفاعلة (Y).
   b. تصادم ذرتين من المادة المتفاعلة (X) و4 ذرات من المادة المتفاعلة (Y).

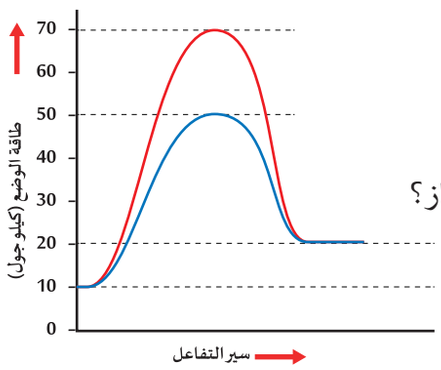
ذرتين من (X) مع ذرتين من (Y)	ذرتين من (X) مع أربع ذرات من (Y)

6. بالرجوع إلى جدول قيم الروابط الكيميائية، أكمل الجدول الآتي الذي يمثل تفاعل تفكك غاز فلوريد الهيدروجين HF وفق المعادلة الكيميائية الآتية:

$$2HF_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

	الروابط المتكونة		الروابط المتكسرة
الرابطة في كل جزيء			
عدد الروابط			
الطاقة المصاحبة لتكوّن الروابط أو تكسّرها			
المجموع			
نوع التفاعل (ماص أم طارد)			

7. لديك الشكل الآتي الذي يبين تفاعل تم إجراؤه بوجود عامل حفّاز مرة، وبدون عامل حفّاز مرة أخرى، ادرسه جيّدًا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه (بوحدة kJ):



- a- ما قيمة طاقة وضع المواد المتفاعلة؟
- b- ما قيمة طاقة وضع المواد الناتجة؟
- c- ما قيمة طاقة وضع المتراكب المنشط من دون وجود عامل حفّاز؟
- d- ما قيمة طاقة وضع المتراكب المنشط بوجود عامل حفّاز؟

C1003

UNIT 5

الوِحدةُ الخامسةُ:
الأحماضُ والقواعدُ
Acids and Bases

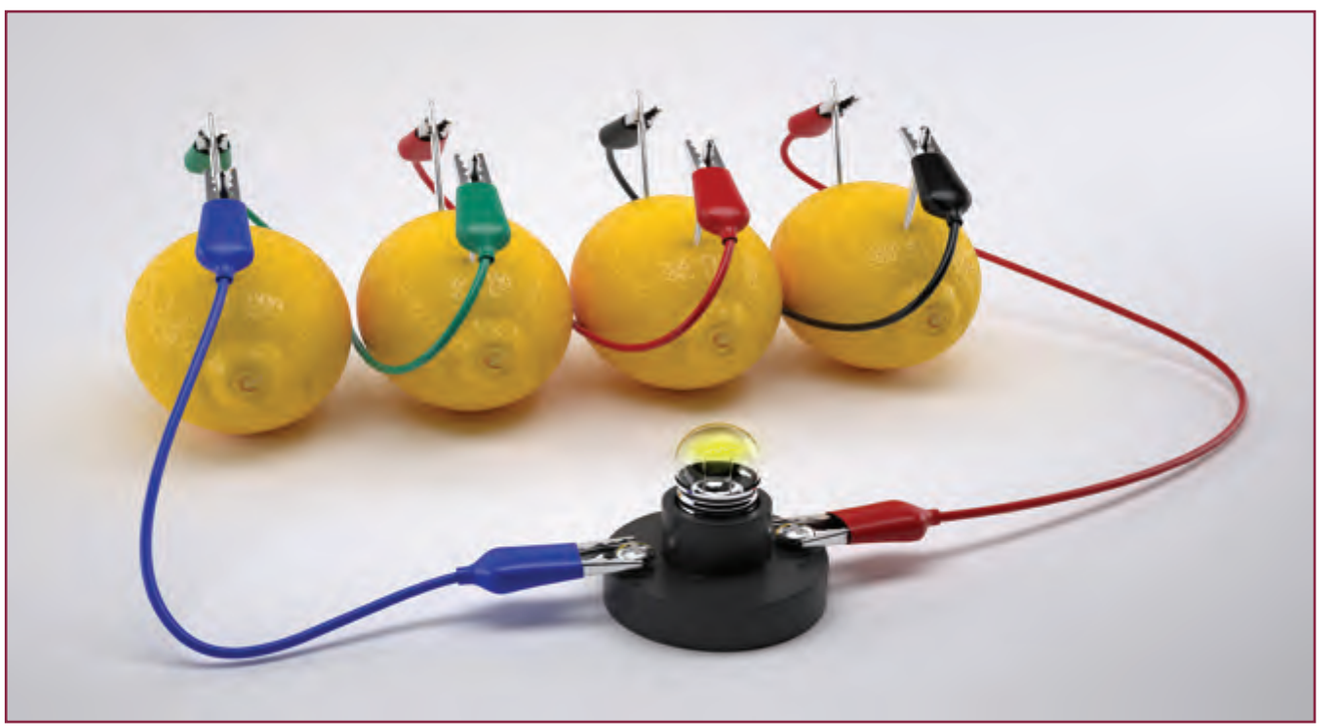
محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 5-1 الخصائصُ المُميزةُ للأحماضِ والقواعدِ
Properties of Acids and Bases

الدرس الثاني: 5-2 قوةُ الأحماضِ والقواعدِ
The Strength of Acids and Bases

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-5

الخصائصُ المُميزةُ للأحماضِ والقواعدِ
Properties of Acids and Bases



التَّجارِبُ والأنشِطة

1-5 تَوصيلُ محاليلِ الأحماضِ للتيارِ الكهربائي

2-5 تَفاعُلُ محلولِ الحِمضِ مع كلٍّ من: الفلز، وهيدروكسيد الفلز، وكربونات الفلز

3-5 تَفاعُلُ محلولِ حِمضِ الهيدروكلوريكِ مع الأمونيا

4-5 تَوصيلُ محاليلِ القواعدِ للتيارِ الكهربائي

5-5 تَأثيرُ محاليلِ القواعدِ في ورقةِ تَبَّاعِ الشمسِ

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يَتعرَّف إلى الخصائصِ المميزةِ للأحماضِ والقواعدِ في المحلولِ المائي، ويُعرِّفُ الحِمضَ والقاعدةَ باستخدامِ نظريةِ أرهينيوس ونظرية برونستد – لوري.**

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

الحِمْض	Acid
القاعدة	Base
القَلوي	Alkali
نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد	Arrhenius Theory for Acids and Bases
نظرية برونستد – لوري للأحماض والقواعد	Bronsted - Lowry Theory for Acids and Bases
الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة	Conjugate acid – base Pairs
تفاعلات إنعكاسية	Reversible reactions
الأمفوتيرية (المترددة)	Amphoteric

مُقدِّمة

تُعدُّ الأحماضُ والقواعدُ من أهمِّ المُركباتِ الكيميائيةِ في حياتِنا اليوميةِ بسببِ استخداماتِها الكثيرةِ والمتنوعةِ على نطاقٍ واسعٍ، فمثلاً عصيرُ الليمونِ يحتوي على حِمْضِ الستريك الذي له طعم لاذع عند تَذوُّقِه، ويحتوي أيضًا على حِمضِ الأسكوربيك (فيتامين C) الذي يُساعدُنا على مُقاومةِ الرشحِ، وتُفرزُ المعدةُ في أجسامِنا حِمضَ الهيدروكلوريك لهضمِ الطعامِ، ويُستخدَمُ حمضِ البوريك في قَطرةِ العيون، أما حمضُ الكبريتيك فيُستخدَمُ في بطارياتِ السياراتِ وصناعةِ الورق، وحِمضِ الفسفوريك يُستخدَمُ في صناعةِ الأسمدةِ. انظر الشكل (5-1).

بطارية سيارة | أقراص فوارة (فيتامين C) | قطرة عيون (حمض البوريك)

الشكل 5-1 بعضُ أنواعِ الأحماض المُستخدَمَةِ في حياتِنا اليومية.

وكمثالٍ آخرَ على الأحماضِ حِمضُ الفورميك الذي يَستخدمُه بعضُ أنواعِ النملِ ليدافعَ عن نفسِه عند مُهاجمتِه من قِبَلِ حشراتٍ أخرى؛ حيث يُطلِقُ النملُ هذا الحمضَ من غُدَدٍ خاصةٍ في جسمِه؛ فيسببُ للحشراتِ حروقًا مؤلمةً، كما يَستخدمُ النملُ حمضَ الفورميك؛ بوصفِه أثرًا يَرشُّهُ على الطريق، ليستدلَّ به على مكانِ مسكنه.

ومن جهةٍ أخرى، فهيدروكسيدُ الصوديوم الذي يُعدُّ من القواعدِ، يُستخدَمُ في صناعةِ الصابونِ والمُنظفَاتِ المنزلية، ويُستخدَمُ هيدروكسيدُ البوتاسيوم في صناعةِ صابونِ الحلاقة، أما هيدروكسيدُ الماغنسيومِ فيُستخدَمُ في معادلةِ الحموضةِ الزائدةِ في المعدةِ. انظر الشكل (5-2).

الصابون

مضاد حموضة المعدة

منظفات منزلية

الشكل 5-2 بعضُ أنواعِ القواعدِ المُستخدَمةِ في حياتِنا اليومية.

ونظرًا لأهميةِ الأحماضِ والقواعدِ؛ فقد اهتمَّ العلماءُ بدراستِها والتعرّفِ إلى خصائصِها وتفاعلاتِها على مدًى طويلٍ من الزمن، وظهرتْ عدةُ تعريفاتٍ للأحماضِ والقواعدِ تُفسِّرُ سلوكَها الكيميائي، وقد تطورتْ هذه المفاهيمُ حتى يومِنا هذا. فما الأحماضُ؟ وما القواعدُ؟ وما أبرزُ خصائصِ كلٍّ منهما؟

نظرياتُ الأحماضِ والقواعدِ Acid & Base Theories

درستَ سابقًا بعضًا من الصفاتِ العامةِ للأحماضِ والقواعدِ، وقد تعددتِ النظرياتُ التي تطرقتْ لتفسيرِ مَفهومِ الحمضِ والقاعدةِ. فما هذه النظرياتُ وكيف فَسّرتْ كلًّا من الحمضِ والقاعدةِ؟

أولًا: نظريةُ أرهينيوس Arrhenius Theory

درستَ سابقًا التعريفَ العامَّ للأحماضِ والقواعدِ، وبالرغمِ من أن العلماءَ توصلُوا إلى خصائصِ الأحماضِ والقواعدِ إلّا أنّهم لم يكونوا قادرين على تفسيرِ السلوكِ الكيميائي لكلٍّ منهما؛ حتى اقترحَ الكيميائيُّ السويديُّ سيفانت أرهينيوس في العام 1887م نظريةً في الأحماضِ والقواعدِ، حيث وضع تعريف للأحماض كما يلي:

" الأحماضَ Acids مُركباتٌ تحتوي على الهيدروجين، وتتأينُ في الماءِ مُنتجةً أيوناتِ الهيدروجين H^+" .

وهذه الأيوناتُ هي التي تُعطي الأحماضَ خصائصَها الحمضيةَ. ومن الأمثلةِ على أحماضِ أرهينيوس: HCl ، و $HClO_4$، وHCN؛ حيث تَتفكَّكُ كلٌّ منها عند إذابتِها في الماء إلى أيوناتٍ موجبةٍ H^+ التي تجعلُ المحلولَ حمضيًّا، وأيوناتٍ أخرى سالبةٍ. وبناءً على نظريةِ أرهينيوس، فقد تَمَّ التمييزُ بين نوعين من الأحماضِ، قويةٍ وضعيفةٍ، فالأحماضُ القويةُ تتأينُ كلياً في الماء؛ لذلك تكونُ نسبةُ الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ في المحلولِ عاليةً، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ التي تُبينُ تَأينَ حمضٍ قويٍ:

$$HCl_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

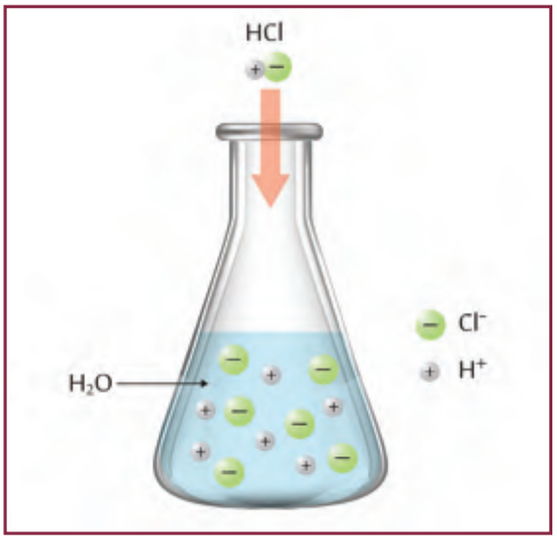
لاحظْ أنه يُعبَّرُ عن تَأينِ الحمضِ القوي بسهمٍ ذي اتجاهٍ واحدٍ (⟶) ؛مما يدلُّ على أن محلولَ الحمضِ القوي يحتوي على الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ.

في حين يَتأينُ الحمضُ الضعيفُ بشكلٍ جزئي في المحلولِ، وتكونُ نسبةُ الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ في المحلولِ قليلةً. كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ التي تُبينُ تأينَ حمضٍ ضعيفٍ:

$$HCN_{(aq)} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

لاحظْ أنه يُعبَّرُ عن تَأينِ الحمضِ الضعيفِ بسهمين متعاكسين (⇌)؛ مما يدلُّ على أن محلولَ الحمضِ الضعيفِ يحتوي على الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ وكذلك الجزيئاتُ المتعادلةُ التي تَنتجُ عن تَفاعُلِ نسبةٍ من الأيوناتِ بعضِها ببعضٍ مرةً أخرى.

لعلك تستنتجُ من المعادلاتِ السابقةِ أن الأحماضَ تتأينُ عند إذابتِها في الماءِ مُنتجةً أيوناتِ الهيدروجينِ الموجبةِ H^+ وأيوناتٍ سالبةِ الشحنةِ. انظر الشكل (3-5).



الشكل 3-5 تَتأينُ الأحماضُ في الماءِ مُكونةً أيوناتٍ سالبةً وأيوناتٍ موجبةً.

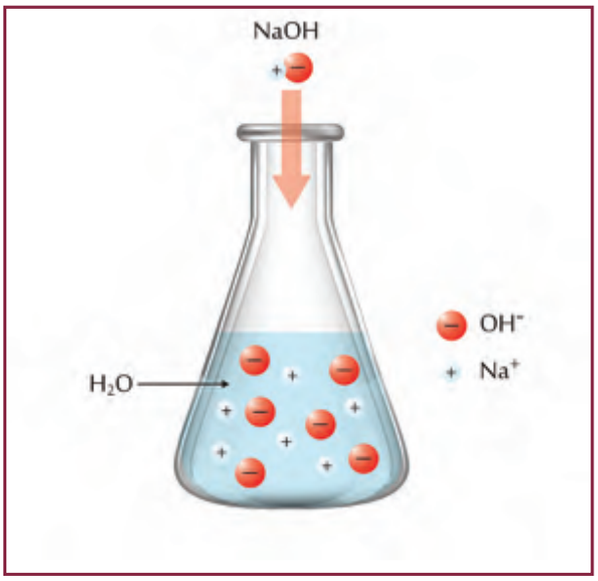
عِلْمٌ وعُلماءُ

سيفانت أوغست أرهينيوس

حصل أرهينيوس على جائزةِ نوبل في الكيمياء في عام 1903م؛ بسببِ نظريتِه في التوصيل الكهربائي الناشئ عن التفككِ الأيوني للمحاليلِ الإلكتروليتية electrolytes. كان هو أولُ من اقترحَ وُجودَ ذرةٍ مشحونةٍ كهربائيًّا أُطلق عليها اسمُ أيون، وأوضحَ أن هذا الجُسيمَ يُمكنُه أن يشرحَ سلوكَ بعضِ السوائلِ القادرةِ على توصيلِ التيارِ الكهربائي.

بينما عرّفتْ نظريةُ أرهينيوس القواعدَ Bases على أنها: المُركبَّاتُ التي تُنتجُ أيوناتِ الهيدروكسيد OH^- عند إذابتِها في الماء.

ومن الأمثلةِ على هذه القواعدِ هيدروكسيدُ الصوديوم NaOH، انظر الشكل (5-4).



الشكل5-4 تَتأينُ القواعدُ في الماءِ مُكونةً أيوناتٍ سالبةً وأيوناتٍ موجبةً.

وتمثلُ هيدروكسيداتُ عناصرِ المجموعتين الأولى والثانيةِ من الجدولِ الدوري قواعدَ أرهينيوس، ومنها: $Ba(OH)_2$، LiOH، KOH، NaOH. وتتميزُ بوجود أيونِ OH^- الذي يُعطي المركباتِ الخواصَّ القاعديةَ الشائعةَ.

وعلى الرغمِ من نجاحِ نظريةِ أرهينيوسٍ في تفسيرِ حمضيةِ أو قاعديةِ الكثيرِ من الموادِّ إلا أنّه فشلَ في تفسيرِ عدةِ أمورٍ من أهمِّها:

1. لم يستطعْ أرهينيوسُ تفسيرَ الصفةِ القاعديةِ لبعضِ المركباتِ مثل الأمونيا NH_3، التي لا تحتوي على مجموعةِ الهيدروكسيد، ولا تَدخلُ في تركيبِها، ولكنها عند ذوبانِها في الماءِ تُكوّنُ محاليلَ قاعديةً؛ حيث كان يَفترضُ أرهينيوسُ أنّ جميعَ القواعدِ يجبُ أن تحتوي على أيونِ الهيدروكسيد.

2. لم يستطعْ أرهينيوسُ تفسيرَ الصفاتِ الحمضيةِ أو القاعديةِ لمحاليلِ بعضِ الأملاحِ مثل الملحِ القاعدي كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ، والملحِ الحمضي كلوريد الأمونيوم NH_4Cl.

3. اختصرتْ نظريةُ أرهينيوسٍ على المحاليلِ المائيةِ فقط، أمّا في حالةِ المحاليلِ غيرِ المائيةِ، فإنها لم تقدمْ أيَّ تفسيراتٍ لها.

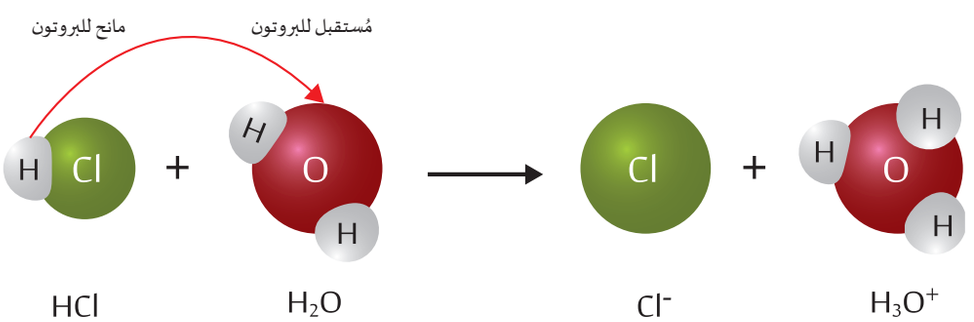
ثانيًا: نظريةُ برونستد - لوري Bronsted - Lowry Theory

استطاع الكيميائيان الدانماركيُّ يوهانس برونستد، والإنجليزيُّ توماس لوري، كلًّا منهما على حدةٍ في عام 1923م تطويرَ نظريةِ أرهينيوس؛ حيث توصلا إلى وَضْعِ مفهومٍ أكثرَ شُمولًا في تعريفِ كلٍّ من الأحماضِ والقواعد، اعتمادًا على انتقالِ أيون الهيدروجين H^+ (بروتون) بين الموادِّ أثناءَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

فتَمَّ تعريفُ **الحمضِ وِفقًا لمفهومِ برونستد – لوري بأنه المادةُ التي لها القدرةُ على مَنْحِ بروتونٍ (H^+) إلى مادةٍ أخرى أثناءَ التفاعلِ وتُسمَّى مانحَ البروتون Proton Donor.**

وتَمَّ تعريفُ **القاعدةِ وِفقًا لمفهومِ برونستد – لوري بأنها المادةُ التي تَستقبلُ بروتونًا (H^+) من مادةٍ أخرى أثناء التفاعلِ وتُسمَّى مستقبلَ البروتون Proton Acceptor.**

فعند تفاعلِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl مع الماءِ يتأينُ كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



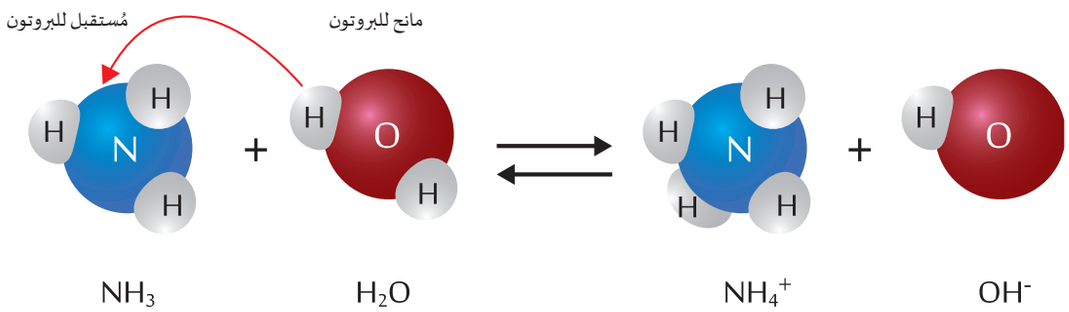
لاحظْ أن حمضَ الهيدروكلوريك في هذه المعادلةِ قد منحَ أيونَ الهيدروجينِ إلى جُزيءِ الماء؛ وبذلك يصبحُ HCl مانحًا للبروتون؛ وبالتالي فهو يُعدّ حمضًا، ويكونُ الماءُ مُستقبِلًا للبروتون، ويسلكُ سلوكَ القاعدةِ.

عِلْمٌ وعُلماءُ
برونستد ولوري

اقترح عالما الكيمياء الفيزيائية يوهانس برونستد في الدنمارك وتوماس مارتن لوري في إنجلترا عام 1923 بشكلٍ مستقلٍ نظريةً حملت اسمَهما كان لها الأثرُ الكبيرُ في تَعرُّفِ السلوكِ الحمضي والقاعدي للمواد. قدّمتْ هذه النظريةُ تعريفًا جديدًا للأحماضِ والقواعدِ اعتمادًا على كيفيةِ تَفاعُلِهما مع بعضِهما البعض لتكون بذلك أعمَّ وأشملَ من النظرياتِ التي سبقتها.

أما عند تفاعلِ الأمونيا NH_3 مع الماءِ، فإن NH_3 تَستقبلُ بروتونًا من جُزيءِ الماء؛ لذلك تُعدُّ الأمونيا قاعدةً، بينما يُعدُّ الماءُ حمضًا وِفقَ مفهومِ برونستد – لوري، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$NH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)}$$



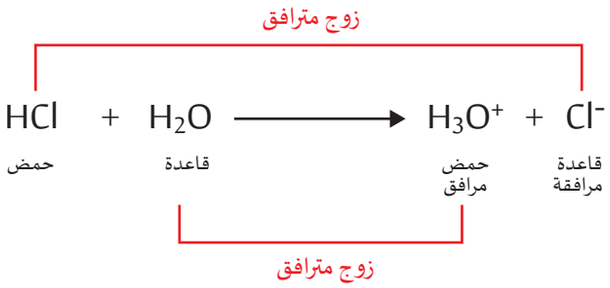
اختبر نفسك

أُدرسِ التفاعلينِ الآتيينِ، وحَدِّدْ كلًّا من الحمضِ والقاعدةِ في كلٍّ منهما، وِفقًا لمفهومِ برونستد – لوري:

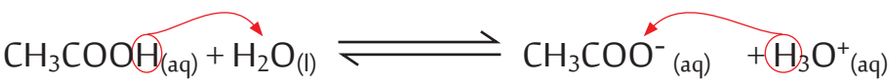
- $N_2H_{4\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
- $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

الأزواجُ المُترافِقةُ للأحماضِ والقواعدِ Conjugate acid – base Pairs

عندما يَمنحُ الحمضُ البروتونَ؛ فإنه يَنتجُ عنه قاعدةٌ تُسمَّى القاعدةَ المرافقةَ للحمضِ فمثلا، يكونُ حمضُ HCl مانحًا للبروتون، وَبعد فقدانُ البروتون H^+ يتبقى Cl^- الذي يُسمَّى قاعدةً مرافقةً للحمض. ويُسمَّى الزوجُ من الحمضِ HCl وقاعدتُه المرافقةُ Cl^- زوجًا مُترافِقًا من الحمضِ والقاعدةِ ، وكذلك الحالُ بالنسبةِ للماء H_2O فهي تُعتبرُ قاعدةً لأنها استقبلتِ البروتونَ، ويَنتجُ عنها أيونُ الهيدرونيوم H_3O^+ الذي سُمِّيَ حِمضًا مُرافقًا، ويُسمَّى الزوجُ من القاعدة H_2O، و حمضُها المرافقُ H_3O^+ ، زوجًا مترافقًا من الحمضِ والقاعدة، وتُسمّى الأزواجُ من الجُزيئاتِ والأيوناتِ التي تَمنحُ أو تَستقبلُ البروتونَ H^+ **الأزواجَ المترافقةَ للأحماضِ والقواعد Conjugate acid – base Pairs**. كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



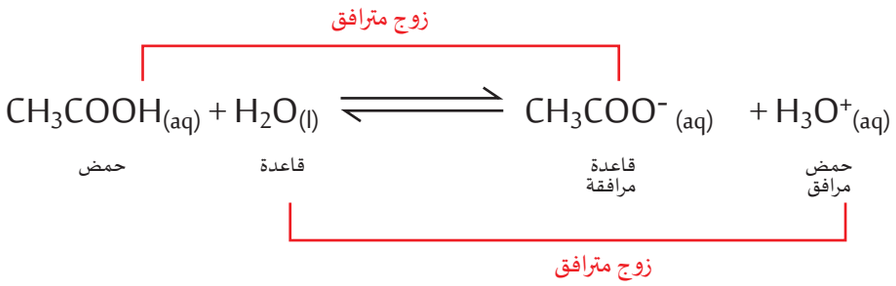
وفي التفاعلاتِ التي تَحدثُ في الاتجاهينِ الطردي والعكسي التي تُسمَّى **تفاعلاتٍ انعكاسيةً Reversible Reactions**، فإنها أيضاً تتضمَّنُ انتقالًا للبروتونِ من الحمضِ إلى القاعدةِ، فإذا تأملنا التفاعلَ الحاصلَ بين حمضِ الإيثانويك CH_3COOH والماءَ وِفقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



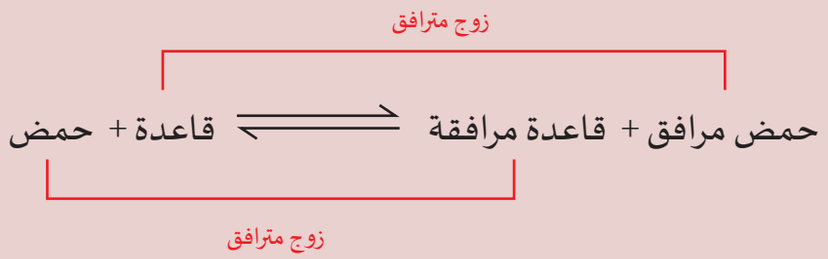
فنلاحظُ في هذا التفاعلِ أن حمضَ الإيثانويك قد مَنحَ جزيءَ الماءِ بروتونًا واحدًا ونتجَ عنه القاعدةُ المرافقةُ (أيون الإيثانوات) CH_3COO^- ؛ وبذلك فإن جزيءَ CH_3COOH وأيونَ CH_3COO^- متشابهان في التركيبِ ولكنهما يختلفان عن بعضِهما ببروتونٍ واحدٍ؛ فيشكلانِ معًا زوجًا مُترافقًا من الحمضِ والقاعدةِ.

بينما يُعدُّ جُزيءُ الماءِ قاعدةً؛ لأنه يَستقبلُ البروتونَ ليكوّنَ الحمضَ المرافقَ (أيون الهيدرونيوم) H_3O^+ وبذلك فإنّ جزيءَ H_2O وأيونَ H_3O^+ متشابهان في التركيبِ ويختلفان عن بعضِهما ببروتونٍ واحدٍ؛ فيشكلان معًا زوجًا مُترافقًا من الحمضِ والقاعدةِ.

وبالتالي، فإن أيَّ تفاعلِ حمضٍ مع قاعدةٍ وِفقَ مفهومِ برونستد – لوري، يَتطلَّبُ انتقالُ بروتون. يشتملُ على زوجين مترافقين من الأحماضِ والقواعد. ويُمكنُ تَمثيلُ الأزواجِ المترافقةِ في التفاعلِ السابقِ كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



ومن ذلك يمكن أن نستنتج أن:



أي أن:

القاعدة المرافقة = صيغة الحمض - (H^+)

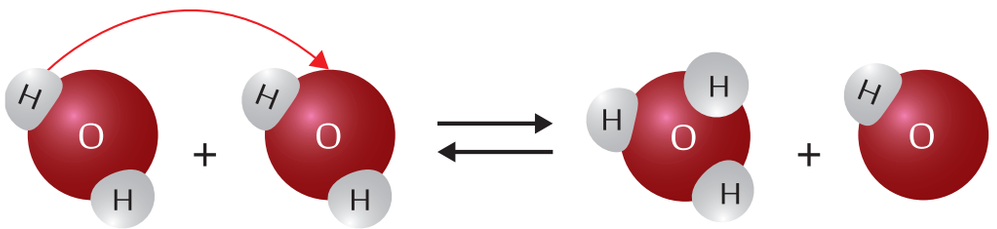
الحمض المرافق = صيغة القاعدة + (H^+)

يُوضِّحُ الجدولُ (5 - 1) بعضَ الأمثلةِ على الأزواجِ المترافقةِ للأحماضِ والقواعدِ.

الحمض	قاعدته المرافقة	القاعدة	الحمض المرافق
H_2SO_4	HSO_4^-	I^-	HI
HBr	Br^-	Cl^-	HCl
HNO_3	NO_3^-	NO_2^-	HNO_2
H_2O	OH^-	H_2O	H_3O^+
HSO_4^-	SO_4^{2-}	F^-	HF
H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	CH_3COO^-	CH_3COOH
H_2S	HS^-	HCO_3^-	H_2CO_3
NH_4^+	NH_3	NH_3	NH_4^+
HS^-	S^{2-}	PO_4^{3-}	HPO_4^{2-}
HCN	CN^-	OH^-	H_2O

الجدول 5- 1 أمثلةٌ على الأزواجِ المترافقةِ للأحماضِ والقواعد.

في ضَوْءِ نظريةِ برونستد – لوري، أصبح تفسيرُ تَفكُّكِ الماءِ مُمكنًا. لاحظْ من الجدولِ أن الماءَ يَسلكُ سلوكَ الحمضِ عندما يَمنحُ أيونَ H^+ ، ويسلكُ سلوكَ القاعدةِ عندما يَستقبلُ أيونَ H^+، وتُسمَّى الموادُّ التي تسلكُ سلوكَ الحمضِ عند تَفاعُلِها مع القواعدِ وتسلكُ سلوكَ القاعدةِ عند تَفاعُلِها مع الأحماضِ **بالموادِّ الأمفوتيريةِ (المترددة) Amphoteric**، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

حمض — قاعدة — حمض مرافق — قاعدة مرافقة

اختبر نفسك

عيِّنِ الأزواجَ المترافقةَ في التفاعلينِ الآتيينِ:

- $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$
- $HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CN^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

خصائصُ الأحماضِ Acids Properties

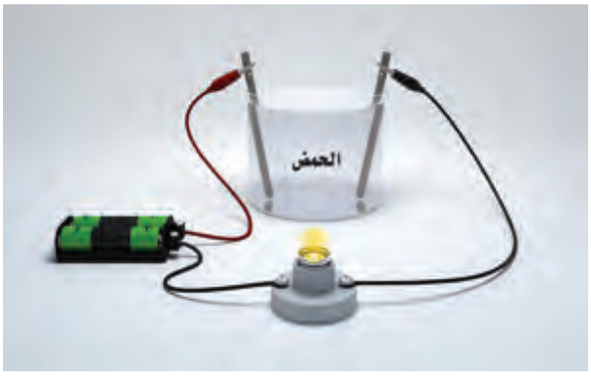
تَتميزُ الأحماضُ Acids بطعمِها الحمضيِّ اللاذعِ، ولعل ذلك هو مصدرُ اسمِها، وكذلك تمتازُ الأحماضُ بأنها مُوصلةٌ جيّدةٌ للتيارِ الكهربائي. ولِتتعرَّفَ قدرةَ الأحماضِ على التوصيلِ الكهربائي نفّذِ النشاط (1-5).

نشاط 5-1	تَوصيلُ محاليلِ الأحماضِ للتيار الكهربائي
الهدف:	يَستقصي توصيلَ محاليلِ الأحماضِ للتيارِ الكهربائي.
المواد والأدوات:	محلولُ حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl، ومحلولُ حمض الإيثانويك CH_3COOH (لهما التركيز نفسه)، كأسينِ زجاجيتينِ سعةُ كلٍّ منها 200 ml، بطارية 6V، قُطبان من الجرافيت، مِصباحٌ كهربائي صغير مع قاعدته، أسلاكُ توصيل.
الأمن والسلامة:	الأحماضُ القويةُ حارقةٌ للجلد؛ لذا، لا تحاولْ أبدًا التعرّفَ على أيّ حمضٍ أو أيّ مادةٍ أخرى في المختبرِ عَبْرَ تَذوُّقِها أو لَمسِها، ارتدِ معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ.

الخطوات:

1. ضَعْ 100 ml من محلولِ HCl داخلَ الكأسِ الزجاجيةِ.
2. اِغمسْ قُطبي الجرافيتِ في الكأسِ وصِلْهُما مع البطاريةِ والمصباحِ الكهربائي باستخدامِ الأسلاكِ الكهربائية، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل المجاور.
3. صِلِ الدائرةَ الكهربائيةَ، ولاحظْ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائي.
4. كرّرِ التجربةَ مُستخدمًا محلولَ CH_3COOH. هل يُوصِّلُ محلولُ حمضِ الإيثانويك التيارَ الكهربائي؟

التحليل:



1. علامَ يدلُّ تَوصيلُ محاليلِ الأحماضِ للتيارِ الكهربائي؟
2. ماذا نُسمي الموادَّ التي تُوصِّلُ مَحاليلُها التيارَ الكهربائي؟

الاستنتاج: .....

الاستقصاءُ: ناقشْ مع زملائِك كيفيةَ إجراءِ خطواتِ التجربةِ على حمضٍ أو قاعدةٍ باستخدامِ موادَّ من الحياةِ اليومية.

معلومة

المحلول الإلكتروليتي :

هو المادة التي تتفكك إلى أيونات في المحلول وبالتالي يستطيع توصيل التيار الكهربائي.

لعلك توصلتَ من النشاطِ السابقِ إلى أن محاليلَ الأحماضِ تُوصِّلُ التيارَ الكهربائي، ويعودُ ذلك لأنها تتأينُ عند إذابتِها في الماء منتجةً أيوناتٍ موجبةٍ وسالبةٍ حرةَ الحركةِ تختلفُ باختلافِ الحمضِ؛ مما يجعلُ محاليلَها موصلةً للتيارِ الكهربائي، فحمضُ الهيدروكلوريك مثلًا يتأينُ في الماءِ وِفقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$HCl_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

اختبر نفسك

اكتبْ معادلةً كيميائيةً موزونةً توضح تأين حمضَ النيتريك HNO_3 في الماء.

ولكن، هل تحتوي جميعُ الأحماضِ في تركيبِها على عنصرِ الهيدروجين؟ وما الموادُّ ذاتُ الصفاتِ الحمضيةِ ولا يدخلُ الهيدروجينُ في تركيبِها؟

تأملِ المعادلتينِ الكيميائيتينِ الآتيتينِ:

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

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

لاحظْ من التفاعلِ السابقِ أنّ غازَ CO_2 يتفاعلُ مع الماءِ مُنتجًا المركبَ H_2CO_3 الذي يتأينُ أيضًا مُنتجًا أيوناتِ H^+ وأيوناتِ HCO^-_3؛ لذا يُعدُّ محلولُ CO_2 المائيُّ محلولًا حمضيًّا على الرغمِ من عدمِ وجودِ ذراتِ الهيدروجينِ في تركيبِه. وينطبقُ هذا الأمرُ أيضًا على غازِ SO_2 الذي يُنتجُ المركبَ H_2SO_3 عند تَفاعُلِه مع الماءِ الذي يتأينُ مرةً أخرى لينتجَ أيوناتِ H^+ و HSO^-_3 وِفْقَ المعادلتينِ الكيميائيتينِ الآتيتينِ:

$$SO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2SO_{3(aq)}$$

$$H_2SO_{3(aq)} \xrightarrow{H_2O} HSO^-_{3\,(aq)} + H^+_{(aq)}$$

ويُمثِّلُ الجدولُ (5-2) بعضَ الأحماضِ الشائعة وأماكنَ وُجودِها.

الحِمْضُ	الصيغةُ الكيميائيةُ	الأماكنُ التي يُوجَدُ فيها
حِمْضُ الستريك	$C_6H_8O_7$	الحمضيات (الليمون، البرتقال)
حِمْضُ الأسيتيك	CH_3COOH	الخل
حِمْضُ الكربونيك	H_2CO_3	المشروبات الغازية
حِمْضُ الأسكوربيك (فيتامين C)	$C_6H_8O_6$	الحمضيات
حِمْضُ الكبريتيك	H_2SO_4	بطاريات السيارات
حِمْضُ الهيدروكلوريك	HCl	عصارة المعدة
حِمْضُ اللاكتيك	$C_3H_6O_3$	اللبن
حِمْضُ الفورميك (حمض النمليك)	$HCOOH$	النمل

الجدول 5- 2 بعض الأحماض الشائعة وأماكن وجودها.

اختبر نفسك

فسِّرْ سببَ قدرةِ محاليلِ الأحماضِ على تَوصيلِ التيارِ الكهربائي.

يُمكنُ التعاملُ مع بعضِ الأحماضِ بشكلٍ عادي مثل عصيرِ الليمون والبرتقال واللبن، وفي المقابلِ، يجبُ التعاملُ مع بعضِ الأحماضِ خاصةً الأحماضِ التي تُستعمَلُ في المختبراتِ والمصانعِ، بحذرٍ شديدٍ ولا يُمكنُ تَذوُّقُها لأنها كاويةٌ أو حارقةٌ للجلدِ مثل حِمضِ الهيدروكلوريك المركزِ، وحِمضِ الكبريتيكِ المركز. وفي حالِ مُلامسةِ الحمضِ للجلدِ يجبُ غسلُه في ماءِ الصنبورِ بشكلٍ مستمرٍّ.

ولذلك تُوضَعُ في المختبراتِ والمصانعِ إشاراتٌ تحذيريةٌ لمستخدمي هذه الموادِّ تُنبِّهُهم إلى خُطورتِها. انظر الشكل (5-5).

الشكل 5 - 5 رمزٌ تحذيريٌّ لمستخدمي الأحماض والقواعد.

الخصائصُ الكيميائيةُ للأحماض Chemical Properties of Acids

نشاط 2-5	تَفاعُلُ محلولِ الحمضِ مع كلٍّ من: الفلز، وهيدروكسيدِ الفلز، وكربوناتِ الفلز
الهدف:	يَستقصي تفاعلَ محلولِ الحمضِ مع كلٍّ من: الفلز، وهيدروكسيدِ الفلز، وكربوناتِ الفلز.
المواد والأدوات:	3 كؤوسٍ زجاجيةٍ سعةُ كل منها 100 ml، ورقُ صنفرة، ساقٌ زجاجية، ورقُ تبَّاع الشمس (زرقاء وحمراء)، شريطُ ماغنسيوم، محلولُ حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، هيدروكسيدُ الصوديوم NaOH، كربوناتُ الكالسيوم $CaCO_3$.
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبر، والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ.

الخطوات:

1. اِقطعْ 2 cm من شريطِ الماغنسيومِ، ونظفّهُ بورقةِ صنفرة.
2. ضَعْ 5 ml من محلولِ H_2SO_4 في كأسٍ زجاجيةٍ.
3. ضَعْ ورقةَ تباعِ الشمسِ الحمراءَ في المحلولِ ثم ضَعْ ورقةَ تباعِ الشمسِ الزرقاءَ في المحلول، ولاحظْ تغيُّرَ اللونِ في كلٍّ منها.
4. ضَعْ شريطَ الماغنسيوم في محلول الحمض في الخطوة الثانية، ولاحظْ ما يحدثُ.
5. كَرِّرِ الخطوة الرابعة مُستخدمًا 5 ml من كلٍّ من: محلول هيدروكسيدِ الصوديوم، محلول كربوناتِ الكالسيوم، ولاحظْ ما يحدثُ.

التحليل:

1. هل يحدثُ تغيُّرٌ على لونِ كلٍّ من: ورقةِ تباعِ الشمسِ الزرقاءِ والحمراءِ مع محلول الحمض؟ صِفِ التغيرَ.
2. هل حدثَ تفاعلٌ مع كلٍّ من الموادِّ السابقةِ؟ كيف عرفتَ ذلك؟
3. أُكتبْ معادلاتٍ كيميائيةً موزونةً للتفاعلاتِ الحاصلةِ في النشاط.

الاستنتاج: .....

1. تَفاعُلُ الأحماضِ مع الفِلِزَّاتِ Reaction of Acids with Metals

تَتفاعلُ محاليلُ الأحماضِ مع الفلزاتِ مثل الماغنسيومِ والحديدِ والخارصين، ويَنتجُ من التفاعلِ ملحُ الفلز ويتصاعد غازُ الهيدروجين، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ اللفظيةِ العامةِ الآتيةِ:

حمض + فلز ⟵ ملح الفلز + غاز الهيدروجين

ويُمكنُ كتابةُ معادلةِ التفاعلِ الكيميائي الذي يحدثُ بين الفلزاتِ والأحماضِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:

$$M_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

$$M_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow MSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

حيثُ يشيرُ الرمزُ (M) الى أحدِ الفلزاتِ التي تتفاعلُ مع محلولِ الحمضِ، وتلاحظُ من معادلةِ التفاعلِ أن الفلزَّ يَحُلُّ مَحَلَّ الهيدروجينِ في الحمضِ لأنه أنشطُ كيميائيًّا، فالخارصينُ مثلًا، يتفاعلُ مع محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك منتجًا كلوريدَ الخارصين، وِفقًا للمعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

وتَنتجُ كبريتاتُ الخارصين عند تفاعلِ الخارصينِ مع محلولِ حمضِ الكبريتيكِ المخففِ؛ بحسبِ المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$Zn_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

اختبر نفسك

أُكتبْ معادلاتٍ كيميائيةً موزونةً تُوضِّحُ فيها تفاعلَ كلٍّ من: الكالسيوم Ca، والماغنيسيوم Mg مع:

- حمضِ النيتريك HNO_3.
- حمضِ الكبريتيك H_2SO_4.

2. تَفاعُلُ محاليلِ الأحماضِ مع كربوناتِ الفِلِزّ
Reaction of Acids with Metal Carbonate

تتفاعلُ محاليلُ الأحماضِ مع كربوناتِ الفلزِ، ويَنتجُ من التفاعلِ ملحُ الفلزِّ وماءٌ وغازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ كما هو مُوضَّحٌ بالمعادلةِ اللفظيةِ العامةِ الآتيةِ:

كربونات الفلز + حمض ⟵ ملح الفلز + ماء + غاز ثاني أكسيد الكربون

ويُمكنُ كتابةُ معادلةِ التفاعلِ الكيميائي الذي يحدثُ بين كربونات الفلزاتِ ومحاليلِ الأحماضِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:

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

$$MCO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow MSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

حيثُ تُشير الصيغة (MCO_3) إلى كربونات أحدِ الفلزاتِ، فمثلا تتفاعلُ كربوناتُ الخارصينِ مع محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك، ويَنتجُ كلوريدُ الخارصين، وماءٌ، وغازُ ثاني أكسيدِ الكربون، كما تُوضِّحُه المعادلةُ الكيميائيةُ الآتيةُ:

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

وعند تفاعلِ كربوناتِ الخارصينِ مع محلولِ حمضِ الكبريتيكِ المُخففِ، يَنتجُ كبريتاتُ الخارصين، وماءٌ، ويتصاعد غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ، كما تُوضحهُ المعادلةُ الكيميائيةُ الآتيةُ:

$$ZnCO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

اختبر نفسك

- أُكتبْ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ كربوناتِ الصوديوم Na_2CO_3 مع محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl.
- أُكتبْ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ كربوناتِ الماغنسيوم $MgCO_3$ مع محلولِ حمضِ الكبريتيك H_2SO_4.

3. تَفاعُلُ الأحماضِ مع هيدروكسيداتِ الفلزاتِ
Reaction of Acids with Metals Hydroxides

تتفاوتُ أملاحُ هيدروكسيداتِ الفلزاتِ في قابليتِها للذوبانِ في الماء، فبعضُها يذوبُ في الماء، مثل **هيدروكسيداتُ الفلزات القلوية Alkali Hydroxides** مثل: هيدروكسيد الصوديوم NaOH، وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH، في حين أن **هيدروكسيداتِ الفلزاتِ القلوية الأرضية Alkaline Earth Hydroxides** منها ما هو غيرُ قابلٍ للذوبانِ في الماءِ مثل: هيدروكسيد البريليوم $Be(OH)_2$، ومنها ما هو قليلُ الذوبانِ في الماءِ، مثل هيدروكسيدِ الماغنيسيوم $Mg(OH)_2$، ومنها ما هو قابلٌ للذوبانِ في الماء مثل هيدروكسيدِ الباريوم $Ba(OH)_2$.

وتتفاعلُ محاليلُ الأحماضِ مع هيدروكسيداتِ الفلزاتِ بشكلٍ عامٍّ سواءً الذائبةُ منها وغيرُ الذائبةِ في الماءِ مُنتجةً ملحَ الفلزِّ والماء. ويُمكنُ تمثيلُ التفاعلِ الحاصلِ بين محلولِ الحمضِ وهيدروكسيدِ الفلز بمعادلةٍ لفظيةٍ عامةٍ كما يأتي:

حمض + هيدروكسيد الفلز ⟵ ملح الفلز + ماء

ويمكنُ كتابةُ معادلةِ التفاعلِ الكيميائي الذي يحدثُ بين هيدروكسيداتِ الفلزاتِ ومحاليلِ الأحماضِ بالصورةِ العامةِ الآتيةِ:

$$MOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow MCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$M(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

حيثُ تُشير الصيغة (MOH) إلى هيدروكسيدات أحدِ الفلزاتِ، فمثلًا يتفاعلُ محلولُ هيدروكسيدِ الصوديوم مع محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك، فيَنتجُ ملحُ كلوريدِ الصوديوم، والماءُ، كما هو مُوضحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

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

وعند تفاعلِ محلولِ هيدروكسيدِ الماغنسيوم مع محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك، يَنتجُ ملحُ كلوريدِ الماغنسيوم والماءُ، كما هو موضحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$Mg(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

اختبرنفسك

أُكتبْ معادلاتٍ كيميائيةً موزونةً توضحُ تفاعلَ كلٍّ من:
هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، وهيدروكسيد البريليوم $Be(OH)_2$
مع حمض الكبريتيك H_2SO_4 .

4. تَفاعُلُ الأحماضِ مع الأمونيا Reaction of Acids with Ammonia

يُستخدَمُ محلولُ حمضِ الهيدروكلوريك HCl للكشفِ عن غازِ الأمونيا NH_3؛ حيث تتكونُ سحابةٌ بيضاءُ اللونِ عند تقريبِ ساقٍ زجاجيةٍ مُبللةٍ بحمضِ الهيدروكلوريك من الغازِ المتصاعدِ من الأمونيا. وللتعرُّفِ على نواتجِ تفاعلِ حمضِ الهيدروكلوريك مع الأمونيا، نفِّذ النشاط (3-5):

نشاط 3-5	تفاعلُ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك مع الأمونيا
الهدف:	تفاعلُ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك مع الأمونيا
المواد والأدوات:	كأسانِ زجاجيتانِ، أوراقُ تَبَّاع الشمسِ الحمراءُ والزرقاءُ، ساقٌ زجاجيةٌ، محلولُ الأمونيا، محلولُ حمضِ الهيدروكلوريك المخفف.
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبر، والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ. قُمْ بإجراءِ النشاطِ داخلَ خِزانةِ طردِ الأبخرةِ أو في ساحةِ المدرسةِ.

الخطوات:

1. ضَعْ 5 mL من محلولِ الأمونيا في كأسٍ زجاجيةٍ، ثم استخدمْ ورقةَ تباعِ الشمسِ للكشفِ عن تأثيرِ الأمونيا فيها.
2. ضَعْ 5 mL من محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك في كأسٍ زجاجيةٍ أخرى، ثم استخدمْ ورقةَ تباعِ الشمسِ للكشفِ عن تأثيرِ الحمضِ فيها.
3. أُغمرِ الساقَ الزجاجيةَ إلى منتصفِها في محلولِ الحمضِ، ثم قرِّبْها من فوهةِ الكأسِ التي تحتوي محلولَ الأمونيا. ماذا تلاحظ؟

التحليل:

1. هل حدثَ تغيُّرٌ على لونِ ورقةِ تباعِ الشمسِ عند ملامستِها لمحلولِ HCl؟ صِفِ التغيرَ.
2. هل حدثَ تغيُّرٌ على لونِ ورقةِ تباعِ الشمسِ عند ملامستِها لمحلولِ NH_3؟ صِفِ التغيرَ.
3. صِفْ ماذا يحدثُ عند تقريبِ الساقِ الزجاجيةِ المُبللةِ بمحلولِ حمضِ الهيدروكلوريك إلى كأسِ الأمونيا.
4. أُكتبِ المعادلةَ الكيميائيةَ الرمزيةَ التي تمثلُ تفاعلَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك ومحلولِ الأمونيا.

الاستنتاج: .....

تلاحظُ من النشاطِ السابقِ تَكوّنَ سحابةٍ بيضاءَ من ملحِ كلوريدِ الأمونيوم على الساقِ الزجاجيةِ المبللةِ بحمضِ الهيدروكلوريك عند ملامستِها للأبخرةِ المتصاعدةِ من محلولِ الأمونيا، ويُمكنُ تمثيلُ التفاعلِ السابقِ بالمعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

هذا ويُمكنُ تلخيصُ الصفاتِ العامةَ للأحماضِ كما يأتي:

1. لها طعمٌ حمضيٌّ.
2. تَغيرَ لونُ ورقِ تباعِ الشمسِ من الأزرقِ إلى الأحمر.
3. تتفاعلُ مع بعضِ الفلزاتِ وينطلقُ غازُ الهيدروجين.
4. تتفاعلُ مع كربوناتِ الفلز وينطلقُ غازُ CO_2.
5. مَحاليلُها مُوصِّلةٌ للتيارِ الكهربائي.
6. تتفاعلُ مع القواعدِ وتُنتج ملحًا وماءً.

خصائصُ القواعدِ Bases Properties

هل شعرتَ يومًا ما بألمٍ في معدتِك سببُه زيادةُ الحموضةِ؟ يَصفُ الطبيبُ عادةً أدويةً مضادةً للحموضةِ الزائدةِ في المعدةِ تحتوي على مادةِ هيدروكسيدِ الماغنسيوم $Mg(OH)_2$. ولا بدَّ أنك سمعتَ بالصودا الكاويةِ (هيدروكسيد الصوديوم NaOH) التي تدخلُ في الكثيرِ من الصناعاتِ مثل المنظفاتِ والصابونِ، وهذه الموادُّ وغيرُها تُسمَّى **قواعدَ Bases**. فما القواعدُ؟ وما خصائصُها؟

درستَ سابقًا أن كلَّ القلوياتِ قواعدُ ولكن ليس كلُّ القواعدِ قلوياتٍ، فالقلوياتُ Alkali هي قواعدُ تذوبُ في الماء، مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH الذي يُعدّ قاعدةً Base، وعند إذابتِه في الماء يَكتسبُ صفةَ القلوية Alkali، بينما هيدروكسيدُ البريليوم $Be(OH)_2$ قاعدةٌ لا تذوبُ في الماء؛ وبالتالي فهي لا تكتسبُ صفةَ القلويةِ.

هل تعلمُ؟

مضاداتُ الحُموضةِ

يَصفُ الطبيبُ أدويةً مضادةً للحُموضةِ لمن يُعانون زيادةً في حُموضةِ المعدةِ التي تُسببُ آلامًا شديدةً في منطقةِ المريءِ والمعدةِ. وتُعدُّ مضاداتُ الحُموضةِ من القواعدِ الضعيفةِ التي لها القابليةُ على التفاعلِ مع الحِمض الموجودِ في المعدةِ لتكوينِ الماءِ والملحِ؛ وبذلك تُقللُ من حموضةِ المعدةِ؛ بسببِ أن هرمونَ الببسين يكونُ نشطًا عندما يكونُ pH له 2.

انظرِ الجدولَ (5-2) الذي يُبينُ بعضَ القواعدِ الشائعةِ ومجالاتِ استخدامِ كلٍّ منها.

القاعدة	الصيغة الكيميائية	مجالات استعمالها
هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية)	NaOH	يدخلُ في صناعةِ الصابون، وموادِّ تنظيفِ مصارفِ المياه (البالوعات).
الأمونيا (النشادر)	NH_3	يدخلُ في صناعةِ سوائلِ التنظيف، والأسمدةِ الكيميائية، ومساحيقِ تنظيفِ المراحيض.
هيدروكسيد الماغنسيوم	$Mg(OH)_2$	يدخلُ في صناعةِ الأدوية التي تُستخدمُ في معالجةِ الحموضة الزائدة في المعدة.
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	يُستخدمُ في البناء، وفي طلاءِ سيقانِ الأشجارِ لحمايتها من الحشرات، وفي تنقيةِ مياهِ الشربِ من الشوائب.
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	يدخلُ في صناعةِ الصابونِ السائلِ لليدين، ويدخلُ في صناعةِ البطاريات.

الجدول 5-2 بعضُ القواعدِ الشائعةِ ومجالاتِ استخدامِ كلٍّ منها.

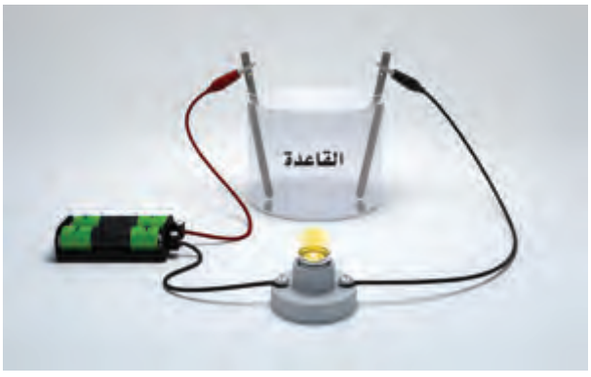
وتَتفكَّكُ القواعدُ في الماء لتعطيَ أيونَ الهيدروكسيد OH^- ، وتتميزُ بطعمِها المرِّ، ومَلمسِها الناعمِ الصابوني، وهي موادُّ تُشبهُ الأحماضَ القويةَ بأنها كاويةٌ للجلد فلا يجوزُ لمسُها أو تَذوقُها، وتُسببُ الأبخرةُ المتصاعدةُ منها تلفًا في الأغشيةِ المخاطيةِ للجهازِ التنفسي، ومَحاليلُها مُوصلةٌ للتيار الكهربائي. ولِتتعرَّفَ ذلك، نفِّذِ النشاطَ (5-4).

نشاط 4-5	تَوصيلُ محاليلِ القواعدِ للتيارِ الكهربائي
الهدف:	يستقصي توصيلَ محاليلِ القواعدِ للتيارِ الكهربائي.
المواد والأدوات:	محاليلُ مخففةٌ متساويةُ التركيزِ من هيدروكسيد الصوديوم NaOH، وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH، كأسان زجاجيتان سعةُ كلٍّ منها 100 ml، بطاريةٌ 6V، قطبانِ من الجرافيت، مصباحٌ كهربائيٌّ صغيرٌ مع قاعدتِه، أسلاكُ توصيلٍ.
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبر، والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ. لا تحاولْ أبدًا التعرّفَ على أيّ قاعدةٍ في المختبرِ عَبْرَ تَذوُّقِها أو لَمسِها.

الخطوات:

1. ضَعْ 25 ml من محلولِ NaOH المخففِ داخل الكأسِ الزجاجية.
2. اِغمسْ قُطبي الجرافيتِ في الكأسِ وصِلْهُما مع البطاريةِ والمصباحِ الكهربائي باستخدامِ الأسلاكِ الكهربائية.
3. صِلِ الدائرةَ الكهربائيةَ، ولاحظْ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائي.
4. كَرِّرِ التجربةَ مُستخدمًا محلول KOH. ماذا تلاحظُ؟

التحليل:



1. علامَ يدلُّ تَوصيلُ محاليلِ القواعدِ للتيارِ الكهربائي؟
2. ماذا نُسمي الموادَّ التي تُوصلُ محاليلُها التيارَ الكهربائي؟

الاستنتاج:

.....

لعلك لاحظتَ من النشاطِ السابقِ أن محاليلَ القواعدِ مُوصلةٌ للتيارِ الكهربائي، وهذا دليلٌ على وجودِ أيوناتٍ موجبةٍ وأيوناتٍ أخرى سالبةٍ حرةَ الحركةِ في المحلول، فما هذه الأيوناتُ؟ وكيف تَنتجُ؟ وما تأثيرُها على الخصائصِ الكيميائيةِ للقواعدِ؟

الخصائصُ الكيميائيةُ للقواعد Chemical Properties of Bases

تأملِ المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ التي تُمثلُ محاليلَ بعضِ القواعدِ عند إذابتِها في الماء:

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

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

من الواضحِ أن محاليلَ القواعدِ تُنتجُ أيوناتِ OH^- السالبةَ، وأيوناتٍ أخرى موجبةً، ولكن هل تحتوي جميعُ القواعدِ على أيوناتِ OH^- في تركيبِها؟ بالتأكيدِ لا؛ فالأمونيا مثلًا لا تحتوي على OH^- ، ولكنها يجبُ أن تتفاعلَ مع الماءِ لإنتاجِها، وهناك أيضًا الكثيرُ من القواعدِ التي لا تحتوي على أيوناتِ OH^- مثل: Na_2O، K_2O، CaO، وهي موادُّ تتفاعلُ مع الماءِ لإنتاجِ هيدروكسيداتِ الفلزاتِ التي تتفككُ في الماء لتعطيَ أيونَ OH^- المسؤولَ عن الصفةِ القاعديةِ، وتُبينُ المعادلةُ الكيميائيةُ الآتيةُ تفاعلَ أكسيدِ الكالسيوم (الجير الحي) مع الماءِ، ثم تَفكُّكَ هيدروكسيدِ الكالسيوم الناتجِ إلى أيونِ OH^- كما يأتي:

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

اختبر نفسك

فسِّرْ سببَ قدرةِ محاليلِ القواعدِ على توصيلِ التيارِ الكهربائي.

هل تعلمُ؟

جاءتْ تسميةُ القلوياتِ Alkali من أصلٍ عربي وهي تَعني الرمادَ المتبقيَ بعد الحرقِ، ويُمكنُ تعريفُها باختصارٍ، بأنها ملحٌ أيونيٌّ قاعديٌّ لفلزٍ قلوي أو لفلزٍ قلوي ترابي. وهي موادُّ قاعديةٌ ذائبةٌ في الماء. تتفاعلُ القلوياتُ بشكلٍ كبيرٍ مع الأحماض فيما يُسمَّى تفاعلَ حمضٍ-قلوي، ولها أهميةٌ كبيرةٌ في الكيمياء.

نشاط 5-5	تأثيرُ محاليلِ القواعدِ في ورقةِ تَبَّاعِ الشمسِ
الهدف:	يَستقصي تأثيرَ محاليلِ القواعدِ على ورقةِ تباعِ الشمسِ.
المواد والأدوات:	محاليلُ مخففةٌ من هيدروكسيد الصوديوم NaOH، وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH، أنابيبُ اختبار عدد 3، حاملُ أنابيب اختبار، أوراقُ تباع الشمس الحمراءُ والزرقاءُ، مخبارٌ مُدرجٌ سعة 10 ml، ساقٌ زجاجية.
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازين، القواعدُ القويةُ كاويةٌ للجلدِ؛ لذا لا تحاولْ أبدًا تَعرّفَ أيِّ قاعدةٍ أو أيِّ مادةٍ أخرى في المختبرِ عَبْرَ تَذوُّقِها أو لَمسِها.

الخطوات:

1. ضَعْ 2 ml من محلول NaOH المخففِ في أنبوبِ اختبارٍ باستخدامِ المخبارِ المُدرج.
2. مُستعينًا بالساقِ الزجاجيةِ، ضَعْ قَطرةً من المحلولِ على ورقةِ تباعِ الشمسِ الحمراءِ. وسجِّلْ ملاحظاتِك.
3. كَرِّرِ الخطوةَ رقم 2 مُستخدمًا ورقةَ تباعِ الشمسِ الزرقاءَ، وسجِّلْ ملاحظاتِك.
4. اِغسلِ الساقَ الزجاجيةَ جيّدًا بالماء، ثم كَرِّرِ الخطواتِ السابقةَ باستخدامِ محلولِ KOH.

التحليل:

1. صِفِ التغيرَ الذي يحدثُ على لونِ كلٍّ من: ورقةِ تباعِ الشمسِ الحمراءِ، والزرقاءِ مع كلٍّ من المحلولين السابقين.
2. هل تتشابهُ القواعدُ في تأثيرِها على ورقةِ تباعِ الشمسِ الحمراء؟

الاستنتاج:

.....

بعد تنفيذِك للنشاطِ السابقِ، تلاحظُ أن القواعدَ تتشابهُ في تأثيرِها على ورقِ تباعِ الشمس، ولكنها تختلفُ عن تأثيرِ الأحماضِ عليها، فالقواعدُ تُغيّرُ لونَ ورقةِ تباعِ الشمسِ الحمراءِ إلى اللونِ الأزرقِ.

هذا ويُمكنُ تلخيصُ بعضِ الصفاتِ العامةِ للقواعدِ، كما يأتي:

1. طَعمُها مرٌّ.
2. مَلمسُها انزلاقيٌّ مثل الصابون.
3. تُغيرُ لونِ ورقِ تباعِ الشمسِ من الأحمرِ إلى الأزرقِ.
4. مَحاليلُها مُوصلةٌ للتيارِ الكهربائي.

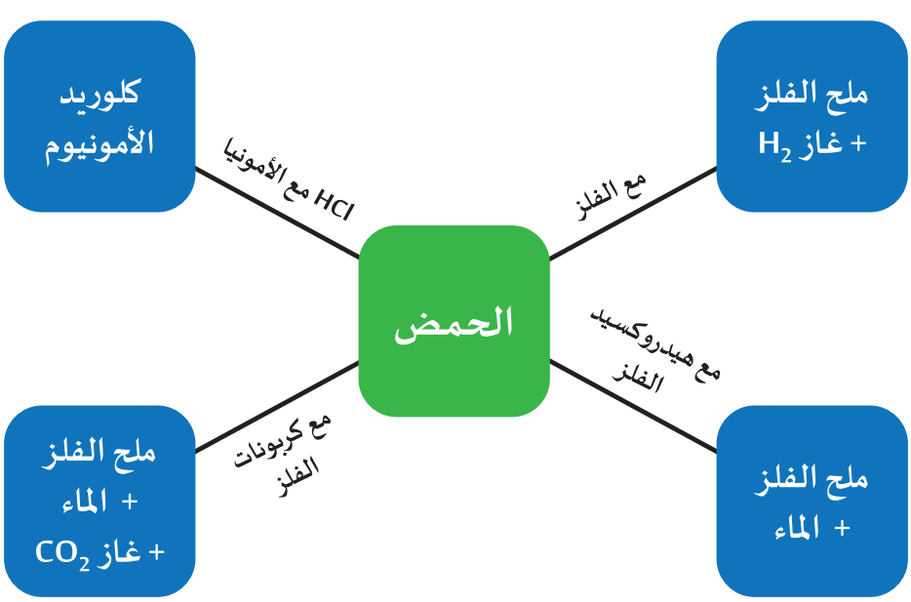
أكملِ الجدولَ الآتيَ فيما يتعلقُ بالصفاتِ العامةِ لمحاليلِ الأحماضِ والقواعدِ.

	الصفات العامة لمحاليل الأحماض	الصفات العامة لمحاليل القواعد
التوصيل الكهربائي		
الطعم		
تأثيرها على ورقة تباع الشمس		

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأول

الأفكار الرئيسة:

- للأحماضِ والقواعدِ تطبيقاتٌ هامةٌ في حياتِنا اليوميةِ.
- الأحماضُ موادٌّ كاويةٌ ذاتُ طعمٍ حمضيٍ لاذعٍ، وموصلةٌ للتيار الكهربائي، وتُغيرُ لونَ ورقةِ تباعِ الشمسِ الزرقاءِ إلى اللونِ الأحمرِ.
- تتفاعلُ الأحماضُ مع بعضِ الفلزاتِ، وكربوناتِ الفلز، والقواعدِ.
- القواعدُ موادٌّ كاويةٌ ذاتُ طعمٍ مُرٍّ، موصلةٌ للتيار الكهربائي، وتُغيرُ لونَ ورقةِ تباعِ الشمسِ الحمراءِ إلى اللونِ الأزرقِ.
- أحماضُ أرهينيوس تتأينُ في الماءِ منتجةً أيوناتِ الهيدروجين H^+.
- قواعدُ أرهينيوس هي مركباتٌ تُنتجُ أيوناتِ الهيدروكسيد OH^- عند إذابتِها في الماء.
- يُعدّ حمضُ برونستد – لوري مانحًا للبروتون، في حين تكونُ قاعدةُ برونستد – لوري مستقبلةً للبروتون.
- تُسمَّى الموادُّ التي تسلكُ سلوكَ الحمضِ والقاعدةُ بالموادِّ الأمفوتيرية.
- يُسمَّى الزوجُ من الحمضِ وقاعدتِه المرافقةِ زوجًا مترافقًا، وكذلك يُسمَّى الزوجُ من القاعدةِ وحمضِها المرافقِ زوجًا مترافقًا.



تقويم الدَّرْسِ الأول

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعدد: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يلي:

1. ما الشرطُ الأساسي الذي يتطلبُه تعريفُ الأحماضِ والقواعد حسبَ مفهومِ أرهينيوس؟

a- توصيل التيار الكهربائي.

b- الذوبان في وسط غير مائي.

c- الذوبان في وسط مائي.

d- استخدام كواشف خاصة.

2. ما المادةُ التي تُنتجُ H^+ عند إذابتها في الماء؟

a- حمض برونستد -لوري.

b- حمض أرهينيوس.

c- قاعدة برونستد – لوري.

d- حمض أو قاعدة أرهينيوس.

3. ما تعريفُ الحمضِ حسبَ مفهومِ برونستد - لوري؟

a- مادة قادرة على منح زوج إلكترونات.

b- مادة قادرة على استقبال زوج إلكترونات.

c- مادة قادرة على استقبال البروتون.

d- مادة قادرة على منح بروتون.

4. ماذا تُسمَّى المادةُ التي تَستقبلُ بروتونًا من مادةٍ أخرى؟

a- حمض أرهينيوس.

b- قاعدة برونستد – لوري.

c- قاعدة أرهينيوس.

d- حمض برونستد – لوري.

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

5. ما الحمضُ المرافقُ للقاعدة F^-؟

a- HF_2

b- H_2F

c- HF

d- F^{2-}

6. ما القاعدةُ المرافقةُ للحمض HCO_3^-؟

a- CO_3^{2-}

b- OH^-

c- H_2CO_2

d- H_2CO_3

7. ما المادةُ التي تسلكُ سلوكَ أمفوتيري (متردد)؟

a- CN^-

b- NH_4^+

c- H_3O^+

d- H_2O

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجب عن الأسئلةِ الآتية:

1. حدِّدِ القاعدةَ المُرافقةَ لكلٍّ من الأحماض الآتية:

- HCl
- H_3O^+
- HSO_3^-

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

2. حدِّدِ الحمضَ المرافقَ لكلٍّ من القواعد الآتية:

- NH_3
- NO_3^-
- $HCOO^-$

3. ما الأزواجُ المترافقةُ من الحمض والقاعدة في المعادلة الآتية:

$$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_2^-$$

4. اكتب مفهومِ الحمض والقاعدة حسبَ كلِّ نظريةٍ كما في الجدول الآتي:

	الحمض	القاعدة
أرهينيوس		
برونستد – لوري		

5. فسِّرْ ما يأتي:

- يسلكُ أيونُ $H_2PO_4^-$ سلوكًا مترددًا (أمفوتيري) في محاليله.
- فَشِلَ أرهينيوسُ في تفسيرِ الصفةِ القاعديةِ للأمونيا NH_3.
- توصيلُ محاليلِ الأحماضِ والقواعدِ للتيار الكهربائي.
- يُعدُّ المركبُ CaO قاعدةً بالرغم من عدمِ وجودِ أيونِ الهيدروكسيد في تركيبه.

6. قارنْ بين الأحماضِ والقواعدِ من حيثُ الصفاتُ العامةُ لكلٍّ منها:

	الأحماض	القواعد
الطعم		
التوصيل الكهربائي للمحلول		
التأثير على ورقة تباع الشمس		

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

7. أكملِ المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ:

a- $Li_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

b- $K_2CO_{3(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow$ ..... + ... + ...

c- $Ca(OH)_{2(aq)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow$ ..... + ...

d- $LiOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O}$ ..... + ...

8. أكتب معادلة كيميائية تمثل تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع كل من :

a. كربونات الاسترونشيوم.

b. هيدروكسيد الروبيديوم.

الدَّرسُ الثاني 2-5

قوةُ الأحماضِ والقواعدِ
The Strength of Acids and Bases

التَّجارِبُ والأنشِطة

6-5 قوة الأحماض.

7-5 الكواشف الطبيعية.

8-5 الكاشف العام.

9-5 تَفاعُلُ حِمْضٍ قويٍّ مع قاعدةٍ قويةٍ.

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يشرحُ بشكلٍ نوعي الاختلافاتِ في سلوكِ الأحماضِ والقواعدِ القويةِ والضعيفةِ من حيثُ مدى التَّفكُّكِ (التَّحلُّل)، ويربطُ هذا بمقياسِ درجةِ الحُموضةِ أو الرقم الهيدروجيني.
- يشرحُ تَغيراتِ الرقمِ الهيدروجيني pH أثناءَ تفاعلِ التَّعادلِ، ويعرفُ أنه يمكنُ تَعميمُ تفاعلِ التعادلِ على تفاعلِ أيوناتِ الهيدروجين مع أيوناتِ الهيدروكسيد لتكوينِ الماءِ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

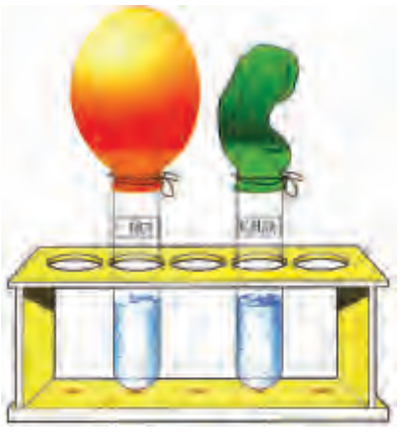
الحِمْض	Acid
القاعدة	Base
الكواشف	Indicators
تفاعل التعادل	Neutralization Reaction
نقطة التعادل	Neutralization Point

قوةُ الأحماضِ والقواعدِ Strength of Acids and Bases

تختلفُ الأحماضُ في قوتِها، فمنها القويُّ ومنها الضعيفُ، وكذلك تتفاوتُ في خصائصِها، فبعضُها حارقٌ كاوٍ للجلد، وتُسببُ الأبخرةُ المتصاعدةُ منه تَلَفٌ في الأغشيةِ المُخاطيةِ، وبعضُها الآخرُ ضعيفٌ لدرجةِ أنه يُمكنُ تَناولُه طعامًا، أو وَضْعُه في العينِ بِوَصفِه قطرةً، فما الذي يجعلُ بعضَ الأحماضِ قويةً، وبعضَها الآخرَ ضعيفًا؟

نشاط 6-5	قوةُ الأحماضِ
الهدف:	يَستقصي تَبايُنَ الأحماضِ في قوتِها.
المواد والأدوات:	محلولُ حِمضِ HCl بتركيز 0.1M، محلولُ حِمضِ الإيثانويك CH_3COOH بتركيز 0.1M، شريطُ ماغنسيوم (عدد 2) طولُ كلٍّ منها 5cm، أنابيبُ اختبارٍ عدد2، حاملُ أنابيبِ اختبارٍ، بالونٌ صغيرٌ عدد 2، مِخبارٌ مُدرَّجٌ سعةُ 10ml
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبرِ، والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازاتِ. وتَعاملْ مع الأحماضِ بِحذَرٍ.

الخطوات:



1. ضَعْ 5 ml من محلولِ حمض HCl في أنبوبِ الاختبارِ الأول، وكميةً مماثلةً من محلول حمض CH_3COOH في أنبوبِ الاختبارِ الثاني.
2. نَظِّفْ شريطي الماغنيسيوم بورقِ الصنفرة، ثم ضَعْ شريطَ ماغنسيومٍ داخل كلِّ بالون.
3. ثبِّتْ فُوهةَ البالونِ الأولِ على فوهةِ أنبوبِ الاختبارِ الأولِ، وثبِّتْ فوهةَ البالونِ الثاني على فوهةِ أنبوبِ الاختبارِ الثاني، كما في الشكلِ المقابل.
4. تَأكَّدْ من إحكامِ إغلاقِ فوهةِ الأنبوبين بوساطةِ البالونين.
5. أَمسكِ البالونينِ من طرفيهما وارفعْهما فوق الأنبوبين في الوقتِ نفسِه، وتأكدْ من إنزالِ قطعتي الماغنسيوم في الأنبوبين، وملامستِهما للحمضين الموجودين في الأنبوبين. ماذا حدثَ؟

التحليل:

1. هل حدثَ تفاعلٌ بين الحمضِ وشريطِ الماغنسيوم في الأنبوبِ الأول؟
2. هل حدثَ تفاعلٌ بين الحمضِ وشريطِ الماغنسيوم في الأنبوبِ الثاني؟
3. هل تصاعدَ غازٌ في كلا الحالتين؟
4. ما الغازُ المُتصاعِدُ؟
5. هل تَجمَّعتْ كميةُ الغازِ نفسُها في كلا الحالتين؟
6. أيٌّ من محلولي الحمضين يتفاعلُ مع شريطِ الماغنسيوم بشدةٍ أكبرَ؟

الاستنتاج:.....

لا حظْ من النشاطِ السابقِ أن محلولَ حمضِ الهيدروكلوريك يتفاعلُ بشدةٍ مع شريطِ الماغنيسيوم، ويَنتهي التفاعلُ بشكلٍ سريعٍ، بينما يتفاعلُ محلولُ حمضِ الإيثانويك مع شريطِ الماغنسيوم بشدةٍ أقلَّ من تفاعلِ حمضِ الهيدروكلوريك معه. ويُمكنُنا التوصلُ من خلال هذا النشاطِ إلى أن حمضَ الهيدروكلوريك أقوى من حمضِ الإيثانويك.

تَتفاوتُ الأحماضُ والقواعدُ في درجةِ تأينها في الماءِ، فبعضُها يتأينُ بشكلٍ كلّي، وبعضُها يتأينُ بشكلٍ جزئي. وتعتمدُ قوةُ الأحماضِ على قدرةِ الحمضِ على إنتاجِ أيوناتِ الهيدرونيوم H_3O^+ في المحلولِ المائي، بينما تعتمدُ قوةُ القاعدةِ على قدرةِ القاعدةِ على إنتاجِ أيوناتِ الهيدروكسيد OH^- في المحلولِ المائي. وتُسمّى الأحماضُ والقواعدُ التي تتأينُ بشكلٍ كلّي في الماءِ **أحماضًا قويةً وقواعدَ قويةً Strong Acids and Strong Bases**.

أما الأحماضُ والقواعدُ التي تتأينُ بشكلٍ جزئي في الماءِ، فتُسمّى **أحماضًا ضعيفةً وقواعدَ ضعيفةً Weak Acids and Weak Bases.**

الأحماضُ القويةُ والأحماضُ الضعيفةُ Strong and Weak Acids

تَمنحُ الأحماضُ القويةُ بروتوناتِ H^+ بسهولةٍ كبيرةٍ، فعندما يتأينُ حمضٌ قويٌّ مثل HCl كليًّا في الماء، فإنه يَمنحُ بروتونًا إلى الماء، وينتجُ أيونَ الهيدرونيوم الموجبِ H_3O^+ ، وأيونَ الكلوريدِ السالبِ Cl^- ؛ لذلك يتمُّ كتابةُ معادلةِ تأينِ الأحماضِ القويةِ بسهمٍ أُحاديٍّ ذي اتجاهٍ واحدٍ دلالةً على أن الحمضَ المُتأينَ هو حمضٌ قويٌّ، كما في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

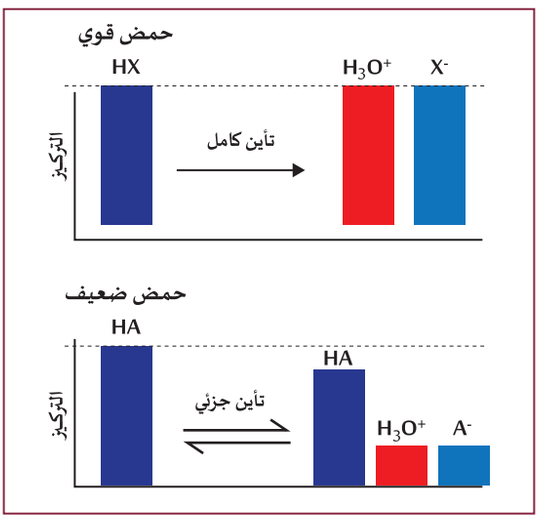
بينما يتأينُ **الحمضُ الضعيفُ** في الماء بشكلٍ جزئي، كما هو الحالُ عند تأينِ حمضِ الإيثانويك CH_3COOH؛ حيثُ إن نسبةً ضئيلةً من الحمضِ الضعيفِ تمنحُ البروتونَ إلى الماءِ لتكوينِ أيونِ الهيدرونيوم H_3O^+ الموجبِ، وأيونِ الإيثانوات CH_3COO^- السالبِ؛ لذلك يتمُّ كتابةُ معادلةِ تأينِ الأحماضِ الضعيفةِ بسهمٍ مُزدوجٍ ذي اتجاهين دلالةً على أن الحمضَ المتأينَ هو حمضٌ ضعيفٌ، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

ويُوضِّحُ الشكلُ (5-6) الفرقَ بين الحمضِ القوي والحمضِ الضعيف من حيثُ تأينِ كلٍّ منهما في الماء؛ حيثُ يكونُ عددُ الأيوناتِ السالبةِ والموجَبةِ الناتجةِ عن تأينِ حمضِ الهيدروكلوريك HCl القوي أكبرَ من عددِ الأيوناتِ السالبةِ والموجَبةِ الناتجةِ عن تأينِ حمضِ الإيثانويك الضعيفِ في الماء.

الشكل 5-6 تأين الحمضُ القويُّ و الحمضِ الضعيف

يُمكنُ أن نرمزَ إلى الحمضِ القوي بالرمز(HX)، و إلى الحمضِ الضعيفِ بالرمز (HA)، ويمكنُ تمثيلُ تأيُّنِ كلٍّ من الحمضِ القوي، والحمضِ الضعيفِ بالمُخطَّطِ البياني المُوضَّحِ في الشكل (5-7).



الشكل 5-7 يتأينُ الحمضُ القوي HX بشكلٍ كلّي، بينما يتأينُ الحمضُ الضعيفُ HA بشكلٍ جزئي.

لاحظْ من الشكل (5-7) أن كميةَ الأيوناتِ المُوجبَةِ H_3O^+ والأيوناتِ السالبةِ X^- المتكونةِ عند تأينِ الحمضِ القوي متساويةٌ، ولم يتبقَّ أثرٌ للحمضِ الأصلي؛ لأنه تأينَ تأينًا كاملًا، بينما تكونُ كميةُ الأيوناتِ الموجبةِ H_3O^+ والأيوناتِ السالبةِ A^- المتكونةِ عند تأينِ الحمضِ الضعيفِ ضئيلةً مقارنةً مع جُزيئاتِ الحمضِ الأصلي؛ لأن الحمضَ تأينَ تأينًا جزئيًّا.

ويُوضِّحُ الجدولُ (5-4) أمثلةً لبعضِ الأحماضِ والقواعدِ الضعيفةِ والقويةِ الشائعةِ.

المركب	الصيغة الكيميائية	القوى النسبية
حمض الهيدروكلوريك	HCl	أحماض قوية
حمض النيتريك	HNO_3	
حمض الكبريتيك	H_2SO_4	
حمض الفوسفوريك	H_3PO_4	أحماض ضعيفة
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	
حمض البوريك	H_3BO_3	
الهيدرازين	N_2H_4	قواعد ضعيفة
الأمونيا	NH_3	
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	قواعد قوية
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	

الجدول 5-4 أمثلة لبعضِ الأحماضِ والقواعدِ الشائعةِ من حيث القوة.

الرقمُ الهيدروجيني
Potential of Hydronium Ions (pH)

إنّ معرفةَ درجةِ حموضةِ المحاليلِ أو الموادِّ التي نستخدمُها في حياتِنا اليوميةِ ضروري جدًّا، فإذا كانت درجةُ حموضةِ الصابونِ الذي نستخدمُه لتنظيفِ اليدينِ مثلًا مُرتفعةً؛ فستسببُ تآكلًا في خلايا الجلد، وعندما يدخلُ شخصٌ مريضٌ إلى المستشفى، يطلبُ الطبيبُ من اختصاصي المختبرِ إجراءَ عدةِ فحوصاتٍ، منها فحصُ درجةِ حموضةِ الدم، لكي يتأكدَ من تشخيصِ المرضِ للمريضِ بشكلٍ صحيحٍ، وكذلك يتمُّ قياسُ درجةِ حموضةِ مياهِ بِرَكِ السباحةِ، والتربةِ الزراعيةِ، وغيرِها من المحاليل؛ حتى يتمَّ التأكدُ من ملاءمتِها للاستعمالِ.

إثراء

الرقمُ الهيدروجيني

يُستخدَمُ الرقمُ الهيدروجيني بدلًا من التركيزِ المولاري للتعبيرِ عن تركيزِ أيونِ الهيدرونيوم في المحاليلِ، وقد اقترحَ هذا المُسمَّى العالمُ الدانماركي سورين سورينسون عام 1909م.

ويتمُّ عادةً التعبيرُ عن درجةِ الحموضة بالرمز pH، فما الذي يَعنيه هذا الرمزُ؟ وهل تكونُ درجةُ حموضةِ جميعِ المحاليلِ متساويةً؟ وما أهميةُ معرفةِ درجةِ حموضةِ المحاليلِ؟ وكيف يُمكنُ قياسُ درجةِ الحموضة لمحلولٍ ما؟

يُمكنُ تعريفُ **الرقمِ الهيدروجيني pH** بأنه مقياسٌ لدرجةِ الحموضةِ في المحاليلِ. وتَعتمدُ درجةُ حموضةِ المحاليلِ على تركيزِ أيوناتِ H_3O^+ فيه (يُعبَّر عن التركيز بالأقواس المستطيلة [ ])؛ حيث تزدادُ قوةُ الحمضِ بزيادةِ تركيزِ أيونات H_3O^+ أو $[H_3O^+]$ ؛ وبالتالي تقلُّ قيمةُ pH للمحلول.

وتُقاسُ قِيَمُ pH باستخدامِ جهاز يسمى مقياسِ الرقمِ الهيدروجيني pH meter. انظرِ الشكلَ (5-8)

الشكل 5-8: مقياس الرقم الهيدروجيني.

إثراء

ماءُ زمزمَ

يُوصَفُ ماءُ زمزمَ بأنه ماءٌ قلوي أو قاعدي؛ وذلك استنادًا إلى مقياسِ درجةِ الحموضةِ، أو ما يُعرَفُ بالرقمِ الهيدروجيني (pH)؛ حيثُ تتراوحُ قيمةُ هذا المؤشر لِماءِ زمزمَ ما بين (7.5 – 8.0)، وهي تقعُ ضِمْنَ مدى القيمِ المسموحِ بها لمياهِ الشربِ (6.5-9.5)، وِفْقًا لتوصياتِ منظمةِ الصحةِ العالَمِيةِ الخاصةِ بمياهِ الشرب.

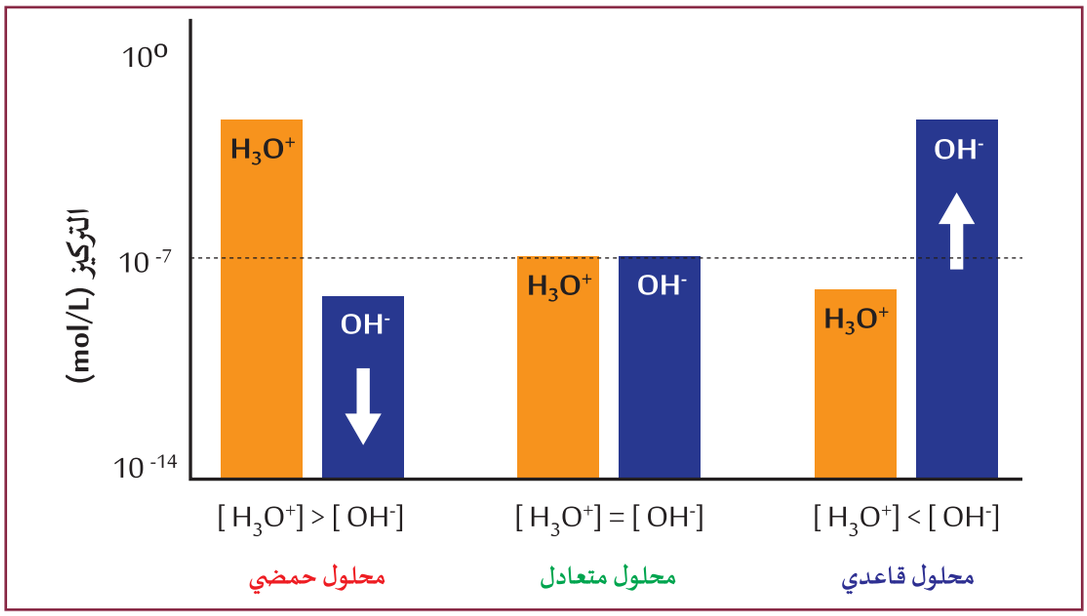
المصدر: ماء زمزم في ميزان البحث العلمي

د. معز الإسلام فارس

ويُعتبرُ الماءُ النقي في هذا المقياسِ متعادلًا؛ لأنه يتأينُ ذاتيًّا وِفْقَ المعادلةِ الكيميائيةِ الآتية:

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

وتُشيرُ النتائجُ التجريبيةُ إلى أن تركيزَ أيوناتِ H_3O^+ مساويًا لتركيزِ أيوناتِ OH^-، عند درجةِ حرارة 25°C، وتكونُ قيمةُ pH له تساوي 7. وفي المحاليلِ الحمضيةِ فإن قيمةَ pH لها تكونُ أقلَّ من 7، بينما تكونُ قيمةُ pH للمحاليلِ القاعديةِ أكبرَ من 7. انظرِ الشكلَ (5-9).



الشكل 5-9: العلاقةُ بين تركيزِ أيوناتِ H_3O^+ وأيوناتِ OH^- في المحاليل.

وتلاحظُ من الشكلِ أنّ تركيزَ أيونات H_3O^+ يكونُ أكبرَ من تركيزِ أيونات OH^- في المحلولِ الحمضي، بينما يكونُ تركيزُ أيونات H_3O^+ مساويًا لتركيزِ أيونات OH^- في المحلولِ المُتعادِلِ، ويكونُ تركيزُ أيونات H_3O^+ أقلَّ من تركيزِ أيونات OH^- في المحلولِ القاعدي، انظرِ الجدولَ (5-5).

المحلول	العلاقة بين $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$
الحمضي	$[H_3O^+] > [OH^-]$
المتعادل	$[H_3O^+] = [OH^-]$
القاعدي	$[H_3O^+] < [OH^-]$

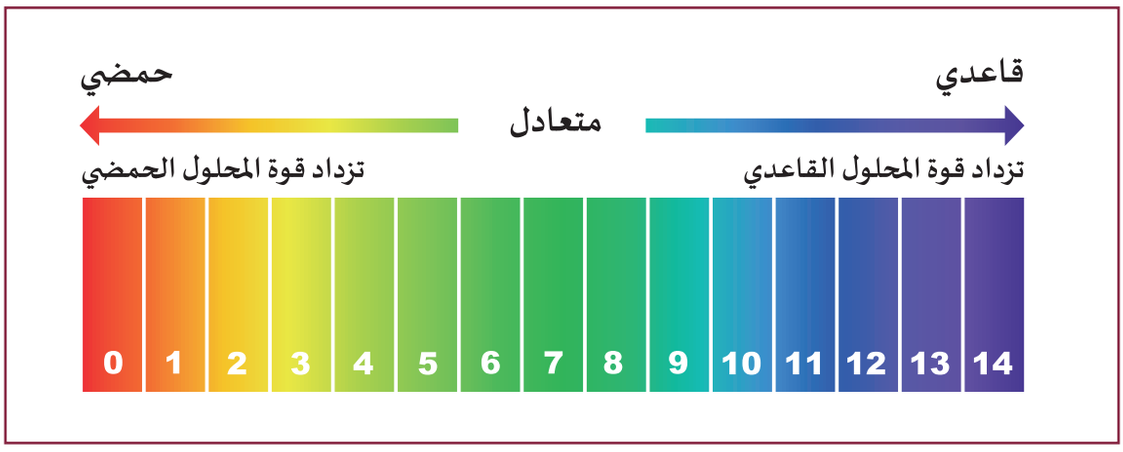
الجدول 5-5: العلاقة بين نوع المحلول وتركيز أيونات H_3O^+ و OH^-

وبذلك فإنه كلما ازدادَ تركيزُ أيوناتِ H_3O^+ في المحلولِ ازدادت قوةُ الحمض، في حين كلما ازدادَ تركيزُ أيوناتِ OH^- في المحلول ازدادت قوةُ القاعدةِ. ويُبينُ الشكلُ (5-10). تَدرُّجَ قوةِ الحمضِ وقوةَ القاعدةِ بناءً على مقياسٍ مُدرّجٍ من(0 إلى 14) لتحديد الرقمِ الهيدروجيني. وتلاحظُ من الشكلِ أنه يمكنُ تحديدُ نوعِ المحلول إذا كان حمضيًّا أو قاعديًّا أو متعادلًا .

إثراء

لماذا لا تَهضِمُ المعدةُ نفسَها؟

تحتوي العصارةُ المعويةُ على حمضِ الهيدروكلوريك القوي الذي يُفرَزُ في المعدةِ بعد تناولِ الطعامِ؛ فيعملُ على هضمِ اللحومِ ولكنه لا يؤثرُ على جدارِ المعدة؛ لأنها تُفرزُ مادةً مخاطيةً تمنعُ الحمضَ من الوصولِ إلى جدارِ المعدة.



الشكل 5-10 مقياس الرقم الهيدروجيني pH

تختلفُ الموادُّ في درجةِ حموضتِها أو قاعديتِها، فالحمضُ الموجودُ في المعدةِ حمضًا قويًّا فهو يساعدُ على هضمِ اللحومِ وغيرِها من الأغذية، أما الحمضُ الموجودُ في الحليبِ أو اللبنِ، فهو حمضٌ ضعيفٌ ليستطيعَ الإنسانُ شربَهُ دون أن يؤذيَه. والمعدلُ الطبيعي لحموضةِ الدمِ في جسمِ الإنسانِ يجبُ أن يتراوحَ بين 7.35 - 7.45 لكي يحافظَ الدمُ على صحةِ الجسمِ ويعملَ على مقاومةِ الأمراضِ، ويُوضِّحُ الشكلُ (5-11) بعضَ الموادِّ التي تحتوي على أحماضَ وقواعدَ في حياتِنا اليوميةِ، ودرجةِ الحموضةِ التقريبيةِ لكلٍّ منها.

شكل 5-11 درجةُ الحموضةِ التقريبيةِ لبعضِ الموادِّ المُستخدَمةِ في حياتِنا اليوميةِ.

يقومُ المختصون باستخدامِ موادَّ خاصةٍ للتمييزِ بين الأحماضِ والقواعدِ تُسمّى **كواشفَ (أدلة) Indicators**، فما هي الكواشفُ؟ وما علاقتُها بالرقمِ الهيدروجيني pH للمحاليلِ المختلفة؟ وما الموادُّ التي يمكنُ استخدامُها بوصفِها كواشفَ؟

الكواشفُ Indicators

لعلك لاحظتَ من دراستِك السابقةِ أن الأحماضَ والقواعدَ تؤثرُ على لونِ ورقةِ تَبّاعِ الشمس، فتتغيرُ إلى اللونِ الأحمرِ عند مُلامستِها للمحاليلِ الحمضيةِ، وتتغيرُ إلى اللونِ الأزرقِ عند ملامستِها للمحاليلِ القاعديةِ.

إن تغيّرَ لونِ ورقةِ تبّاعِ الشمسِ ناتجٌ عن تغيّرٍ في لونِ المادةِ الملونةِ الموجودةِ على الورقةِ التي تُسمّى كاشفًا.

فالكواشفُ Indicators هي أحماضٌ أو قواعدُ ضعيفةٌ تتغيرُ ألوانُها بحسبِ المحاليلِ التي تتفاعلُ معها. وللتعرُّفِ على أثرِ المحاليلِ الحمضيةِ والمحاليلِ القاعديةِ في الكواشفِ الطبيعية، نَفِّذِ النشاطَ (5-7).

نشاط 5-7	الكواشفُ الطبيعية
الهدف:	**يَستقصي أثرَ المحاليلِ الحمضيةِ والمحاليلِ القاعديةِ في الكواشف الطبيعية**
المواد والأدوات:	**ملفوفٌ أحمرُ، محلولُ حمضِ الهيدروكلوريك المخففُ HCl، محلولُ هيدروكسيد الصوديوم المخففُ NaOH، عصيرُليمون طازج، ماءٌ مُقطر، مسحوقُ الخبيز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية)، سائلُ تنظيفِ الصحون، كأسٌ زجاجيةٌ سعة 200 ml، كأسٌ زجاجيةٌ سعة 100 ml، مخبارٌ مدرّجٌ سعة 10 ml عدد 2، موقدٌ كحولي، ساقٌ زجاجيةٌ، أنابيبُ اختبار.**
الأمن والسلامة:	**ارتدِ معطفَ المختبر، والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازين، وتعاملْ مع الأحماضِ بحذرٍ.**

الخطوات:

1. ضَعْ كميةً من قِطَعِ الملفوفِ الأحمر في الكأسِ الزجاجيةِ سعة 200 ml.
2. أضفْ 100 ml من الماءِ المقطرِ إلى الكأسِ السابقة، وسخّنْها على اللهب، حتى يصبحَ لونُ المحلولِ زهريًّا غامقًا.
3. اِرفعِ الكأسَ عن اللهب، واتركْها لتبردَ، ثم اِفصلِ المحلولَ عن ورقِ الملفوفِ، وضَعْهُ في كأسٍ زجاجيةٍ سعة 100 ml.
4. خُذْ ستةَ أنابيبِ اختبارٍ، وضَعْ باستخدامِ المخبارِ المدرّج، 3 ml من محلولِ كاشفِ الملفوفِ الأحمر في كلٍّ منها.
5. أَضفْ باستخدامِ المخبارِ المدرّجِ الآخر 10 ml من محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك المخففِ في أنبوبِ اختبارِ الأولِ.
6. رُجَّ الأنبوبَ جيّدًا للتأكدِ من امتزاجِ المادتين معًا، ولاحظْ تغيّرَ لونِ الكاشفِ. سجّلْ ملاحظاتِك.
7. كرّرِ الخطواتِ السابقةَ مع بقيةِ المواد، وسجّلْ ملاحظاتِك في الجدول الآتي:

المادة	لون الكاشف الناتج	نوع المحلول (حمضي/ قاعدي)
حمض الهيدروكلوريك		
هيدروكسيد الصوديوم		
عصير الليمون		
ماء مقطر		
مسحوق الخبيز		
سائل تنظيف الصحون		

التحليل:

1. ما اللونُ الذي تَحوَّلَ إليه المحلولُ في الخطوةِ رقم 6؟

2. هل يَصلُحُ الملفوفُ الأحمرُ للتمييزِ بين الحمضِ والقاعدةِ؟ فسِّرْ إجابتَك.

الاستنتاج: .....

الاستقصاء: كيف يُمكنُك أن تعرفَ ما إذا كان مُستحضَرُ غسيلِ الشعرِ (الشامبو) الذي تَستخدمُه في منزلِك، حمضيًّا أم قاعديًّا؟ .....

.....

لعلك لاحظتَ أنه يمكنُ استخدامُ محلولِ الملفوفِ الأحمر للتمييز بين الأحماضِ والقواعدِ تمامًا مثل ورقةِ تبّاعِ الشمسِ؛ لذا يُعدُّ محلولُ الملفوفِ الأحمرِ من الكواشفِ، التي يتغيّرُ لونُها بحسبِ حمضيةِ أو قاعديةِ الوسطِ الذي تُوجَدُ فيه، وهناك أنواعٌ مختلفةٌ من الكواشف، فمنها **الكواشفُ الطبيعيةُ Natural Indicators** التي تُستخلَصُ من موادَّ موجودةٍ في الطبيعةِ مثل: الملفوف الأحمر، والعنب الأسود، والشمندر الأحمر، والورد الجوري، ومنها **الكواشفُ الصناعيةُ Artificial Indicators**، التي يتمُّ تَصنيعُها من موادَّ كيميائيةٍ، مثل: الفينولفثالين، والميثيل البرتقالي، وأزرق بروموثيمول، وصبغة تبّاع الشمس.

اختبر نفسك

- ما المقصودُ بالكواشفِ؟
- فسِّرْ. يتحول الماء من مركب متعادل إلى محلول حمضي عند إضافة قطرات من عصير الليمون.

وللحُكمِ على قوةِ حمضٍ أو قاعدةٍ، نلجأُ عادةً إلى استخدامِ كاشفٍ خاصٍّ يُسمّى **الكاشفَ العام Universal Indicators**، انظرِ الشكلَ (5-12). ويتكونُ الكاشفُ العامُّ من مزيجٍ من الكواشفِ، ويمتازُ بتغيّرِ لونِه بتغيّرِ قِيَمِ pH للمحلول؛ وذلك خلافًا للكواشفِ الأخرى مثل كاشفِ تبّاعِ الشمس، أو الفينولفثالين، أو الميثيل البرتقالي، والتي يتغيّرُ لونُها في مدًى معينٍ من قِيَمِ pH.

الشكل 5-12 الكاشفُ العامُّ ذو ألوانٍ مختلفةٍ بحسبِ قِيَمِ pH للمحلول.

ويُستخدَمُ الكاشفُ العام للتعرفِ على مدى قوةِ الحمضِ أو القاعدة.

ولمعرفةِ كيف يتغيّرُ لونُ الكاشفِ العامّ بتغيّرِ قِيَمِ pH للمحلول، نَفِّذِ النشاطَ (5-8):

نشاط 5-8	الكاشفُ العام
الهدف:	**يَستقصي تغيّرَلونِ الكاشفِ العام بتغيّرِقيمِ pH للمحلول**
المواد والأدوات:	**4 كؤوس زجاجية سعة 100 ml، ماء مقطر، كاشف عام ورقي أو محلول، محاليل متساوية التركيز من: حمض الهيدروكلوريك، حمض الإيثانويك، هيدروكسيد الصوديوم، الأمونيا، ساق زجاجية.**
الأمن والسلامة:	**ارتدِ معطفَ المختبر، والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازين، وتعاملْ مع الأحماضِ بحذرٍ**

الخطوات:

1. ضَعْ 25 ml في كأسٍ زجاجيةٍ، واستخدمِ الكاشفَ العام لتحديدِ الرقمِ الهيدروجيني للماءِ المقطر.
2. ضَعْ 10 ml من كلِّ محلولٍ في كأسٍ وضَعْ مُلصقًا يحملُ اسمَ المحلولِ على الكأس.
3. باستخدامِ الساقِ الزجاجيةِ، ضَعْ قَطرةً من كلِّ محلولٍ على ورقةِ الكاشفِ العام، كلًا على حِدَةٍ.

التحليل:

1. ما اللونُ الذي حصلتَ عليه في الخطوةِ رقم 1؟ ما قيمةُ pH للماءِ المقطر؟
2. ما اللونُ الذي حصلتَ عليه للمحاليلِ المختلفةِ في الخطوةِ رقم 3؟
3. ما قيمةُ pH للمحاليلِ المختلفة؟
4. أيُّ الحمضينِ أقوى؟
5. أيُّ القاعدتين أقوى؟
6. هل قِيمتا pH التي حصلتَ عليهما لمحلولي الحمضين أكبرُ أو أقلُّ من قيمةِ pH للماءِ المقطر؟
7. هل قِيمتا pH التي حصلتَ عليهما لمحلولي القاعدتين أكبرُ أو أقلُّ من قيمةِ pH للماءِ المقطر؟

المادة	لون الكاشف الناتج	الرقم الهيدروجينيُ
الماء المقطر		
حمض الهيدروكلوريك		
حمض الإيثانويك		
محلول هيدروكسيد الصوديوم		
محلول الأمونيا		

الاستنتاج: .....

تَفاعُلاتُ التَّعادُلِ Neutralization Reactions

تَفاعُلُ التعادُلِ Neutralization Reaction هو تفاعلٌ كيميائيٌّ يحدثُ بين حمضٍ وقاعدةٍ بحيثُ ينتجُ ملحٌ وماءٌ، ويمكنُ كتابةُ المعادلةِ العامة لهذا النوعِ من التفاعلاتِ كما يأتي:

حمض + قاعدة ⟵ ملح + ماء

هناك أربعُ حالاتٍ لتفاعلِ الأحماض والقواعدِ، هي:

- تَفاعلُ حمضٍ قويٍ مع قاعدةٍ قويةٍ.
- تَفاعلُ حمضٍ قويٍ مع قاعدةٍ ضعيفةٍ.
- تَفاعلُ حمضٍ ضعيفٍ مع قاعدةٍ قويةٍ.
- تفاعلُ حمضٍ ضعيفٍ مع قاعدةٍ ضعيفةٍ.

وفي هذا الدرس سندرسُ الحالةَ الأولى فقط، وهي تفاعلُ حمضٍ قويٍّ مع قاعدةٍ قويةٍ، ومن أشهرِ الأمثلةِ على هذا النوعِ من تفاعلاتِ التعادلِ، تفاعلُ حمضِ الهيدروكلوريك HCl، مع هيدروكسيدِ الصوديوم NaOH، فعند تفاعلِ HCl مع NaOH ينتجُ ملحُ الطعام NaCl والماءُ H_2O، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

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

المُعايرةُ Titration

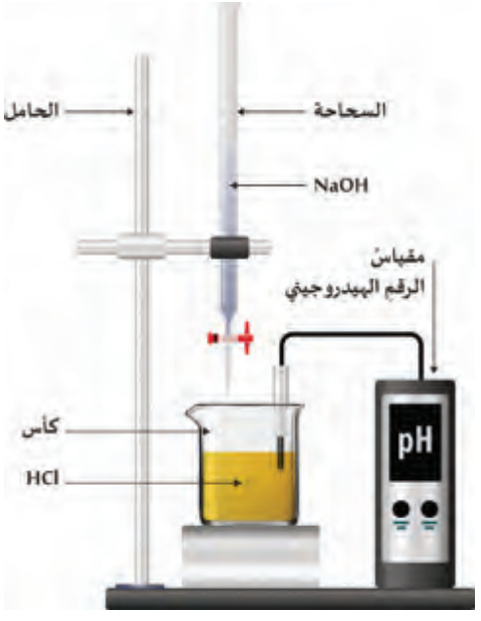
درستَ سابقًا أن **المحلولَ القياسي Standard Solution** هو المحلولُ المعلومُ تركيزُه بدقةٍ؛ لذلك فهو يُستخدَمُ في معرفةِ تركيزِ محلولٍ آخرَ مجهولِ التركيزِ عن طريقِ عمليةٍ تُسمَّى **المعايرةَ Titration**، فعندما يكونُ لدينا حمضٌ وقاعدةٌ أحدُهما معلومِ التركيزِ (محلول قياسي) وآخرُ مجهولُ التركيزِ، ويُرادُ معرفةُ تركيزِه، نقومُ بإجراء عمليةِ المعايرة. وللتعرفِ على تَغيرِ قِيمةِ pH لمحلولٍ أثناءَ عمليةِ تعادلِ حمضٍ وقاعدةٍ، نفِّذِ النشاطَ (5-9).

نشاط 5-9	تفاعلُ حمضٍ قويٍّ مع قاعدةٍ قويةٍ
الهدف:	يَقيسُ الرقمَ الهيدروجيني للمحلولِ الناتجِ من تفاعلِ حمضٍ قوي وقاعدةٍ قوية باستخدامِ مُستشعرِ pH.
المواد والأدوات:	كأسٌ زجاجية سعة 250 ml، ماصّةٌ سعة 25 ml، سحّاحةٌ سعة 50 ml، قُمْعُ زجاجي، حمضُ الهيدروكلوريك HCl تركيزُه (0.1 M)، محلولُ هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزُه (0.1 M)، كاشف الفينولفثالين، مقياسُ الرقمِ الهيدروجيني الرقمي مع مُستشعرِ pH ، دورق مخروطي.
الأمن والسلامة:	ارتدِ معطفَ المختبرِ، والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازين، وتعاملْ مع الأحماضِ والقواعدِ بحذرٍ.

الخطوات:

1. اِغسلِ الأدواتِ الزجاجيةَ المُستخدَمةَ في هذه التجربةِ بالماءِ العادي ثم الماءِ المقطرِ عدةَ مرات.
2. اِملأِ السحّاحةَ بمحلولِ هيدروكسيدِ الصوديوم، باستخدامِ قُمْعٍ زجاجي، وتأكدْ من ضَبْطِ سطحِ المحلولِ وذلك بفتحِ صمَّامِ التحكمِ السفلي للسحَّاحةِ لإنزالِ مستوى المحلولِ حتى العلامةِ المُحدَّدةِ.
3. اِسحبْ 25 ml من محلولِ حمضِ الهيدروكلوريك باستخدامِ الماصّةِ، ثم ضَعْهَا بالكاملِ في الدورق المخروطي.
4. أَضفْ قَطرةً أو اثنتين من كاشفِ الفينولفثالين إلى محلولِ الحمضِ في الدورقِ المخروطي.

5. ضَعِ الدورق المخروطي تحت السحّاحةِ، وافتحِ الصنبورَ بحيثُ ينزلُ المحلولُ القاعدي بشكلٍ بطيءٍ جدًّا إلى المحلولِ الحمضي مع رَجِّهِ باستمرارٍ.
6. قِسِ الرقمَ الهيدروجينيَ للمحلولِ بعد إضافةِ كلٍّ 10 ml من NaOH، باستخدامِ pH Meter. ثم سجِّلِ القراءاتِ التي تظهرُ في مستشعرِ pH، في الجدولِ أدناه.
7. أَغلقِ الصنبورَ بمجردِ تَغيُّرِ لونِ المحلولِ، وسجِّلِ القراءةَ.
8. أكمل إضافة القاعدة لاستكمال بيانات الجدول حتى ثبات قيمة pH.



حجم NaOH المُضاف (ml)	حجم المحلول الكلي (الحمض + القاعدة) (ml)	pH
0	25	
10	35	
20	45	
30	55	
40	65	
50	75	

التحليل:

1. أُكتبْ معادلةَ التفاعلِ بين الحمضِ والقاعدةِ المُستخدَمين في النشاطِ السابق.
2. ماذا يسمَّى هذا النوعُ من التفاعلات؟
3. ما لونُ المحلولِ عند نقطةِ التعادل؟
4. أُرسمِ العلاقةَ بين قِيَمِ pH وحجمِ القاعدةِ المُضافةِ إلى المحلولِ الحمضي بيانيًّا.

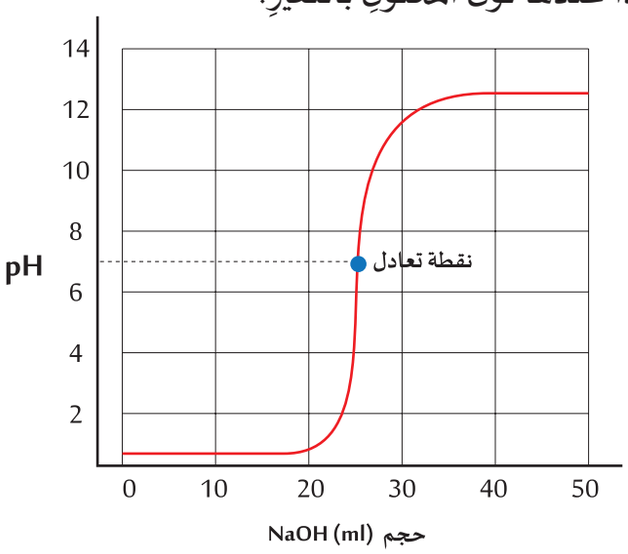
الاستنتاج:.....

ملاحظة : يمكن استخدام مسجل للبيانات متصل بمستشعر pH لتسجيل البيانات وعمل المنحنى مباشرة.

لاحظْ من النشاطِ السابقِ أنه عند تفاعلِ حمضِ HCl القوي مع القاعدةِ القويةِ هيدروكسيد الصوديوم NaOH نتجَ الماءُ، وملحُ كلوريد الصوديوم NaCl، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

وتُسمَّى النقطةُ التي يتغيرُ فيها لونُ المحلولِ عند تفاعلِ الحمضِ القوي مع القاعدةِ القويةِ **نقطةَ التعادلِ Neutralization Point** فعندها يَتساوى عددُ مولاتِ أيوناتِ الهيدرونيوم الموجبةِ H_3O^+ مع عددِ مولاتِ أيوناتِ الهيدروكسيد السالبةِ OH^-، انظرِ الشكلَ (5-14) الذي يُبينُ مُنحنَى معايرةِ الحمضِ القوي مع القاعدةِ القويةِ ونقطةِ التعادلِ التي يبدأُ عندها لونُ المحلولِ بالتغيّرِ.



الشكل 5-14 مُنحنَى معايرةِ الحمضِ القوي مع القاعدةِ القويةِ ونقطةِ التعادلِ.

إثراء

شامبو مُتوازِن pH

هل جرَّبتِ يومًا قراءةَ درجةِ الحموضةِ pH على عبوةِ سائلِ غسيلِ الشعرِ (الشامبو)؟

تختلفُ درجاتُ الحموضةِ من شامبو إلى آخرَ، فبعضُها قلوي، وبعضُها حمضي، ولكن كلا النوعين يُسببُ تَلَفَ الشعرِ بعد الاستخدامِ المُتكرّرِ للشامبو؛ لذلك عَمِلَ المختصون في صناعةِ الشامبو على إنتاجِ أنواعٍ منها ذاتُ درجاتٍ pH قريبةٍ من التعادلِ فلا تسبّبُ تكسُّرَ الروابطِ في الكرياتين المكوّن للشعر.

لذلك، تأكدْ من قِيَمِ درجاتِ الحموضةِ pH للمُنتَجِ في المرةِ القادمةِ التي تَستخدمُ فيها شامبو الشعر.

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

الأفكار الرئيسة:

- تَعتمدُ قوةُ الأحماضِ على قدرتِه على إنتاجِ أيوناتِ الهيدرونيوم H_3O^+.
- تَعتمدُ قوةُ القاعدةِ على قدرتِها على إنتاجِ أيوناتِ الهيدروكسيد OH^-.
- تَتفاوتُ الأحماضُ والقواعدُ في درجةِ تأينِ كلٍّ منها في الماء.
- تَتأينُ بعضُ الأحماضِ والقواعدِ بشكلٍ كلّي، وبعضُها يَتأينُ بشكلٍ جزئي في الماء.
- الأحماضُ والقواعدُ التي تتأينُ بشكلٍ كلّي في الماءِ تُسمّى أحماضًا وقواعدَ قويةً.
- الأحماضُ والقواعدُ التي تتأينُ بشكلٍ جزئي في الماء تُسمّى أحماضًا وقواعدَ ضعيفةً.
- تَزدادُ قوةُ الحمضِ بزيادةِ تركيزِ أيوناتِ H_3O^+ ؛ وبالتالي تَقِلُّ قيمةُ pH للمحلول.
- تَزدادُ قوةُ القاعدةِ بزيادةِ تركيزِ أيوناتِ OH^- ؛ وبالتالي تَزدادُ قيمةُ pH للمحلول.
- تُقاسُ درجةُ الحموضةِ باستخدامِ مقياسٍ مُدرّجٍ من صفر إلى 14 يُعرفُ بمقياسِ الرقمِ الهيدروجيني pHmeter.
- قيمةُ pH للماءِ النقي تُساوي 7، بينما تكونُ قِيَمُ pH للمحاليلِ الحمضيةِ أقلَّ من 7، وتكونُ قِيَمُ pH للمحاليلِ القاعديةِ أكبرَ من 7.
- يُستخدَمُ كاشفٌ خاصٌّ يُسمّى الكاشفَ العام لتحديد قوةِ حمضٍ أو قاعدة.
- تَفاعُلُ التعادلِ هو تَفاعلٌ يحدثُ بين حمضٍ وقاعدةٍ؛ بحيثُ ينتجُ ملحٌ وماءٌ.
- النقطةُ التي يَتغيرُ فيها لونُ المحلولِ عند تفاعلِ الحمضِ مع القاعدةِ تسمى نقطةُ التعادلِ، حيث يَتساوى عندها عددُ مولاتِ أيوناتِ الهيدرونيوم الموجبةِ H_3O^+ مع عددِ مولاتِ أيوناتِ الهيدروكسيد السالبةِ OH^-.

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلة الاختيار من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. ما درجةُ حموضةِ الدم الطبيعيةِ في جسمِ الإنسان؟

a- 2.5 – 4.15

b- 8.2 – 10.3

c- 7.35 – 7.45

d- 5.00 – 6.1

2. ما المدى الذي يُستخدَمُ في مقياسِ درجةِ الحموضة؟

a- 0 – 14

b- 0 –10

c- 1 – 14

d- 1 – 10

3. ما المادةُ التي تتأينُ في الماءِ بشكلٍ جزئي وتُنتجُ أيوناتِ H_3O^+ ؟

a- حمض قوي.

b- حمض ضعيف.

c- قاعدة قوية.

d- قاعدة ضعيفة.

4. ما الذي يُمثلُه الرمزُ (AOH) في المعادلةِ الكيميائيةِ الافتراضيةِ الآتيةِ:

$$AOH_{(aq)} \longrightarrow A^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

a- قاعدة ضعيفة.

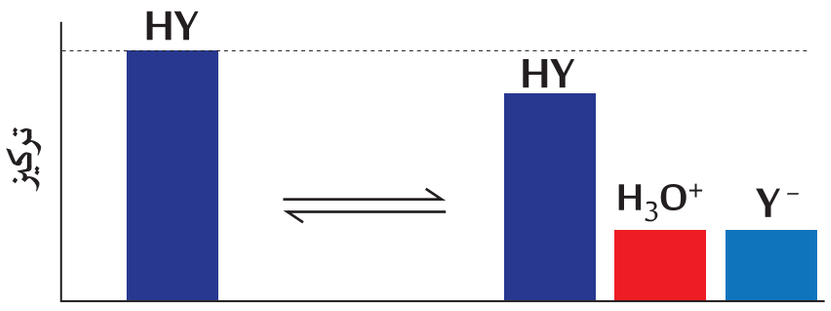
b- حمض ضعيف.

c- حمض قوي.

d- قاعدة قوية.

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

5. ما العبارةُ **الخاطئةُ** فيما يتعلقُ في الشكل الآتي الذي يمثلُ تأينَ الحمض الإفتراضي HY ؟



a- يتأينُ الحمضُ تأينًا جزئيًّا.

b- يتأينُ الحمضُ تأينًا كليًّا.

c- الحمضُ المُستخدَمُ حمضٌ ضعيفٌ.

d- تركيزُ H_3O^+ أقلُّ من تركيزِ الحمضِ الناتج.

6. ماذا يعني زيادةُ تركيزِ أيوناتِ OH^- في المحلولِ؟

a- نقصانَ قوةِ القاعدة.

b- نقصانَ قيمةِ pH.

c- تزدادُ قيمةُ pH

d- تزدادُ قوةُ الحمضِ.

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a- الرقم الهيدروجيني pH.

b- الحمض القوي.

c- القاعدة الضعيفة.

d- الكواشف.

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

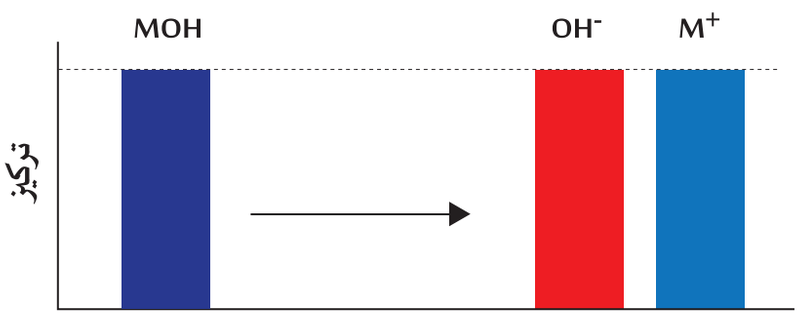
2. ما الفرقُ بين الحمضِ القوي والحمضِ الضعيف من حيثُ التأين في الماء؟

3. اكتبْ معادلةَ تأينِ كلٍّ من الأحماضِ الآتيةِ في الماءِ وِفقَ نظريةِ برونستد - لوري:

a- الحمض القوي $HClO_4$.

b- الحمض الضعيف HF.

4. هل القاعدةُ المُستخدَمَةُ في الشكلِ الآتي قويةٌ أو ضعيفةٌ؟ فسِّرْ إجابتك.



5. أكملِ الجدولَ الآتي:

المحلول	نوع المحلول حمضي / قاعدي / متعادل
$[H_3O^+]$ = $[OH^-]$	
$[H_3O^+]$ أقل من $[OH^-]$	
$[H_3O^+]$ أكبر من $[OH^-]$	

تقويمُ الوحدةِ الخامسة

أولًا: أسئلة الاختيار من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ فيما يأتي:

1. ما طبيعةُ المحلولِ الذي يحتوي على كميةٍ من أيوناتِ الهيدروجين أكبرَ من أيوناتِ الهيدروكسيد؟

a- محلول متعادل.

b- محلول متردد.

c- محلول حمضي.

d- محلول قاعدي.

2. ما السببُ الذي يجعلُ الماءِ النقي متعادلاً؟

a- عددُ أيوناتِ الهيدروجين تُساوي عددَ أيوناتِ الهيدروكسيد.

b- عددُ أيوناتِ الهيدروجين أكبرُ من عددِ أيوناتِ الهيدروكسيد.

c- عددُ أيوناتِ الهيدروجين أقلُّ من عددِ أيوناتِ الهيدروكسيد.

d- عددٌ قليلٌ من جزيئاتِ الهيدروجين وعددٌ كبيرٌ من أيوناتِ الهيدروكسيد.

3. أي من الآتي من الكواشف الطبيعية؟

a- الميثيل البرتقالي.

b- الفينولفثالين.

c- الملفوف الأحمر.

d- أزرق بروموثيمول.

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

الجدولُ الآتي يُوضِّحُ قِيَمَ pH لعددٍ من المحاليلِ الافتراضيةِ، استخدمْ هذه المعلوماتِ للإجابةِ عن الأسئلة (4 - 7) التي تليه:

المحلول	A	B	C	D
pH	1.3	9.5	7	2.4

4. أيُّ المحاليلِ يملكُ أعلى تركيزٍ لأيوناتِ الهيدرونيوم؟

A -a

B -b

C -c

D -d

5. أيُّ المحاليلِ تُغيِّرُ لونَ ورقةِ تَبَّاعِ الشمسِ الحمراءِ إلى اللونِ الأزرق؟

A -a

B -b

C -c

D -d

6. ما رمزُ المحلولِ المُتعادلِ؟

A -a

B -b

C -c

D -d

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

7. أيُّ المحاليلِ طعمُها مرٌّ؟

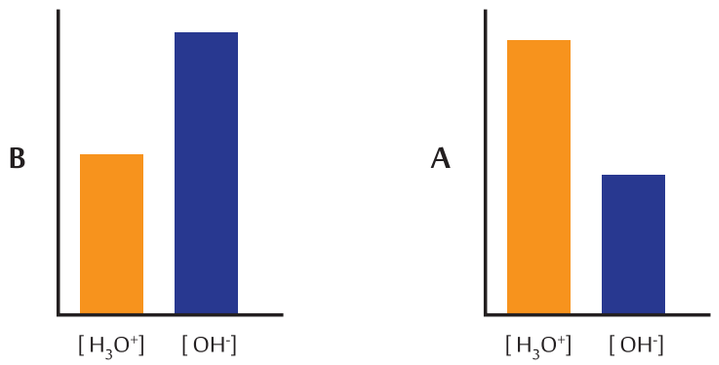
A -a

B -b

C -c

D -d

8. أيُّ الأشكال البيانيةِ الآتيةِ تُمثلُ المحلولَ المُتعادلَ؟



9. ما المُركَّبُ الذي يُعدُّ قاعدةَ أرهينيوس فقط؟

NaOH -a

NH_3 -b

CO_2 -c

SO_2 -d

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

10. ما القاعدةُ المُرافِقَةُ للحمضِ H_2CO_3؟

a- H_2CO_2

b- HCO_3^-

c- CO_3^{2-}

d- H_2CO

11. ما الحِمضُ المُرافِقُ للقاعدةِ H_2O؟

a- H_3O^+

b- OH^-

c- H_2

d- O_2

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة: أجبْ عن الأسئلة الآتية:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a- القاعدة القوية.

b- الحمض الضعيف.

2. فسّرْ كلًا مما يأتي:

a- السلوك الحمضي لأيون NH_4^+ حسب مفهوم برونستد- لوري للحمض.

b- يسلك H_2O سلوكًا أمفوتيريًّا (مترددًا).

3. حَدّدِ الزوجين المترافقين من الحمض والقاعدة في التفاعلين الآتيين:

a- $NH_3 + C_5H_5NH^+ \rightleftharpoons NH_4^+ + C_5H_5N$

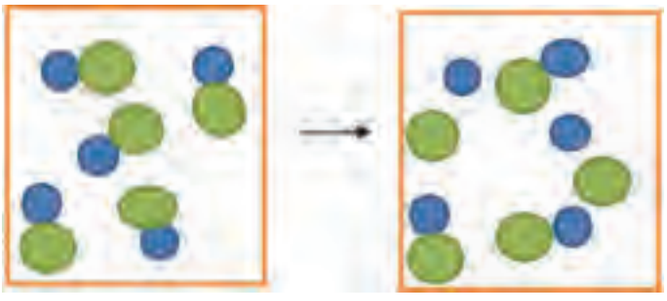
b- $HF_{(aq)} + HCO_{3\,(aq)}^- \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + F_{(aq)}^-$

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

4. أكملِ الجدولَ الآتيَ فيما يتعلقُ بالأحماضِ والقواعدِ المُترافِقَةِ.

القاعدة	الحمض المرافق	الحمض	القاعدة المرافقة
Cl^-		HS^-	
H_2O		HSO_3^-	
CN^-		NH_4^+	
NH_3		HBr	

5. يمثلُ الشكلُ تأينَ الحمضِ الافتراضي HX في الماء ؛ حيثُ تُشيرُ الكرةُ الزرقاءُ إلى H والكرةُ الخضراءُ إلى X، هل يُعدُّ الحمضُ قويًّا أو ضعيفًا؟ فسِّرْ إجابتك.



6. دخلَ غانمٌ مختبرَ المدرسةِ فوجدَ كأسين في كلٍّ منهما سائلًا شفافًا، أحدُهما حمضٌ والآخرُ قاعدةٌ، وأرادَ أن يُميزَ بينهما، فوَضعَ ورقةَ تَبَّاعِ الشمسِ في كلٍّ منهما، وكانت النتيجةُ كما تَظهرُ في الصورة.

a- أيُّ المحلولين يمثلُ محلولًا حمضيًّا؟

b- أيُّ المحلولين يمثلُ محلولًا قاعديًّا؟

c- هل من الصوابِ معرفةُ محتوياتِ الكأسين عن طريقِ اللمسِ او التذوقِ؟ لماذا؟

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

7. وَضَعَ المعلمُ مصباحين جديدين في دائرتين كهربائيتين باستخدامِ كأسين زجاجيتين في كلٍّ منهما حمضٌ، أحدُهما قويٌّ والآخرُ ضعيفٌ، كما في الشكل:

a- أيُّ الكأسين يحتوي حمضًا قويًّا؟ كيف عرفتَ ذلك؟

b- أيُّ الكأسين يحتوي حمضًا ضعيفًا؟ كيف عرفتَ ذلك؟

c- أيُّهما تتوقعُ أن يكونَ تركيزُ الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ في محلولِه أكبرَ من الآخرِ؟

8. اكتبْ معادلةَ تأينِ الحمضِ HF في الماء، ثم حدّدِ الأزواجَ المترافقَةَ.

9. اكتبْ معادلةَ تأينِ القاعدةِ NH_3 في الماء، ثم حدّدِ الأزواجَ المترافقَةَ.

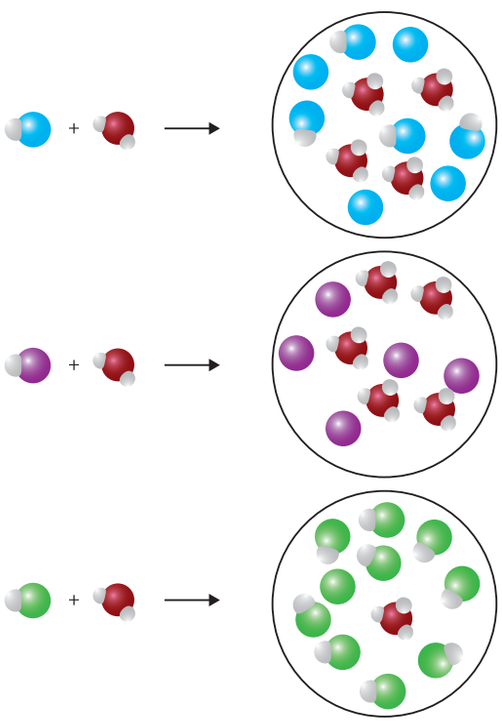
10. **حل مشكلات**. يشكو مزارعٌ من عدمِ قابليةِ أرضِه للزراعةِ بشكلٍ جيدٍ، فقام بقياسِ درجةِ حموضةِ التربةِ في أرضِه فوجد أن قيمةَ pH لها 5.8، ما الحلولُ التي تَنصحُ بها المزارعَ لحلِّ مشكلتِه؟

11. تَعَرَّضَ طالبٌ للسعةِ نملةٍ، فشعرَ بألمٍ، فقام بِدَلْكِ مَوْضِعِ اللسعةِ بمادةٍ قلويةٍ، فشعرَ بتَحسُّنٍ. ما سببُ ذلك؟

تابع تقويمُ الوحدةِ الخامسة

12. تَحفيزٌ. قام طالبٌ بإذابةِ 1 mol من قاعدةٍ افتراضيةٍ YOH في 1L من الماء، فوجدَ أن المحلولَ المائيَّ الناتجَ يحتوي على 1×10^{-9} mol من أيونات OH^-، مع بقاءِ الحجمِ ثابتًا. هل المادةُ المُستخدَمةُ: قاعدةٌ قويةٌ، أو قاعدةٌ ضعيفةٌ؟ فسِّرْ إجابتك.

13. تَحفيزٌ. لديكَ الشكلُ الآتي الذي يمثلُ تأينَ ثلاثةِ أحماضٍ مختلفةٍ (، ،) في الماء ( ). ويمثلُ الرمزَ ( ) قاعدةً مرافقةً للحمضِ المُتأينِ. ويمثلُ الرمزُ ( ) أيونَ الهيدرونيوم. أُدرسْهُ جيدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



a- حَدِّدِ الحمضَ الأقوى والحمضَ الأضعفَ من المحاليلِ السابقة.

b- إذا علمتَ أن الرمزَ ( ) يمثلُ حمضَ HF، فما الرمزُ الكيميائيُّ الذي يُمثلُه الرمزُ ( )؟

c- أيُّ محاليلِ الأحماضِ السابقةِ يكونُ فيه تركيزُ أيون H_3O^+ هو الأقلُّ؟

d- أيُّ محاليلِ الأحماضِ السابقةِ له pH الأقلُّ؟

C1004

UNIT 6

الوِحدةُ السادسةُ:

الكيمياءُ العضويةُ

Organic Chemistry

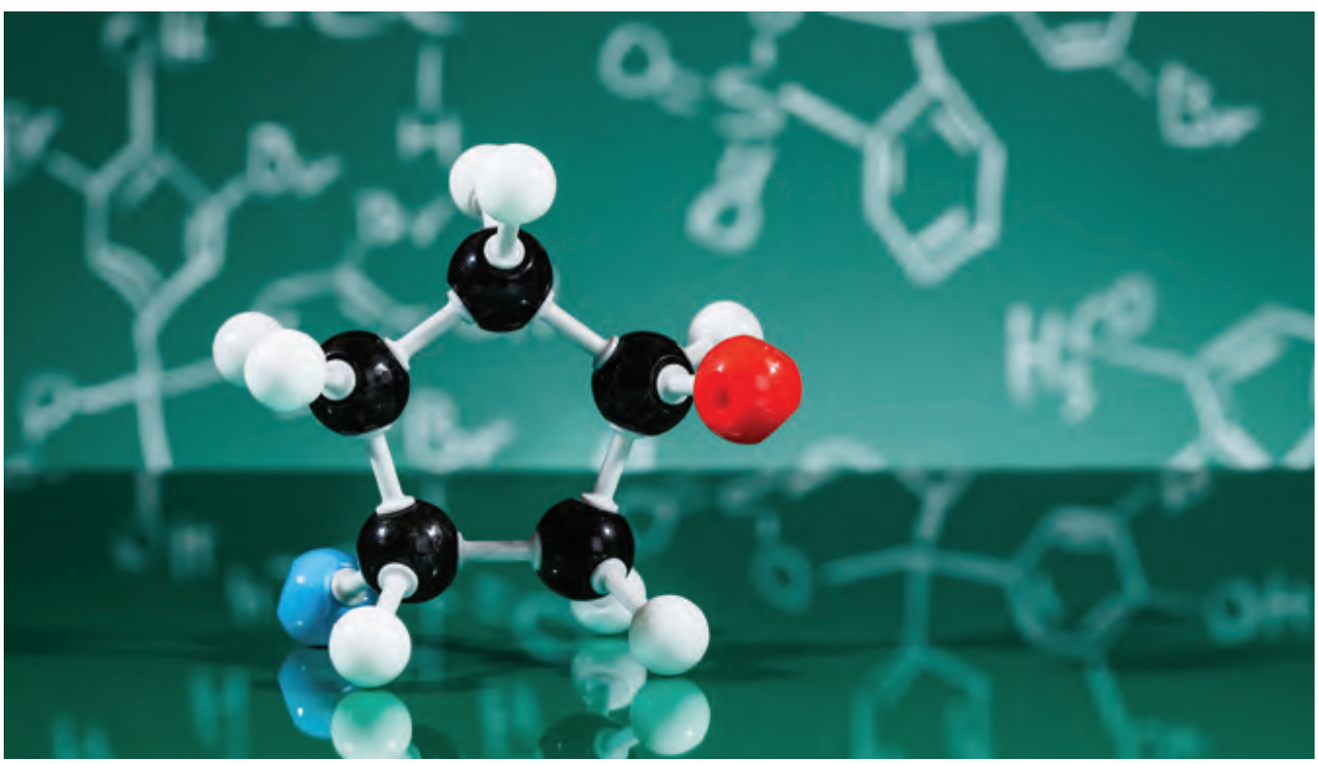
محتويات الوحدة:

الـدرس الأول: 1-6 مقدمةٌ في الكيمياءِ العضويةِ
Introduction to Organic Chemistry

الدرس الثاني: 2-6 الألكاناتُ
Alkanes

الدَّرسُ الأوَّلُ 1-6

مقدمةٌ في الكيمياءِ العضويةِ
Introduction to Organic Chemistry



التَّجارِبُ والأنشِطة

(1-6) عنصرُ الكربونِ

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- **يَستقصي أن الكربونَ يُمكنُ أن يكوّنَ أربعةَ روابطِ تَساهميةٍ.**
- **يشرحُ أن التنوعَ الهائلَ من المركباتِ العضويةِ الطبيعيةِ والاصطناعيةِ هو نتيجةٌ لقُدرةِ الكربونِ على تَكوينِ عائلاتٍ كيميائيةٍ من مركباتٍ وسلاسلَ وحلقاتٍ متشابهةٍ.**

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

الكيمياءُ العضويةُ	Organic Chemistry
مُركباتُ الكربونِ	Carbon Compounds
مُركباتٌ عضويةٌ	Organic Compounds
مُركباتٌ غيرُ عضويةٍ	Inorganic Compounds

مُقدِّمة

تُعَدُّ **الكيمياءُ العضويةُ Organic Chemistry** أحدَ فروعِ عِلْمِ الكيمياءِ، وهي تَعني كيمياءَ **مُركباتِ الكربونِ Carbon Compounds**، لأن عنصرَ الكربونِ هو العنصرُ الرئيسُ في جميعِ هذه المركباتِ.

وقد كان يُعتقَدُ سابقًا أن **المركباتِ العضويةَ Organic Compounds**، ترتبطُ بالكائناتِ الحيةِ؛ إذ يُمكنُ الحصولُ على المركباتِ العضويةِ فقط من مصادرَ نباتيةٍ وحيوانيةٍ، مثل السكريات والدهونِ، وفي بدايةِ القرنِ التاسعَ عشرَ، قسَّم العالِمُ برازيليوس المركباتِ إلى نوعين: **مركباتٍ عضويةٍ Organic Compounds**، وهي التي تُستخلَصُ من نباتاتٍ أو حيواناتٍ. **ومركباتٍ غيرِ عضويةٍ Inorganic Compounds**، وهي التي تُستخلَصُ من مصادرَ معدنيةٍ من الأرضِ. وقد كان الاعتقادُ السائدُ في ذلك الوقتِ أن المركباتِ العضويةَ تَتكوَّنُ داخلَ خلايا الكائناتِ الحيةِ بواسطةِ **قوةٍ حيويةٍ Vital Force**، وبدون هذه القوةِ لا يُمكنُ أن تَنتُجَ هذه المركباتُ.

وفي عام 1828م تَمكَّنَ العالِمُ فريديريك فوهلر من الحصولِ على مادةِ اليوريا كمُركبٍ عضوي؛ وذلك بتسخينِ مُركبِ سياناتِ الأمونيوم NH_4OCN غيرِ العضوي، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$NH_4OCN \xrightarrow{\Delta} H_2N - CO - NH_2$$

سيانات الأمونيوم
مركب غير عضوي

اليوريا
مركب عضوي

وبعد تلك التجربةِ أصبح واضحًا أنه يُمكنُ الحصولُ على مركباتٍ عضويةٍ عديدةٍ في المختبراتِ، إضافةً إلى مصادرَ أخرى مثل الوقودِ الأحفوري الذي يَتضمَّنُ البترولَ والغازَ الطبيعي، والفحمَ.

وللمركباتِ العضويةِ الكثيرُ من الاستخداماتِ الحياتيةِ؛ حيث تَدخلُ في صناعاتٍ عديدةٍ في مجالاتِ الحياةِ المختلفةِ، مثل الصناعاتِ الغذائيةِ، والمستحضراتِ الطبيةِ، والمنظفاتِ، والبلاستيك. وصناعةِ الملابسِ كالألياف الصناعيةِ مثل النايلون والبوليستر والحرير الصناعي، وكذلك في الأسمدةِ، والوقودِ المستخدمِ في المصانعِ وفي تشغيلِ السياراتِ والطائراتِ والسفنِ، والمبيداتِ الحشريةِ والدهاناتِ والمنظفاتِ والمذيباتِ والعطورِ وموادِّ التجميلِ وغيرِها. وقد أولى الكيميائيون اهتمامًا واسعًا بالكيمياءِ العضويةِ؛ لما لها من تطبيقاتٍ حياتيةٍ وصناعيةٍ هائلةٍ. فما المركباتُ العضويةُ؟ وكيف تَتَكَوَّنُ؟

مركباتُ الكربونِ Carbon Compounds

تَمَّ اكتشافُ عنصرِ الكربونِ منذُ القِدَمِ وكان يَتِمُّ الحصولُ عليه بحرقِ بعضِ الموادِّ بمعزَلٍ عن الأكسجين لتصنيعِ الفحمِ. وكلمةُ كربون باللغةِ اللاتينيةِ تعني الفحمَ. وهو يُعدُّ من العناصرِ ذاتِ الأهميةِ في حياتِنا اليوميةِ والأكثرِ انتشارًا في الطبيعةِ، فهو يُوجَدُ حُرًّا مُنفردًا في الطبيعةِ على شكلين هما: الجرافيت أو الماس، انظرِ الشكلَ (6-1).

الشكل 6-1 الماس والجرافيت من أشكال الكربون في الطبيعة.

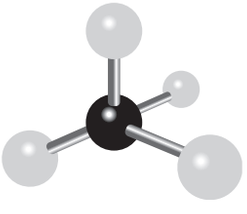
ويُمكنُ للكربونِ أن يُكوّنَ نوعين من المُركَّباتِ:

- **مُركباتٍ غيرِ عضويةٍ:** مثل: أول أكسيد الكربون CO، وثاني أكسيد الكربون CO_2، والمُركباتُ التي تحتوي على المجموعاتِ الأيونيةِ مثل: الكربونات CO_3^{2-} (كما في كربونات الصوديوم Na_2CO_3)، والسيانيدات CN^- (كما في سيانيد البوتاسيوم KCN)، والسيانات OCN^- (كما في سيانات الأمونيوم NH_4OCN).
- **مُركباتٍ عضويةٍ:** وتُعرفُ بأنها المُركباتُ التي تحتوي على ذرةِ الكربون، مثل: البروتيناتُ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، وكذلك **الهيدروكربوناتُ Hydrocarbons** التي تتكونُ من اتحادِ الكربونِ مع الهيدروجين، وغيرُها من المُركباتِ التي يرتبطُ الكربونُ فيها مع عناصرَ أخرى مثل الأكسجين أو النيتروجين أو الهالوجينات وغيره.

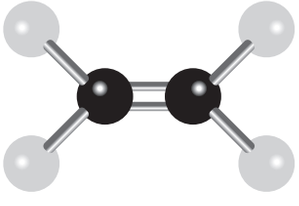
نشاط 1-6	عنصرُ الكربونِ
الهدف:	**يَستقصي عددَ الروابطِ التي يُكَوِّنُها عنصرُ الكربونِ.**
المواد والأدوات:	**الجدولُ الدوريُّ للعناصرِ، نماذجُ الذراتِ (الكرات والعصي).**

الخطوات:

1. بالتعاونِ مع زملائك، اِستخدمِ الجدولَ الدوريَّ للعناصرِ للإجابةِ عن الأسئلةِ الآتيةِ المتعلقةِ بعنصرِ الكربونِ C:
   a. أُكتبِ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرةِ الكربون.
   b. حَدِّدْ رقمَ دورةِ عنصرِ الكربونِ ورقمَ مجموعتِهِ في الجدولِ الدوري.
   c. هل يُعَدُّ الكربونُ فلزًّا أو لافلزٍّ أو شبهَ فلزٍّ؟
   d. مثِّلْ إلكتروناتِ المستوى الأخيرِ في ذرةِ الكربونِ باستخدامِ التمثيلِ النقطي (تمثيل لويس).
   e. ما تكافؤُ ذرةِ الكربون؟
2. اِستخدمْ نماذجَ الكراتِ والعِصِيِّ لبناءِ نماذجِ روابطِ ذرةِ الكربون في: CH_4، C_2H_4، C_2H_2



CH_4



C_2H_4

C_2H_2

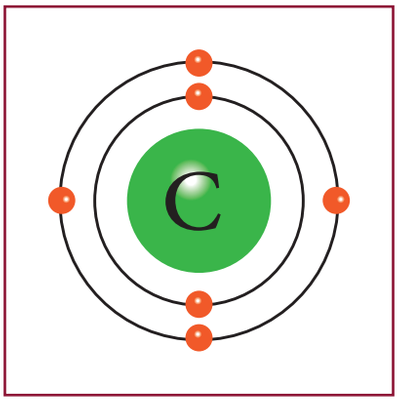
التحليل:

1. ما عددُ الروابطِ التي تُكوِّنُها ذرةُ عنصرِ الكربونِ في كلٍّ من المُركباتِ السابقةِ؟
2. مثِّل بالرسمِ الارتباطَ في المُركباتِ السابقةِ باستخدامِ تَمثيلِ لويس.
3. ما نوعُ الرابطةِ المُتكوِّنةِ بين ذرةِ الكربونِ وذرةِ كربونٍ أخرى في المُركَّبين (C_2H_4، C_2H_2)؟

الاستنتاج:

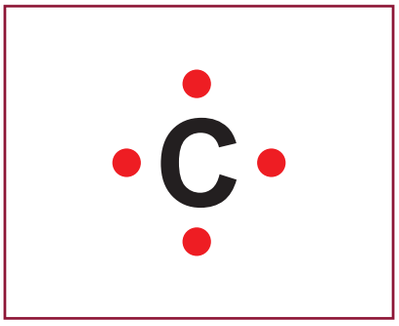
.....

لاحظْ من النشاطِ السابقِ أن عنصرَ الكربونِ عَدَدُهُ الذريُّ 6، يقعُ في المجموعة 14 من الجدولِ الدوريِّ والدورةِ الثانيةِ، وتَوزيعُهُ الإلكتروني (2,4)، كما في الشكل (6-2):



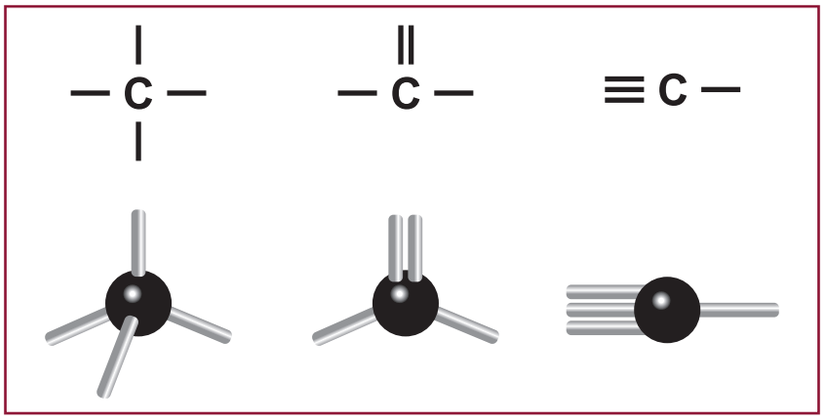
الشكل 6-2 التوزيعُ الإلكتروني لذرةِ الكربون

وتحتوي ذرةُ الكربونِ على أربعةِ إلكتروناتِ تكافؤٍ، ويُمكنُ تمثيلُ إلكتروناتِ مستوى الطاقةِ الأخيرِ بالتمثيلِ النُقطي كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (6-3):



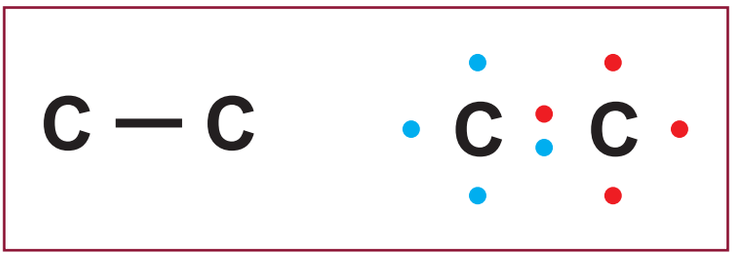
الشكل 6-3 التمثيلُ النُقطي لذرة الكربون

وتتميّزُ ذرةُ الكربونِ بخاصيةٍ فريدةٍ عن باقي الذراتِ، وهي قُدرتُها على تَكوينِ أربعِ روابطَ تساهميةٍ (قد تكونُ أحاديةً أو ثُنائيةً أو ثُلاثيةً)؛ حيث تُكوّنُ ذرةُ الكربونِ عددًا من الروابطِ مُساويًا لتكافؤِها الرباعي انظر الشكل (6-4).



الشكل 6-4 أنواعُ الروابطِ التي يُمكنُ أن تُكوّنَها ذرةُ الكربون

يمكن لذرةِ الكربونِ تكوَّينُ رابطةٌ تساهميةٌ أحاديةٌمع ذرةِ كربونٍ أخرى من خلال مُشارَكَةِ زوجٌ واحد من الإلكتروناتِ بين الذرتين كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (6-5):



الشكل 6-5 التمثيلُ النُقطي والرابطةُ الأحاديةُ بين ذرتي كربون

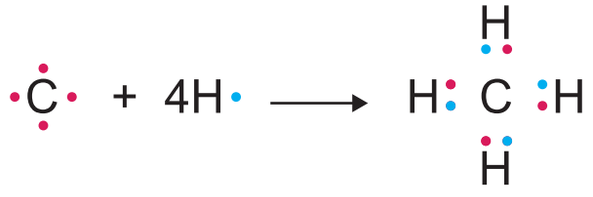
ويُمكنُ لذرةِ الكربونِ تَكوينُ روابطَ تساهميةٍ ثُنائيةٍ مع ذرةِ كربونٍ أخرى من خلالِ مُشاركة زوجينِ من الإلكتروناتِ كما هو مُوَّضٌح في الشكل (6-6):

الشكل 6-6 التمثيلُ النُقطي والرابطةُ الثنائيةُ بين ذرتي كربون

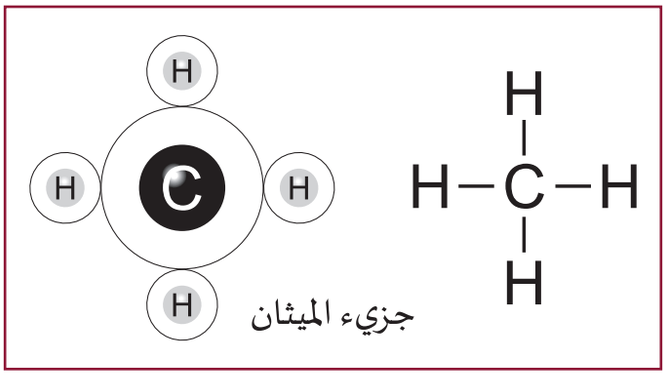
وتُكوّنُ ذرةُ الكربونِ روابطَ تساهميةً ثُلاثيةً مع ذرةِ كربونٍ أخرى من خلالِ مُشاركةِ ثَلاثةِ أزواجٍ من الإلكتروناتِ كما هو مُوَّضٌح في الشكل (6-7).

الشكل 6-7 التمثيلُ النُقطي والرابطةُ الثلاثيةُ بين ذرتي كربون

ويُمكنُ كذلك لذرةِ الكربونِ الأرتباطُ مع ذراتٍ أخرى منها ذرةُ الهيدروجين كما في المُعادلَةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:



فتَتَكوَّنُ أربعُ روابطَ تساهميةٍ أحاديةٍ مع أربعِ ذراتِ الهيدروجين، ويَتكوَّنُ جُزيءُ المِيثانِ CH_4. كما هو مُوَّضَّح في الشكل (6-8):



الشكل 6-8 الارتباطُ بين ذرةِ الكربونِ وذراتِ الهيدروجين

إثــراء

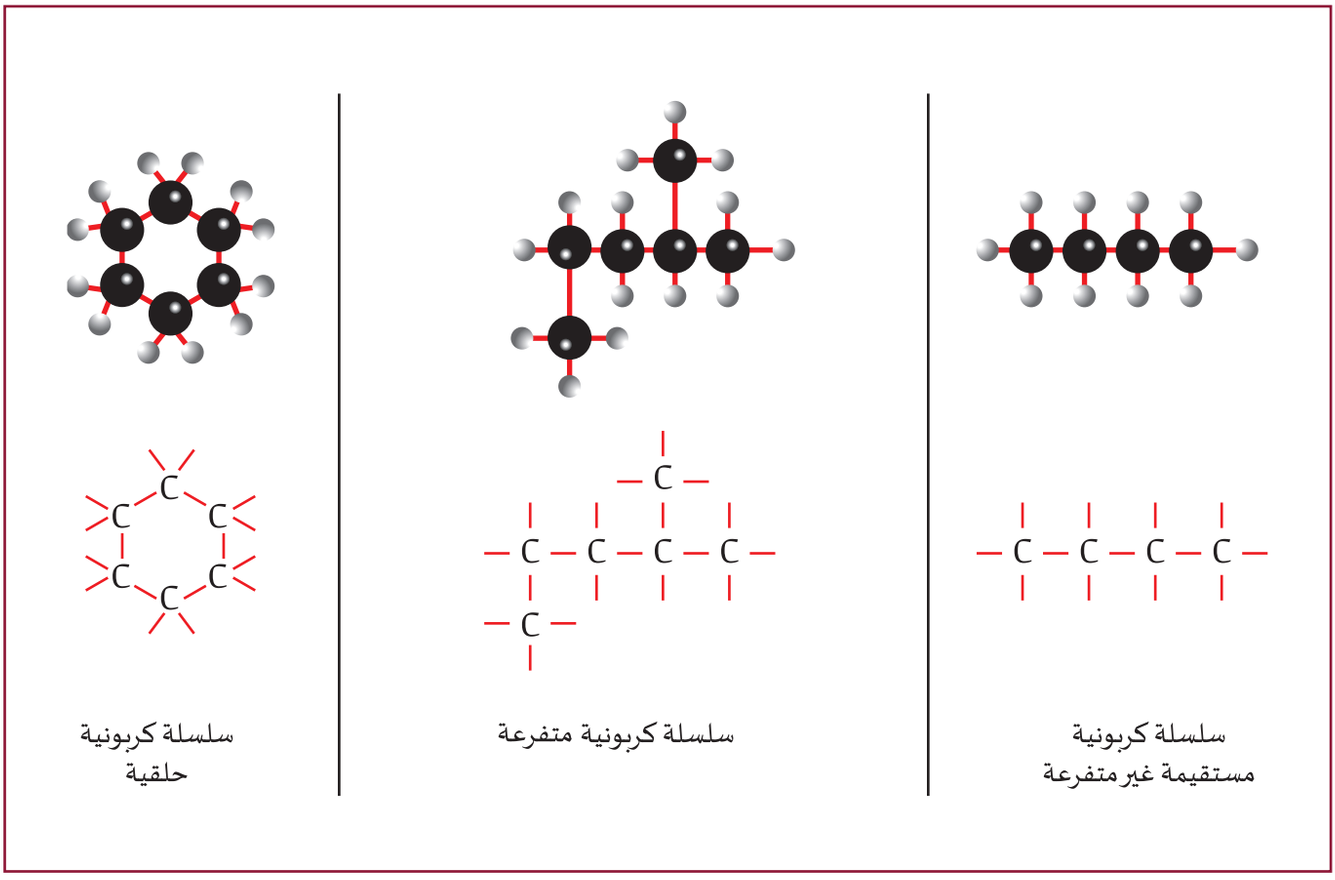
ترتبطُ ذرةُ الكربونِ أيضًا مع ذراتِ عناصرَ أخرى غيرِ الهيدروجين مثل: الأكسجين، والنيتروجين، والهالوجينات، وغيرِها، بروابطَ تَساهميةٍ؛ فتنشأ مُركَّباتٌ عضويةٌ مختلفةٌ. كما في الشكل الآتي:

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-Cl \quad ، \quad -C\equiv N \quad ، \quad \diagdown C=N- \quad ، \quad -\overset{|}{\underset{|}{C}}-N- \quad ، \quad \diagdown C=O \quad ، \quad -\overset{|}{\underset{|}{C}}-O-$$

ويُلخِّصُ الجدولُ الآتي أبرزَ المُركَّباتِ العضويةِ الناتجةِ من ارتباطِ الكربونِ مع ذراتِ عناصرَ أخرى.

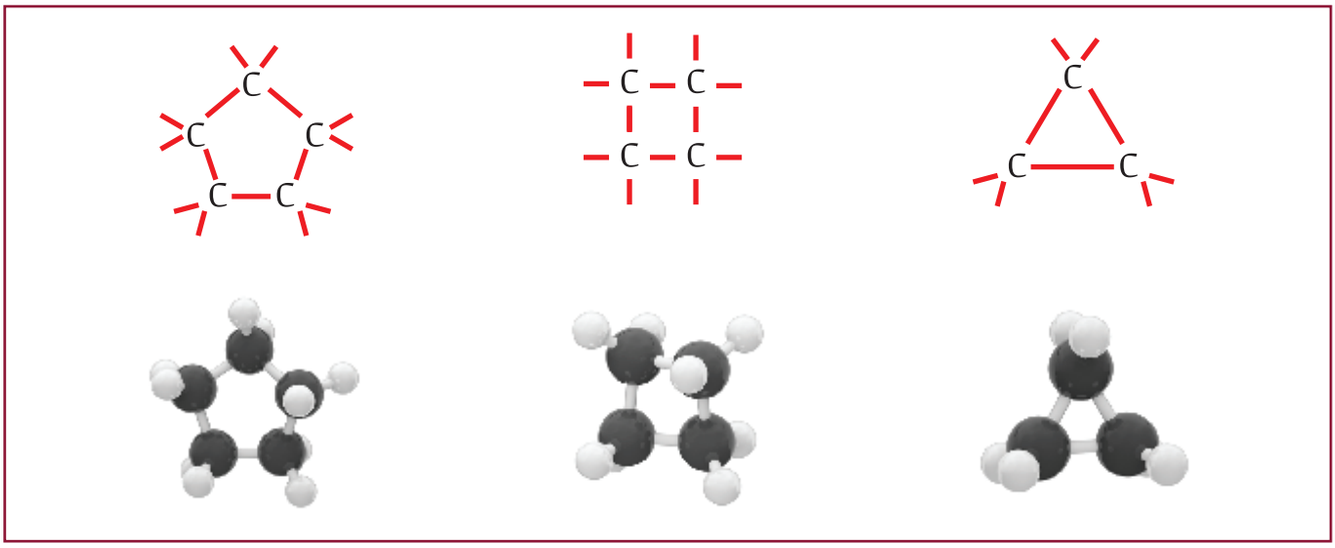
المُركَّبُ العضوي	الذرةُ أو المجموعةُ المميزة	مثال
هاليد الألكيل	F^- , I^- , Br^- , Cl^-	CH_3F
الكحول	$-OH$	CH_3OH
إيثر	$-O-$	$CH_3-O-CH_2CH_3$
ألدهيد	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-H$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-H$
كيتون	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-CH_2CH_3$
حمض كربوكسيلي	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-H$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-H$
إستر	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-$	$H-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-O-CH_3$
أمين	$-\overset{\|}{N}-$	$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{\|}{N}}-CH_3$
أميد	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-\overset{\|}{N}-$	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-\overset{H}{\overset{\|}{N}}-CH_3$

وقد تَرتبطُ ذراتُ الكربونِ ببعضِها البعضِ بطرائقَ مختلفةٍ إما على هيئةِ سلاسلَ مستقيمةٍ غيرِ متفرعةٍ، أو سلاسلَ مستقيمةٍ متفرعةٍ، أو على شكلِ حلقاتٍ متجانسةٍ تَتَكوَّنُ من عنصرِ الكربونِ. انظر الشكل (6-9).



الشكل 6-9: السلاسلُ التي تُكَوِّنُها ذرةُ الكربونِ

وقد تَكونُ الحلقاتُ المُتجانسَةُ على شكلِ مثلثٍ أو مربعٍ أو خُماسيٍّ وغيرِها. انظر الشكل (6-10).



الشكل 6-10: حلقاتٌ متجانسةٌ من ذراتِ الكربونِ

هذا ويَرجعُ الاهتمامُ بمُركباتِ الكربونِ إلى عدةِ أسبابٍ منها: كثرةُ مُركباتِ الكربون؛ حيث يبلغُ عددُها اليومَ أكثرَ من عشرةِ ملايينَ مُركَّبٍ، وهذا العددُ أكبرُ من عددِ مُركباتِ العناصرِ الأخرى مجتمعةً، فضلًا عن أنها تَدخلُ في مجالاتٍ متنوعةٍ مثل الطبِّ والهندسةِ والزراعةِ والصناعاتِ المختلفةِ.

فسِّرْ: تُعَدُّ مُركَّباتُ الكربونِ أكثرَ المُركباتِ تَنوعًا.

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الأول

الأفكار الرئيسة:

- تُعَدُّ الكيمياءُ العضويةُ أحدَ فروعِ عِلْمِ الكيمياءِ، وهي تَعني مُركباتِ الكربونِ، لأن عنصرَ الكربونِ هو العنصرُ الرئيسُ فيها.
- تُقسَّمُ مُركباتُ الكربونِ إلى مُركباتٍ عضويةٍ ومُركباتٍ غيرِ عضويةٍ.
- يُمكنُ الحصولُ على المُركباتِ العضويةِ من مصادرَ حيةٍ ومصادرَ غيرِ حيةٍ.
- للمُركباتِ العضويةِ الكثيرُ من الاستخداماتِ الحياتيةِ المتنوعةِ.
- يُعدُّ الكربونُ من أكثرِ العناصرِ أهميةً في حياتِنا اليوميةِ وانتشارًا في الطبيعةِ.
- يُنتِجُ الكربونُ العديدَ من المركباتِ المعروفةِ بالهيدروكربونات عند اتحادِهِ مع الهيدروجين.
- يَرتبطُ الكربونُ مع عناصرَ أخرى مثل الأكسجين أو النيتروجين وغيرِهما ليكوّنَ أعدادًا هائلةً من المركباتِ العضويةِ.
- تَحتوي ذرةُ الكربونِ على أربعةِ إلكتروناتِ تكافؤٍ، وتتميّزُ بقدرتِها على الارتباطِ بذراتِ كربونٍ أخرى مكونةً سلاسلَ مستقيمةً متفرعةً وسلاسلَ مستقيمةً غيرَ متفرعةٍ، وكذلك سلاسلَ حلقيةً.
- للكربون قدرة على تَكوينِ أربعِ روابطَ تساهميةٍ قد تكونُ أُحاديةً أو ثُنائيةً أو ثُلاثيةً؛ حيث يُكوّنُ عددًا من الروابطِ مساويًا لتكافئِهِ الرباعي.
- هناك مُركباتٌ تحتوي على ذرةِ الكربونِ ولكنها لا تُعَدُّ من المركباتِ العضويةِ.

تقويم الدَّرْسِ الأول

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحة فيما يأتي:

1. ما العبارةُ التي تُعبّرُ بشكلٍ صحيحٍ عن ذرة الكربون؟

a- تُكوّنُ سلاسلَ مستقيمةً متفرعةً وغيرَ متفرعةٍ ، وسلاسلَ حلقية.

b- تُكوّنُ سلاسلَ مستقيمةً متفرعةً فقط.

c- تُكوّنُ سلاسلَ غيرَ متفرعةٍ فقط.

d- تُكوّنُ سلاسلَ حلقيةً فقط.

2. أيٌّ من المركباتِ الآتيةِ **لا ينتمي** إلى المركباتِ العضوية؟

a- CH_4

b- C_2H_2

c- CO

d- CH_3Cl

3. أيٌّ من المركباتِ الآتيةِ يُعدُ من المركباتِ العضوية؟

a- CO_2

b- CH_4

c- Na_2CO_3

d- KCN

4. أيٌّ من الآتي يُعدُّ التمثيلُ النُقطي لذرتي كربونٍ بينهما رابطةٌ تَساهميةٌ ثُنائيةٌ؟

a.

b.

c.

d.

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

5. ما العنصرُ الذي يُوجَدُ في جميعِ المركباتِ العضوية؟

a- الكلور.

b- النيتروجين.

c- الأكسجين.

d- الكربون.

6. ما المركبُ العضوي الذي يَنتجُ عند تسخينِ مركبِ سياناتِ الأمونيوم غيرِ العضوي؟

a- السكر.

b- اليوريا.

c- النيتروجين.

d- الفحم.

7. من العالِمُ الذي استطاع أن يُنتجَ مادةً عضويةً في المختبر من مادةٍ غيرِ عضويةٍ؟

a- برازيليوس.

b- رذرفورد.

c- فوهلر.

d- بور.

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجب عن الأسئلةِ الآتية:

1. ما المقصودُ بالكيمياءِ العضوية؟

2. ما سببُ اهتمامِ العلماءِ بالمركباتِ العضوية؟

3. فسِّرِ التنوعَ الهائلَ في المركباتِ العضويةِ اعتمادًا على خصائصِ الكربون.

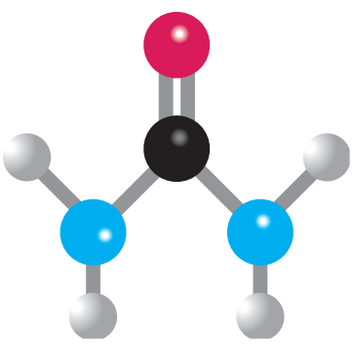
4. صَنِّفِ المركباتِ الآتيةَ إلى عضويةٍ وغيرِ عضويةٍ في الجدول المقابل:

المركب	عضوي/ غير عضوي
K_2CO_3	
C_5H_{12}	
HCN	
CO_2	
C_2H_4	

تابع تقويم الدَّرْسِ الأول

5. يُبينُ الشكلُ التالي مركبًا عضويًّا؛ حيث تُشيرُ الألوانُ الافتراضيةُ إلى الذراتِ الآتيةِ:

الكرة السوداء إلى ذرة الكربون، والكرة الزرقاء إلى ذرة النيتروجين، والكرة البيضاء إلى ذرة الهيدروجين، والكرة الحمراء إلى ذرة الأكسجين.. أُدرسُهُ جيدًا، ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليهُ:



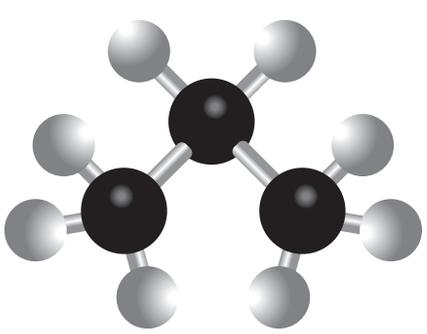
a- ما عددُ الروابطِ التي تُكوّنُها ذرةُ الكربون؟

b- ما نوعُ الرابطةِ التَّساهميةِ بين ذرةِ الكربونِ وذرةِ الأكسجين؟ (أُحادية، أو ثُنائية)

c- ما نوعُ الرابطةِ التَّساهميةِ بين ذرةِ الكربونِ وذرةِ النيتروجين؟ (أُحادية، أو ثُنائية)

d- ما الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ السابقِ؟

6. يُمثلُ الشكلُ الآتي مركبًا عضويًّا .. أُدرسُهُ جيدًا ثم أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه: حيث تشيرُ الألوانُ الافتراضيةُ إلى الذراتِ الآتيةِ: الكرة السوداء ذرة الكربون، والكرات الأخرى ذرات الهيدروجين.



a- ما عددُ ذراتِ الكربون؟

b- ما عددُ ذراتِ الهيدروجين؟

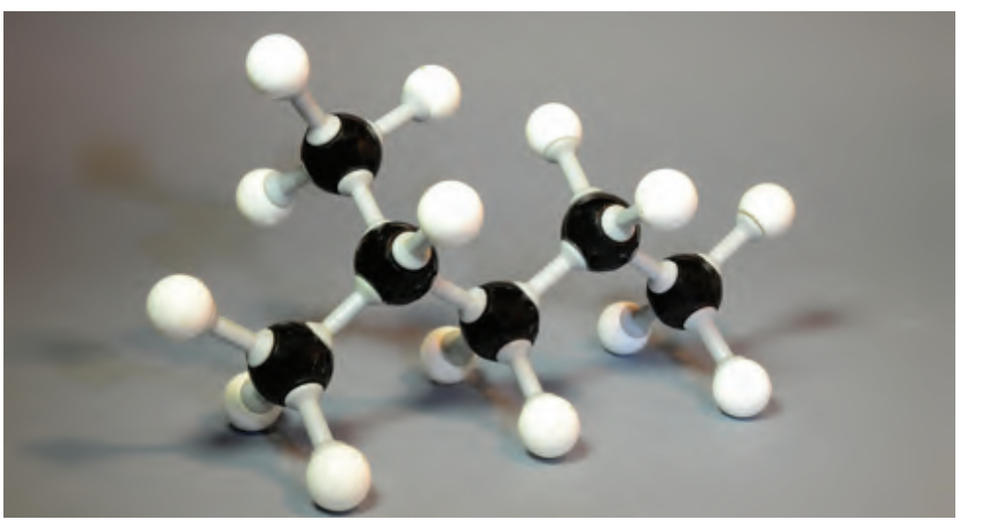
c- هل يُمكنُ اعتبارُ هذه السلسلةِ مستقيمةً أو متفرعةً؟

d- ما عددُ الروابطِ التي تُكوّنُها ذرةُ الكربونِ الواحدة؟

e- ما عددُ الروابطِ التَّساهميةِ الأُحاديةِ في هذا المركب؟

الدَّرسُ الثاني 2-6

الألكانات
Alkanes



التَّجارِبُ والأنشِطة

(2-6) الصيغةُ العامةُ للألكانات.

(3-6) التقطيرُ التَّجزيئي.

(4-6) تَكسيرُ البرافين .

(5-6) أهميةُ النفط.

مُخرَجاتُ التَّعلُّمِ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يُفسِّرُ ويَستخدمُ التسمياتِ النظاميةِ والصيغَ الجزيئيةَ والبنائيةَ للألكانات.
- يَذكرُ أن الاستخدامَ الرئيسَ للألكاناتِ هو كَوقودٍ، وأن حجمَ الجُزيءِ يُحدِّدُ نوعَ الوقودِ وطريقةَ استخدامِه.
- يَصفُ العملياتِ المهمةِ في طريقةِ الفصلِ التجزيئي والتكسيرِ الحَفزي لإنتاجِ المزيدِ من المنتجاتِ العضويةِ المفيدةِ.
- يَشرحُ كيف تَعتمدُ الحياةُ المعاصرةُ بشكلٍ كبيرٍ على الهيدروكربوناتِ، ويُدركُ أن النفطَ الخام مصدرٌ غيرُ مُتجددٍ.

المُفرَداتُ الرَّئيسَةُ

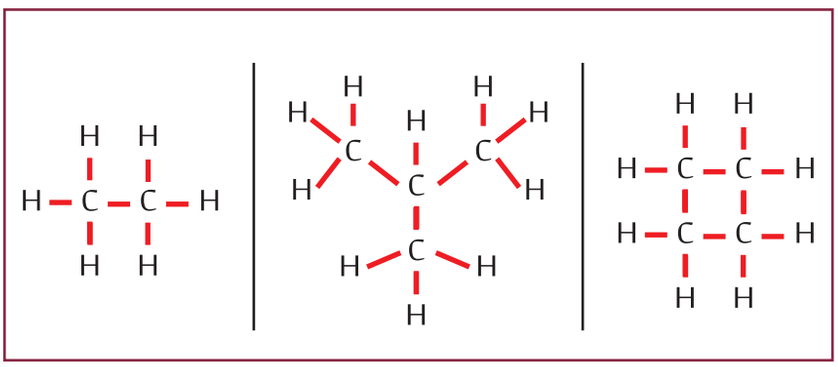
Hydrocarbons	الهيدروكربونات
Aliphatic Hydrocarbons	هيدروكربونات أليفاتية
Aromatic Hydrocarbons	هيدروكربونات أروماتية
Molecular Formula	الصيغة الجزيئية
Structural Formula	الصيغة البنائية
Expanded Structural Formula	الصيغة البنائية الممتدة
Condensed Structural Formula	الصيغة البنائية المكثفة
Carbon Skeleton	الهيكل الكربوني
Homologous Series	السلسلة المتجانسة
Crude Oil	النفط الخام
Fractional Distillation	التقطير التجزيئي
Alkanes	الألكانات
Catalytic Cracking	التكسير الحفزي
Saturated Hydrocarbon	هيدروكربون مشبع
Unsaturated Hydrocarbon	هيدروكربون غير مشبع

مُقدِّمة

نَستخدمُ في حياتِنا اليوميةِ الكثيرَ من المركباتِ العضويةِ سواءً الطبيعيةِ أو الصناعيةِ، ومنها: المطاطُ، والبلاستيكُ، والأسمدةُ، والعقاقيرُ الطبية، والمشتقاتُ النفطية، والنكهاتُ المُستخدَمَةُ في العصائرِ والأطعمةُ المتنوعةُ، وغيرُها.

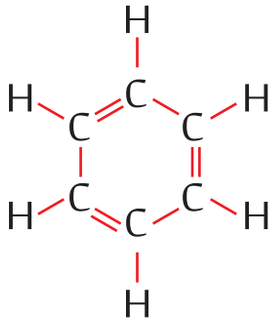
تَحتوي العديدُ من المركباتِ العضويةِ على عنصري الكربونِ والهيدروجين فقط، وتُسمَّى هذه المركباتُ **الهيدروكربونات Hydrocarbons**، ويَتِمُّ تَصنيفُها إلى نوعين رئيسين، هما:

- **هيدروكربوناتٌ أليفاتيةٌ Aliphatic Hydrocarbons**، وهي مركباتٌ هيدروكربونيةٌ تَكونُ جُزيئاتُها على شكلِ سلاسلَ مستقيمةٍ أو متفرعةٍ أو حلقيةٍ، انظر الشكل (6-11).



الشكل 6-11: هيدروكربونات أليفاتية

- **هيدروكربوناتٌ أروماتيةٌ Hydrocarbons Aromatic**، وهي مركباتٌ هيدروكربونيةٌ تحتوي على حلقةِ بنزين C_6H_6، وهي حلقةُ كربونٍ سُداسيةٌ بها روابطُ ثُنائيةٌ، انظر الشكل (6-12). وتمتازُ بأن لها روائحَ مميزةً؛ لذلك يُطلقُ عليها أيضًا اسمُ الهيدروكربوناتِ العِطرية. فكلمةُ أروماتي Aromatic في اللغةِ اللاتينيةِ تعني الرائحةَ العطريةَ.



الشكل 6-12: البنزين من الهيدروكربونات الأروماتية.

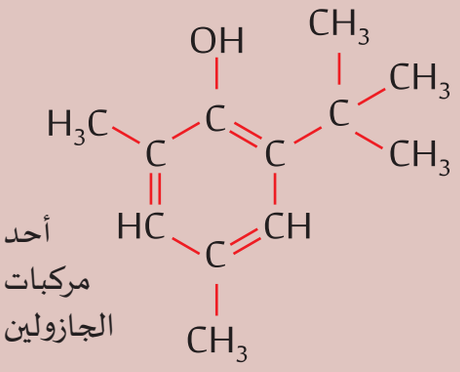
عِلْمٌ وعُلماءُ

كارل فون ريشينباخ
Karl Von Reichenbach

أُشتهر العالمُ الألماني ريشينباخ باكتشافاتِه للعديدِ من المنتجاتِ الكيميائيةِ ذاتِ الأهميةِ الاقتصاديةِ المستخلَصةِ من القطرانِ مثل البارافين الشمعي، ومطهر الفينول، وغيرها، وله أبحاثٌ في مجالِ القوةِ الحيويةِ Odic Force وهو الاسمُ الذي أُطلق في منتصفِ القرنِ التاسعَ عشرَ على الطاقةِ الحيويةِ الافتراضيةِ؛ حيث كان يُعتقَدُ أن كلَّ ما في الكونِ من كائناتٍ حيةٍ وأشياءَ غيرِ حيةٍ تَشِعُّ طاقةً.

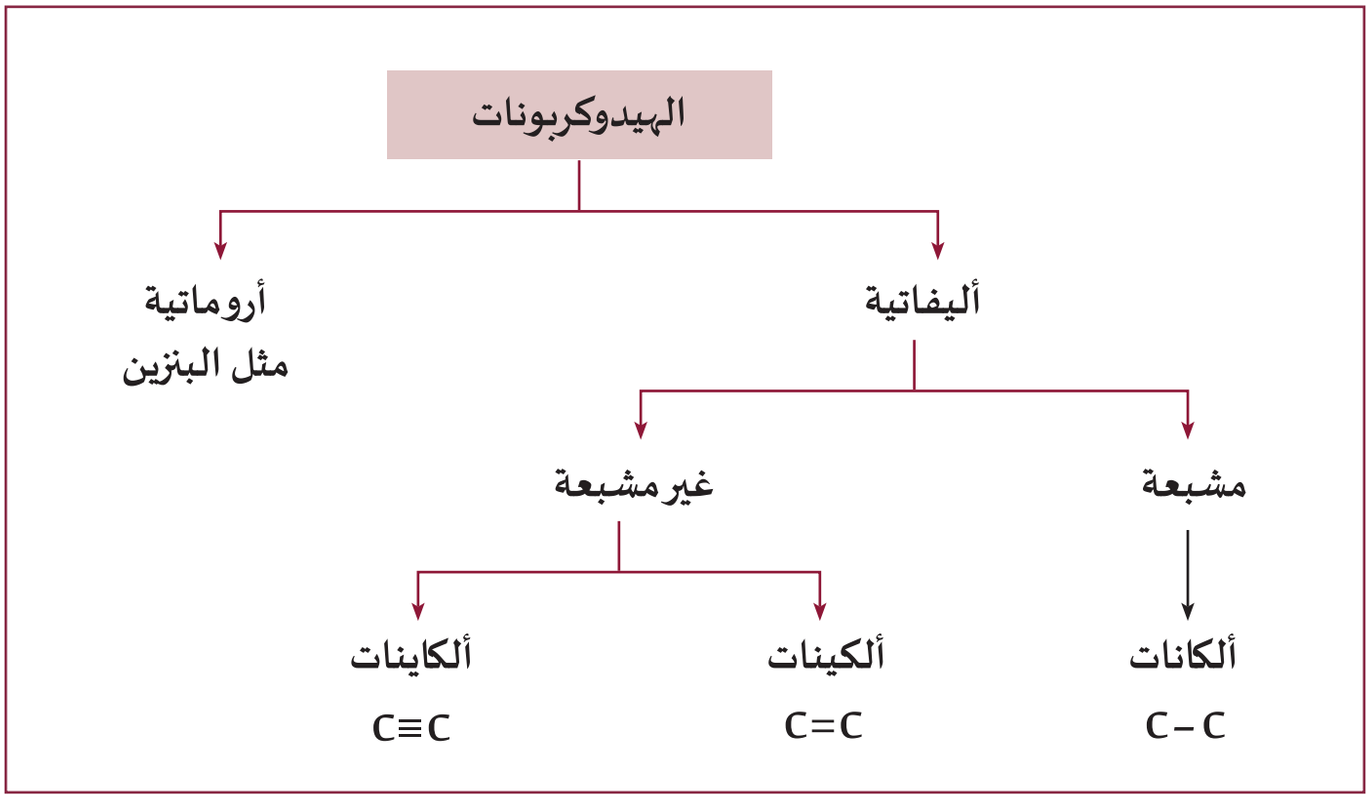
معلومة

يُعَدُّ البنزينُ مركبًّا هيدروكربونيًّا صيغتُه C_6H_6، في حين يُعَدُّ الوقودُ المُستخدَمُ في السياراتِ (الجازولين) خليطًا من الهيدروكربوناتِ، وتَتِمُّ تَسميتُهُ بشكلٍ شائعٍ (البنزين).



أحد مركبات الجازولين

وقد درستَ سابقًا أن ذراتِ الكربونِ يُمكنُ أن تَرتبطَ ببعضِها البعضِ أو بغيرِها من الذراتِ بروابطَ تَساهميةٍ أُحاديةٍ أو ثُنائيةٍ أو ثُلاثيةٍ، وتُسمَّى المركباتُ التي تَرتبطُ فيها ذراتُ الكربونِ ببعضِها بروابطَ تَساهميةٍ أُحاديةٍ **بالهيدروكربوناتِ المشبعةِ Saturated Hydrocarbons**، ويُطلَقُ عليها **الألكاناتُ AlKanes**، بينما تُسمَّى الهيدروكربوناتُ التي ترتبطُ فيها ذرةُ كربونٍ بذرةِ كربونٍ أخرى بروابطَ تَساهميةٍ ثُنائيةٍ أو ثُلاثيةٍ **بالهيدروكربوناتِ غيرِ المشبعةِ Unsaturated Hydrocarbons**، ويُطلَقُ عليها (الألكيناتُ، والألكاينَاتُ). انظرِ الشكلَ (6-13) الذي يُبينُ تَصنيفَ الهيدروكربوناتِ.



الشكل 6-13: مخططُ تصنيفِ الهيدروكربونات

الصيغُ الجُزيئيةُ والصيغُ البنائيةُ للهيدروكربوناتِ
Molecular and Structural Formula for Hydrocarbons

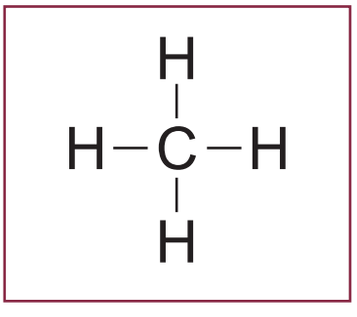
درستَ سابقًا أن الهيدروكربوناتِ تَتكوَّنُ من ارتباطِ ذراتِ عنصرِ الكربونِ مع ذراتِ عنصرِ الهيدروجينِ بروابطَ تَساهميةٍ، فمثلًا تَرتبطُ ذرةُ كربونٍ واحدةٍ في مُركبِ المِيثانِ CH_4 بأربعِ ذراتِ هيدروجين، بواسطةِ أربعِ روابطَ تَساهميةٍ أُحاديةٍ، وتُسمَّى الصيغةُ CH_4 **الصيغة الجُزيئيةَ Molecular Formula** التي تُعرَفُ بأنها الصيغةُ التي تُبينُ نوعَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في المركبِ وعددَها. ولا تُبينُ طريقةَ ارتباطِ الذراتِ ببعضِها في الجُزيءِ الواحدِ.

إثــراء

المُتشكِّلاتُ Isomers

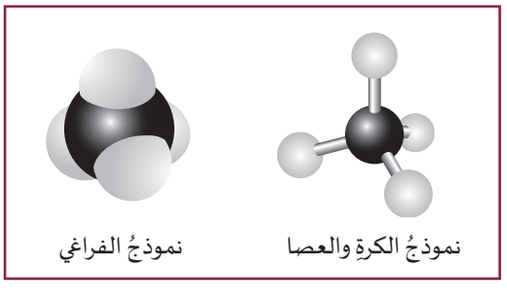
وهي تَعني وُجودَ عدةِ مُركباتٍ عضويةٍ تشتركُ في صيغةٍ جُزيئيةٍ واحدةٍ ولكنها تختلفُ عن بعضِها البعضِ في صيغتِها البنائيةِ؛ وبذلك فهي تختلفُ في خَواصِّها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ.

أما الصيغةُ التي تُبينُ نوعَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الجُزيءِ وعددَها وطريقةَ ارتباطِها ببعضِها في الجُزيءِ الواحدِ فتُسمَّى **الصيغةَ البنائيةَ Structural Formula**. انظرِ الشكلَ (6-14). الذي يُبينُ الروابط في جُزيءِ المِيثانِ CH_4.



الشكل 6-14: الروابط في جُزيءِ المِيثانِ

ويُمكنُ التعبيرُ عن الارتباطِ في جُزيءِ الميثانِ بنموذجِ الكراتِ والعِصِيِّ والنموذجِ الفراغي كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (6-15).

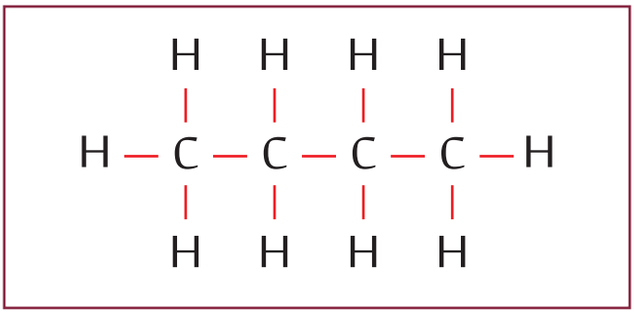


الشكل 6-15: نموذجُ الكرةِ والعصا والنموذجُ الفراغي للميثان.

ومثالٌ آخرُ فإن الصيغةَ الجُزيئيةَ للمركبِ العضوي (بيوتان) هي C_4H_{10} التي تُبينُ ارتباطَ 4 ذراتِ كربونٍ مع 10 ذراتِ هيدروجينٍ بروابطَ تَساهميةٍ أُحاديةٍ. في حين يُمكنُ التعبيرُ عن صيغتِه البنائيةِ التي تُبينُ طريقةَ ارتباطِ هذه الذراتِ ببعضِها كما يأتي:

1 - الصيغةُ البنائيةُ المُمتدَّةُ Expanded structural Formula:

وهي سلسلةٌ مستقيمةٌ يَظهرُ فيها ترتيبُ الذراتِ عن طريقِ رسمِ كلِّ رابطةٍ بين ذراتِ الهيدروكربون (C-C، C-H)، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (6-16) وهذه الصيغةُ تُسمَّى كذلك الصيغةَ البنائيةَ الكاملةَ.



الشكل 6-16 : الروابط في جُزيءِ البيوتان

2 - الصيغةُ البنائيةُ المُكثَّفةُ Condensed Structural Formula:

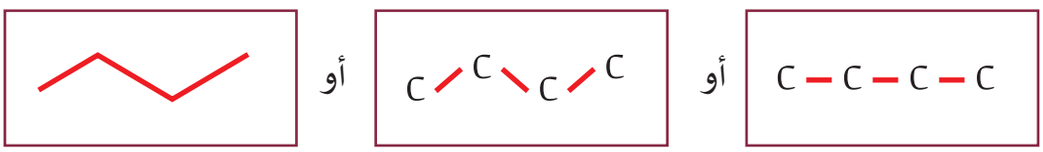
وهي صيغةٌ مُختصرَةٌ، يُمكنُ التعبيرُ عنها بإحدى الطرائقِ الآتيةِ:

$CH_3(CH_2)_2CH_3$ أو $CH_3CH_2CH_2CH_3$ أو $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

وتُلاحظُ أن وِحدةَ CH_2 – تَتكرَّرُ في السلسلةِ المستقيمةِ؛ لذلك تُكتَبُ بين قوسين $(CH_2)_n$ ويُمثلُ الرمزُ n عددَ الوِحداتِ المُتكررةِ من (CH_2) في السلسلةِ الواحدةِ.

3 - الهيكلُ الكربوني Carbon Skeleton:

وهو صيغةٌ مُبسطةٌ تظهرُ فيه ذراتُ الكربونِ فقط في السلسلةِ الواحدةِ، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل (6-17):



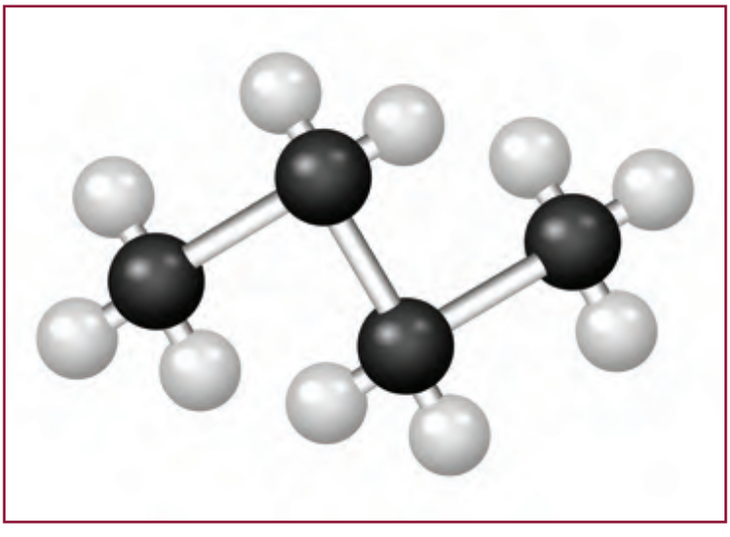
الشكل 6-17: تَمثيلُ الهيكلِ الكربوني لمركبِ البيوتان.

معلومة

يَتِمُّ كتابةُ السلسلةِ الكربونيةِ على شكلِ سلسلةٍ مستقيمةٍ (C-C-C-C) للتسهيلِ، ولكنها في الواقعِ تكونُ على شكلٍ متعرجٍ Zigzag (C ⟋ C ⟍ C ⟋ C) لمراعاةِ الزاويةِ بين ذراتِ الكربون.

4 - نموذجُ الكرةِ والعصا Ball and Stick Model:

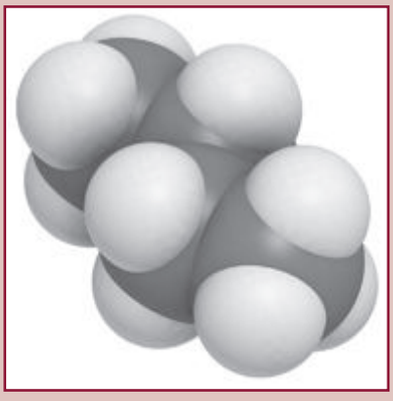
يُمكنُ كذلك تمثيلُ المركباتِ بنموذجِ الكرةِ والعصا، كما هو مُوَضَّح في الشكل (6-18).



الشكل 6-18: تمثيلُ مركبِ البيوتانِ من خلالِ نموذجِ الكرةِ والعصا

إثــراء

يُمكنُ تَمثيلُ المركباتِ العضويةِ من خلالِ النموذجِ الفراغي كما يأتي، ومثالُ ذلك مُركبُ البيوتان:



مثال(1):

عَبِّرْ عن الصيغةِ الجُزيئيةِ لمركبِ الهكسانِ C_6H_{14} بالصيغِ البنائيةِ الآتيةِ:

a. المُمتدَّة.

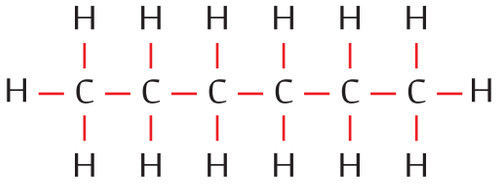
b. المُكثَّفَة.

c. الهيكلُ الكربوني.

d. نموذجُ الكرةِ والعصا.

الحل:

a. الصيغةُ البنائيةُ المُمتدَّةُ:

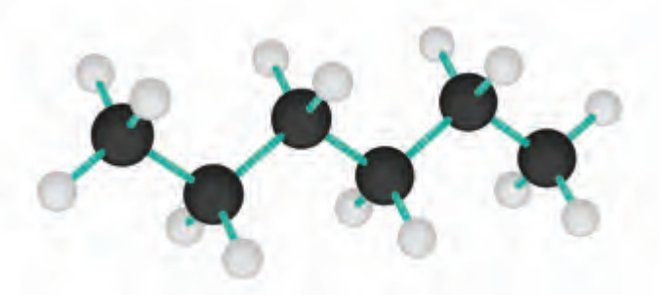


b. الصيغةُ البنائيةُ المُكثَّفَةُ:

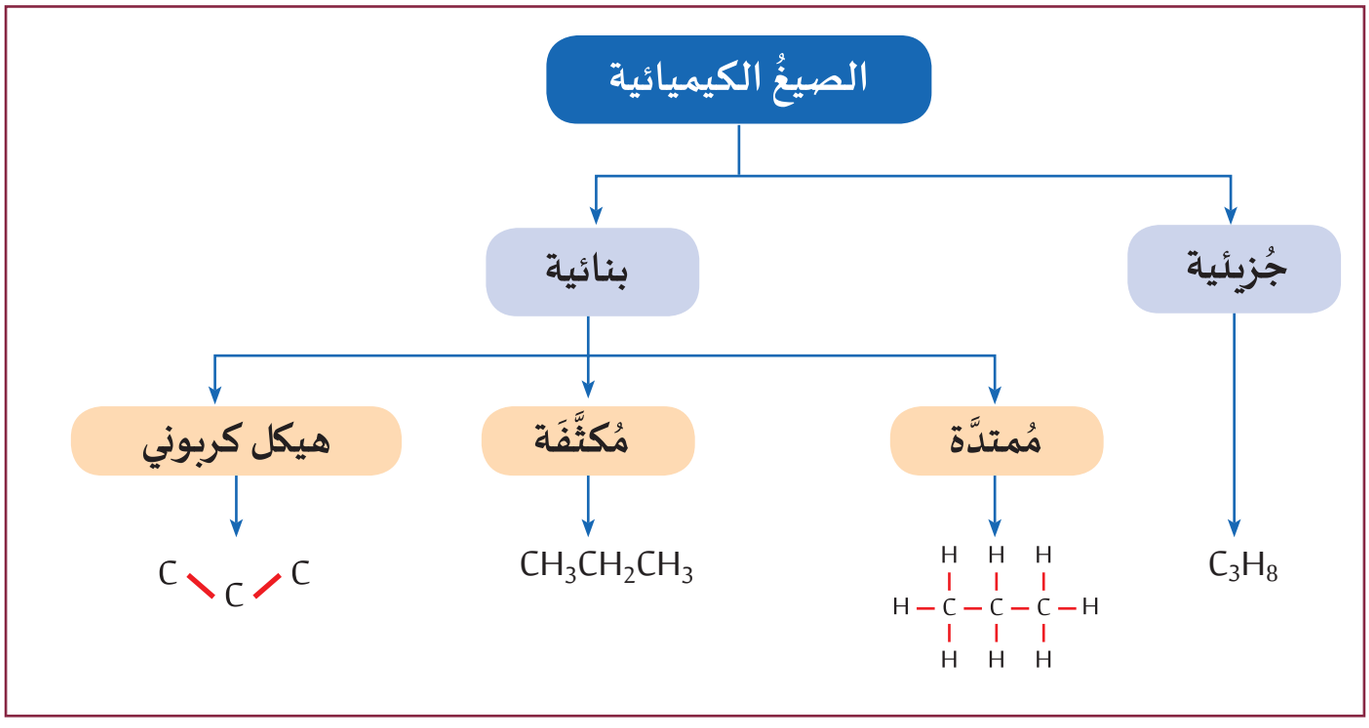
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ أو $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ أو $CH_3(CH_2)_4CH_3$

c. الهيكلُ الكربوني:

d. نموذجُ الكرةِ والعصا:



ويُمكنُ تَلخيصُ الصيغِ الكيميائيةِ بشكلٍ عام من خلالِ المُخطَّطِ الآتي:



اختبر نفسك

1. ما الفرقُ بين الصيغةِ الجُزيئيةِ والصيغةِ البنائيةِ؟
2. أُكتبِ الصيغةَ البنائيةَ الممتدةَ والصيغةَ البنائيةَ المكثفةَ والهيكلَ الكربونيَّ للمركبِ C_8H_{18}.

الألكانات Alkanes

تُعَدُّ الألكاناتُ هيدروكربوناتٍ مشبعةً لأن ذرةَ الكربونِ فيها تَرتبطُ بذرةٍ (أو ذرات) كربونٍ أخرى برابطةٍ تَساهميةٍ أُحاديةٍ، وقد كانت تُسمَّى قديمًا **البارافيناتِ Paraffins** ويُعَدُّ النفطُ المصدرَ الرئيسَ لها؛ حيث يُمكنُ الحصولُ على هذه المركباتِ من خلالِ عمليةِ التقطيرِ التَّجزيئي للنفطِ.

تَسميةُ الألكانات Alkanes Naming

تُسمَّى الألكاناتُ بأسماءَ لاتينيةٍ، تَتكوَّنُ من مَقطعينِ، يدلُّ المقطعُ الأولُ على عددِ ذراتِ الكربونِ في المركبِ، والثاني يدلُّ على صِنْفِ المركبِ، فمثلًا: أبسطُ الألكاناتِ هو الميثان CH_4، الذي يتألفُ من المقطعِ (ميث) (Meth) الذي يُشيرُ إلى ذرةِ كربونٍ واحدةٍ، أما المقطعُ الثاني (ان) (ane) فيدلُّ على صِنْفِ الهيدروكربونِ وهو الألكان.

وقد وضعَ الكيميائيون نظامًا لتسميةِ المركباتِ العضويةِ لتسهيلِ التَّعرُّفِ عليها ودراسِتها، سُمِّيَ نظامُ أيوباك (**IUPAC**). نسبةً إلى الاتحادِ الدولي للكيمياءِ البحتةِ والتطبيقيةِ

International Union of Pure and Applied Chemistry

ويُبينُ الجدولُ (6-1) أسماءَ المركباتِ العشرةِ الأولى من الألكاناتِ مستقيمةِ السلسلةِ وصيغِها الجُزيئيةِ والبنائيةِ.

المقطع الأول للألكان		عدد ذرات الكربون	اسم الألكان	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية
ميث	Meth	1	ميثان	CH_4	CH_4
إيث	Eth	2	إيثان	C_2H_6	$CH_3\text{-}CH_3$
بروب	Prop	3	بروبان	C_3H_8	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
بيوت	But	4	بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
بنت	Pent	5	بنتان	C_5H_{12}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
هكس	Hex	6	هكسان	C_6H_{14}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
هبت	Hept	7	هبتان	C_7H_{16}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
أوكت	Oct	8	أوكتان	C_8H_{18}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
نون	Non	9	نونان	C_9H_{20}	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$
ديك	Dec	10	ديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$

الجدول 6-1: أسماءُ بعضِ الألكاناتِ وصيغُها الجُزيئيةُ والبنائيةُ.

نشاط 2-6 الصيغةُ العامةُ للألكانات

الهدف:	يستنتجُ الصيغةَ العامةَ للألكاناتِ.
المواد والأدوات:	نماذجُ الذراتِ (العِصِيُّ والكرات).

الخطوات:

بالتعاونِ مع زملائكَ في المجموعةِ، استخدمْ نماذجَ الذراتِ لبناءِ نموذجٍ لكلٍّ من: C_3H_8، C_2H_6، CH_4 بحيثُ تكونُ الكرةُ ذاتُ الأربعِ فتحاتٍ تُمثلُ ذرةَ الكربونِ، والكرةُ ذاتُ الفتحةِ الواحدةِ تُمثلُ ذرةَ الهيدروجينِ.

التحليل:

الصيغة الجزيئية	CH_4	C_2H_6	C_3H_8
عدد ذرات C			
عدد ذرات H			
الصيغة البنائية الممتدة			

1. ما الفرقُ بين عددِ ذراتِ C في كلِّ مركبٍ والذي يليه؟
2. ما الفرقُ بين عددِ ذراتِ H في كلِّ مركبٍ والذي يليه؟
3. ما العلاقةُ بين عددِ ذراتِ H وعددِ ذراتِ C في كلِّ مركبٍ؟

الاستنتاج:

إذا رمزنا لعددِ ذراتِ الكربونِ في كلِّ مُركبٍ بالرمز (n)، فما الصيغةُ العامةُ للألكانات؟

الاستقصاء:

كَرِّرِ النشاطَ السابقَ لتمثيلِ مركبِ C_6H_{14} باستخدامِ نموذجِ الكرةِ والعصا، ثم اكتبْ صيغتَهُ البنائيةَ الممتدةَ، والصيغةَ البنائيةَ المكثفةَ.

لعلك توصلتَ من النشاطِ إلى أن كلَّ مركبِ ألكانٍ يَزيدُ عن المركبِ الذي يَسبقُه بذرةِ كربونٍ واحدةٍ وذرتي هيدروجين (CH_2)، التي تتكررُ في السلسلةِ الهيدروكربونية، وهي تُسمَّى **السلسلةَ المُتجانِسَةَ (المُتماثِلَة) Homologous Series**، فعلى سبيلِ المثالِ يَزيدُ البروبانُ عن الإيثانِ بوحدةِ (CH_2)؛ وبناءً على ذلك يُمكنُ التَّوصُّلُ إلى الصيغةِ العامةِ للألكانات، وهي كما يأتي:

الصيغةُ العامةُ للألكانات: C_nH_{2n+2}

حيث تمثل n رقماً صحيحاً

مثال(2):

1. ما عددُ ذراتِ الهيدروجين في ألكانٍ يَتكوَّنُ من 7 ذراتِ كربون؟
2. ما عددُ ذراتِ الكربونِ في ألكانٍ يَتكوَّنُ من 22 ذرةً هيدروجين؟

الحل:

1. للحصولِ على عددِ ذراتِ الهيدروجين H:

أُكتبِ الصيغةَ العامةَ للألكانات: C_nH_{2n+2}

ثم عَوِّضْ 7 بدلاً من الرمز n : $C_7H_{(2\times7)+2}$

فتصبحُ الصيغةَ الجُزيئيةَ للمركبِ: C_7H_{16}

إذن: عددُ ذراتِ الهيدروجين في هذا المركبِ هو **16**.

2. المطلوبُ: هو عددُ ذراتِ الكربون:

اكتبِ الصيغةَ العامةَ للألكانات: C_nH_{2n+2}

عدد ذرات H: $2n+2 = 22$

$2n = 22 - 2 = 20$

عدد ذرات C : $n = 20 / 2 = 10$

فتصبحُ الصيغةَ الجُزيئيةَ للمركبِ: $C_{10}H_{22}$

إذن: عددُ ذراتِ الكربونِ في هذا المركبِ هو **10**.

اختبر نفسك

1. ما عددُ ذراتِ الهيدروجين في ألكانٍ يَتكَوَّنُ من9 ذراتِ كربون؟
2. ما عددُ ذراتِ الكربونِ في ألكانٍ يَتكَوَّنُ من 16 ذرةَ هيدروجين؟
3. حَدِّدْ، أيٌّ من المركباتِ الهيدروكربونيةِ الآتيةِ من الألكانات؟

C_7H_{16} ، C_7H_{14} ، C_5H_{12} ، C_6H_{10} ، C_6H_{12}

4. مَثِّلْ مركبَ الأوكتان C_8H_{18} بالصيغِ البنائيةِ الآتيةِ:

a. الصيغةُ المُمتدَّةُ. .....

b. الصيغةُ المُكثَّفةُ.....

c. الهيكلُ الكربوني. .....

الخصائصُ الفيزيائيةُ للألكانات Physical Properties of Alkanes

درستَ سابقا أن الألكاناتِ هي مركباتٌ هيدروكربونيةٌ مُشبعَةٌ تَتكوَّنُ من عنصري الكربونِ والهيدروجينِ فقط، وللألكاناتِ أهميةٌ كبيرةٌ في مجالاتٍ صناعيةٍ عديدةٍ أهمُّها الوقودُ، وتمتازُ بخصائصَ عامةٍ منها:

- **الحالةُ الفيزيائيةُ Physical State:**

تختلفُ الألكاناتُ في حالاتِها الفيزيائيةِ، فالألكاناتُ الأربعُ الأولى (ميثان، إيثان، بروبان، بيوتان) غازاتٌ في درجةِ حرارةِ الغرفةِ، ويُمكنُ استخدامُها كوقودٍ بشكلٍ مباشرٍ مثل غازِ الطهي في المنزل؛ حيث تكونُ هذه الألكاناتُ ذاتَ سلاسلَ كربونيةٍ صغيرةٍ، في حين، الألكاناتُ التي تحتوي على عددِ ذراتِ كربونٍ من (5 إلى 17) في سلسلتِها تكونُ في الحالةِ السائلةِ في درجةِ حرارةِ الغرفةِ، مثل الهكسان الذي يُستخدَمُ كمذيبٍ عضوي. أما الألكاناتُ التي تحتوي على أكثرَ من 17 ذرةَ كربونٍ فتكونُ في الحالةِ الصلبةِ في درجةِ حرارةِ الغرفةِ، مثل شمعِ البرافين، والإسفلت.

وتُستخدَمُ مشتقاتُ الألكاناتِ في صناعةِ منتجاتٍ عديدةٍ مثل الدهاناتِ والأدويةِ والبلاستيكِ والمنظفاتِ، ومُستحضراتِ التجميلِ، وغيرِها.

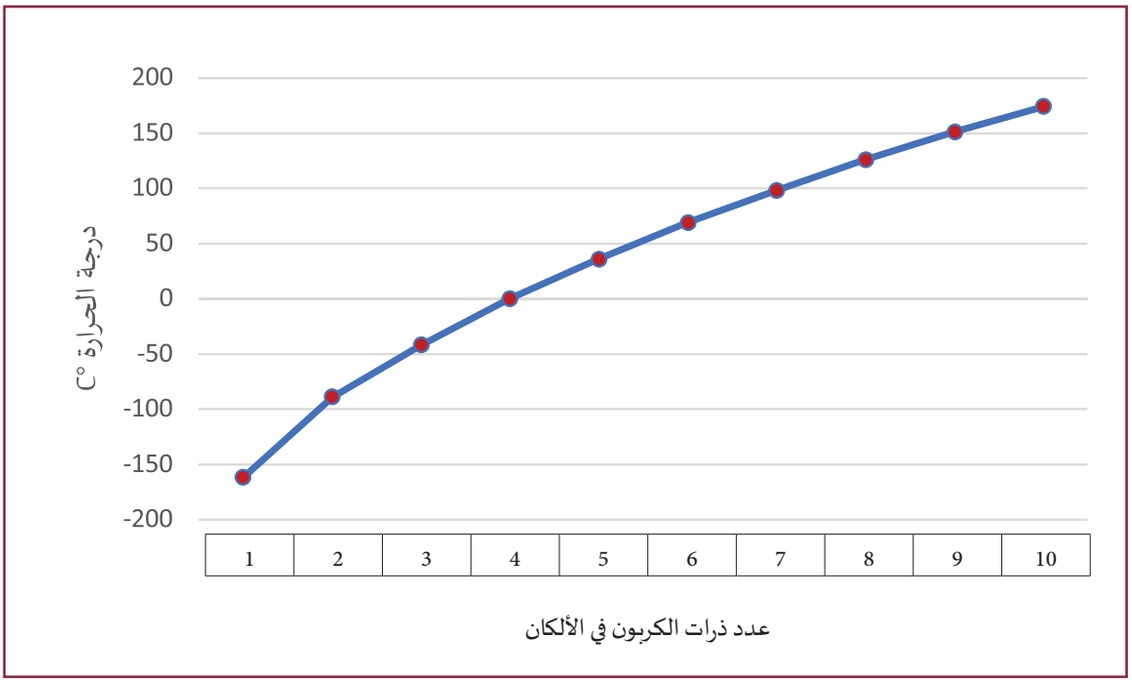
- **درجاتُ الغليانِ Boiling Points :**

درجاتُ غليانِ الألكاناتِ بشكلٍ عام تكونُ مُنخفضَةً؛ وذلك بسببِ ضَعفِ قُوى التجاذُبِ بين جُزيئاتِها. ويُبينُ الجدولُ (2-6) الآتي القِيَمَ التقريبيةَ لدرجاتِ غليانِ الألكاناتِ العشرِ الأولى ذاتِ السلسلةِ الكربونيةِ المُمتدَّةِ (المُستقيمة).

الألكان	الصيغة الجزيئية	درجة الغليان °C
ميثان	CH_4	-162
إيثان	C_2H_6	-89
بروبان	C_3H_8	-42
بيوتان	C_4H_{10}	0.0
بنتان	C_5H_{12}	36
هكسان	C_6H_{14}	69
هبتان	C_7H_{16}	98
أوكتان	C_8H_{18}	126
نونان	C_9H_{20}	151
ديكان	$C_{10}H_{22}$	174

الجدول 6-2 القِيَمُ التقريبيةُ درجاتِ غليانِ بعضِ الألكاناتِ.

وتُلاحظُ من الجدولِ أن درجاتِ غليانِ الألكاناتِ تَزدادُ بزيادةِ عددِ ذراتِ الكربون، أي بزيادةِ الكتلةِ المُوليةِ لها التي تعملُ على زيادةِ قُوى التجاذبِ بين الجزيئاتِ. انظر الشكل (6-19) الذي يُمثلُ مُنحنى درجاتِ غليانِ الألكاناتِ.



الشكل 6-19: منحنى درجاتِ غليانِ الألكانات

- **الذوبانيةُ Solubility :**

بشكلٍ عام لا تذوبُ الألكاناتُ في الماءِ؛ بسببِ ضَعفِ قُوى التجاذبِ بين جزيئاتِ الألكاناتِ وجزيئاتِ الماء؛ لذلك تطفو فوق سطحِه، فمثلا عند إذابةِ الهكسانِ في الماء يَنفصلُ السائلان إلى طبقتين. انظر الشكل (6-20).

الشكل 6-20: الهكسانُ لا يذوبُ في الماء.

النفطُ Petroleum

أصبحتْ حياتُنا تَعتمدُ بشكلٍ كبيرٍ على وسائلِ النقلِ المختلفةِ مثل السياراتِ والطائراتِ والبواخرِ وغيرِها من وسائلِ النقلِ التي تعتمدُ على الوقودِ المُستخلَصِ من النفطِ. يتكونُ **النفطُ الخامُ Crude Oil** من خليطٍ من مركباتٍ مختلفةٍ غالبيتُها من الهيدروكربوناتِ، وقد تَشكَّلَ النفطُ من بقايا الكائناتِ الحيةِ التي عاشت في المحيطاتِ منذ ملايينِ السنين؛ حيث تحولتْ بفعلِ الحرارةِ والضغطِ إلى زيتٍ صخري، وغازٍ طبيعي. ويُعَدُّ النفطُ مصدرًا غيرَ مُتجدّدٍ للطاقةِ، وعادةً لا يَتِمُّ الاستفادةُ من النفطِ الخام كما هو؛ لذلك يقومُ المختصون بفصلِ مُكوناتِه بعمليةٍ تُسمَّى تَكريرَ النفطِ.

ويَتِمُّ فصلُ مُكوناتِ النفطِ عن بعضِها البعضِ بطريقةِ **التقطيرِ التَّجزيئي Fractional Distillation**، وتَعتمدُ هذه الطريقةُ على تَسخينِ النفطِ، ثم تَبخيرِه عند درجاتِ الغليانِ المختلفةِ لمكوناتِه، ثم تجميعِ المكوناتِ المختلفةِ أثناءَ تَكاثُفِها عند درجاتِ حرارةٍ معينةٍ؛ حيث يَتِمُّ الحصولُ على المكوناتِ ذاتِ درجاتِ الغليانِ المُنخفضَةِ مثل الغازاتِ والجازولين من المناطقِ القريبةِ من قمةِ بُرْجِ التقطيرِ، أما المكوناتُ ذاتُ درجاتِ الغليانِ الأعلى، مثل الموادِّ الشمعيةِ والشحومِ والإسفلتِ، فيَتِمُّ الحصولُ عليها من أسفلِ البُرجِ.

إثــراء

قطر للبترول
Qatar Petroleum

أُنشئتْ شركةُ قطرَ للبترولِ بموجبِ مرسومٍ أميري رقم (10) صدر في عام 1974 وهي مؤسسةٌ وطنيةٌ تَملكُها الدولةُ، وتضطلعُ بكافةِ مراحلِ صناعةِ النفطِ والغازِ في قطرَ.

تشملُ النشاطاتُ الرئيسةُ لقطرَ للبترولِ عملياتِ الاستكشافِ وإنتاجَ وبيعَ النفطِ الخام، والغازِ الطبيعي، والمنتجاتِ البترولية المكررة، والبتروكيماويات، والأسمدةِ الكيماوية، والغازِ الطبيعي المُسال، والحديدِ والألومنيوم.

تَتِمُّ نشاطاتُ وعملياتُ قطرَ للبترولِ في المناطقِ البريةِ التي تشملُ الدوحةَ ومسيعيدَ ودخانَ وراسَ لفان والمناطقَ البحريةِ التي تشملُ جزيرةَ حالولٍ ومحطاتِ الإنتاجِ البحريةِ ومَنصَّاتِ أجهزةِ الحفرِ القائمةِ وحقلِ غازِ الشمالِ.

نشاط 3-6

عمليةُ التقطيرِ التجزيئي

الهدف:

يُجري عمليةَ التقطيرِ التجزيئي.

المواد والأدوات:

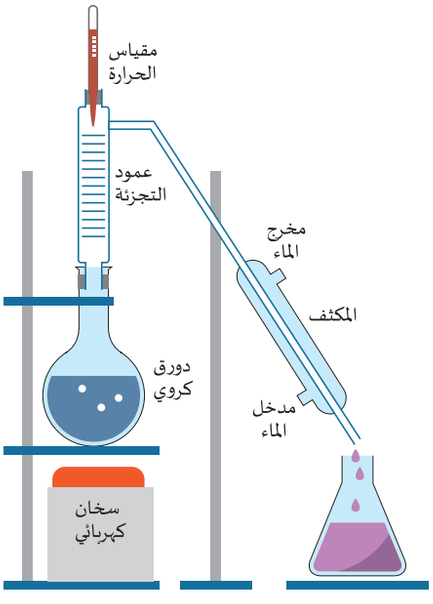
المواداتُ والأدواتُ $10\ cm^3$ من كل من: [الجازولين (بنزين السيارات) والكيروسين (الكاز)، والديزل (السولار)]، دورق مخروطي عدد 3، أنبوب تكثيف، سدَّادة فلين ذات فتحة واحدة عدد 3، ميزان حرارة رقمي، سخَّان كهربائي، دَوْرَق كروي.

ملاحظة: يُمكنُ استخدامُ مُختبرٍ افتراضي للنشاطِ، أو عرضُ فيديو بسببِ خُطورةِ إجرائه في المختبر.

الأمن والسلامة:

احذرْ جميعَ الموادِّ المُستخدَمةِ القابلةِ للاشتعالِ، ارتدِ مِعطفَ المختبر والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازاتِ.

الخطوات:



1. اخلطِ الموادَّ الثلاثَ في الدورقِ الكروي، ثم رَكِّبِ الجهازَ كما في الشكلِ المجاور.
2. سَخِّنِ الدورقَ الكرويَ بلطفٍ.
3. راقبْ درجةَ حرارةِ الميزانِ الرقمي، وسَجِّلْ درجةَ الحرارةِ التي تبدأُ عندها أولُ مادةٍ بالتكاثُفِ. وانتظرْ حتى تَتكاثفَ المادةُ بأكملِها.
4. استخدمْ الدوق المخروطي لجمعِ المادةِ الأولى.
5. كَرِّرِ الخطواتِ (2 و3، 4) للمادتين المتبقيتين. وسَجِّلْ درجةَ حرارةِ كلٍّ منهما في الجدول.
6. تَفَحَّصِ الموادَّ الثلاثَ التي جمعتَها، من حيثُ لونُ كلٍّ منها ورائحتُه.

رقم الأنبوب	اسم المادة	درجة الغليان °C
1		
2		
3		

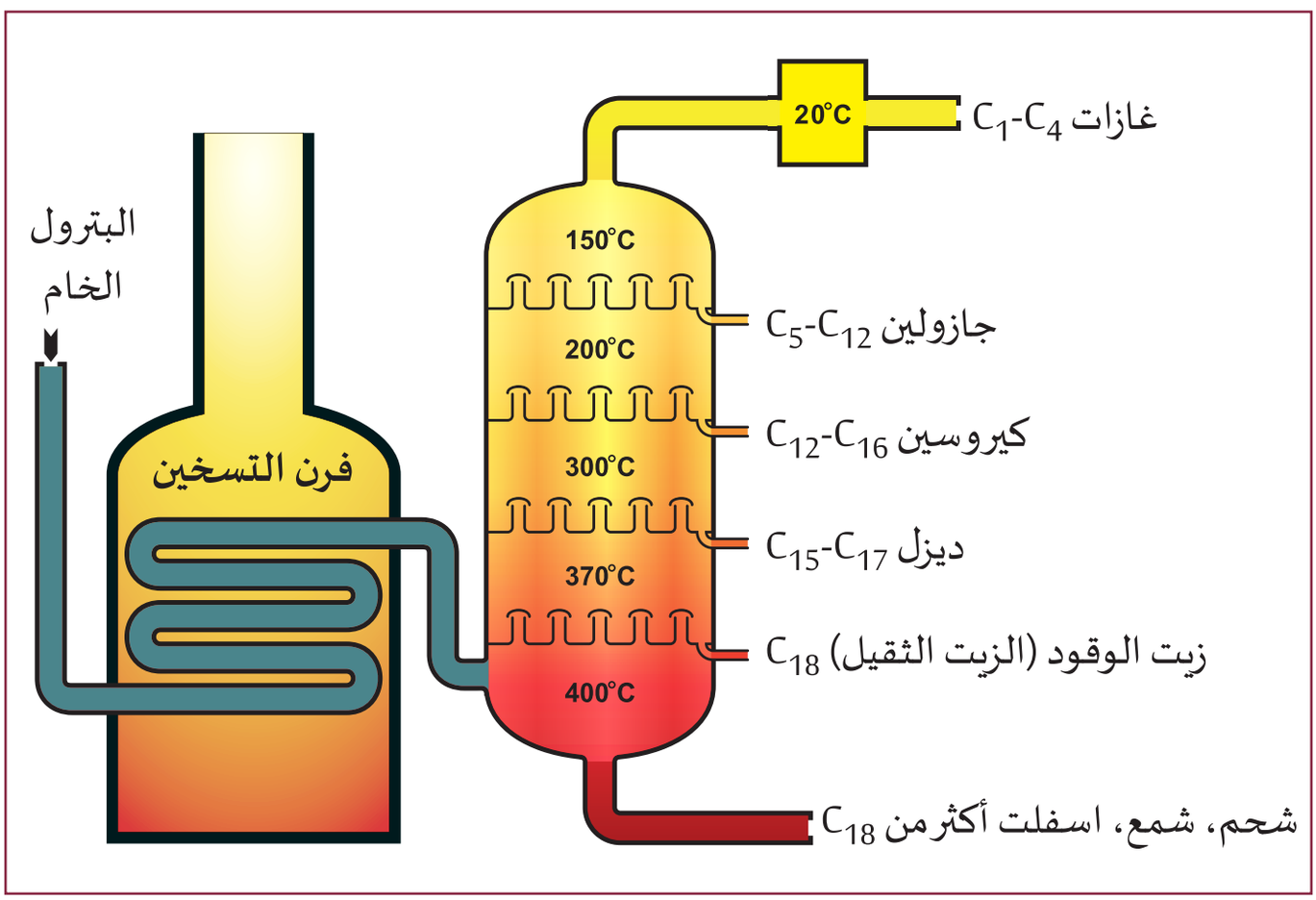
التحليل:

1. لماذا اختلفتْ درجاتُ غليانِ كلٍّ من الموادِّ الثلاث؟
2. رتِّبِ الموادَّ الثلاثَ حَسْبَ درجةِ غليانِها.

الاستنتاج: .....

لعلك توصلتَ من النشاطِ السابقِ أن الموادَّ الثلاثَ تختلفُ في درجاتِ غليانِ كلٍّ منها؛ مما يُساعدُ المختصين في عمليةِ فصلِها عن بعضِها البعضِ. وما حدثَ في النشاطِ يُعَدُّ مشابهًا لما يحدثُ في برجِ التقطيرِ المستخدمِ في عمليةِ فصلِ مكوناتِ النفطِ الخامِ عن بعضِها البعض.

يُبينُ الشكلُ (6-21) مُخطَّطًا تقريبيًّا لبرجِ التقطيرِ أو ما يُسمَّى برجَ التجزئةِ؛ حيث تكونُ درجةُ حرارةِ أسفلِ البرجِ 400°C تقريبًا، ويَتِمُّ وَضْعُ النفطِ الخامِ فيه؛ حيث يبدأُ في الغليانِ فتَتصاعدُ أبخرةُ الموادِّ ذاتِ درجاتِ الغليانِ الأقلِّ أولًا إلى أعلى البرجِ؛ فتَتكاثفُ ويَتِمُّ جمعُها، وهكذا تَنخفضُ درجاتُ الحرارةِ تدريجيًّا كلما اتجهنَا أعلى البرجِ حتى يَتِمَّ فصلُ جميعِ مكوناتِ النفطِ بعضِها عن بعضٍ، ويُعَدُّ النفطُ المصدرَ الرئيسَ للألكاناتِ.



الشكل 6-21: برج التقطير.

ويُوضِّحُ الجدولُ (3-6) بعض أنواعَ الهيدروكربوناتِ الناتجةِ من النفطِ الخامِ بعمليةِ التقطيرِ التجزيئي وأعدادَ ذراتِ الكربونِ في كلٍّ منها.

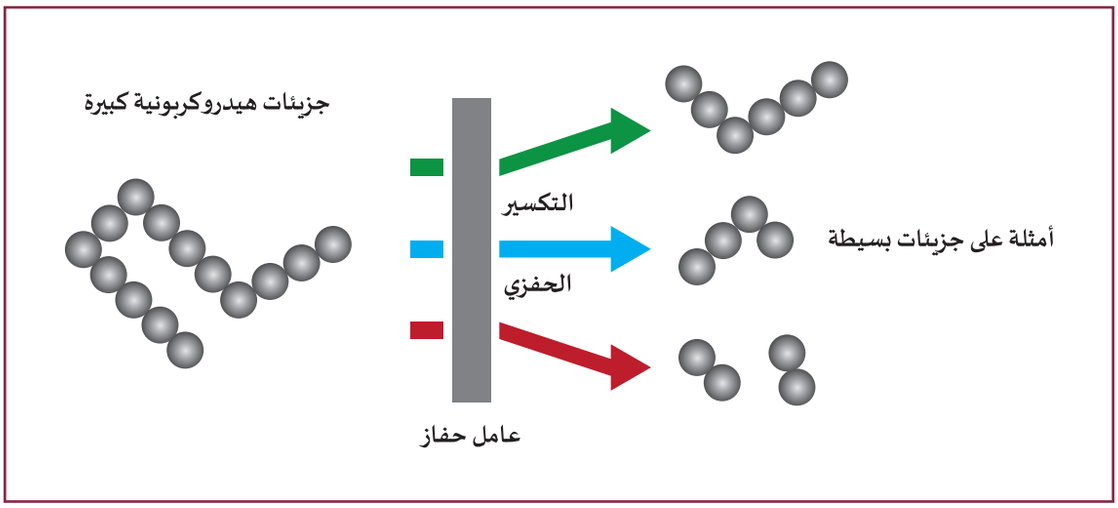
الحالة الفيزيائية للهيدروكربون	عدد ذرات الكربون	مثال
غاز	1 -4	ميثان، إيثان، بروبان، بيوتان
سائل	5 - 12	جازولين
	12 - 16	كيروسين
	15 - 17	ديزل، وقود شاحنات
	18	الزيت الثقيل وقود الأفران والسفن
صلب	أكبر من 18	شحم، شمع، أسفلت

الجدول 6-3: بعض أنواعُ الهيدروكربوناتِ الناتجةُ من النفطِ الخامِ بعمليةِ التقطيرِ التجزيئي

لاحظْ من الجدولِ (3-6) أن نوعَ الوقودِ الناتجِ من النفطِ الخامِ بعمليةِ التقطيرِ التجزيئي يختلفُ باختلافِ عددِ ذراتِ الكربونِ في السلسلةِ الكربونيةِ؛ ونتيجةً لذلك يتأثرُ نوعُ الوقودِ بحجمِ الجُزيءِ؛ حيث تكونُ الجزيئاتُ ذاتُ الأحجامِ الصغيرةِ وقودًا ذا جودةٍ عاليةٍ واستخداماتُهُ أوسعَ، إلا أن أبراجَ التقطيرِ التجزيئي لا تُنتجُ المُكوناتِ بالنِسَبِ التي نحتاجُ إليها من هذه المكوناتِ، فعلى سبيلِ المثالِ، نادرًا ما يُنتجُ التقطيرُ التجزيئيُ الكميةَ المرغوبَ فيها من الجازولين، ولكنه يُنتجُ في المقابلِ الزيوتَ الثقيلةَ بكمياتٍ تَفوقُ حاجةَ السوقِ؛ ولذلك طوَّرَ الكيميائيون والمختصون عمليةً لتحويلِ المكوناتِ الثقيلةِ إلى جازولين بكمياتٍ كبيرةٍ وذلك عن طريقِ تَكسيرِ الجزيئاتِ الكبيرةِ إلى جزيئاتٍ أصغرَ.

التكسيرُ الحَفزي Catalytic Cracking

درستَ سابقًا أن النفطَ هو المصدرُ الوحيدُ المعروفُ حتى الآن للحصولِ على الوقودِ وزيوتِ التشحيمِ، وهو يَتكوَّنُ من مركباتٍ هيدروكربونيةٍ كبيرةٍ ومُعقَّدةٍ لا يُمكنُ استخدامُها أو الإفادةُ منها بشكلٍ مباشرٍ؛ لذلك يَستخدمُ المختصونَ في الصناعاتِ النفطيةِ عمليةً كيميائيةً تُسمَّى **التكسيرَ الحَفزي Catalytic Cracking** وهي عمليةٌ صناعيةٌ تُستخدَمُ لتحويلِ الهيدروكربوناتِ ذاتِ السلاسلِ الكربونيةِ الكبيرةِ إلى هيدروكربوناتٍ ذاتِ سلاسلَ كربونيةٍ صغيرةٍ؛ حيث يَتِمُّ فيها تكسيرُ بعضِ الروابطِ الكيميائيةِ بين ذراتِ الكربونِ في الهيدروكربوناتِ ذاتِ الجزيئاتِ المُعقدةِ؛ فتتحولُ إلى هيدروكربوناتٍ بسيطةٍ؛ وذلك بغيابِ الأكسجينِ واستخدامِ عواملَ حفّازةٍ. انظرِ الشكلَ (6-22)



الشكل 6-22 التكسيرُ الحَفزي

ولعمليةِ التكسيرِ الحفزي أهميةٌ كبيرةٌ في الصناعةِ، فمن خلالِها يَتِمُّ إنتاجُ هيدروكربوناتٍ أكثرَ نشاطًا؛ حيث يَتِمُّ التعاملُ معها بسهولةٍ عند إجراءِ عمليةِ التقطيرِ التجزيئي لها، وكذلك تُنتجُ الموادَّ الأوليةَ اللازمةَ لصناعةِ الكثيرِ من المنتجاتِ المختلفةِ كالبلاستيكِ والألياف الصناعيةِ.

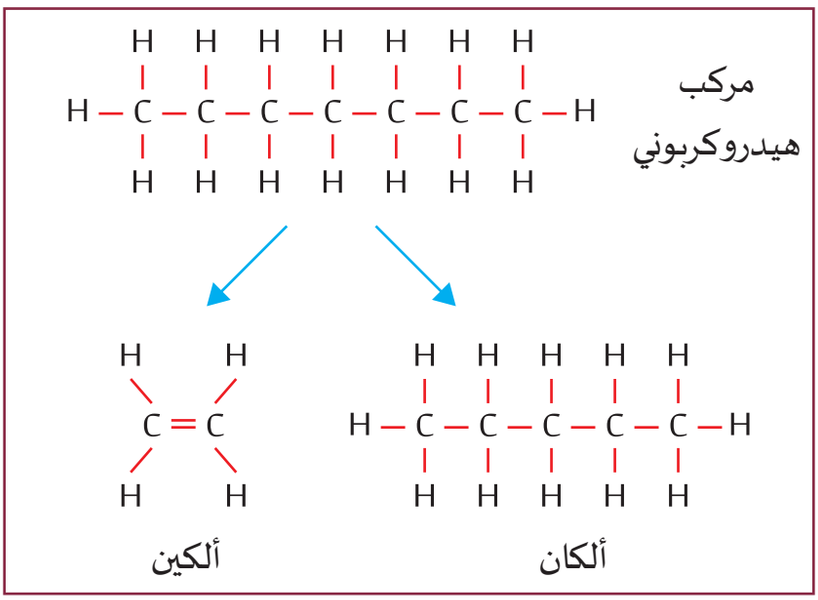
وكمثالٍ لما سبق؛ يُؤدي التكسيرُ الحفزي للمركبِ $C_{12}H_{26}$ إلى إنتاجِ جُزيئين، هما: الأوكتانُ C_8H_{18} يُضافُ إلى الوقودِ، والبيوتينُ C_4H_8، كما هو مُوضَّحٌ في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$C_{12}H_{26} \xrightarrow{\text{تكسير حَفزي}} C_8H_{18} + C_4H_8$$

معلومة
تكسير الهيدروكربونات

إضافة إلى التكسير الحفزي شائع الاستخدام، يستخدم المختصون أيضا طريقة أخرى لتكسير الهيدروكربونات وهي **التكسير الحراري Thermal Cracking**، التي تعتمد على الحرارة العالية، ولكن استخدام التكسير الحفزي هي الطريقة الأكثر استخداماً لأنها تنتج قدراً أكبر من الجازولين (وقود السيارات) عالي الأوكتان.

ويُوضِّحُ الشكلُ (6-23) عمليةَ التكسيرِ الحفزي لمركبٍ هيدروكربوني (ألكان) يتكونُ من 7 ذراتِ كربونٍ؛ لينتجَ جزيئينِ أصغرَ منه.



الشكل 6-23: التكسيرُ الحفزي لألكان

لاحظْ من الشكلين (6-22 و 6-23) أن أحدَ نواتجِ تفاعلِ التكسيرِ الحفزي هو ألكانٌ، وأن مجموعَ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في المركبِ الهيدروكربوني الأساسي يُساوي مجموعَ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ في المركبين الناتجين؛ وبذلك تَبقى أعدادُ ذراتِ الكربونِ والهيدروجين ثابتةً أثناءَ هذه العمليةِ.

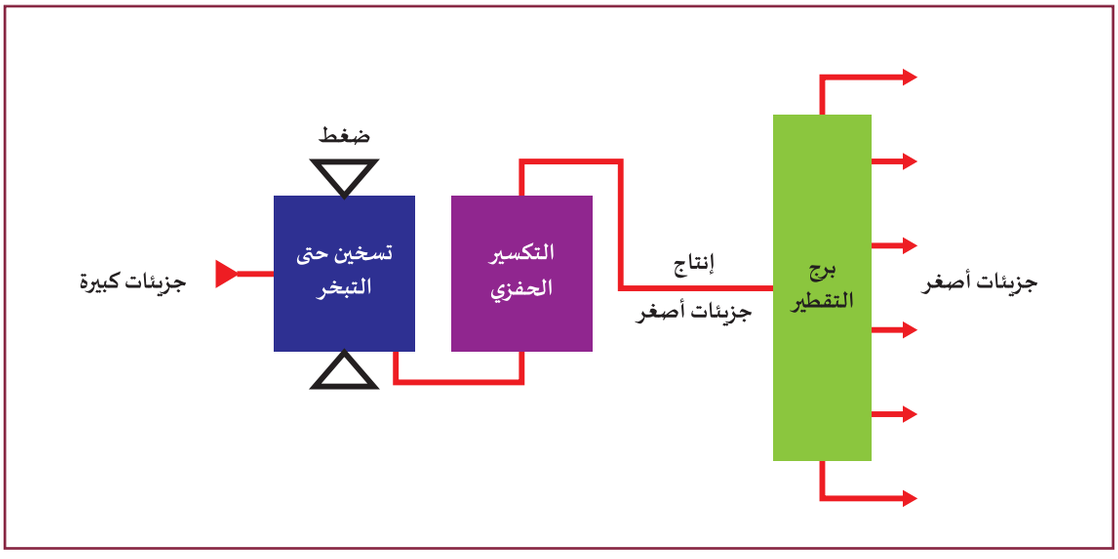
اختبر نفسك

أُكتبِ الصيغةَ البنائيةَ للألكانِ الناتجِ من عمليةِ التكسيرِ الحفزي لمركبِ الديكان $C_{10}H_{22}$.

$$C_{10}H_{22} \xrightarrow{\text{تكسير حَفزي}} C_2H_4 + \text{.....}$$

ومن الجديرِ ذكرُه أن الألكانَ الناتجَ من عمليةِ التكسيرِ الحفزي يستمرُّ في تَكَسُّرِهِ إلى أن تَنتجَ سلاسلُ قصيرةٌ، فمثلاً مركبُ الأوكتانِ C_8H_{18} الناتجُ عن تكسيرِ مركبِ الديكانِ $C_{10}H_{22}$ يتكسَّرُ مرةً أخرى إلى سلسلةٍ أصغرَ منه، وهكذا حتى تَنتجَ سلسلةٌ صغيرةٌ يمكنُ استخدامُها كوقودٍ.

وتَتِمُّ عمليةُ التكسيرِ الحفزي صناعيًّا باستخدامِ عواملَ حفازةٍ منها الزيولايت (مثل سيليكات الألومنيوم) عند درجةِ حرارةٍ وضغطٍ مناسبين. ويُوضحُ الشكلُ (6-24) مراحلَ عمليةِ التكسيرِ الحفزي.



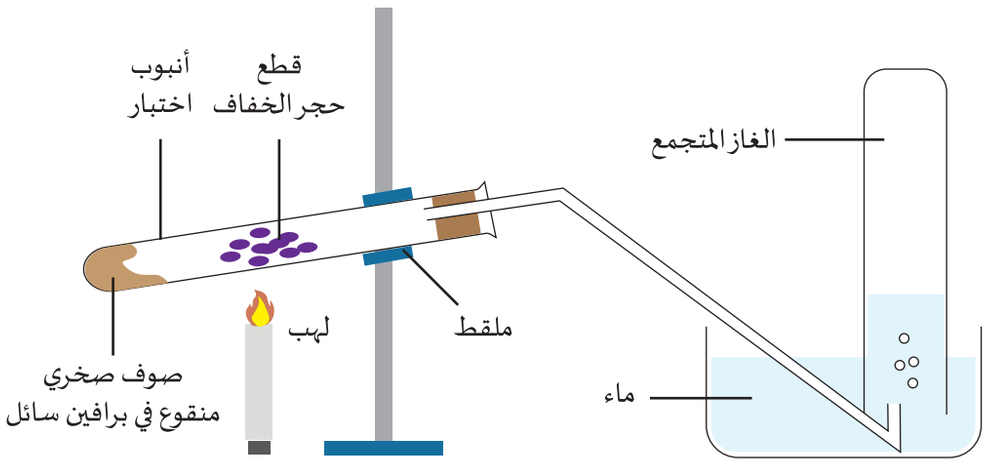
الشكل 6-24: مراحلُ التكسيرِ الحفزي

ولكي تَتَعرَّفَ كيف تَتِمُّ عمليةُ التكسيرِ الحفزي، نَفذِ النشاطَ (6-4).

نشاط 6-4	تكسيرُ البرافين
الهدف:	يُجري عمليةَ التكسيرِ للبرافين.
المواد والأدوات:	(حوض زجاجي، ماء، صوف صخري، قِطَعُ صغيرة من حجر الخفاف (أو الفخار)، أنبوب اختبار عدد5، سدَّادة ذات فتحة واحدة، حامل أنابيب اختبار، مِلقط، لهب بنزن، برافين سائل، سدَّادات مطاطية عدد 4) يُمكنك مشاهدةُ فيديو للنشاطِ من خلالِ الإنترنتِ باستخدامِ الكلماتِ المُفتاحيةِ الآتيةِ: (Cracking Paraffin، Cracking Hydrocarbon)
الأمن والسلامة:	لا تُقرِّبِ البرافينَ من اللهبِ؛ فهو مادةٌ قابلةٌ للاشتعالِ، ارتدِ مِعطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ، والقفازاتِ.

الخطوات:

1. ضَعْ كميةً من الصوفِ الصخري في قاعِ أنبوبِ اختبارٍ، ثم أضفْ إليه بِضْعَ قَطَراتٍ من البرافينِ السائل.
2. ثَبِّتْ أنبوبَ الاختبارِ بواسطةِ الحاملِ بشكلٍ أفقي كما هو مُوَضَّحٌ في الشكل 1.
3. ضَعْ قِطعًا صغيرةً من حجرِ الخُفافِ في مُنتصفِ أنبوبِ الاختبار، ثم أغلقِ الأنبوبَ بسدَّادةٍ ذاتِ فتحةٍ واحدةٍ.
4. أَدخلْ في السدادةِ أنبوبًا رفيعًا مفتوحَ الطرفين حتى يصلَ إلى حوضٍ مملوءٍ حتى مُنتصفِه بالماء.
5. املأْ أنبوبَ اختبارٍ آخرَ بالماء، ثم ضَعْهُ بشكلٍ مقلوبٍ داخلَ الحوضِ الزجاجي؛ بحيث يبقى ممتلئًا بالماء، كما هو مُوضَّحٌ في الشكل 1.



الشكل (1)

6. أَشعلِ اللهبَ، وسَخِّنِ الأنبوبَ من مُنتصفِه كما في الشكل 1؛ بحيث يَتِمُّ تسخينُ قِطَعِ حجرِ الخُفاف أولا، ثم حَرِّكِ اللهبَ لتسخينِ حجرِ الخُفافِ والبرافينِ بشدةٍ بالتناوبِ (مع التركيز على تسخين البرافين).
7. كَرِّرِ الخُطوةَ رقم (5) باستخدامِ ثلاثةِ أنابيبِ اختبارٍ أخرى كلًّا منها على حدةٍ، مع الاستمرارِ بتسخينِ البرافين، ثم أغلقْ كلَّ أنبوبٍ يمتلئُ بالغازِ بسدادةٍ مطاطيةٍ بإحكامٍ، وضَعْهُ على حاملِ الأنابيب.
8. استبعدْ أولَ أنبوبي اختبارٍ. ثم افحصِ الأنبوبَ الثالثَ عن طريقِ الشمِّ بالطريقةِ الصحيحةِ كما في الشكل 2. ماذا تلاحظُ؟
9. قَرِّبْ عودَ ثِقابٍ مشتعلٍ من فُوَّهةِ الأنبوبِ الرابعِ كما في الشكل 3. ولاحظْ ما يحدثُ.

الشكل(2)

الشكل(3)

التحليل:

1. لماذا تَمَّ تسخينُ البارافينِ بشدةٍ في الخُطوة 6؟
2. ماذا حدث في الخُطوة (9) في أنبوبِ الاختبار؟ على ماذا يدلُّ ذلك؟
3. اقترحْ سببًا لاستبعادِ أولِ أنبوبينِ في الخُطوة (8) كناتجٍ للنشاط؟
4. لماذا تَمَّ استخدامُ حجرِ الخُفافِ في هذا النشاطِ؟

الاستنتاج:

.....

.....

النفطُ في دولةِ قطرَ Petroleum in Qatar

يُعَدُّ النفطُ والغازُ الطبيعي من أهمِّ مواردِ الاقتصادِ القطري؛ حيث يبلغُ إنتاجُ دولةِ قطرَ من النفطِ حوالي مليونِ برميلٍ يوميًا. ويُعَدُّ النفطُ المُستخرَجُ من الحقولِ البحريةِ من أجودِ أنواعِ النفطِ في العالمِ؛ إذ تتراوحُ كثافتُه النسبيةُ بين 32 و33 درجةً على مقياس API ويحتوي على 2.2% من الكبريت.

تَمَّ اكتشافُ النفطِ لأولِ مرةٍ في دولةِ قطرَ عام 1938م، وبدأ اهتمامُ الدولةِ بالتنقيبِ عن النفطِ والاعتمادِ عليه في اقتصادِ البلادِ بعد تَراجعِ صناعةِ استخراجِ اللؤلؤِ الطبيعي بعد دخولِ اللؤلؤِ الصناعي إلى الأسواقِ العالميةِ.

ومن المُتوقَّعِ في السنواتِ القادمةِ أن يصلَ احتياجُ العالمِ للطاقةِ إلى ذروتِه؛ مما يؤدي إلى ارتفاعِ الطلبِ على إنتاجِ النفطِ إلى كمياتٍ كبيرةٍ؛ وهذا يتطلبُ من شعوبِ العالمِ استهلاكُ الطاقةِ بشكلٍ أقلَّ، واستخدامُ طاقاتٍ بديلةٍ مثل الطاقةِ المُتجدّدةِ؛ بحيث يَتِمُّ الاستغناءُ تدريجياً عن الوقودِ الأحفوري كمصدرٍ رئيسٍ للطاقة

نشاط 5-6

أهميةُ النفط

بالتعاونِ مع زملائك، اختَرْ أحدَ المواضيعِ الآتيةِ، ثم اكتبْ تقريرًا عنها واعرضْهُ على معلمِك وزملائك في الصف، أو في الإذاعةِ المدرسيةِ أو على لوحةٍ جداريةٍ في مدرستك:

a. أهميةُ الهيدروكربوناتِ في حياتِنا اليوميةِ.

b. شكلُ الحياةِ من دونِ النفطِ.

c. أثرُ النفطِ على الحياةِ البيئيةِ والثقافيةِ في دولةِ قطرَ.

مُراجَعةُ الدَّرْسِ الثاني

الأفكار الرئيسة:

- الهيدروكربوناتُ هي مركباتٌ عضويةٌ تحتوي على عنصري الكربونِ والهيدروجينِ فقط.
- تُصنَّفُ الهيدروكربوناتُ إلى نوعين رئيسين، هما: هيدروكربوناتٌ أليفاتيةٌ، وهيدروكربوناتٌ أروماتيةٌ.
- الصيغةُ الجزيئيةُ تُبينُ نوعَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في المركبِ وعددَها. ولكنها لا تُبينُ طريقةَ ارتباطِ الذراتِ ببعضِها في الجُزيءِ الواحدِ.
- الصيغةُ البنائيةُ تُبينُ نوعَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في المركبِ وعددَها وطريقةَ ارتباطِها ببعضِها في الجُزيءِ الواحدِ.
- الألكاناتُ: هيدروكربوناتٌ مُشبعَةٌ تَتكوَّنُ من ارتباطِ ذراتِ الكربونِ مع بعضِها البعضِ، ومع ذراتِ الهيدروجين بروابطَ تَساهميةٍ أُحاديةٍ.
- يَتكوَّنُ اسمُ الألكانِ من مَقطعين، يدلُّ المقطعُ الأولُ على عددِ ذراتِ الكربونِ في المركبِ، والثاني يدلُّ على عائلةِ المركبِ.
- كلُّ مركبٍ من الألكاناتِ يَزيدُ عن المركبِ الذي يَسبقُه بمجموعةِ (CH_2) وهي وِحدةٌ تَتكرَّرُ في السلسلةِ الهيدروكربونيةِ.
- الصيغةُ العامةُ للألكاناتِ: C_nH_{2n+2}
- التكسيرُ الحَفزي عمليةٌ صناعيةٌ تُستخدَمُ لتحويلِ الهيدروكربوناتِ ذاتِ السلاسلِ الكربونيةِ الكبيرةِ إلى هيدروكربوناتٍ ذاتِ سلاسلَ كربونيةٍ صغيرةٍ.

تقويم الدَّرْسِ الثاني

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحة فيما يأتي:

1. ما العبارةُ الخطأ فيما يتعلقُ بالألكانات؟

a- صيغتُها العامة C_nH_{2n-2}.

b- تُسمَّى البارافينات.

c- روابطُها تَساهميةٌ أُحاديةٌ.

d- مركباتٌ مُشبعةٌ.

2. أيُّ المركباتِ الآتيةِ **لا يُعَدُّ** من الألكانات؟

a- C_4H_{10}

b- C_6H_{12}

c- C_7H_{16}

d- C_8H_{18}

3. أيُّ المركباتِ الآتيةِ يُعَدُّ من الهيدروكربونات؟

a- $C_6H_{12}O_6$

b- CF_4

c- $HCOOH$

d- C_6H_{14}

4. ما الألكانُ الذي يحتوي على 9 ذراتِ كربون؟

a- C_9H_{18}

b- C_9H_9

c- C_9H_{20}

d- C_9H_{16}

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

5. ما الألكانُ الذي يحتوي على 16 ذرةَ هيدروجين؟

a- C_6H_{16}

b- C_7H_{16}

c- C_8H_{16}

d- C_9H_{16}

6. أيُّ المركباتِ الآتيةِ له أعلى درجةِ غليانٍ؟

a- C_3H_8

b- C_7H_{16}

c- C_5H_{12}

d- $C_{10}H_{22}$

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن الأسئلةِ الآتيةِ:

1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a- التكسيرُ الحفزي.

b- الصيغةُ البنائيةُ.

c- الصيغةُ الجزيئيةُ.

2. ما الصيغةُ الجزيئيةُ لألكانٍ يحتوي على (5) ذراتِ كربون؟

3. ما الصيغةُ الجزيئيةُ لألكانٍ يحتوي على (12) ذرةَ هيدروجين؟

4. فَسِّرْ: تُعَدُّ الألكاناتُ هيدروكربوناتٍ مُشبعةً.

5. عَبِّرْ عن الصيغةِ الجزيئيةِ لمركبِ الهبتان C_7H_{16} بالصيغِ البنائيةِ الآتيةِ:

a- المُمتدَّة.

b- المُكثَّفَة.

c- الهيكلُ الكربوني.

تقويمُ الوحدةِ السادسةِ

أولًا: أسئلةُ الاختيارِ من متعددٍ: اخترْ رمزَ الإجابةِ الصحيحة فيما يأتي:

1. أيُّ المركباتِ الآتيةِ **لا يُعَدُّ** من المركباتِ المُشبعة؟

a- C_6H_{14}

b- C_3H_8

c- C_5H_{10}

d- C_2H_6

2. ما نوعُ الرابطةِ التَّساهميةِ التي تَتميزُ بها الألكاناتُ؟

a- أُحادية.

b- ثُنائية.

c- ثُلاثية.

d- رُباعية.

3. ما الألكانُ الذي يُعَدُّ الأعلى درجةَ غليانٍ من بين الألكاناتِ ذاتِ السلسلةِ المستقيمةِ الآتيةِ؟

a- الإيثان.

b- الهكسان.

c- البروبان.

d- الهبتان.

4. ما عددُ الروابطِ التَّساهميةِ الأُحاديةِ في المركبِ C_5H_{12}؟

a- 14

b- 16

c- 17

d- 18

تابع تقويم الوحدةِ السادسةِ

5. أيٌّ من الألكاناتِ الآتيةِ **لا تحتوي** على مجموعةِ (CH_2) في تركيبه؟

a- الإيثان.

b- النونان.

c- البروبان.

d- البيوتان.

6. ما الصيغةُ العامةُ للألكانات؟

a- C_nH_n

b- C_nH_{2n}

c- C_nH_{2n+2}

d- C_nH_{2n-2}

7. إذا كان عددُ ذراتِ الهيدروجين في ألكان 8 ذراتٍ، فما عددُ ذراتِ الكربونِ فيه؟

a- 1

b- 2

c- 3

d- 4

8. أيُّ المركباتِ الآتيةِ **لا تُعَدُّ** من الهيدروكربونات؟

a- Na_2CO_3

b- $C_{10}H_{22}$

c- C_3H_8

d- CH_4

تابع تقويم الوحدةِ السادسةِ

9. ما اسمُ الألكان الذي يحتوي على (6) ذراتِ كربون؟

a- نونان.

b- أوكتان.

c- هكسان.

d- بنتان.

10. ما الصيغةُ الجزيئيةُ لمركبِ الديكان؟

a- C_8H_{18}

b- C_9H_{20}

c- $C_{10}H_{22}$

d- C_7H_{16}

11. أيُّ الألكاناتِ الآتيةِ هي الأقلُّ في درجةِ غليانها؟

a- C_2H_6

b- C_4H_{10}

c- C_8H_{18}

d- $C_{10}H_{22}$

12. ما الاسمُ الذي يُطلَقُ على عمليةِ تَسخينِ النفطِ الخامِ لفصلِ مُكوناتِه عن بعضِها البعض؟

a- التكسيرُ الحفزي.

b- برجُ التقطيرِ.

c- التقطيرُ التجزيئي.

d- التقطير البسيط.

تابع تقويم الوحدةِ السادسةِ

13. ما الاسمُ الذي يُطلَقُ على العمليةِ التي يَتِمُّ فيها تحويلُ الهيدروكربوناتِ المعقدةِ إلى بسيطةٍ باستخدامِ عاملٍ حفازٍ؟

a- التكسير الحفزي.

b- برج التقطير.

c- التقطير التجزيئي.

d- النفط الخام.

14. ما الصيغةُ الجزيئيةُ للمركبِ (X) الناتجِ من عمليةِ التكسيرِ الحفزي الآتية؟

$$C_8H_{18} \longrightarrow X + C_2H_4$$

a- C_6H_{14}

b- C_5H_{12}

c- C_7H_{16}

d- C_4H_{10}

ثانيًا: أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ: أجبْ عن الأسئلةِ الآتيةِ:

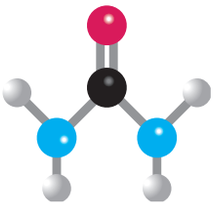
1. ما المقصودُ بكلٍّ من:

a- الألكانات.

b- الهيدروكربون.

تابع تقويم الوحدةِ السادسةِ

3. يُبينُ الشكلُ الآتي نموذجين لمركبِ اليوريا (N_2H_4CO)، أجب عن الأسئلة التي تليهما:

(A) 

(B) $H_2N - CO - NH_2$

a- ما اسمُ النموذجِ الذي يُمثلُه الرمز (A)؟

b- ما اسمُ النموذجِ الذي يُمثلُه الرمز (B)؟

c- ما عددُ الروابطِ التساهميةِ الأحادية التي يَحتويها مركبُ اليوريا؟

d- هل يُعَدُّ اليوريا مُركبًا عضويًّا أو غيرَ عضوي؟

4. اكتبِ الصيغةَ البنائيةَ المُمتدةَ والصيغةَ البنائيةَ المُكثَّفةَ للمركباتَ الآتية:

المركب	الصيغة البنائية الممتدة	الصيغة البنائية المكثفة
البنتان		
الهبتان		

5. قام أحدُ العلماءِ بتحليلِ عينةٍ من النفطِ الخام بتعريضِ العينةِ لعمليةِ التقطيرِ التجزيئي، فوجد فيها خليطًا من المركباتِ المبينة. وسجَّلَ درجةَ غليانِ كلٍّ منها في الجدولِ الآتي كما يأتي:

الألكان	درجة الغليان (°C)
هكسان	69
ميثان	-162
أوكتان	126
ديكان	174
بروبان	- 42

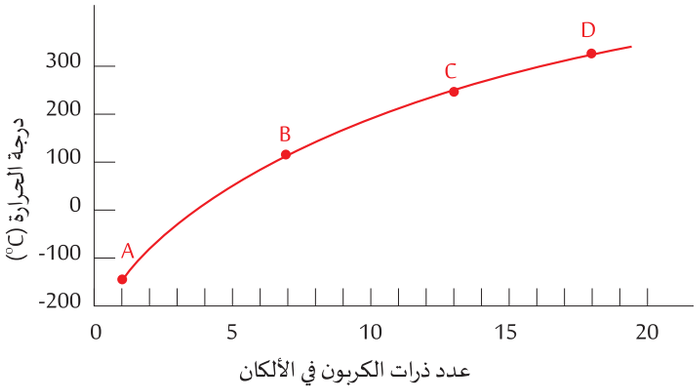
a- رَتِّبْ هذه المركباتِ حَسبَ الترتيبِ الذي تَخرجُ به من خلالِ التقطيرِ التجزيئي لها.

b- فَسِّرْ. لماذا تقومُ عمليةُ فصلِ مكوناتِ النفطِ الخام على مبدأِ التقطيرِ التجزيئي؟

c- ما تَوَقُّعُكَ للحالةِ الفيزيائيةِ لمركبِ الهكسان في الظروفِ العادية؟

تابع تقويم الوحدةِ السادسةِ

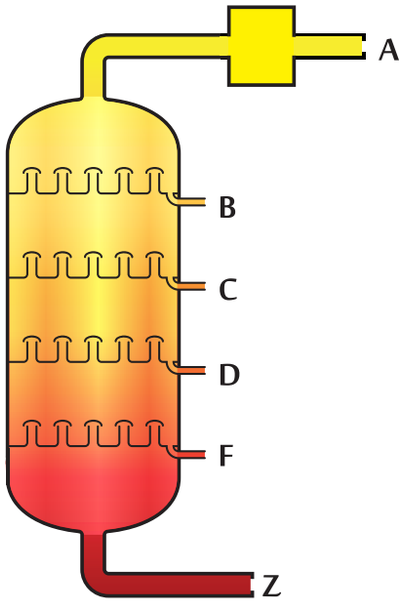
6. يُمثلُ المُنحنَى الآتي العلاقةَ بين عددِ ذراتِ الكربونِ في الألكاناتِ العشرِ الأولى ودرجاتِ غليانِ كلٍّ منها. استخدمِ المُنحنى للإجابة عن السؤالين الآتيين:



a- ما درجةُ غليانِ الألكانِ الذي يحتوي على (11) ذرة كربون.

b- أيُّ الرموز (A, B, C, D) تُمثِّلُ الألكانَ الأفضلَ كوقود؟

7. لديكَ الشكلُ الآتي الذي يُمثِّلُ برجَ التقطيرِ التجزيئي للنفطِ الخام؛ حيث تُمثِّلُ الرموزُ الافتراضيةُ (A, B, C, D ,F,Z) نواتجَ عمليةِ التقطيرِ التجزيئي. أجبْ عن الأسئلةِ التي تليه:



a- ما الحالةُ الفيزيائيةُ للمادةِ الناتجةِ في كلٍّ من: A و F؟

b- ما الأساسُ العلمي الذي تَعتمدُ عليه عمليةُ التقطيرِ التجزيئي؟

c- حَدِّدْ، أيُّ الرموزِ السابقةِ تُمثِّلُ الموادَّ الآتيةَ:

- الجازولين.
- الشمع.
- البروبان.
- الديزل.

d- حَدِّدْ، أيُّ المركبين (C أم B) له أكبرُ عددِ ذراتِ كربون؟

e- أيهما أعلى درجةَ غليانٍ: D أم F ؟

8. ما الصيغةُ الجزيئية للألكانِ الناتجِ من عمليةِ التكسيرِ الحفزي لمركبِ الأوكتان في المعادلة الكيميائية الآتية:

$$C_8H_{18} \longrightarrow C_2H_4 + \text{.....}$$

قائمة المراجع

1- المبادئ والبنية، جيمس برادي، جيرارد هيوم ستون، 1992، الجزء الأول، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلبي.

2- الكيمياء العامة، الخطيب ، ابراهيم صادق، وعبيد، مصطفى تركي، 2004، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، عمان.

3- Ebbing ,Gammon, 2009.General Chemistry, 10th Ed.

4- Karen C. Timberlake, and William Timberlake, 2008, Basic Chemistry, Pearson Education.

5- Antony C. Wilbraham, Dennis D. Staley, and Michael S. Matta, 2002, Chemistry, Prentice Hall.

6- Lawrie Ryan, 2000, Advance Chemistry for You, Nelson Thornes.

7- Kenneth W. Raymond, 2008, Chemistry an Integrated Approach, John Willy & Sons Inc. 2nd Edition.