المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

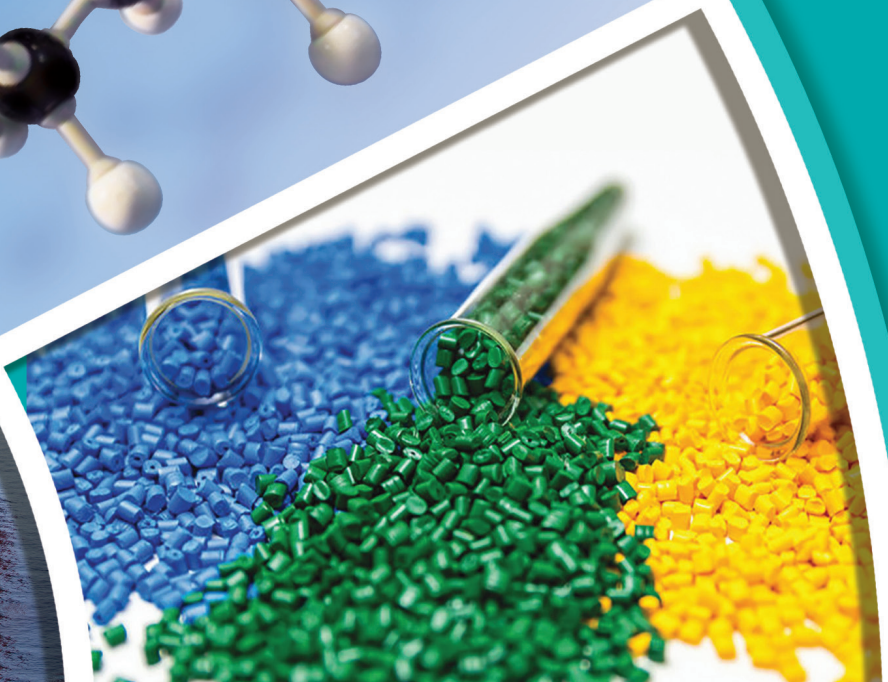
الكيمياء

11

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب



المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

الكيمياء

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

11

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود
تيسير أحمد الصبيحات
جميلة محمود عطية
سمير سالم عيد

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

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

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

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

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قرار المجلـس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقم (2024/8)، تاريـخ 2024/10/16 م، وقرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2024/170)، تاريـخ 2024/11/17 م، بـدءًا مـن العام الـدراسي 2024 / 2025 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2024.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 626 - 6

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2024/5/2903)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	الكيمياء، كتاب الطالب: الصف الحادي عشر، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2024
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ الكيمياء/ / أساليب التدريس/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/
الطبعـة	الطبعـة الأولى

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه، ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

المراجعة والتعديل

بـلال فـارس محمـود — جميـلـة محمـود عـطيـة

التحكيم الأكاديمي

د. صابر احمد الروسان

التصميم والإخراج

نايف محمد أمين مراشدة

التحرير اللغوي

محمد صالح شنيور

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) — 1446 هـ / 2024 م

قائمة المحتويات

الموضوع ..... **الصفحـة**

المقدّمة 5

الوحدة الثالثة: المُركّبات الهيدروكربونيّة **7**

التجربة الاستهلاليّة: بناء المُركّبات الهيدروكربونيّة 9

الدرس الأول: المُركّبات الهيدروكربونيّة المُشبَعة 10

الدرس الثاني: المُركّبات الهيدروكربونيّة غير المُشبَعة والمُركّبات الأروماتية 26

مراجعة الوحدة 41

الوحدة الرابعة: مشتقّات المُركّبات الهيدروكربونيّة **43**

التجربة الاستهلاليّة: التصاوغ الوظيفي 45

الدرس الأول: هاليدات الألكيل، الكحولات، الإيثرات والأمينات 46

الدرس الثاني: مُركّبات الكربونيل والحموض الكربوكسيلية ومشتقّاتها 67

الدرس الثالث: المُبَلمرات 82

مراجعة الوحدة 92

مسرد المصطلحات 96

قائمة المراجع 100

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

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

وَيُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها حاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين والمعلِّمات.

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

يتألَّف الفصل الدراسي الثاني من الكتاب من وحدتين دراسيتين، هما: المُركّبات الهيدروكربونية، ومشتقات المُركّبات الهيدروكربونية.

أُلحِقَ بكتاب الكيمياء كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعد الطالب/ الطالبة على تنفيذها بسهولة، وذلك اعتمادًا على منحنى STEAM في بعضها، بدءًا بعرض الأساس النظري لكل تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات

السلامة، وانتهاءً بأسئلة التحليل والاستنتاج. وتضمّن الكتاب أيضًا أسئلة تفكير متنوعة؛ بُغْيَةَ تعزيز فهم الطلبة لموضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديهم.

ونحن إذ نُقدّمُ هذه الطبعة من الكتاب، فإنّا نؤمّل أن يُسهم في تحقيق الأهداف والغايات النهائيّة المنشودة لبناء شخصيّة الطالب/ الطالبة، وتنمية اتجاهات حُبّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرّ، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوّعة، والأخذ بملاحظات المعلِّمين والمعلِّمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة 3

المُركّبات الهيدروكربونية

Hydrocarbon compounds

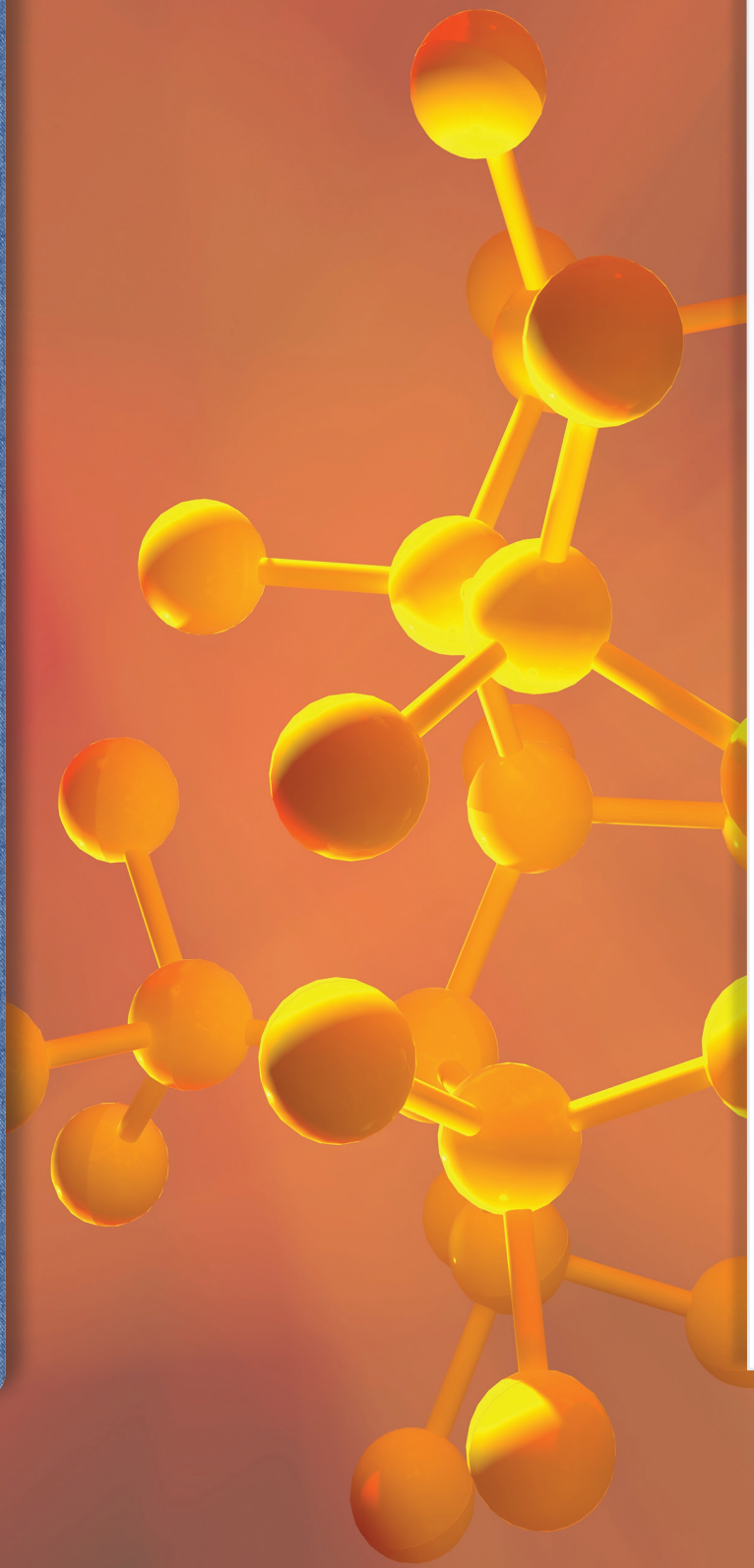
أتأمّل الصورة

ينتُجُ النفط من تحلُّل بقايا الكائنات الحية، ويُعدُّ أحد أهم مصادر الطاقة والمخزون الرئيس للمُركّبات الهيدروكربونية التي تدخل في كثير من الصناعات، مثل: البلاستيك، والألياف الصناعية، وغيرها من المُركّبات الكيميائية. فما المُركّبات الهيدروكربونية؟ وما خصائصها؟

الفكرة العامّة:

تتكوّن المُركّبات الهيدروكربونية من عنصرَيِ الكربون والهيدروجين فقط.

وتختلف أنواعها باختلاف طبيعة الروابط بين ذرّات الكربون، وكذلك تتنوّع خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتُسمّى المُركّبات الهيدروكربونيّة حسب نظام التسمية العالمي الأيوباك IUPAC.



الدرس الأول: المُركّبات الهيدروكربونية المُشبَعة.

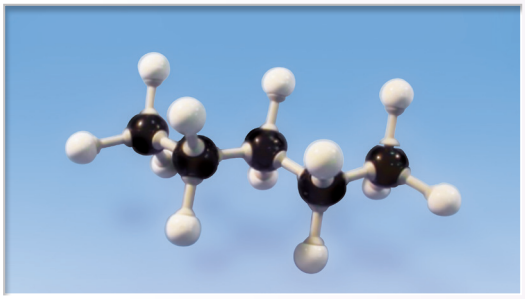
الفكرة الرئيسة: تتكوّن المُركّبات الهيدروكربونية المُشبَعة من الكربون والهيدروجين فقط، وترتبط فيها ذرّات الكربون بأربع روابط أحادية ويُطلَقُ عليها «الألكانات»، وتُسمّى وفقَ نظام التسمية العالمي IUPAC، ولها خصائص كيميائية وفيزيائية مُحدّدة.

الدرس الثاني: المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة والمُركّبات الأروماتية.

الفكرة الرئيسة: تتكوّن المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة من الكربون والهيدروجين، وترتبط فيها ذرّات الكربون برابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرّتي كربون متجاورتين، وتُعَدّ المُركّبات الأروماتية مُركّبات هيدروكربونية غير مُشبَعة تتكوّن من حلقة بنزين واحدة أو أكثر.

بناء المُركّبات الهيدروكربونية

الموادّ والأدوات: مجموعة نماذج الذرّات (الكراتُ والوصلات).



إرشادات السلامة:

- اتّباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والنظارات الواقية والقُفّازات.

خطوات العمل:

1. أختار (5) كراتٍ تحتوي كلّ منها على (4) ثقوب تُمثّل ذرّات الكربون.
2. **أُجرّب:** أستخدم الوصلات في توصيل الكرات الخمس.
3. **أُطبّق:** أختارُ عددًا من الكرات متشابهةِ اللّون التي تحتوي على ثقب واحد تُمثّل ذرّات الهيدروجين، وأصلُها مع ذرّات الكربون، وأرسم شكل المُركَّب الناتج وأكتبُ صيغته الجُزيئيّة.
4. **أُصمّم** نموذجًا آخر باستخدام (4) كرات تُمثّل ذرّات الكربون؛ ثم أصلُها معًا في سلسلة.
   أمّا الكُرة الخامسةُ فأصلُها مع إحدى كُرَتَي ذرّتي الكربون الموجودة في الوسط، ثم أصلُ كرات الكربون جميعها بكرات الهيدروجين، وأرسم شكل المُركَّب الناتج وأكتبُ صيغته الجُزيئيّة.
5. **أُصمّم** نموذجًا أصلُ به (3) كرات تُمثّل ذرّات الكربون في سلسلة، ثم أصلُ الكرتين المتبقّيتينِ مع ذرة الكربون التي تقعُ في الوسط، وبعد ذلكَ أصلُ الكرات التي تُمثّل ذرّات الكربون جميعها مع الهيدروجين، وأرسم شكل المُركَّب الناتج وأكتبُ صيغته الجُزيئيّة.

التحليل والاستنتاج:

1- **أُقارن** بين الصيغ الجُزيئيّة للمُركّبات الثلاثة السابقة من حيث عدد ذرّات الكربون.

2- **أستنتج** العلاقة بين عدد ذرّات الكربون وعدد ذرّات الهيدروجين.

المُركّبات الهيدروكربونيّة المُشبَعة
Saturated Hydrocarbon Compounds

الدرسُ 1

الفكرة الرئيسة:

تتكـوّن المُركّبـات الهيدروكربونيـة المُشبَعة من الكربون والهيدروجين فقط، وترتبط فيها ذرّات الكربون بأربع روابط أحادية ويُطلَقُ عليها «الألكانات»، وتُسمّى وفقَ نظام التسميـة العالمي IUPAC، ولـها خصـائص كيميائيـة وفيزيائية مُحدّدة.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أتعرّف الألكانات.
- أُسمّي الألكانات وفقَ نظام IUPAC.
- أستنتـج خـصـائـص الألكـانـات واستخداماتها في الحياة العملية.

المفاهيمُ والمصطلحات:

المُركّبات العضوية	Organic Compounds
المُركّبات الهيدروكربونية	Hydrocarbons
المُركّبات الهيدروكربونية المُشبَعة	Saturated Hydrocarbons
المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة	Unsaturated Hydrocarbons
الألكانات	Alkanes
مجموعة الألكيل	Alkyl Group
التصاوُغُ	Isomerism
المتصاوغات البنائية	Structural Isomers
الهلجنة	Halogenation

مقدّمة في الكيمياء العضوية
Introduction in Organic Chemistry

توجد ملايين المُركّبات العضوية من حولنا، منها الصناعي الذي يُحضّر في المختبرات والمصانع، ومنها الطبيعي الذي يوجد في أجسامنا وغذائنا وكثير من الأشياء التي نتعامل بها. أنظرُ الشكل (1) الذي يُمثّل عددًا من الموادّ الغذائيـة التي تحتـوي على مُركّباتٍ عضوية. في بداية القرن التاسع عشر عرَفَ الكيميائيون أنّ الكائنات الحية تُنتِجُ عددًا هائلًا من مُركّبات الكربون، وأشاروا إليها بالمُركّبات العُضويّة؛ لأنها ناتجـةٌ من كائنات حيّـة (عضويـة). وبعد أن قَبِل الكيميائيون نظريـة دالتون فهموا أنّ المُركّبات الكيميائية تتكوّن من ذرّات مرتبطة معًا بنِسَبٍ مُحدّدة، ونظرًا لعدم مقدرتهم على تحضير المُركّبات العضوية آنذاك؛ أخطؤوا بقولهم: «إنّ للكائنات الحيّة قوّة حيويّة تُمكّنها من إنتاج مُركّبات الكربون». وبقيت فكرة القوّة الحيوية سائدةً حتى تمكّن العالم الألماني فريدريك فوهلر من دحضِها عن طريق تحضير المُركّب العضويّ اليوريا (NH_2CONH_2) من مُركّبٍ غير عضوي هو سيانات الأمونيوم (NH_4OCN).

الشكل (1): مواد غذائية تحتوي على مُركّبات عضوية.

يُطلَقُ مصطلح **المُركّبات العضوية** Organic Compounds على المُركّبات التي تتكوّن بشكلٍ رئيسٍ من الكربون باستثناء أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات. ولأهمية المُركّبات العضوية؛ خصّص العلماء مجالًا خاصًّا بها من علم الكيمياء سُمّيَ «الكيمياء العضويّة».

أطلق الكيميائيون على المُركّبات العضوية اسمَ مُركّبات الكربون؛ وذلك بسبب قدرة ذرّة الكربون على تكوينِ أربع روابطَ تساهميّةٍ مع ذرّات الكربون الأخرى أو ذرّات العناصر المختلفة، ومنها الهيدروجين. وهذا يعطي ذرّة الكربون خاصية مميزة تتمثّل في قدرتها على تكوين مُركّبات في صورة سلاسل مُكوَّنة من ذرّتين إلى ملايين الذرّات، أو في صورة حلَقات، لذا؛ قد تكون بسيطة أو مُعقّدةَ التركيب.

صنّف الكيميائيون المُركّبات العضوية إلى نوعين، هما: المُركّبات العضوية الهيدروكربونية، ومشتقات المُركّبات الهيدروكربونية.

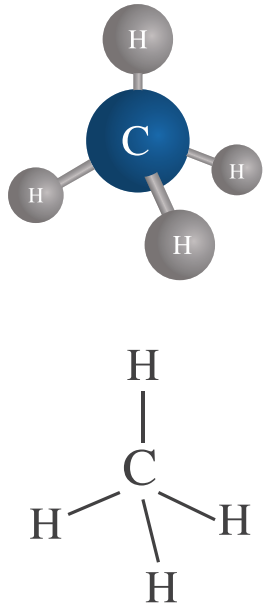
فريدريك فوهلر (1800-1882).

المُركّبات الهيدروكربونية Hydrocarbon Compounds

عندما أركبُ سيارة أو حافلة، أو أطهو الطعام مستخدما طباخ الغازِ فإنّني أستعمل المُركّبات الهيدروكربونية؛ إذ يُعدُّ الجازولين والديزل اللذان يُستعمَلان في تسيير السيارات والحافلات والشاحنات، وكذلكَ الغاز الذي يشتعل عند استخدام غاز الطهو من هذه المُركّبات.

تتكوّن **المُركّبات الهيدروكربونية** Hydrocarbon Compounds من عنصري الكربون والهيدروجين فقط؛ لذا فهي أبسط المُركّبات العضوية.

وقد يُظَنُّ أنّ عدد المُركّبات الهيدروكربونية قليل، ولكن في الحقيقة هناك عدد كبير جدًّا منها، وأبسطها الميثان CH_4 الذي يتكوّن من ذرّة كربون مرتبطة مع أربعِ ذرّات هيدروجين بروابطَ تساهميةٍ أُحاديّة. ويُبيّن الشكل (2) الصيغة البنائيّة للميثان.



الشكل (2): الصيغة البنائية للميثان CH_4.

ترتبط ذرّة الكربون بروابطَ تساهمية أُحاديّة؛ وقد ترتبط برابطة تساهميّة ثنائية أو ثلاثية مع ذرّة كربون أخرى.

صنّف الكيميائيون المُركّبات الهيدروكربونية اعتمادًا على طبيعة الروابط إلى قسمين، هما: المُركّبات الأليفاتية التي تتكوّن من **الهيدروكربونات المُشبَعة Saturated Hydrocarbons**؛ وترتبط ذرّات الكربون فيها بروابطَ تساهمية أُحاديّة فقط، وكذلك من **الهيدروكربونات غير المُشبَعة Unsaturated Hydrocarbons** التي تحوي رابطة تساهميّة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون. أمّا القسم الثاني فهو المُركّبات الأروماتية التي تتميّز بوجود حلقة بنزين أو أكثر، وتُسمّى (العِطريّة)؛ لأنّها ذات روائح مميزة.

الألكانات Alkanes

تُستخدَم عند إشعال لهب بنسن في المختبر أو استخدام ولّاعة مادّة تُسمّى **الألكانات Alkanes**، أنظرُ الشكل (3)، وهي مُركّبات هيدروكربونية تحوي روابطَ تساهمية أحادية فقط. وتترابط ذرّات الكربون في الألكان في سلسلة مفتوحة قد تكون بسيطة مُكوّنة من عدد بسيط من ذرّات الكربون، أو مُعقَّدة تحتوي على المئات من ذرّات الكربون. وقد تترابط ذرّات الكربون في الألكان في سلسلة مغلقة (حلقة).

الربطُ بعلومِ الأرض

يُستخرَج الغاز الطبيعي في الأردن من حقل الريشة، ويُعدُّ الميثانُ أحدَ المُكوّنات الرئيسة لهذا الغاز.

الشكل (3): لهب بنسن، وولاعة الغاز المستخدمة في إشعال غاز الطبخ.

تسمية الألكانات Nomenclature of Alkanes

طُوِّرت في الماضي أنظمة مختلفة لتسمية المُركّبات العضوية، ولكن في وقتنا الحاضر يُعتمَد في تسميتها نظامُ الاتّحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)؛ إذْ تُتّبَع فيه قواعد محددة للتسمية تشمل أنواع المُركّبات العضوية كافة، وذلك لتوحيد أسماء المُركّبات العضوية بين الكيميائيين في العالم؛ ليسهل عليهم دراستها وتبادل المعلومات عنها. ويعتمد هذا أحيانًا قبول بعض الأسماء الشائعة (التي لها أصول تاريخية ولا تعتمد على التركيب) بصفتها بادئات في الأسماء النظامية.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المستمرة

Nomenclature of Continuous Chain Alkanes

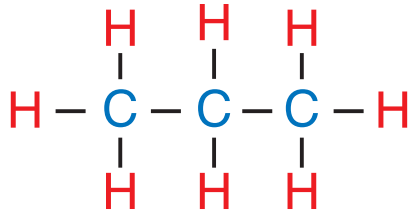
تُسمّى الألكانات من هذا النوع بناءً على أعداد ذرّات الكربون في الألكان، ويتألّف الاسم من مقطعين؛ المقطع الأول بادئة مُشتقّة من كلمات إغريقيّة، والمقطع الثاني مكوّن من حرفي (ان)، ويعني الإشباع، ويشير إلى الألكان. وقد عُرفت الألكانات الأربعة الأولى المُكوّنة من ذرّة كربون واحدة إلى أربع ذرّات كربون قبل نظام التسمية IUPAC؛ لذا اشتقت بادِئتُها من أسماء لمُركّبات كيميائية إغريقيّة، أمّا الألكانات المُكوّنة من خمس ذرّات كربون فأكثر؛ فقد اشتُقّت بادئتُها من كلمات تشير إلى الأعداد الإغريقية. والجدول (1) يتضمّن أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغَها.

الربط بتاريخ العلم

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) شكّله عام 1919م علماء أدركوا أهمية توحيد المعايير في الكيمياء، وهو السلطة العالمية المعنية بالتسميات الكيميائية للمركّبات العضوية وغير العضوية، بما في ذلك تسمية العناصر الجديدة في الجدول الدوري، ويُعِدّ مسارد للمصطلحات واضحة وموحدة خاصة بالمجالات الكيميائية المختلفة. بالإضافة إلى الرموز والوحدات والطرق الموحَّدة للقياس وثوابت كيميائية وفيزيائية عديدة، مثل الكتل الذرية وغيرها، ما يسهم في دقّة البيانات العلمية وموثوقيتها على مستوى العالم. ولدى الأيوباك أنشطة عديدة تشمل نشر الكتب والمجلات الدورية، وغيرها من المعلومات التي تسهّل إجراء البحوث والمؤتمرات العلمية.

الجدول (1): أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغُها الجزيئية والبنائية.

عدد ذرّات الكربون	البادئة	اسم الألكان	الصيغة الجُزيئيّة	الصيغة البنائية
1	ميث	Methane ميثان	CH_4	CH_4
2	إيث	Ethane إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3
3	بروب	Propane بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
4	بيوت	Butane بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
5	بنت	Pentane بنتان	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
6	هكس	Hexane هكسان	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
7	هبت	Heptane هبتان	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
8	أوكت	Octane أوكتان	C_8H_{18}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
9	نون	Nonane نونان	C_9H_{20}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2\ CH_2CH_3$
10	ديك	Decane ديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$



الشكل (4): الصيغة المفصلة للبروبان.

ألاحظُ من الجدول أنّ كلّ ألكان يزيد على الألكان الذي قبله بذرّة كربون واحدة وذرّتي هيدروجين (CH_2)، ما يُمكّنُنا من استنتاج صيغة جُزيئيّة عامّة للألكانات هي (C_nH_{2n+2})، حيث تُمثّل n عدد ذرّات الكربون؛ لذا يمكن كتابة الصيغة الجُزيئيّة لأيّ ألكان بمعرفة عدد ذرّات الكربون أو الهيدروجين فيه، فمثلًا: الألكان الذي يحتوي على 12 ذرّة كربون تكون صيغته الجُزيئيّة $C_{12}H_{26}$.

يكتب الكيميائيون صِيَغَ المُركّبات العضوية، ومنها المُركّبات الهيدروكربونية، بأكثر من صورة بنائيّة؛ منها التي تظهر في الجدول (1) وتُسمّى صيغة بنائيةً مختصرة، ويمكنُ أن تُكتب المُركّبات بصورة صيغة مُفصّلة تظهر الروابط فيها جميعها بين الذرّات، كما في الشكل (4) الذي يُمثّلُ الصيغة المُفصّلة لمُركّب البروبان.

وقد تُكتب المُركّبات بصورة هيكلّية كما في الشكل (5)، حيث تُمثّل بداية السلسلة ونهايتها ذرّة كربون مُتّصلة مع ثلاث ذرّات هيدروجين CH_3، وكلُّ زاوية تُمثّل CH_2.

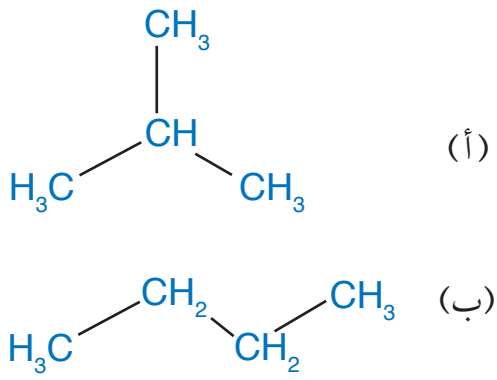
الشكل (5): الصورة الهيكلية للبروبان.

✓ أتحقَّقُ:

1- أكتب الصيغة الجُزيئيّة لألكان يحتوي على 15 ذرّة كربون.

2- أكتب الصيغة الجُزيئيّة لألكان يحتوي على 24 ذرّة هيدروجين.

3- أُسمّي الألكان الآتي:



الشكل (6): صيغ بنائية للصيغة الجزيئية C_4H_{10}.

تسمية الألكانات المُتفرّعة ذات السلاسل

Nomenclature of Branched-Chain Alkanes

تُسمّى الألكانات التي تعرّفتها الألكانات ذات السلاسل المستمرة؛ لأن ذرّات الكربون فيها ترتبط معًا. ولكن، هناك أنواع أخرى من الألكانات تحتوي على تفرّعات مرتبطة بالسلسلة المستمرة كما في الشكل (6/ أ ، ب) الذي يُمثّل صيغًا بنائية للصيغة الجُزيئيّة C_4H_{10}؛ فعند عدِّ ذرّات الكربون والهيدروجين سأكتشف أنّ لكُلٍّ منهما الصيغة الجُزيئيّة نفسَها؛ فهل هما مادّة واحدة أم مادّتان مختلفتان؟

تُمثّل الصيغة في الشكل (6/ ب) البيوتان؛ في حين تُمثّل الصيغة في (6/ أ) ألكانًا مُتفرّعًا، وهي مادة ذات خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة تمامًا عن البيوتان. تُسمّى التفرّعات المتصلة بالسلسلة الأكثر طولًا **مجموعات الألكيل Alkyl Group**؛ لأنّها مشتقّة من الألكانات الأصليّة بحذف ذرّة هيدروجين واحدة، فتكون الصيغة العامة لها (C_nH_{2n+1})، وتُسمّى بتغيير المقطع (ان) من اسم الألكان إلى المقطع (يل)، ويُرمَز إليها بالرمز R، والجدول (2) الآتي يُمثّل أهمّ التفرّعات وتسمياتها.

الجدول (2): أهمّ التفرّعات وتسمياتها.

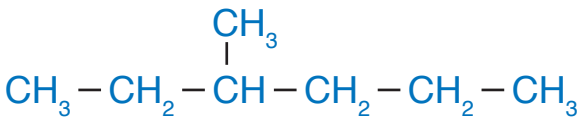
الصيغة البنائية للألكان	اسم الألكان	الصيغة البنائية للتفرّع	الصيغة الجُزيئيّة للتفرّع	اسم التفرّع
CH_4	ميثان	CH_3-	CH_3-	ميثيل methyl
CH_3CH_3	إيثان	CH_3CH_2-	C_2H_5-	إيثيل ethyl
$CH_3CH_2CH_3$	بروبان	$CH_3CH_2CH_2$-	C_3H_7-	بروبيل propyl

تسمّى الألكانات المُتفرّعة باستخدام القواعد الآتية التي وضعها الاتّحادُ الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC، واستخدمها الكيميائيون في تسمية المُركّبات العضوية:

1- تحديد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون وتسميتها باسم الألكان المقابل في الجدول (1).
2- ترقيم ذرّات الكربون في السلسلة الرئيسة بالبدء من طرف السلسلة الأقرب إلى التفرّع ؛ بحيث تعطى هذه التفرُّعات أقلّ الأرقام المُمكنة.
3- تسمية كُلّ تفرّع ووضع الاسم قبل اسم السلسلة الرئيسة.
4- كتابة أرقام التفرُّعات قبل اسم التفرّع؛ بحيث يُفصل بين الرقم والاسم بشرطة (-)، وعندما تكون التفرُّعات متشابهة أستخدم البادئات (ثنائيّ، ثلاثيّ، رباعيّ)، وأفصلُ بين أرقامها بفاصلة (،) وإذا كانت التفرُّعات مختلفة؛ فإنّها تُكتب في الاسم حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية، ولا تُراعى البادئات عند الترتيب الهجائي.
5- كتابة اسم المُركّب كاملًا.

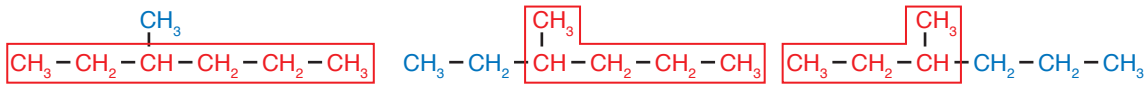
المثال 1

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام التسمية العالمي (IUPAC).



الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة مُستمرّة من ذرّات الكربون، وأُسمّيها.



(1) (2) (3)

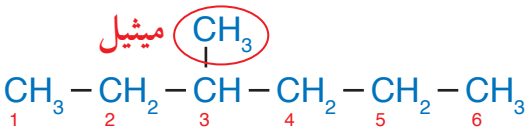
يتّضحُ ممّا سبق أن هناك ثلاث سلاسل، أختار منها السلسلة (1) التي تحتوي على ستّ ذرّات كربون، وتُسمّى هكسان، فهي أطول سلسلة لأنّها تحتوي على أكبر عدد من ذرّات الكربون.

2 - أُرقّم ذرّات الكربون في السلسلة الأطول كما يأتي:

(1) (2)

أختارُ الشكل (1)؛ لأنّهُ يعطي أقلّ الأرقام لمجموعة الميثيل؛ فحسب نظام التسمية العالمي يجب أن يبدأ ترقيم ذرّات الكربون في السلسلة الأكثر طولًا من الطرف الأقرب للتفرُّع؛ لأن رقم مجموعة الميثيل فيه هو 3 وليس 4.

3 - أُسمّي كُلّ تفرّع، وأضع الاسم قبل اسم السلسلة الرئيسة، وبما أنه لا يوجد سوى تفرّع واحد هو الميثيل، أضع اسمه قبل اسم الألكان، فيصبح ميثيل هكسان.

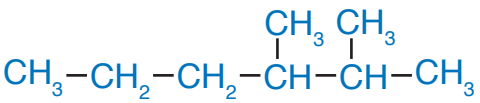


4 - أكتب رقم التفرّع واسمه: 3- ميثيل

5 - أكتب اسم المُركّب كاملًا فيصبح: 3- ميثيل هكسان. ألاحظ أنّ طريقة كتابة اسم المُركّب يمكن أن تكون على الصيغة العامة: رقم التفرّع – اسم التفرّع اسم الألكان.

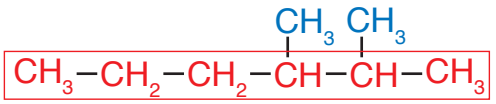
المثال 2

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام التسمية العالمي (IUPAC).

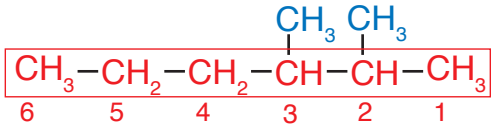


الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون، وأُسمّيها. ألاحظ أنّ السلسلة الأكثر طولًا تحتوي على ستّ ذرّات كربون؛ فيصبح اسمه هكسان.

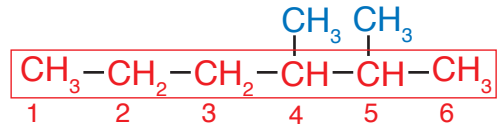


2 - أُرقّم ذرّات الكربون في السلسلة الرئيسة بالبدء من طرف السلسلةِ الذي يُعطي هذه التفرُّعات أقلّ مجموع أرقام مُمكنة، وأختار الشكل (1) وليس (2)؛ لأنّ مجموع أرقام التفرّعات فيه $2 + 3 = 5$ بينما في الشكل (2) $4 + 5 = 9$



1

$2 + 3 = 5$



2

$4 + 5 = 9$

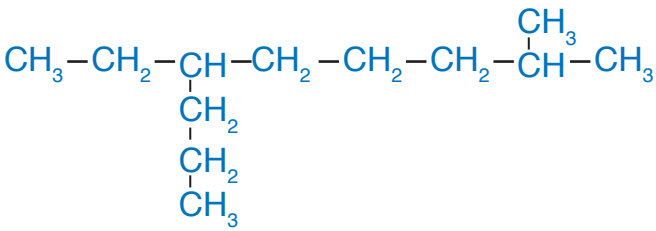
3 - أُسمّي كلّ تفرّع، وأضع الاسم قبل اسم السلسلة الرئيسة، فيصبح الاسم ميثيل هكسان.

4 - أكتب أرقام التفرُّعات قبل اسم التفرّع مع الفصل بين الرقم والاسم بشرطة (-)، وعندما تكون التفرُّعات متشابهة أستخدم البادئات (ثنائيّ، ثلاثيّ، رباعيّ)، وأفصلُ بين أرقامها بفاصلة (،) وإذا كانت التفرُّعات مختلفة؛ فإنّها تكتب في الاسم حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية، وفي هذا المثال توجد مجموعتا ميثيل تقعان على ذرّتي الكربون رقم 2 ورقم 3؛ فأستخدم البادئة (ثنائيّ) قبل ميثيل بدلًا من تكرار كلمة ميثيل، وأضعُ أرقام مجموعتي الميثيل قبل ثنائي، وأفصلُ بين الأرقام بفاصلة(،) وبين الأرقام والاسم بشرطة كما يأتي 2،3- ثنائي ميثيل.

5 - أكتب اسم المُركّب كاملًا، فيصبح الاسم 2،3- ثنائي ميثيل هكسان.

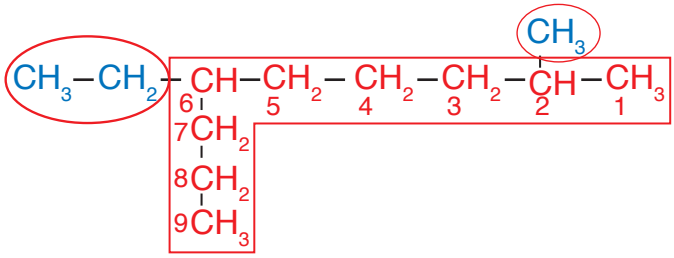
المثال 3

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام التسمية العالمي (IUPAC)



الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون، وأُرقّمها من الجهة الأقرب لأول تفرّع.



2 - أُعطي أرقامًا وأسماء للتفرّعات، حيث يقع التفرّع الأول على ذرّة الكربون رقم 2؛ ويقع التفرّع الثاني على ذرّة الكربون رقم 6، وبما أن التفرّعين غير متشابهين (ميثيل وإيثيل)، واعتمادًا على اللغة الإنجليزية؛ فإنّ إيثيل تسبق ميثيل؛ لذا فإنّ 6- إيثيل تُكتَب في الاسم قبل 2-ميثيل، فيصبح على النحو الآتي: 6- إيثيل -2- ميثيل.

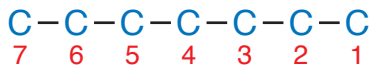
3 - أكتب في نهاية الألكان الاسم الذي يُمثّل السلسلة الأكثر طولًا، وهو نونان، فيصبح اسم هذا المُركّب: 6- إيثيل -2- ميثيل نونان.

المثال 4

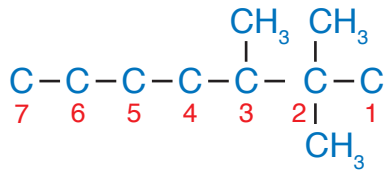
أكتبُ الصيغة البنائية للمُركّب 3،2،2- ثلاثيّ ميثيل هبتان

الحلُّ

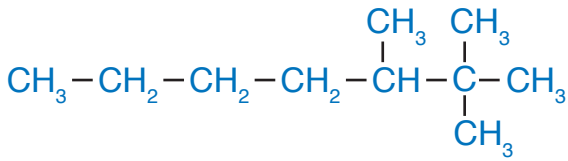
1 - أرسم سلسلةً مستمرّةً من ذرّات الكربون مُكوّنـةً من 7 ذرّات كربـون تُمثّـل اسـم الألكان، وأُرقّمها كما في الشكل الآتي:



2 -أضعُ مجموعَتي ميثيل على ذرّة الكربون رقم 2 والمجموعة الثالثة على ذرّة الكربون رقم 3 كما في الشكل:

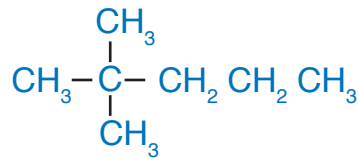


3 - أضيفُ ذرّات الهيدروجين إلى ذرّات الكربون، بحيث تُكوّن كلّ ذرّة كربون أربع روابطَ مع ذرّات الهيدروجين؛ فيصبح الشكل النهائي كالآتي:

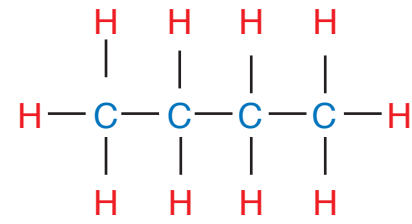


أتحقّقُ:

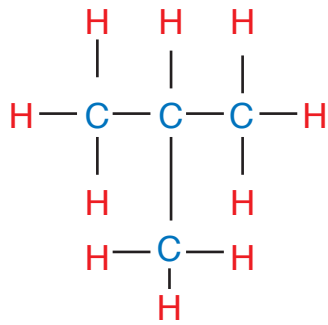
1- أسمّي المُركّب الآتي:



2- أرسم الصيغة البنائية للمُركّب: 3- إيثيل هبتان.



الشكل (7 / أ): بيوتان



الشكل (7 / ب): 2- ميثيل بروبان

المتصاوغاتُ Isomers

هناك مُركّبات عضوية عدّةٌ تشترك في صيغتها الجُزيئيّة؛ ولكنّها تختلف في صيغتها البنائيّة ولها خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة، ويُطلَقُ على وجود صيغ بنائية مختلفة للصيغة الجُزيئيّة نفسها **التصاوغ Isomerism**، وتُسمّى الصيغ البنائيّة الناتجة متصاوغات Isomers.

المتصاوغات البنائية Structural Isomers

عند اختلاف ترتيب ذرّات الكربون في الألكانات عن السلسلة المستمرة، تنتج مُركّبات مختلفة في صيغها البنائية؛ ولكنها تشترك في الصيغة الجُزيئيّة، تُسمّى **متصاوغات بنائية Structural Isomers.** فمثلًا: يمكن ترتيب ذرّات الكربون في الصيغة الجُزيئيّة C_4H_{10} بطريقتين مختلفتين كما في الشكلين (7/ أ ، 7/ ب)السابقين.

يتّضحُ ممّا سبق أنه يمكن أن تترتب ذرّات الكربون في سلسلة مستمرة من أربع ذرّات كربون كما في الشكل (7/ أ)، أو في سلسلة مستمرة من ثلاث ذرّات، وترتبط ذرّة الكربون الرابعة بذرّة الكربون الثانية في السلسلة كما في الشكل (7/ ب)، ويُسمى ميثيل بروبان. وللمتصاوغات البنائية خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة، ويزداد عددها بزيادة عدد ذرّات الكربون في المُركّب العضوي.

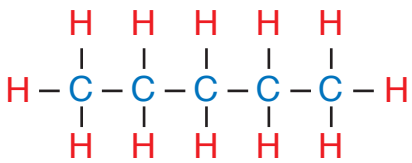
المثال 5

أرسمُ متصاوغات الصيغة الجُزيئيّة C_5H_{12} وأسمّي كُلًّا منها.

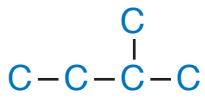
الحلُّ:

1 - أرسم خمس ذرّات كربون في سلسلة مستمرة C – C – C – C – C

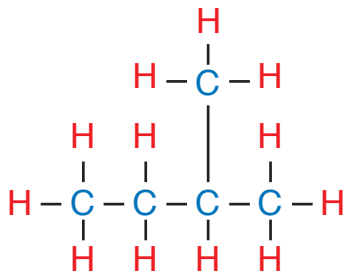
2 - أوزّع ذرّات الهيدروجين على ذرّات الكربون؛ بحيث تكوّن كلّ ذرّة كربون أربع روابطَ تساهميّة أُحاديّة كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم بنتان.



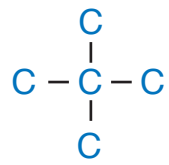
3 - أرسم أربع ذرّات كربون في سلسلة مستمرة، وأربط ذرّة الكربون الخامسة على إحدى ذرّتي الكربون في داخل المُركّب، وليس على الأطراف، كما في الشكل المجاور.



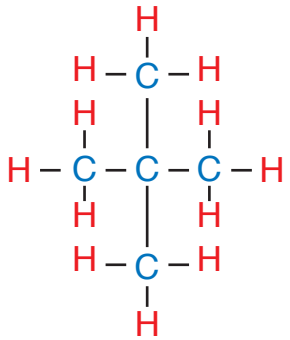
4 - أوزّع ذرّات الهيدروجين على ذرّات الكربون؛ بحيث تُكوِّن كلّ ذرّة كربون أربع روابط تساهميّة أُحاديّة كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم 2- ميثيل بيوتان.



5 - أرسم ثلاث ذرّات كربون في سلسلة مستمرة، وأربط ذرّتي الكربون المتبقّيتين مع ذرّة الكربون الثانية في السلسلة كما في الشكل المجاور.



6 - أوزّع ذرّات الهيدروجين على ذرّات الكربون؛ بحيث تكوّن كلّ ذرّة كربون أربع روابطَ تساهميّة أُحاديّة كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم 2،2- ثنائي ميثيل بروبان (ويمكن اختصار الاسم في هذه الحالة إلى: ثنائي ميثيل بروبان؛ لأنّ التفرّع سيكون على ذرّة الكربون الثانية).



✓ **أتحقَّقُ:** أرسم المتصاوغات البنائية للهكسان C_6H_{14} وأُسمّيها.

التجربة 1

تحضير غاز الميثان في المختبر

الموادّ والأدوات:

إيثانوات الصوديوم اللامائية الجافة CH_3COONa، هيدروكسيد الصوديوم NaOH الصلب، أكسيد الكالسيوم CaO، سدادة مطاطية مثقوبة من المنتصف، أنبوب اختبار، أنبوب زجاجي، لهب بنسن، حامل فلزّي، ميزان، ملعقة، ورق نشاف، ماء، كأس زجاجية طويلة ، حوض زجاجي.

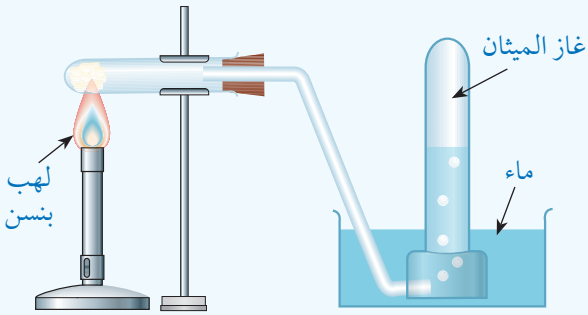
إرشادات السلامة:

- اتّباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والنظارات الواقية والقُفّازات.
- الحذر عند استخدام غاز الميثان لأنه سريع الاشتعال.

خطوات العمل:

1- **أقيس:** أضع ورقة نشاف على الميزان؛ ثم أزن 10 g من إيثانوات الصوديوم اللامائية الجافّة، وأضع هذه الكمية في أنبوب الاختبار.

2- **أُطبّق:** أُكرّر العملية نفسها لقياس 10 g من هيدروكسيد الصوديوم الصلب، و 10 g من أكسيد الكالسيوم، وأضيفهما إلى إيثانوات الصوديوم في الأنبوب.



3- أُركّب الجهاز المُوضّح في الشكل، بحيث يكون طرف الأنبوب الزجاجي مغمورًا في الماء تحت الكأس الزجاجية الطويلة المملوءة إلى ثلثيها بالماء.

4- **ألاحظ:** أُشعل لهب بنسن تحت أنبوب الاختبار كما في الشكل مع تحريك اللّهب على طول أنبوب الاختبار؛ لتوزيع الحرارة على جميع الخليط، وألاحظُ ظهور فقاعات غازية في الكأس الزجاجية، وأُسجّل ملاحظاتي.

5- **ألاحظ** تغيُّر مستوى الماء داخل الكأس الزجاجية الطويلة، وأُسجّل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1- **أُفسّر** تغيُّر مستوى الماء في الكأس الزجاجية الطويلة.

2- **أتوقّع** نوع الغاز الناتج من التفاعُل.

الجدول (3): الخصائص الفيزيائية لبعض الألكانات.

الألكان	الصيغة الجُزيئيّة	درجة الغليان	الحالة الفيزيائية
ميثان	CH_4	-162	غاز
إيثان	C_2H_6	-88	غاز
بروبان	C_3H_8	-42	غاز
بيوتان	C_4H_{10}	-0.5	غاز
بنتان	C_5H_{12}	36	سائل
ديكان	$C_{10}H_{22}$	174.1	سائل

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكانات
Physical and Chemical Properties of Alkanes

الخصائص الفيزيائية Physical Properties

تتميّز الألكانات بأنها مُركّبات غير قطبيـة تتجـاذب جزيئاتُها بقوى لندن؛ لذلك لا تذوب الألكانات في الماء، وإنّما تذوب في بعضها بعضًا وفي المُركّبات غير القطبية الأُخرى.

يبيـن الجدول (3) الخصائـص الفيزيائية لبعـض الألكانات، حيث تكـون الألكانـات الأربعـة الأولـى غازيةً؛ فـي حين تصبح سـائلة من البنتـان إلى الألكان الـذي يحتوي على 16 ذرّة كربـون، وتصبح صلبة فـي الألكانـات التـي تحتوي علـى أكثر مـن 16 ذرّة كربـون، ويلاحَظ أن درجـة الغليـان تزداد بزيـادة عـدد ذرات الكربون أي بزيـادة الكتلة المولية للألـكان؛ وذلك بسـبب زيادة قـوى لندن.

✓ **أتحقّق:** درجة غليان البيوتان أعلى من درجة غليان البروبان أفسّر ذلك.

الربطُ بالحياة

تُستخدَم الألكانات التي تحتوي على 17 ذرّة كربون أو أكثر موادّ تشحيم ومضادات للتآكل؛ فلا يستطيع الماء الوصول إلى سطح الفلزّ نظرًا لكثافتها ولزوجتها، فهي مثاليةٌ لهذا الاستخدام، وتُستخدَم الألكانات التي تحتوي على سلاسل كربون تحتوي على 20 إلى 40 ذرّة كربون في صناعة شمع البرافين.

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

تتميّز الألكانات بأنها مستقرة كيميائيًّا نسبيًّا، ويعود ذلك إلى قوة الروابطِ الأُحادية بين ذرّات الكربون في ما بينها وبين ذرّات الكربون والهيدروجين، ويحتاج كسر هذه الروابط إلى طاقة كبيرة. ومن أهمّ تفاعُلات الألكانات:

الاحتراق Combustion

تحترق الألكانات بوجود كمية كافية من الأُكسجين، وينتجُ من هذه العملية غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وكميّة كبيرة من الطاقة، كما في المعادلتين الآتيتين:

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

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

الهلجنة Halogenation

تتفاعل الألكانات مع الهالوجينات بوجود الضوء؛ حيث تحلُّ فيه ذرّة هالوجين أو أكثر محلّ ذرّة هيدروجين أو أكثر، ويُسمّى تفاعُلَ **الهلجنة Halogenation**، وينتجُ من هذا التفاعل أحد مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية، وهي هاليدات الألكيل، كما في المعادلتين الآتيتين:

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \xrightarrow{\text{الضوء}} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

$$C_2H_{6(l)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{\text{الضوء}} C_2H_5Br_{(l)} + HBr_{(l)}$$

أتحقّق:

1- أكتب معادلة موزونة لاحتراق البنتان مع الأكسجين.

2- أكتب معادلة تفاعل الكلور مع الإيثان بوجود الضوء.

أستخدم برنامج Movie Maker وأُعدُّ فيلمًا يُمثّل أنواع المُركّبات الهيدروكربونية، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

أبحثُ: تُستخدم الألكانات بشكلٍ رئيس وقودًا في السيارات، أرجعُ إلى مواقعَ إلكترونيّة مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ عن سبب تسمية الألكان المستخدم كوقود في السيارات أوكتان 90 وأوكتان 95، وأكتبُ تقريرًا أو أُصمّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، وأناقشُهُ معَ زملائي/ زميلاتي في الصف.

الربطُ بالصناعة

التطبيقات الاقتصادية للألكانات

تُستخدَم الألكانات للحصول على الكربون الأسود، وذلك عن طريق التكسير الحراري، إذ يُنتَج الكربون الأسود عن طريق تسخين الميثان إلى 1000 °C في حالة غياب الهواء. ويُستخدَم الكربون الأسود في صناعة إطارات السيارات، والطلاء الأسود، والتلميع، وحبر الطباعة.

مراجعة الدرس

1 - **الفكرة الرئيسة:** **أُفسّر** سبب تسمية الألكانات مُركّبات هيدروكربونية مُشبَعة.

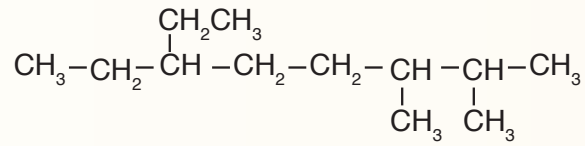
2 - أوضّح المقصود بكلّ ممّا يأتي:

- المُركّبات الهيدروكربونية
- التصاوغ

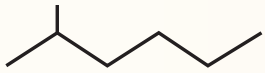
3 - **أطبق:** أرسم صيغة بنائية للمُركّب 2 ، 2- ثنائي ميثيل هكسان.

4 - **أطبق:** أُسمّي المُركّبات الآتية وفقَ نظام التسمية العالمي IUPAC:

أ .



ب.



5 - **أطبق:** أرسم المتصاوغات البنائيّة للهبتان C_7H_{16}، وأُسمّي كلًّا منها.

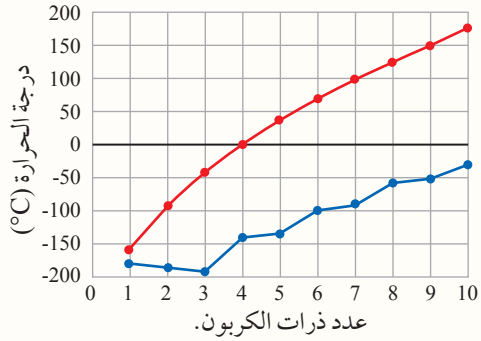
6 - أُكملُ المعادلتين الآتيتين، وأُوازنهما:

$$C_9H_{20(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$CH_{4(g)} + Br_{2(l)} \xrightarrow{\text{الضوء}}$$

7 - **أطرح سؤالًا** تكون إجابته: المتصاوغات البنائية لألكان ما تختلف في ترتيب ذرات الكربون في جزيئاتها ما يؤدي إلى اختلاف الشكل الفراغي للجزيء الذي يؤثر في قوى لندن الرابطة بين جزيئات كل متصاوغ.

8 - يوضّح الشكل الآتي تغيّر درجات الانصهار والغليان لعدد من الألكانات ذات السلاسل المستقيمة. أدرس الشكل جيدًا، ثم أجيب عما يأتي:



أ . **أستنتج** الحالة الفيزيائية للألكانات المكوّنة من (4 و6 ذرّات كربون) عند درجة حرارة 25°C.

ب. **أفسّر** تزايد درجة غليان الألكان بزيادة عدد ذرّات الكربون فيه.

حـ. **أتوقّع** درجة غليان الألكان ذي السلسلة المستقيمة الذي يحوي 11 ذرّة كربون.

الفكرة الرئيسة:

تتكوّن المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة من الكربون والهيدروجين، وترتبط فيها ذرّات الكربون برابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرّتي كربون متجاورتين. وتُعَدّ المُركّبات الأروماتية مُركّبات هيدروكربونية غير مُشبَعة تتكوّن من حلقة بنزين واحدة أو أكثر.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف الألكينات والألكاينات وأسمّيها.
- أُميّز الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكينات والألكاينات.
- أتعرّف المُركّبات الأروماتية (العطرية) وخصائصها.

المفاهيم والمصطلحات:

المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة Unsaturated Hydrocarbons

ألكين Alkene

ألكاين Alkyne

المُركّبات الأروماتية Aromatic Compounds

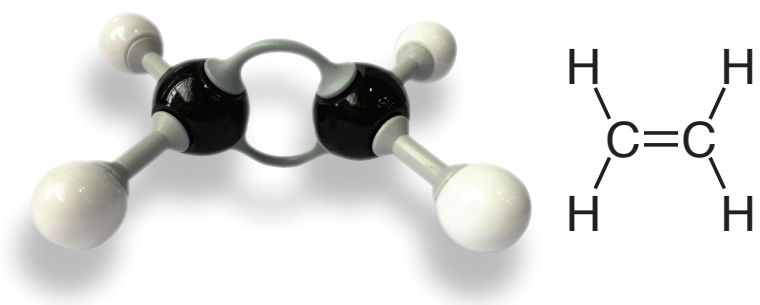
المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة
Unsaturated Hydrocarbons

تحتوي كثير من المُركّبات الهيدروكربونية على رابطة ثنائية أو رابطة ثلاثية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون متجاورتين تُسمّى **المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة Unsaturated Hydrocarbons**، وتُعرَّف بأنها المركبات التي تحتوي على رابطة واحدة أو أكثر من الروابط الثنائية أو الثلاثية. وسوف أتعرّفُ في هذا الدرس أنواع هذه المُركّبات وخصائصها.

الألكينات Alkenes

تتميّز **الألكينات Alkenes** باحتوائها على رابطة تساهمية ثنائية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون متجاورتين؛ إحداهما رابطة σ والأُخرى π، وبسبب وجود هذه الرابطة الثنائية؛ فإنّ عدد ذرّات الهيدروجين سيقلُّ بمقدار ذرّتين عن الألكان المقابل لها في السلسلة المفتوحة، وتكون الصيغة العامة لها C_nH_{2n}. يُعدُّ الإيثين C_2H_4 أصغرَ الألكينات، وترتبط فيه ذرّتا الكربون برابطة ثنائية، وترتبط كلّ ذرّة بذرّتي هيدروجين كما في الشكل (8).

$$CH_2 = CH_2$$



الشكل (8): جزيء الإيثين.

تسمية الألكينات Nomenclature of Alkenes

تُسمّى الألكينات وفقَ نظام التسمية العالمي IUPAC، بطريقة مشابهة لتسمية الألكانات وفق الخطوات الآتية:

1 - تحديد السلسلة المستمرة الأطول التي تحتوي على الرابطة الثنائية.

2 - ترقيم هذه السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثنائية.

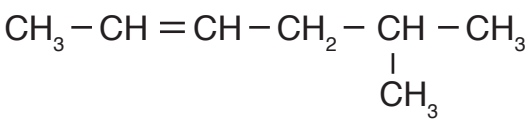
3 - تسمية السلسلة الأطول باسم الألكان المقابل، مع استبدال المقطع (ين) بالمقطع (ان) بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقلّ في الرابطة الثنائية.

4 - ترقيم مجموعات الألكيل المتفرّعة، وتسميتها بطريقة الألكانات نفسِها.

5 - كتابة اسم المُركّب كاملًا.

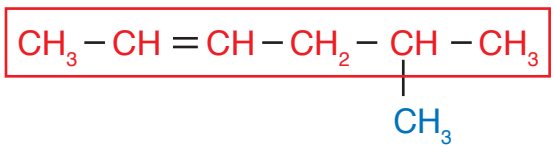
المثال 6

أُسمّي الألكين المجاور.

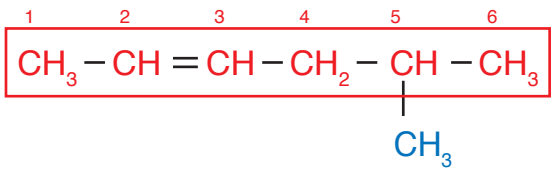


الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون تحتوي على الرابطة الثنائية.



2 - أُرقّم هذه السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثنائية.



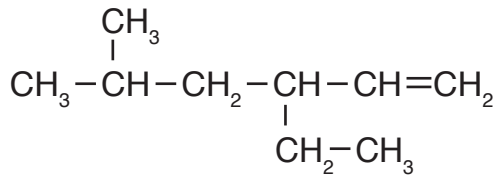
3 - أُسمّي السلسلة الأطول باسم الألكان المقابلِ، مع استبدال المقطع (ين) بالمقطع (ان)، بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقلّ في الرابطة الثنائية فيُصبح الاسم 2- هكسين.

4 - أُرقّم مجموعات الألكيل المتفرّعة، وأُسمّيها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات؛ وذلك بوضع اسم التفرّعات وأرقامها قبل اسم الألكين. في هذا المثال توجد مجموعة ميثيل تقع على ذرّة الكربون رقم 5 فيصبح الاسم: 5- ميثيل.

5 - أكتب اسم المُركّب كاملًا، فيصبح الاسم النهائي للمُركّب: 5- ميثيل -2- هكسين.

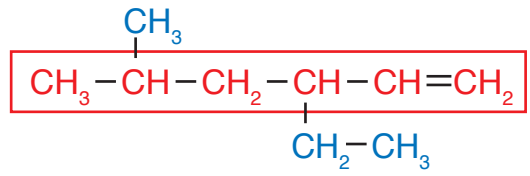
المثال 7

أُسمّي الألكين المجاور.

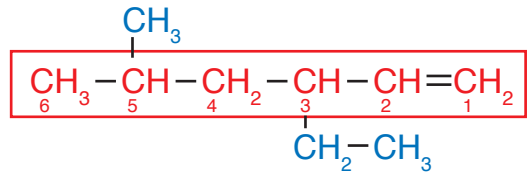


الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة مستمرّة من ذرّات الكربون تحتوي على الرابطة الثنائية:



2 أُرقّم هذه السلسلة من الطرف الأقرب للرابطة الثنائية:



3 - أُسمّي السلسلة الأكثر طولًا باسم الألكان المقابل مع استبدال المقطع (ين) بالمقطع (ان)، بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقلّ في الرابطة الثنائية فيصبح 1- هكسين.

4 - أُرقّم مجموعات الألكيل المتفرّعة، وأُسمّيها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات؛ وذلك بوضع اسم التفرّعات وأرقامها قبل اسم الألكين.

في هذا المثال نبدأُ بالإيثيل؛ لأنها تسبق أبجديًّا حسب اللغة الإنجليزية، ومن ثم الميثيل، فتصبح: 3- إيثيل - 5 - ميثيل.

5 - أكتبُ اسم المُركّب كاملًا؛ فيصبح اسم الألكين: 3- إيثيل - 5 - ميثيل - 1 - هكسين.

المثال 8

أرسمُ الصيغة البنائية للمُركّب 3- ميثيل -1- هكسين.

الحلُّ:

1 - أرسم السلسلة المستمرّة التي تُمثّل الهكسين المحتوي على 6 ذرّات كربون، وأُرقّمها بحيث تكون الرابطة الثنائية على ذرّة الكربون رقم (1).

$$\overset{6}{C}-\overset{5}{C}-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}-\overset{2}{C}=\overset{1}{C}$$

2 - أضع مجموعة الميثيل على ذرّة الكربون رقم (3).

$$\overset{6}{C}-\overset{5}{C}-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}(-CH_3)-\overset{2}{C}=\overset{1}{C}$$

3 - أضيفُ ذرّات الهيدروجين على ذرّات الكربون، بحيث تُكوّن كلّ ذرّة كربون 4 روابط؛ فيصبح الشكل النهائي:

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH=CH_2$$

✓ أتحقّق:

1- أُسمّي المُركّب العضوي الآتي وفقَ نظام التسمية العالمي IUPAC:

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_2-CH=CH_2$$

2- أرسم الصيغة البنائية للمُركّب: 5 ، 5- ثنائي ميثيل -3- هبتين

الجدول (4): بعض الألكينات وخصائصها الفيزيائية.

الألكين	الصيغة البنائية	درجة الغليان	الحالة الفيزيائية
إيثين	$CH_2 = CH_2$	-104	غاز
بروبين	$CH_3CH = CH_2$	-47	غاز
1- بيوتين	$CH_3CH_2CH = CH_2$	-6	غاز
1- بنتين	$CH_3CH_2CH_2CH = CH_2$	30	سائل
1- ديكين	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH = CH_2$	171	سائل

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكينات
Physical and Chemical Properties of Alkenes

الخصائص الفيزيائية Physical Properties

تتشابه الألكينات في خصائصها الفيزيائية مع الألكانات؛ فهي مواد غير قطبية لا تذوب في الماء، ولها درجات غليان منخفضة، ويُبيّن الجدول (4) بعض الألكينات وخصائصها الفيزيائية.

يتّضحُ من الجدول أنّ درجة غليان الألكين تزداد بزيادة عدد ذرّات الكربون أي بزيادة الكتلة المولية للمُركّب، وأن الحالة الفيزيائية للألكينات الثلاثة الأولى غازيّةٌ، ثم تصبح سائلة للألكينات التي بعدها إلى الألكين الذي يحتوي على 15 ذرّة كربون، ثم تصبح صلبة في الألكينات التي تحتوي على أكثر من 15 ذرّة كربون.

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

تتميّز الألكينات بأنها أنشط كيميائيًّا من الألكانات؛ لوجود الرابطة الثنائية التي تحتوي على رابطة باي π الضعيفة؛ إذ يسهُل كسرها، فهي تشكّل مركز النشاط الكيميائي للمُركّب، الذي يُحدّد الخصائص الكيميائية، وسأتعرّفُ في ما يأتي بعضًا منها.

تفاعل الاحتراق Combustion Reaction

تتفاعل الألكينات مع كمية كافية من الأكسجين، وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وكمية من الطاقة الحرارية، كما في المعادلة الآتية:

$$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + Heat$$

أكسدة الألكينات Oxidation of Alkenes

تتأكسد الألكينات باستخدام محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$

البارد ذي اللون البنفسجي، فتنكسر الرابطة الثنائية وينتج مُركّب عضوي عديم اللون يحتوي على مجموعتي هيدروكسيل OH، ويتكون راسبٌ بُنّيٌّ مُحمرّ من أكسيد المنغنيز MnO_2 (IV)، كما في المعادلة الآتية:

$$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3CH_2OHCH_2OH + 2KOH + 2MnO_2$$

بنفسجي — بُنّي مُحمَرٌّ

يُستخدَم هذا التفاعل في التمييز بين الألكينات والألكانات؛ فعند تفاعُل الألكين مع محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ يختفي لون المحلول البنفسجي، ويتكون الراسب البُنّيّ المُحمرّ لأكسيد المنغنيز MnO_2 (IV)، في حين لا يتفاعل الألكان مع المحلول، ويبقى اللون البنفسجي ولا يتكوّن الراسب البُنّيّ المُحمرّ.

التجربة 2

أكسدة الألكينات باستخدام بيرمنغنات البوتاسيوم

الموادّ والأدوات:

هكسان، 2- هكسين، أنبوب اختبار عدد (2)، ماصّة، قطارة، محلول بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ (تركيزه 0.5 %)، محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيزه (0.1 M).

إرشادات السلامة:

- اتّباع إرشادات الأمن والسلامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والقفازات والنظارات الواقية.
- الحذر من ملامسة محلول البيرمنغنات اليدين أو الثياب، وفي حالة حدوث ذلك المسارعة إلى غسل اليدين بالماء.

خطوات العمل:

1- **أقيس** باستخدام الماصّة 1 mL من الماء المُقطَّر وأضعُها في أنبوب الاختبار وأُرقّمه (1).

2- أضيفُ 5-7 نقاط من الهكسان باستخدام القطارة إلى الماء في الأنبوب رقم (1).

3- **أُلاحظ:** أُضيف 5 قطرات من كل من محلول بيرمنغنات البوتاسيوم ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم إلى الأنبوب (1)، وأستمرّ في الرجّ مدة 1 min، وأسجّل ملاحظاتي.

4- **أُطبّق:** أُكرّر الخطوات السابقة (1-3) باستخدام 2- هكسين في الأنبوب الثاني وأُرقّمه (2)، وأسجّل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج

1- أحدّد الأنبوب الذي يتكوّن فيه الراسب البنّيّ المُحمرّ.

2- **أُفسّر** اختفاء اللون البنفسجي وتكوين الراسب البنّيّ المُحمرّ.

تفاعلات الإضافة Addition Reactions

تحدث تفاعُلات الإضافة عندما ترتبط ذرّات أخرى مع ذرّتي الكربون المُكوّنة للرابطة الثنائية في الألكين، وينتج من ذلك مُركّب مُشبَع، حيث تُكسر الرابطة π في الألكين ويحلّ محلّها رابطتان من النوع سيجما، فمثلًا: عند إضافة الهيدروجين H_2 إلى الإيثين، تضاف ذرّتا هيدروجين إلى ذرّتي كربون الرابطة الثنائية لينتج الإيثان، وتحدث هذه العملية بوجود أحد العوامل المساعدة مثل: النيكل Ni، أو البلاتين Pt، كما في المعادلة الآتية:

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_3$$

✓ **أتحقّق:** أكتب معادلة تفاعُل البروبين مع الهيدروجين بوجود النيكل بوصفه عاملًا مساعدًا، وأُسمّي المُركّب الناتج.

الألكاينات Alkynes

تتميّز **الألكاينات Alkynes** باحتوائها على رابطة ثلاثية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون متجاورتين، ولها الصيغة العامة C_nH_{2n-2}، وينتهي اسمها بالمقطع (اين). يُعدُّ الإيثاين أصغر الألكاينات، وله الصيغة الجُزيئيّة C_2H_2، والصيغة البنائية $HC \equiv CH$، ويُعرف أيضًا باسم الاسيتيلين بصفته اسمًا شائعًا، ويُستخدَم في قصِّ الفلزّات ولحامِها. أنظر الشكل (9)، وتُستخدَم الألكاينات بوصفها مُذيبات عضويّة للمواد الكيميائية العضوية الأخرى.

الشكل (9): لحام الفلزات.

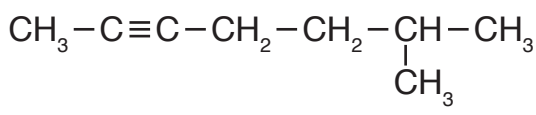
تسمية الألكاينات Nomenclature of Alkynes

تُسمّى الألكاينات بالطريقة نفسها لتسمية الألكينات، ويُشتقُّ اسمها من الألكانات المقابلة باستبدال المقطع (اين) بالمقطع (ان) في سلسلة الألكان المقابلة وفق الخطوات الآتية:

1- تحديد السلسلة المستمرة الأكثر طولًا التي تحتوي على الرابطة الثلاثية.
2- ترقيم السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية.
3- تسمية السلسلة الأكثر طولًا باسم الألكان المقابل مع استبدال المقطع (اين) بالمقطع (ان)، بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقلّ في الرابطة الثلاثية.
4- ترقيم مجموعات الألكيل المتفرّعة، وتسميتها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات.
5- كتابة اسم المُركّب كاملًا.

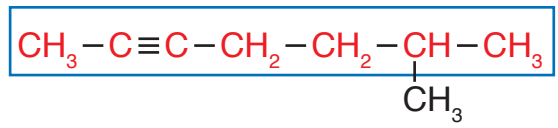
المثال 9

أُسمّي المُركّب المجاور.

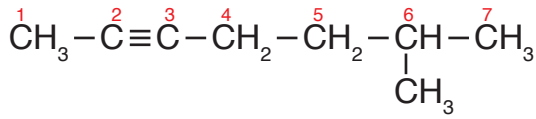


الحلُّ:

1 - أحدّد السلسلة المستمرة الأطول التي تحتوي على الرابطة الثلاثية.



2 - أُرقّم هذه السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية كما في الشكل:



3 - أُسمّي السلسلة الأطول باسم الألكان المقابل مع استبدال المقطع (اين) بالمقطع (ان)، بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقلّ في الرابطة الثلاثية؛ فيصبح اسم الألكاين: هبتاين.

4 - أُرقّم مجموعات الألكيل المتفرّعة، وأُسمّيها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات، وألاحظ وجود مجموعة ميثيل تقع على ذرّة الكربون السادسة؛ فيصبح اسمها: 6- ميثيل.

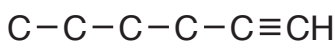
5 - أكتب اسم المُركّب كاملًا، فيصبح: 6- ميثيل -2- هبتاين.

المثال 10

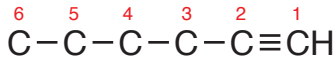
أرسم الصيغة البنائية للألكاين 4- إيثيل -1- هكساين

الحلُّ:

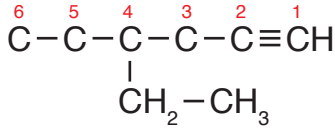
1 - أرسم 6 ذرّات كربون تُمثّل الهكساين، وأضع الرابطة الثلاثية على الذرّة الأولى.



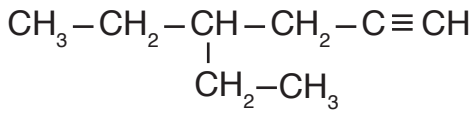
2 - أُرقّم السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية.



3 - أضع مجموعة الإيثيل -CH_3CH_2 على ذرّة الكربون رقم 4؛ فيصبح الشكل البنائي:

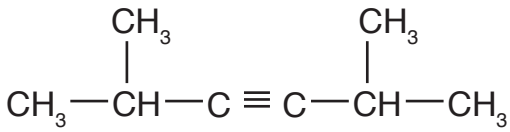


4 - أضع ذرّات الهيدروجين على السلسلة؛ بحيث تصبح كلّ ذرّة كربون مرتبطة بأربع روابط كما في الشكل المجاور:



أتحقّق:

1- أُسمّي المُركّب الآتي:



2- أرسم الصيغة البنائية للمُركّب 3، 3- ثنائي ميثيل -1- بنتاين.

الجدول (5): بعض الألكاينات وخصائصها الفيزيائية.

اسم الألكاين	الصيغة البنائية	درجة الغليان	الحالة الفيزيائية
إيثاين	$HC\equiv CH$	-84	غاز
بروباين	$CH_3C\equiv CH$	-23	غاز
1- بيوتاين	$CH_3CH_2C\equiv CH$	8	غاز
1- بنتاين	$CH_3CH_2CH_2C\equiv CH$	40	سائل

أستنتج العلاقة بين الكتلة المولية للألكاين ودرجة غليانه.

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكاينات
Physical and Chemical Properties of Alkynes

الخصائص الفيزيائية Physical Properties

تتشابه الألكاينات في خصائصها الفيزيائية مع بقية المُركّبات الهيدروكربونية؛ فهي غير قُطبيّة ولا تذوب في الماء، وتوجد في الحالات الفيزيائية الثلاث، ويبين الجدول رقم (5) بعض الألكاينات وخصائصها الفيزيائية.

أفكّر: ما الفرق بين تفاعل إضافة الهيدروجين إلى كلّ من الألكين والألكاين؟

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

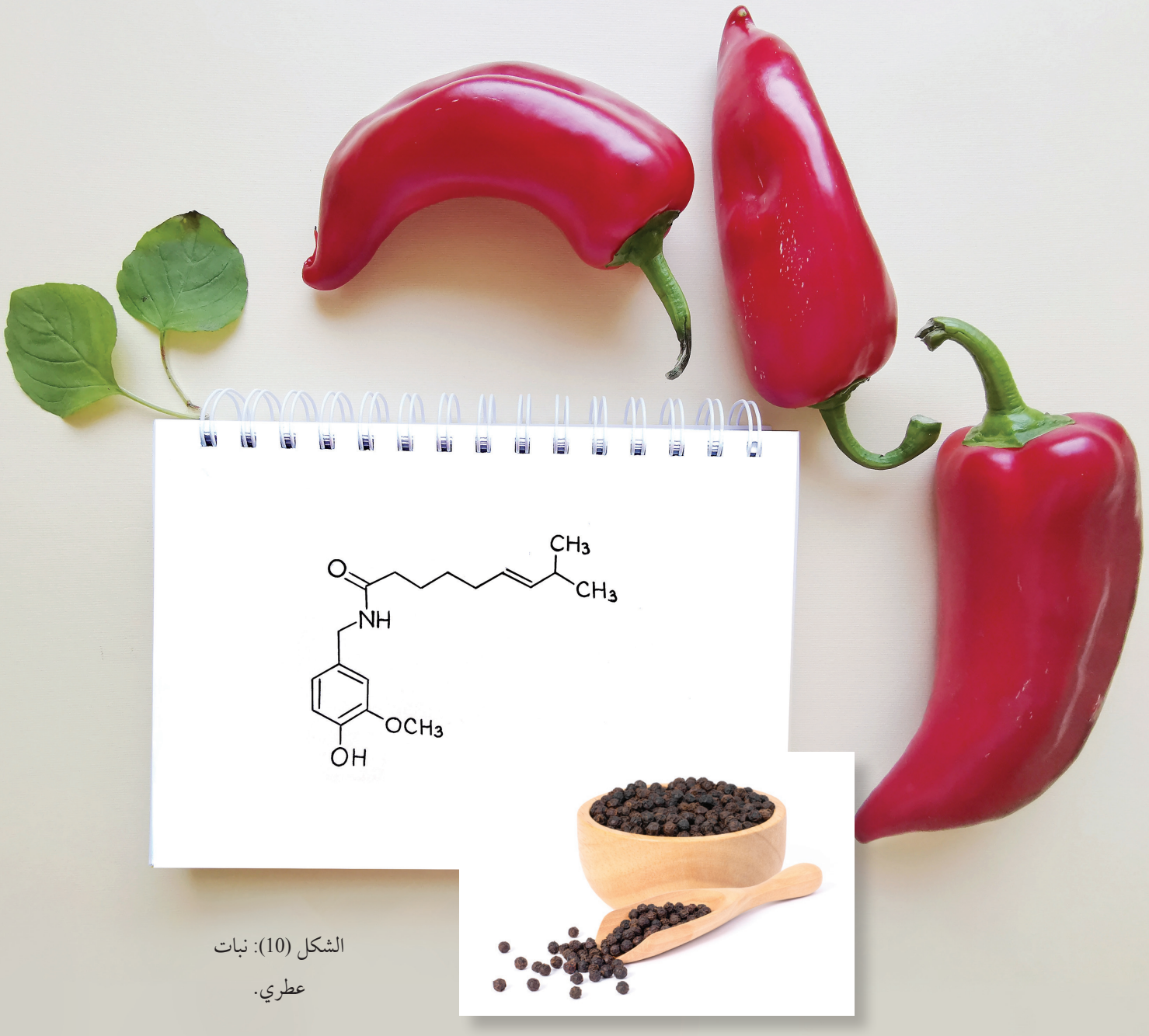
يحتوي الألكاين على رابطتي π الضعيفة سهلة الكسر التي تُشكّل مركزًا للنشاط الكيميائي فيه، ومن تفاعُلات الألكاينات: تفاعُل الاحتراق بوجود كمية وفيرة من الأكسجين، وينتج منه غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وكمية من الطاقة، ومثاله: تفاعُل احتراق الإسيتيلين الآتي:

$$2C_2H_2 + 5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O + Heat$$

تشبه تفاعلات الألكاينات تفاعلات الألكينات، فمثلًا: يتفاعل الإيثاين مع غاز الهيدروجين مُكوّنًا الإيثان وفق المعادلة الآتية:

$$HC\equiv CH + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_3$$

أتحقّق: أكتب معادلة تفاعُل البروباين مع الهيدروجين بوجود النيكل عاملًا مساعدًا، وأُسمّي المُركّب الناتج.



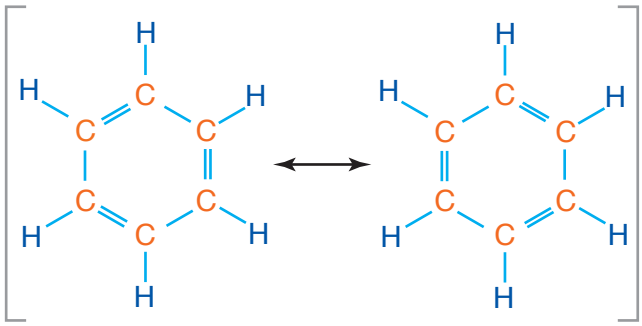
الشكل (10): نبات عطري.

المُركّبات الأروماتية (مُركّبات البنزين)

Aromatic Compounds (Benzen)

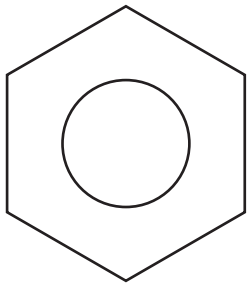
يُطلَقُ على المُركّبات الهيدروكربونية المكونة من حلقة بنزين (أو أكثر) **المُركّبات الأروماتية Aromatic Compounds**، أو العطرية، وهي ذات روائح مميزة، والشكل (10) يبيّن نباتًا عطريًّا.

يُعدُّ البنزين أشهر المُركّبات الأروماتية، وقد استخلصه العالم البريطاني مايكل فارادي عام 1825م من الغازات المُنبعِثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. وقد وجد الكيميائيون أنّ الصيغة الجُزيئيّة له C_6H_6.



الشكل (11):
الشكل البنائي
للبنزين.

اقترح العالم فريدريك كيكوله شكلًا بنائيًّا للبنزين مُكوّنًا من حلقة سُداسيّة من ذرّات الكربونِ تحتوي على 3 روابطَ أُحاديّة و 3 روابط ثنائية متعاقبة، كما في الشكل (11). لكن هذا الشكل لم يستطع تفسير أن روابط البنزين لها الطول نفسه، وأن نشاطه الكيميائي أقلّ من النشاط الكيميائي للألكينات، لذلك اقترحَ كيكوله أن تكون إلكترونات الروابط الثنائية مُتحرّكةً تتوزّع بانتظام في الحلقة على صورة غيمة من الإلكترونات، وهذا يُفسّر تساوي طول الروابط في البنزين وضعف نشاطه الكيميائي؛ فالرابطة الثنائية ليست ثابتةً بين ذرّتين، ومُثِّلت الصيغة البنائية للبنزين بحلقة سداسيّة في داخلها دائرة تشير إلى عدم ثبات الروابط الثنائية في مكان واحد في الحلقة، وحرية حركتها بين الذرّات كما في الشكل (12). وتتكوّن المُركّبات الأروماتيّة من حلقة بنزين أو أكثر.



الشكلُ (12):
الشكل البنائي لحلقة
البنزين.

الربطُ بالصناعة

يُستخدَم البنزين بوصفه مذيبًا عضويًّا في كثير من الصناعات ومثال ذلك: استخدامه في تنظيف قطع آلات الطباعة؛ لتدومَ هذه الآلات مدّةً أطول وتعمل بكفاءة أكبر. ويدخل في صناعة الحبر والأصباغ المُستخدَمة في عمليّات الطباعة، وفي الدهانات؛ لأنّه يبقيها في الحالة السائلةِ.

خصائص المُركّبات الأروماتية

Properties of Aromatic Compounds

تُعدُّ حلقة البنزين حلقة مستقرة؛ لذا يُعدُّ نشاطها الكيميائي أقلّ من الألكينات والألكاينات. ويُستخدَم البنزين مذيبًا عضويًّا غير قطبيّ، وهو مثل غيره من المُركّبات الهيدروكربونية لا يذوب في الماء، ويتميّز بأنّه سائل متطاير ذو رائحة مميزة، ودرجة غليانه 80 °C.

الربطُ بالصحة

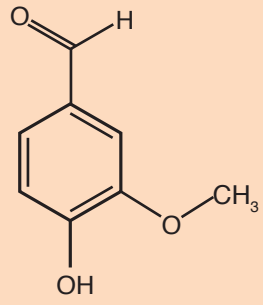
شاع استخدام كثير من المُركّبات الأروماتية، بوصفها مذيبات صناعية ومُختبريّة؛ إلا أنّ الدراساتِ أظهرت ضرورة الحدّ من استخدام هذه المُركّبات؛ لأنّها تُؤثّر في صحة الأشخاص المُعرّضين لها بصورة مستمرة، وتشمل مخاطرُها أمراض الجهاز التنفسي والكبدِ والجهاز العصبي، وقد تُسبّب السرطان.

✓ **أتحقّق:** أرسم الشكل البنائي لحلقة البنزين.

أبحثُ: يُستخدَم البنزين ومشتقاته في كثير من الصناعات الكيميائية. أرجعُ إلى مواقعَ إلكترونيّة مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحث عن أهمّ الاستخدامات الصناعية للبنزين ومشتقاته، وأكتب تقريرًا أو أُصمّم عرضًا تقديميًّا حول الموضوع، وأناقشه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

الربطُ بالحياة

تتميّز المُركّبات الأروماتية بأنّها تعطي للمواد رائحة مميّزة، مثلَ مُركّب الفانيلين $C_8H_8O_3$ الذي يُعطي الرائحةَ المُميّزة لنبات الفانيليا.



الصيغة البنائية لمُركّب الفانيلين.

زهرة نبات الفانيليا.

مراجعة الدرس

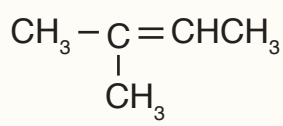
1 - **الفكرة الرئيسة: أُفسّر** سبب تسمية المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة.

2 - أوضّح المقصود بكل ممّا يأتي:

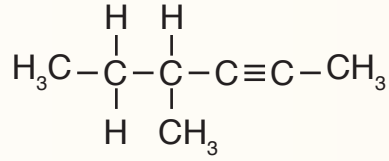
- الألكين.
- الألكاين.
- المُركّبات الأروماتية.

3 - **أطبق:** أُسمّي المُركّبات الآتية وفقَ نظام التسمية العالمي IUPAC:

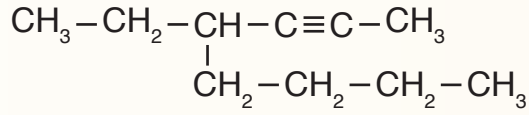
أ.



ب.



جـ.



4 - **أُفسّر:** درجة غليان 1- بنتين أكبر من درجة غليان بروبين.

5 - **أطبق:** أرسم متصاوغات بنائيّة للصيغة الجُزيئيّة C_4H_8

6 - **أطبق:** أرسم الصيغة البنائيّة لكلّ من:

أ. 4 ،4- ثنائي ميثيل -1- بنتين.

ب. 2 ،3- ثنائي ميثيل -4- نونين.

7 - أكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل كلّ من : 2- بنتين، و 2- بيوتاين مع الهيدروجين بوجود النيكل بوصفه عاملًا مساعدًا.

8 - **السبب والنتيجة.** لماذا اقترح العالم كيكوله أن تكون إلكترونات الروابط الثنائية مُتحرّكةً تتوزّع بانتظام في الحلقة على صورة غيمة من الإلكترونات.

هرمون الإيثين
Ethene Hormone

الهرمونات النباتية مُركّبات عضوية تُنتِجُها النباتات بكميات قليلة، وتُسرّع نموّ النبات، ومن هذه الهرمونات: هرمون الإيثين، واسمه الشائع (هرمون الإيثلين)؛ وهو هرمون نباتيّ طبيعيّ يوجد في الحالة الغازية ، بعكس الهرمونات النباتية الأخرى، ويُصنَّع في الثمار، وله دور في نُضجها، ويُستخدَم في إنضاج الثمار داخل الغرف المُخصّصة لتخزينِها، فحين تُقطَف الفواكه قبل نضجها لإتاحة الوقت لنقلها تُعرَّض ثمارها إلى مصدر يبعث غاز الإيثين حال وصولها الغرف المُخصّصة للتخزين، ما يعجّل نُضجها لتُعرَض على المستهلك، كما في عملية إنضاج ثمار الموز، والمانغا، والبندورة، وغيرها. كما أنه يُسبّب تلفَ الفواكه عند زيادة كمية استخدامه. المشكلة تبدأ حين يلفُّ غاز الإيثين محيط فاكهة لم تنضج بعد، فوجوده يشجّع تلك الفاكهة على النضج السريع فتسبق أوانها، وحين تكون ناضجةً يُحفّزها على مزيد من النضج، ومن ثَم ستتعفّن وتصبح غير صالحة للأكل، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة عند وضع مجموعة مختلفةِ الأنواع من الفواكه، ومنها التفاح، في طبق واحد، إذ يلاحَظ تعفُّن هذه الثمار بصورة أسرع؛ بسبب إطلاق التفاح غاز الإيثين أكثر من غيره من الفواكه الأخرى؛ لذا يُعزَل التفاح عن هذه الفواكه، ويجب ألّا تقلّ المسافة بين الأطباق عن نصف متر في أقلّ تقدير، ولا يقتصر هذا على التفاح؛ بل يشمل البندورة، والمشمش، والإجاص، والخوخ، وجميعُها من بواعث غاز الإيثين.

أبحث يستفاد من هرمون الإيثين في كثير من العمليات الحيوية في النبات. أستعين بمصادر المعرفة المُختلفة، وأبحث عن طريقة تحضير هرمون الإيثين في النبات، وأكتب تقريرًا أو أُصمّم عرضًا تقديميًّا عن الموضوع، وأناقشه معَ زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الوحدة

1 . أوضّح المقصود بكلّ ممّا يأتي:

- مجموعة الألكيل.
- الهيدروكربونات غير المُشبَعة.
- تفاعل الهلجنة.

2 . **أُفسّر:** تتحوّل الألكانات من الحالة الغازية إلى السائلة إلى الصلبة بزيادة كتلتها المولية.

3 . **أطبق:** أكتب الصيغة البنائية لكلٍّ من المُركّبات الآتية:

أ – 3- إيثيل هبتان.

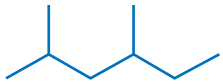
ب – 2- نونين.

جـ – 3،3،2- ثلاثي ميثيل -1- هكسين.

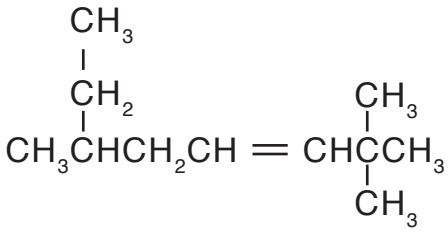
4 . **أطبق:** أُسمّي المُركّبات الآتية:

أ –

ب –



جـ –



5 . أكتب معادلة موزونة لتفاعُل البروبان مع الأكسجين.

6 . أكتب معادلة تفاعُل 3- بنتين مع الهيدروجين بوجود النيكل عاملًا مساعدًا، وأُسمّي المُركّب الناتج.

7 . ما الاقتراح الذي فسّر أن روابط البنزين لها الطول نفسه؟

8 . **أصدر حكمًا:** أحدّد الخطأ في اسم المُركّب: 2- إيثيل -2 - بيوتين، وأعيد تسميته.

9 . **أرتّب** الألكينات الآتية حسب درجة غليانها تصاعديًّا:

- 1- بيوتين
- 1- هكسين
- 1- بنتين

10. **أختار رمز الإجابة الصحيحة لكلّ فقرة مما يأتي:**

1) الصيغة الجُزيئيّة لألكانٍ يحتوي على 12 ذرّة كربون هي:

أ – $C_{12}H_{24}$ ب – $C_{12}H_{22}$

جـ – $C_{12}H_{26}$ د – $C_{12}H_{20}$

2) الصيغة الجُزيئيّة لألكينٍ يحتوي على 14 ذرّة كربون هي:

أ – $C_{14}H_{28}$ ب – $C_{14}H_{30}$

جـ – $C_{14}H_{26}$ د – $C_{14}H_{32}$

3) الصيغة الجُزيئيّة لألكاينٍ يحتوي على 16 ذرّة هيدروجين هي:

أ – $C_{8}H_{16}$ ب – $C_{9}H_{16}$

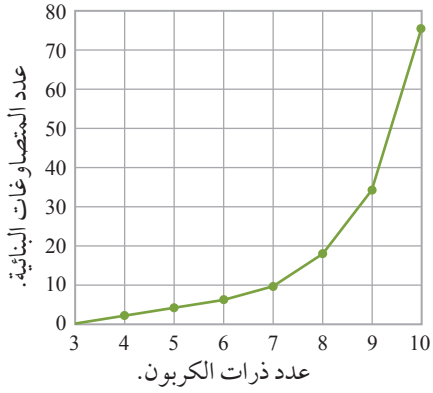
جـ – $C_{10}H_{16}$ د – $C_{11}H_{16}$

4) أحد المُركّبات الآتية يُعدُّ من المُركّبات الأروماتية:

أ – إيثين. ب – هكسين.

جـ – هبتين. د – بنزين.

11. يوضّح الشكل الآتي العلاقة بين عدد ذرّات الكربون في الألكان وعدد المتصاوغات البنائية له. أدرس الشكل جيدًا، ثم أجيب عمّا يأتي:



أ – أكتب الصيغة البنائية للألكان الذي ليس له متصاوغات.

ب – **أتوقّع:** أحدّد عدد المتصاوغات البنائية للألكانات المكونة من 7 إلى 10 ذرّات كربون.

جـ – **أستنتج** العلاقة بين عدد ذرّات الكربون في الألكان وعدد متصاوغاته، أبرّر إجابتي.

د – **أتوقّع** العلاقة بين عدد متصاوغات الألكان والألكين المكوّن كل منهما من 6 ذرّات كربون، وأبرّر إجابتي.

الوحدة 4

مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية

Derivatives Of Hydrocarbons

أتأمّل الصورة

تعود النكهة الفريدة والرائحة المميزة للبهارات لاحتوائها على مُركّبات عضوية، فما هذه المُركّبات؟ وما صيغها الكيميائية؟ وبماذا تختلف عن المُركّبات الهيدروكربونية؟

الفكرة العامّة:

تُصنَّف مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية وفقَ المجموعات الوظيفية التي تُحدّد خصائصها الفيزيائية والكيميائية، وتُصنَّف المُبلمَرات وفقَ طريقة تكوّنها، ولكلّ منها خصائصه واستخداماته.

الدرس الأول: هاليدات الألكيل، الكحولات، الإيثرات والأمينات.

الفكرة الرئيسة: عندما تحلُّ مجموعة وظيفية محل ذرّة هيدروجين أو أكثر في المُركّبات الهيدروكربونية يتكوّن مُركّب جديد له خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة تُميّزه عن غيره من المُركّبات.

الدرس الثاني: مُركّبات الكربونيل والحموض الكربوكسيلية ومشتقاتها.

الفكرة الرئيسة: تتكوّن مجموعة الكربونيل من ذرّة كربون ترتبط برابطة ثنائية مع ذرّة أكسجين، وتُعدُّ مجموعة وظيفيّة رئيسة في بعض المُركّبات وجزءًا من مجموعات وظيفية في مُركّبات أخرى.

الدرس الثالث: المُبلمَرات

الفكرة الرئيسة: المُبلمَرات مُركّبات ضخمة طبيعيـة أو صناعية، لكلٍّ منها أهميته واستخداماته المرتبطة بتركيبه وخصائصه.

التصاوغ الوظيفي

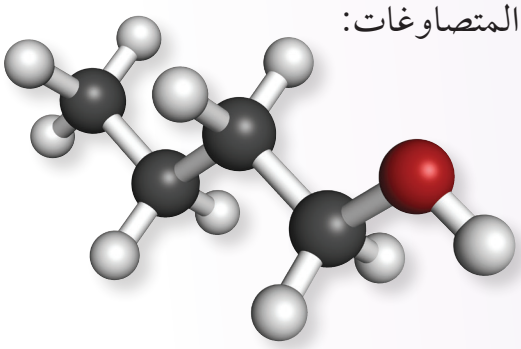
المـوادّ والأدوات: مجموعـة نمـاذج الـذرات (الكـرات والوصـلات).

إرشادات السلامة:

- اتّباع إرشادات السلامة العامّة في المختبر.
- ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفّازات.

خطوات العمل:

1. أختار 4 كرات تحوي كل منها 4 ثقوب تمثّل ذرّات الكربون، وكرةً واحدةً تحتوي على ثقبين تُمثّل ذرّة الأكسجين، و 10 كرات تحوي كل منها ثقبًا واحدًا تُمثّل ذرّات الهيدروجين.
2. **أُجرّب:** أصلُ الكرات معًا بالوصلات بطرائق مختلفة؛ بحيث أحصلُ على أكبر عدد من المتصاوغات للصيغة الجُزيئيّة $C_4H_{10}O$. والشكل الآتي يُمثّل أحد هذه المتصاوغات:



3. أرسم صيغًا بنائيةً للمتصاوغات التي حصلت عليها.

التحليل والاستنتاج:

1- أحدّد عدد المتصاوغات التي حصلت عليها.

2- **أُصنّف** المتصاوغات حسب ارتباط ذرّة الأكسجين مع باقي الذرّات.

3- **أتوقّع** المتصاوغات المتشابهة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، وأُبرّر توقُّعي.

الفكرة الرئيسة:

عندما تحلُّ مجموعة وظيفيّة محل ذرّة هيدروجين أو أكثر في المُركّبات الهيدروكربونية، يتكوّن مُركّب جديد له خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة تُميّزه عن غيره من المُركّبات.

نتاجات التعلّم:

- أُميّز المُركّبات العضوية هاليدات الألكيل، والكحولات، والإيثرات والأمينات بناء على المجموعة الوظيفية المُميِّزة لها.
- أُطبّق قواعد التسمية وفقَ نظام الأيوباك لتسميتها، وأكتب صيغًا بنائية لها.
- أُفسّر بعض الخصائص الفيزيائية لمركّبات عضوية مثل: هاليدات الألكيل، والكحولات، والإيثرات، والأمينات، بناءً على تركيبها البنائي أو مجموعاتها الوظيفية.

المفاهيم والمصطلحات:

مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية Derivatives of Hydrocarbons

المجموعة الوظيفية Functional Group

هاليدات الألكيل Alkyl Halides

الكحولات Alcohols

الإيثرات Ethers

التصاوغ الوظيفي Functional Isomerism

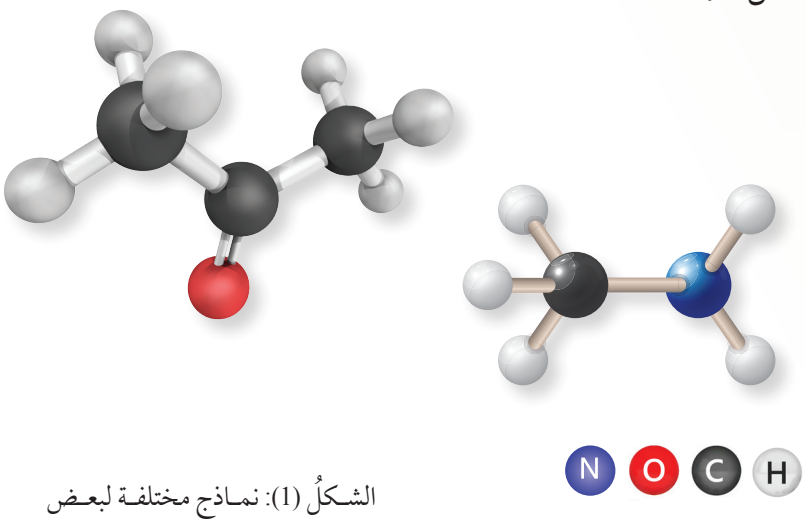
الأمينات Amines

المجموعات الوظيفية Functional Groups

توجد ملايين المُركّبات العضوية لكلّ منها خصائصه الفيزيائية والكيميائية الخاصة به. وقد صُنّفت هذه المُركّبات إلى أنواع عدّةٍ اعتمادًا على التشابُه في تركيبها البنائي؛ إذ وُجِد أن هناك مجموعة من المُركّبات العضوية تحوي -بالإضافة للكربون والهيدروجين- ذرّةً أو أكثر من عناصر أخرى، مثل: الأكسجين، أو النيتروجين، وسُمّيت هذه المُركّبات **مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية Derivatives of Hydrocarbons.**

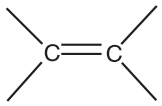
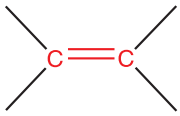
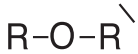
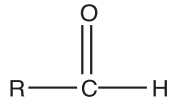
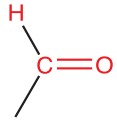
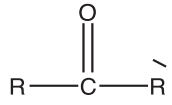
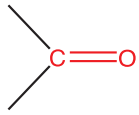
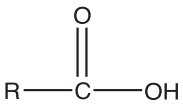
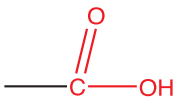
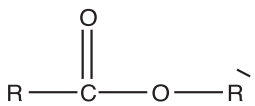
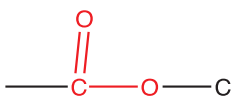
إن وجود هذه الذرّات وطريقة ترابُطِها مع الكربون يُكسب المُركّب خصائص كيميائيّة محدّدة ومُميِّزة.

وقد سُمّيت الذرّة، أو مجموعة الذرّات، أو الروابط المسؤولة عن الخصائص المُميِّزة للمُركّب العضوي التي تُعدُّ مركز النشاط الكيميائي فيه **المجموعة الوظيفيّة Functional Group**، أنظر الشكل (1). وتتشابه المُركّبات العضوية التي تحتوي على المجموعة الوظيفية نفسِها في خصائصها الكيميائية، ويُوضّح الجدول (1) تصنيف المُركّبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية المُميِّزة لكلٍّ منها.

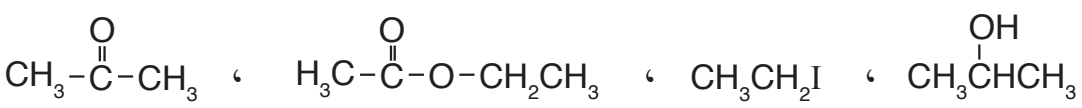


الشكلُ (1): نماذج مختلفة لبعض المشتقات الهيدروكربونية.

الجدول (1): تصنيف المُركّبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية المُميِّزة لكلّ منها.

نوع المُركّب العضوي	الصيغة العامة للمُركّب العضوي	اسم المجموعة الوظيفية وصيغتها	
الألكينات		رابطة ثنائية	
الألكاينات		رابطة ثلاثية	
هاليدات الألكيل	R–X	هالوجين	–X حيث X تُمثّل أحد الهالوجينات: (I, Br, Cl, F)
الكحولات	R–OH	هيدروكسيل	–OH
الإيثرات		إيثر	– O –
الأمينات	$R-NH_2$	أمين	$-NH_2$
الألديهايدات		كربونيل	
الكيتونات			
الحموض الكربوكسيلية		كربوكسيل	
الإسترات		إستر	

✓ **أتحقّق:** أُصنّف المُركّبات العضوية الآتية حسب نوعها:



الشكل (2): بعض الكائنات الحية البحرية التي تُنتج هاليدات عضويّة.

هاليدات الألكيل Alkyl Halides

كان الافتراض السائد أن هاليدات الألكيل من المُركّبات العضوية قليلة الانتشار في الطبيعة، ولكن تبيّنَ أن عددًا من الكائنات الحيّة تُفرزها، فمثلًا: تُنتج الأعشاب البحرية كميّات هائلة من كلوروميثان CH_3Cl، ويُنتِج الإسفنج البحريّ والمرجان هاليدات عضويّة بوصفها نوعًا من الحماية لإبعاد الأسماك والحيوانات المفترسة، أنظر الشكل (2).

وتُعرّف **هاليدات الألكيل Alkyl Halides**؛ بأنها مُركّبات هيدروكربونية حَلّت فيها ذرّة هالوجين أو أكثر محلّ ذرّة أو ذرّات هيدروجين، وصيغتُها العامّةُ R-X، حيث تُمثّل R مجموعة ألكيل، أمّا X فتُمثّل إحدى ذرّات الهالوجينات (فلور F، كلور Cl، بروم Br، يود I).

تسمية هاليدات الألكيل Nomenclature of Alkyl Halides

توجد طريقة شائعة لتسمية هاليدات الألكيل؛ إذ يُنظَر للمُركّب على أنه مُكوّنٌ من جزأين، أحدهما يُمثّل الهالوجين ويُسمّى هاليدًا، والآخر يُمثّل مجموعة الألكيل R، مثل: الميثيل، والإيثيل، وبروبيل، ويتضمّن الجدول (2) أمثلةً عليها:

الجدول (2): أسماء شائعة لبعض هاليدات الألكيل.

الصيغة البنائية	CH_3F	$CHCl_3$	CH_3CH_2Br
الاسم الشائع	فلوريد الميثيل	ثلاثي كلوريد الميثيل (الكلوروفورم)	بروميد الإيثيل

وتُسمّى هاليدات الألكيل وفقَ نظام التسمية الدولي الأيوباك IUPAC بالطريقة نفسها التي تُسمّى بها الألكانات؛ إذْ يُعامَلُ الهالوجين بوصفه تفرُّعًا على سلسلة الألكان، ويكون الاسم العام لها هالو ألكانات. والأمثلة الآتية توضح الخطوات المُتّبعة في التسمية:

المثال 1

أُسمّي المُركّب المجاور وفق نظام الأيوباك: $CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$

الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة كربونيّة تتضمّن ذرّة الكربون المرتبطة بذرّة الهالوجين، وأُسمّيها حسب عدد ذرّات الكربون فيها.

$CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$

أُلاحظ وجود سلسلة كربونيّة واحدة عدد ذرّات الكربون فيها (5)؛ فأُسمّيها بنتان .

2 - أحدّد ذرّة الهالوجين وموقعها على السلسلة؛ بحيث أُرقّم السلسلة من الجهة التي يكون فيها لذرّة الكربون المرتبطة بذرّة الهالوجين أقلّ رقمٍ مُمكن، لمعرفة ذلك؛ أُرقّم السلسلة بدءًا من جهة اليمين، ومرة أخرى بدءًا من جهة اليسار:

$\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_3}$ (Br)

الترقيم الأول

$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ (Br)

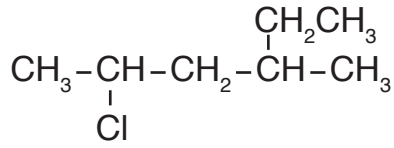
الترقيم الثاني

ألاحظُ أن المُركّب يحتوي على ذرّة بروم واحدة؛ وفي الترقيم الأول يكون رقم ذرّة الكربون المرتبطة بذرّة البروم 4، وفي الترقيم الثاني يكون رقمها 2، والصحيح هو الترقيم الثاني.

3 - لكتابة اسم المُركّب؛ أكتبُ رقم ذرّة الكربون المرتبطة بذرّة البروم متبوعًا بشرطة (-) لفصل الأرقام عن الكلّمات (2-)، ثم أُسمّي الهالوجين على وزن (هالو)؛ فيكون (2- برومو)، ثم أكتب اسم الألكان الذي يُمثّل سلسلة الكربون وهو بنتان؛ فيكون الاسم: 2- برومو بنتان.

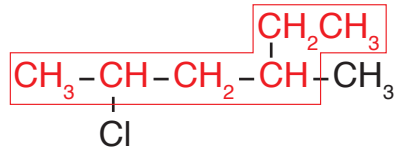
المثال 2

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك:



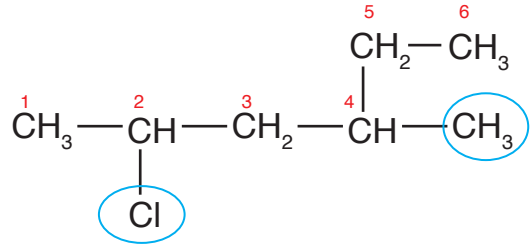
الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة كربونيّة مستمرّة تتضمّن ذرّة الكربون المرتبطة بذرّة الهالوجين (الكلور)، وأُسمّيها حسب عدد ذرّات الكربون فيها.



ألاحظ أنّ أطول سلسلة مُكوّنة من ستّ ذرّات كربون؛ فتُسمّى هكسان.

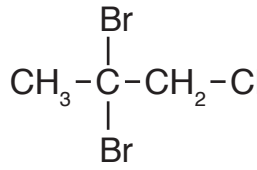
2 - أحدّد التفرّعات ومواقعها؛ بحيث أُرقّم السلسلة من الجهة التي يكون فيها لذرّات الكربون المرتبطة بكلٍّ من ذرّة الكلور أو مجموعة الميثيل أقلّ أرقام ممكنة.



ألاحظ وجود ذرّة كلور واحدة مرتبطة بذرّة كربون رقم 2، ومجموعة ميثيل واحدة مرتبطة بذرّة كربون رقم 4.

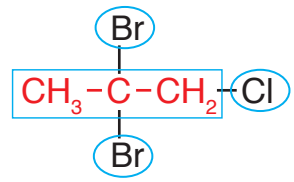
3 - أكتب اسم المُركّب باتّباع الخطوات نفسها في المثال السابق، مع إضافة رقم ذرّة الكربون المرتبطة بمجموعة الميثيل واسمُها (4- ميثيل)، ويُراعى الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية عند كتابة الاسم، لذلك؛ يُكتب الكلور قبل الميثيل فيكون الاسم: 2- كلورو -4 - ميثيل هكسان.

المثال 3

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك: 

الحلُّ:

1 - أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرّة تتضمّن ذرّة الكربون المرتبطة بذرّة الهالوجين، وأحدّد ذرّات الهالوجين، وأُرقّم من الجهة التي تعطي لذرّات الكربون المرتبطة بها أقلّ أرقام ممكنة.



ألاحظُ أن المُركّب يتكوّن من سلسلة مكوّنة من 3 ذرّات كربون فتُسمّى بروبان، أُرقّمها من الطرف الأقرب إلى ذرّة الكلور؛ فتأخذ ذرّة الكربون الرقم 1، وتأخذ ذرّة الكربون المرتبطة بذرّتي البروم الرقم 2.

2 - أكتبُ اسم المُركّب مع مراعاة كتابة البروم قبل الكلور حسب الترتيب الأبجدي، وأفصِلُ بين الأرقام المتتالية بفاصلة، وبين الأرقام والكلّمات بشرطة (-)، ونظرًا لوجود ذرّتي بروم تُستخدَم البادئة (ثنائي) للدلالة على عددها، فيكون الاسم:

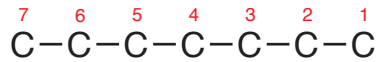
2 ، 2- ثنائي برومو - 1 - كلوروبروبان

المثال 4

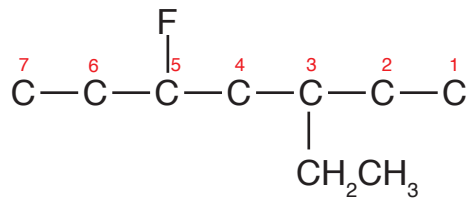
أكتبُ الصيغة البنائية للمُركّب: 3- إيثيل - 5 - فلورو هبتان

الحلُّ:

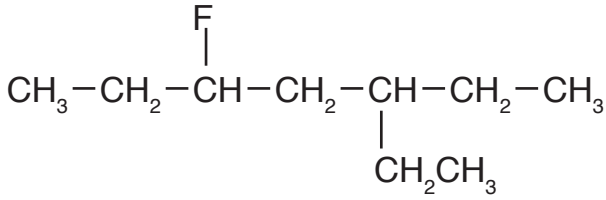
1 - أكتب عدد ذرّات الكربون التي تُمثّل الألكان أو أطول سلسلة كربونيّة مُستمرّة، وهو هبتان؛ أي 7 ذرّات كربون، وأُرقّمها من أي طرف:



2 - أربط كُلًّا من مجموعة الإيثيل وذرّة الفلور بذرّة الكربون التي تُمثّل موقعها على السلسلة الكربونية كما تظهر في اسم المُركّب:

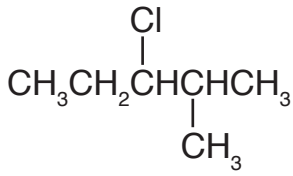


3 - أُكمل عدد روابط الكربون مع الهيدروجين؛ بحيث يصبح مجموع الروابط حول كلّ ذرّة كربون 4 روابط كالآتي:

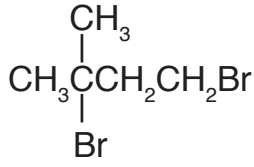


أُلاحظُ –في هذا المثال– أن مجموعة الإيثيل وذرّة الفلور تأخذان الأرقام نفسها عند الترقيم من طرفي سلسلة الكربون؛ لذا اعتُمد الترتيب الهجائي لبداية الترقيم.

✓ **أتحقّق:** أُسمّي المُركّبات الآتية وفقَ نظام الأيوباك:

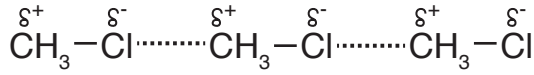


-1



-2

-3



الشكل (3): قوى ثنائية القطب بين جزيئات كلورو ميثان.

الخصائص الفيزيائية لهاليدات الألكيل

Physical Properties of Alkyl Halides

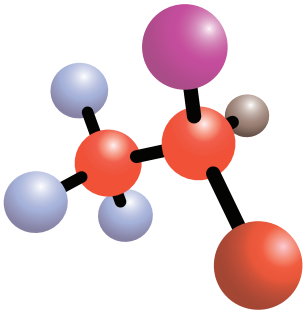
تُعدُّ الرابطة بين ذرّة الهالوجين وذرّة الكربون في هاليدات الألكيل بوجهٍ عامّ رابطةً قُطبيةً، حيث إنَّ معظم الهالوجينات لها سالبية كهربائية أعلى من ذرّة الكربون، لذلك فهاليداتُ الألكيل مُركّبات قطبية تترابط بقوى تجاذُبٍ ثنائية القطب، ويوضّح الشكل (3) قوى ثنائية القطب بين جزيئات كلوروميثان.

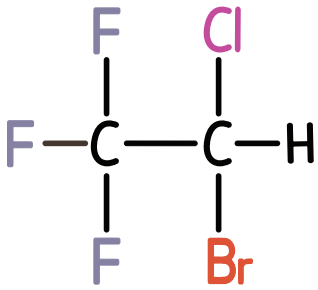
تتأثّر الخصائص الفيزيائية لهاليدات الألكيل بقوى التجاذب بين جزيئاتها، ويوضّح الجدول (3) درجات غليان الإيثان وعددًا من هاليدات الألكيل، يُلاحَظ أن درجة غليان الإيثان أقلّ منها لفلورو إيثان؛ فجزيئاتُه غير قطبيّة تترابط بقوى لندن الضعيفة، في حين أن فلورو إيثان جزيء قطبيّ تترابط جزيئاته بقوى ثنائية القطب، لذلك درجة غليانه أعلى. وعند مقارنة درجات غليان هاليدات الإيثيل الواردة في الجدول يُلاحَظ ازدياد درجة الغليان بالانتقال من فلورو إيثان إلى برومو إيثان، وتفسير ذلك؛ أنّه بزيادة الكتلة الذرية للهالوجين تزداد الكتلة المولية لهاليد الألكيل، فتزداد قوى التجاذب بين جزيئاته، وتزداد درجة غليانه.

توجد غالبية هاليدات الألكيل بالحالة السائلة أو الصلبة عند درجة الحرارة العادية (25 °C). وغالبًا لا تذوب هاليدات الألكيل في الماء رغم قُطبيّتِها؛لأن قوى التجاذب ثنائية القطب التي تنشأ بين جزيئات هاليد الألكيل وجزيئات الماء ضعيفةٌ لا تتغلب على قوة الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء.

الجدول (3): درجات غليان بعض هاليدات الألكيل.

المُركّب	درجة الغليان (°C)
CH_3CH_3	- 89
CH_3CH_2F	- 37
CH_3CH_2Cl	12
CH_3CH_2Br	38





الشكل (4): الصيغة البنائية للهالوثان.

ولهاليدات الألكيل أهميّة في الصناعة فقد تُستخدَم مباشرة أو تُحضَّر منها مُركّبات مهمّة، فمثلًا: استُخدِم الكلوروفورم $CHCl_3$ قديمًا مادة مخدّرة في العمليات الجراحية، وبسبب آثاره الجانبية حلّ محلَّهُ هاليدُ ألكيلٍ آخر سُمّي الهالوثان، أنظرُ الشكل (4). وتُستخدَم هاليدات الألكيل أيضًا بوصفها مُذيبات عضويّة، مثل ثلاثي كلورو إيثين C_2HCl_3 حيث يُستخدَم في الصناعات الإلكترونية، واستُخدم ثلاثي كلورو فلورو ميثان CCl_3F بوصفه مادة نفخ في صناعة البلاستيك الرغويّ (الفوم)، أنظر الشكل (5)، ويدخل كلورو إيثين في صناعة أكثر أنواع البلاستيك استخدامًا، كما في شبكات المياه والصرف الصحي، أنظر الشكل (6)، كما تُستخدَم بعض المُركّبات الهيدروفلوروكربونية غازات مُبرّدة في الثلاجات وأجهزة التبريد.

الشكلُ (5): البلاستيك الرغويّ (الفوم).

أُفكّر: **أُفسر:** درجة غليان

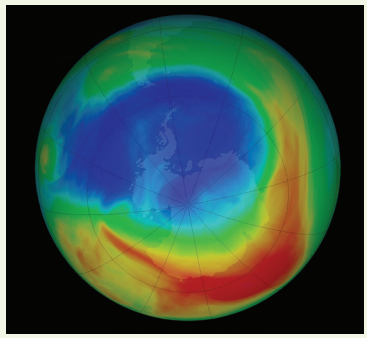
1- بروموبروبان أعلى من درجة غليان بروموإيثان.

✓ **أتحقّق:** أتوقّع أيّ المُركّبين له أعلى درجة غليان:

2- كلورو بيوتان أم 2- أيودو بيوتان

الشكل (6): البلاستيك المُستخدَم في التمديدات الصحية.

الربطُ بالبيئة



أدّى الاستخدام الواسع للمُركّبات الكلوروفلوروكربونية CFCs، مثل CCl_2F_2، إلى الإضرار بطبقة الأوزون؛ لأنها تتحلّل بفعل الأشعة فوق البنفسجية مُحرّرةً ذرّة كلور منفردة تتفاعلُ مع الأوزون وتُفكّكه، ويمكن أن تسبّب ذرّة كلور واحدة تفكُّك مئات الآلاف من جزيئات الأوزون. وقد حلّت المُركّبات الهيدروفلوروكربونية HFCs، ومنها CF_3CH_2F محلّها. تُظهِر الصور الملتقطة تحسُّنًا واضحًا على طبقة الأوزون وعلى صغر حجم ثقب الأوزون حسب وكالة ناسا الفضائية.

الكُحولات Alcohols

أصبح استخدام مُعقّمات الأيدي شائعًا في الأمّاكن العامة مثل المستشفيات، والمطاعم، والأسواق التجارية، وغيرها؛ إذْ تحتوي هذه المُعقِّمات على مواد تؤدي للقضاء على الميكروبات للحدّ من انتقال الأمراض، ورغم اختلاف المُعقّمات في بعض مكوّناتها؛ إلا أنّ معظمها يشترك في المادة الفاعلة فيها وهي الكحول، أنظر الشكل(7).

الشكل (7): مواد تحتوي على الكحولات.

فما الكحولات؟ وما طريقة تسميتها؟

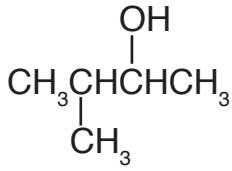
تُعرَّف **الكحولات Alcohols** بأنها مُركّبات عضوية صيغتها العامة R-OH، حيث تُمثّل مجموعة الهيدروكسيل (-OH) المجموعة الوظيفية المميزة لها وتُمثّل R مجموعة ألكيل.

تسمية الكحولات Nomenclature of Alcohols

تُسمّى الكحولات وفقَ نظام الأيوباك بإضافة المقطع (ول) إلى اسم الألكانِ المقابل، فيصبح الاسم العام له (ألكانول)، والأمثلة الآتية تُوضّح الخطوات المُتّبعة في التسمية.

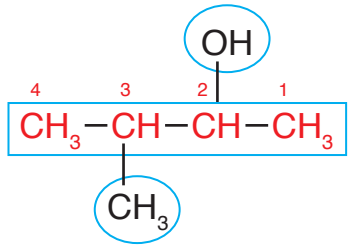
المثال 5

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك:



الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونيّة مستمرة تتضمّن المجموعة الوظيفية (OH-) وأُسمّيها، ثم أُرقّمها من الجهة الأقرب للمجموعة الوظيفية، ثم أحدّد موقع ارتباط مجموعة الهيدروكسيل، وأحدّد موقع مجموعة الألكيل وأُسمّيها.

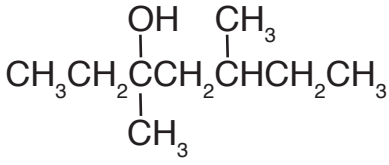


ألاحظُ أن أطول سلسلة كربونية مكوّنة من 4 ذرّات كربون، وأن مجموعة الهيدروكسيل مرتبطة بذرّة الكربون رقم 2، وأن مجموعة ميثيل مرتبطة بذرّة الكربون رقم 3 فيكون اسم المُركّب:

3- ميثيل -2- بيوتانول

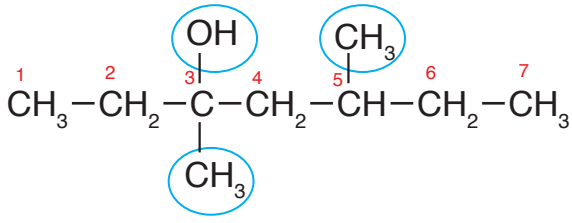
المثال 6

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك:



الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونيّة مستمرّة تتضمّن مجموعة الهيدروكسيل وأُسمّيها، ثم أُرقّمها من الجهة الأقرب للمجموعة الوظيفية، ثم أحدّد موضع ارتباط مجموعة الهيدروكسيل، وأحدّد موقع مجموعات الألكيل وأُسمّيها.



ألاحظُ أن أطول سلسلة كربونيّة مكوّنة من 7 ذرّات كربون، وأُرقّم السلسلة من جهة اليسار الأقرب إلى مجموعة OH؛ فيكونُ رقم ذرّة الكربون المرتبطة بها 3، وترتبط مجموعتا ميثيل بذرّتي الكربون رقم 3 و 5؛ فيكون اسم المُركّب: 3 ، 5- ثنائي ميثيل -3- هبتانول.

الجدول (4): بعض أنواع الكحولات وفقَ عدد مجموعات الهيدروكسيل.

نوع الكحول	مثال	الاسم الشائع	الاسم النظامي
أحادي الهيدروكسيل	CH_3CH_2OH	كحول الإيثيل	إيثانول
ثنائي الهيدروكسيل	$CH_2(OH)-CH_2(OH)$	جلايكول الإيثلين	1،2- إيثان دايول
ثلاثي الهيدروكسيل	$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$	الجليسرول	1،2،3- بروبان ترايول

إحدى طرائق تصنيف الكحولات تعتمد على عدد مجموعات الهيدروكسيل (-OH) المرتبطة بسلسلة الكربون، والجدول (4) يُوضّح بعض أنواع الكحولات وأمثلة عليها.

أتحقّق:

1- أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك: $CH_3CH_2C(CH_3)(CH_2OH)CH_2CH_3$

2- أكتب الصيغة البنائية للمُركّب الآتي:

3- إيثيل -2- هكسانول

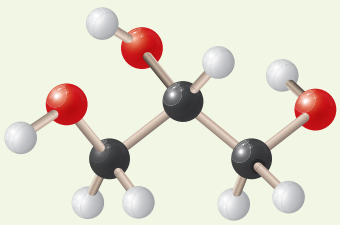
الربطُ بالحياة

يُستخدَم جلايكول الإيثلين مضادًّا للتجمُّد؛ حيث تُرَشُّ به الطائرات قبل إقلاعها، وتبلغ درجة غليانه 197°C، وعندما يخلط بالماء بنسبة 50% فإنّ درجة تجمُّده تنخفض إلى 36 °C-. ويوضَعُ في مشعِّ (راديتر) السيارة؛ لمنع تجمُّد الماء فيه في فصل الشتاء.

الربطُ بالحياة

كحول الجليسرول

يتميز كحول الجليسرول بذائبيته الشديدة في الماء، وبقدرته على امتصاص الماء من الوسط المحيط؛ لذا يدخل في صناعة الموادّ المرطبة للجلد والبشرة وغيرها من مواد التجميل.



الشكل (8): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الكحول.

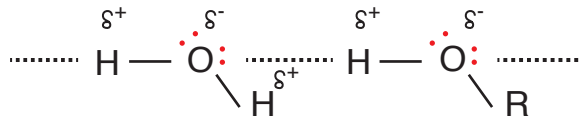
الخصائص الفيزيائية للكحولات Physical Properties of Alcohols

تحتوي الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل (OH-)؛ وهي مجموعة شديدة القطبية نظرًا للسالبية الكهربائية العالية لذرّة الأكسجين؛ لذا فإنّ الرابطة C-O رابطة قطبية، وكذلك الرابطة O-H، ونظرًا لارتباط ذرّة الهيدروجين مباشرةً بذرّة الأكسجين؛ فإنّ جزيئات الكحول ترتبط في ما بينها بروابط هيدروجينية كما يوضح الشكل (8).

تتأثر الخصائص الفيزيائية للكحولات بقوى التجاذب بينها، ويُبيّن الجدول (5) درجات غليان بعض الكحولات والألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية، حيث يُلاحَظ ارتفاع درجة غليان الكحولات مقارنةً بالألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية؛ إذْ تبلغ درجة غليان الميثانول 65 °C، أمّا الإيثان فدرجة غليانه -89 °C؛ بسبب قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الكحول مقارنةً بقوى لندن بين جزيئات الإيثان. ويبيّن الجدول أيضًا زيادة درجة غليان الكحولات بزيادة عدد ذرّات الكربون (أي بزيادة كتلتها المولية)؛ وتفسير ذلك أنه يكون لجزيء الكحول طرفان؛ أحدهما قطبيٌّ (OH-) يرتبط مع الجزيئات الأخرى بروابط هيدروجينية، والآخر غير قطبيٍّ (R) يرتبط مع الجزيئات الأخرى بقوى لندن التي تزداد قوّتها بزيادة الكتلة المولية.

الجدول (5): درجات غليان بعض الكحولات والألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية.

المُركّب	الصيغة البنائية	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
ميثانول	CH_3OH	32	65
إيثان	CH_3CH_3	30	-89
إيثانول	CH_3CH_2OH	46	78
بروبان	$CH_3CH_2CH_3$	44	-42
1- بربانول	$CH_3CH_2CH_2OH$	60	97
بيوتان	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	58	-0.5



الشكل (9): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الكحول الماء.

أمّا في ما يتعلق بذائبية الكحولات في الماء، فإنّ قدرة جزيئات الكحولات على صنع روابط هيدروجينيّةٍ مع الماء تُفسّر ذائبيتها فيه، كما يُوضّح الشكل (9).

وتقلّ ذائبيّة الكحولات في الماء بزيادة عدد ذرّات الكربون فيها، أنظر الجدول (6)، وتفسيرُ ذلك أن زيادة عدد ذرات الكربون يزيد من طول السلسلة الكربونية R في المُركّب، وهي طرف غير قطبي لا يذوب في الماء؛ لذا تقلّ ذائبية الكحولات.

أفكّر: أتوقّع المُركّب الذي له أعلى درجة غليان، وأبرّرُ إجابتي:

1- بروبانول أم 2- بروبانول؟

الجدول (6): ذائبية بعض الكحولات في الماء.

الاسم	الصيغة البنائية	الذائبية ($g/100g\ H_2O$)
إيثانول	CH_3CH_2OH	يذوب بأي نسبة
1- بروبانول	$CH_3CH_2CH_2OH$	يذوب بأي نسبة
1- بيوتانول	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	7.9
1- بنتانول	$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	2.7

أتحقّق:

1- أيُّ المركّبين الآتيين له أعلى درجة غليان:
2- بيوتانول أم 2- هكسانول؟ أُفسّر إجابتي.

1- أيّ الكحولين الآتيين يُعدُّ أقلّ ذائبيّة في الماء:
1- بيوتانول أم 1- هبتانول؟ أُفسّر إجابتي.

الإيثرات Ethers

الإيثرات Ethers مُركّبات عضوية صيغتها العامة R–O–R` ترتبط فيها ذرّة الأكسجين التي تُمثّل المجموعة الوظيفية بمجموعتي ألكيل متشابهتين أو مختلفتين.

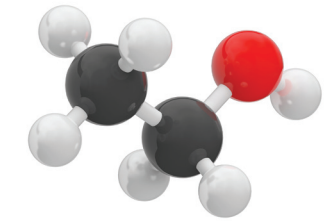
تسمية الإيثرات Nomenclature of Ethers

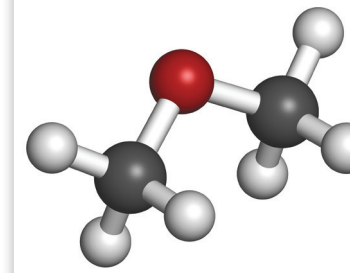
تُسمّى الإيثرات بتسمية مجموعتي الألكيل تتبعها كلمة إيثر، وتُرتَّب مجموعات الألكيل أبجديًّا، فإذا كانت مجموعتا الألكيل متماثلتين؛ فتُستخدَم البادئة (ثنائي). والأمثلة الآتية توضّح الصيغ البنائية لبعض الإيثرات وأسماءَها:

CH_3-O-CH_3 ثنائي ميثيل إيثر ، CH_3CH_2-O-$CH_2CH_2CH_3$ إيثيل بروبيل إيثر

درست في الوحدة السابقة مفهوم التصاوُغ وبعض أنواعه، فهل هناك أنواع أخرى له؟

تتشابه الإيثرات والكحولات في الصيغة الجُزيئيّة؛ ولكنها تختلف في الصيغة البنائية، ويوضّح الشكل (10) نموذجين لجزيئين مختلفين لأحد الكحولات والإيثرات، ويُلاحَظ منه أن كلا المُركّبين يتكوّن من ذرّتي كربون و 6 ذرّات هيدروجين وذرّة أكسجين واحدة، فالصيغة الجُزيئيّة لهما C_2H_6O، ويمكن كتابة الصيغة البنائية لكلٍّ منهما كالآتي: المُركّب الأول هو كحول الإيثانول وصيغته CH_3CH_2OH؛ أمّا المُركّب الثاني فصيغته CH_3OCH_3، ويُسمى ثنائي ميثيل إيثر، ومن ثَم فالمُركّبان متشابهان بالصيغة الجُزيئيّة، ومختلفان في المجموعة الوظيفية؛ أي أنهما متصاوغان، ويُسمّى التصاوغ من هذا النوع **التصاوغ الوظيفي Functional Isomerism**، أمّا الصيغة الجُزيئيّة العامة للكحولات والإيثرات فهي: $C_nH_{2n+2}O$





هالوجين H

كربون C

أكسجين O

الشكل (10): مقارنة الصيغة البنائية لكحول وإيثر.

✓ **أتحقّق:** أُسمّي المركّب الآتي:

CH_3CH_2-O-CH_2CH_3

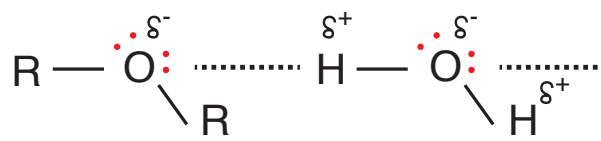
الجدول (7): مقارنة درجة غليان بعض الإيثرات والألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية.

الاسم	الصيغة	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
بيوتان	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	58	- 0.5
إيثيل ميثيل إيثر	$CH_3CH_2OCH_3$	60	7.4
بنتان	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	72	36.1
ثنائي إيثيل إيثر	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	74	34.6

الخصائص الفيزيائية للإيثرات Physical Properties of Ethers

تتميز الإيثرات بأن روابط المجموعة الوظيفية فيها قطبيّةٌ، والرابطتان C-O-C تُشكّلان مُنحنيًا زاوِيًّا؛ لذلك فإنّ جزيئات الإيثر قطبية تترابط في ما بينها بقوى ثنائية القطب. ويوضّح الجدول (7) درجة غليان بعض الإيثرات والألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية، فعند مقارنة درجة غليان إيثيل ميثيل إيثر والبيوتان، نجد تقارب درجتي غليانهما، وكذلك بالنسبة للبنتان وثنائي إيثيل إيثر ما يدل على القطبية الضعيفة لجزيئات الإيثر.

أمّا في ما يتعلق بذائبية الإيثرات في الماء؛ فإنّ امتلاك ذرّة الأكسجين في الإيثر لزوجين من الإلكترونات غير الرابطة يسمح لجزيئات الماء بتكوين روابط هيدروجينية معها، وهو ما يفسر ذائبية الإيثرات في الماء، والشكل (11) يُوضّح ذلك.



الشكل (11): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الماء والإيثر.

الجدول (8): مقارنة ذائبية بعض الإيثرات بالكحولات في الماء.

الاسم	الصيغة	الذائبية ($g/100g\ H_2O$)
ثنائي ميثيل إيثر	CH_3OCH_3	70
إيثانول	CH_3CH_2OH	يذوب بأي نسبة
ثنائي إيثيل إيثر	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	6.7
1- بيوتانول	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	7.9

ويُوضّح الجدول (8) مقارنة ذائبية بعض الإيثرات بالكحولات وكيفية تغيُّرها بزيادة عدد ذرات الكربون، إذ يُلاحَظ التقارب بين ذائبية الإيثرات والكحولات؛ بسبب ترابط كل منهما بروابط هيدروجينية مع الماء، ولكن لأن ذرّة الأكسجين في الإيثر تُحاطُ بمجموعتي ألكيل غير قطبيتين فإنهما تقللان من ذائبيته نسبيًّا. ويُلاحَظ أيضًا نقصان ذائبية الإيثرات بزيادة عدد ذرّات الكربون فيها؛ وذلك لزيادة طول السلسلة الكربونية R وهي طرف غير قطبيّ لا يذوب في الماء فتقلّ الذائبية. وتُستخدَم الإيثرات مُذيبات عضويّة.

أفكّر: أيُّ المُركّبين الآتيين له أقلّ درجة غليان؟ أبرّرُ إجابتي.

1- بنتانول أم إيثيل بروبيل إيثر.

✓ **أتحقّق:** أقارن بين المُركّبين الآتيين من حيث درجة الغليان والذائبية في الماء:

ثنائي ميثيل إيثر، ميثيل بروبيل إيثر.

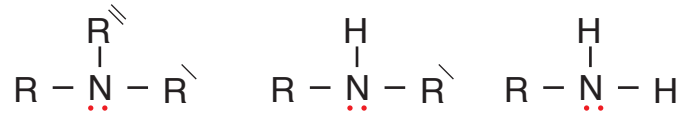
الربطُ بالطبِّ

يُعدُّ ثنائي إيثل إيثر من أوائل المُركّبات التي استُخدمت في التخدير العامّ في الطبّ، وقد استمرّ استخدامه لمدة تزيد على القرن، ولكن بسبب بعض الآثار الجانبية له وقابليته للاشتعال؛ فقد حلّت محلّهُ مواد تخديرٍ أخرى، مثل: ميثيل بروبيل إيثر.

الشكل (12): يُستخدَم الأنيلين $C_6H_5NH_2$ في صناعة أصباغ الملابس.

الأمينات Amines

تُشتَقّ الأمينات Amines من الأمونيا NH_3، إذ تحلُّ مجموعة ألكيل أو أكثر محل ذرّة هيدروجين أو أكثر. وتُصنّف إلى أمينات أولية وثانوية وثالثية وفقَ عدد مجموعات الألكيل المرتبطة بذرّة النيتروجين كما يوضّح الشكل:

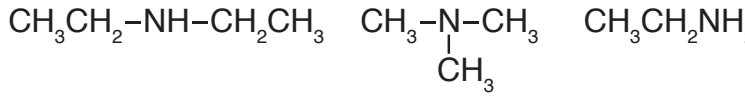


أمين ثالثي 3° | أمين ثانوي 2° | أمين أولي 1°

تنتشرُ الأمينات في الطبيعة، ولها رائحة تشبه السمك الفاسد، وتُستخدَم الأمينات في مجالات متنوّعة، مثل: صناعة البلاستيك، والأدوية، والمبيدات الحشرية، وأصباغ الملابس، كما يظهر في الشكل (12).

تسمية الأمينات Nomenclature of Amines

تُسمّى مجموعة أو مجموعات الألكيل المُتّصلة بذرّة النيتروجين تتبعها كلمة أمين، وتُرتَّب مجموعات الألكيل أبجديًّا؛ وإذا احتوى الأمين على مجموعات ألكيل متماثلة تُستخدَم البادئة (ثنائي أو ثلاثي)، وتوضّح الأمثلة الآتية الصيغ البنائية لبعض الأمينات وأسماءها:



ثنائي إيثيل أمين | ثلاثي ميثيل أمين | إيثيل أمين

وتوضّح الأمثلة الآتية طريقة تسمية الأمينات الأولية وفقَ نظام الأيوباك:

المثال 7

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك: $CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$

الحلُّ:

- أحدّد أطول سلسلة كربونيّة تتضمّن مجموعة الأمين، ثم أُرقّم السلسلة من الجهة الأقرب إليها.

$$\overset{4}{CH_3}\overset{3}{CH_2}\overset{2}{CH_2}\overset{1}{CH_2}NH_2$$

- أكتب رقم ذرّة الكربون التي تتصل بها مجموعة الأمين تتبعها كلمة أمينو، ثم أُسمّي الألكان الذي يُمثّل سلسلة الكربون.

فيكون الاسم: 1- أمينو بيوتان

المثال 8

أُسمّي المُركّب الآتي وفقَ نظام الأيوباك: $CH_3\underset{NH_2}{C}HCH_2\underset{CH_3}{C}HCH_3$

الحلُّ:

- أحدّد أطول سلسلة كربونية تتضمّن مجموعة الأمين، وأُرقّم السلسلة من الجهة الأقرب إليها، ثم أحدّد موضع ارتباط مجموعة الأمين وكذلك مجموعات الألكيل وأُسمّيها، ثم أُسمّي الألكان الذي يُمثّل سلسلة الكربون.

$$\overset{1}{CH_3}\overset{2}{\underset{NH_2}{C}}H\overset{3}{CH_2}\overset{4}{\underset{CH_3}{C}}H\overset{5}{CH_3}$$

فيكون الاسم: 4 - ميثيل - 2 - أمينو بنتان

أتحقّق:

1- أُسمّي المُركّب الآتي وفق نظام الأيوباك:

$$CH_3CH\underset{NH_2}{C}HCH_2CH_2CH_3\ (\overset{CH_3}{\ })$$

2- أكتب الصيغة البنائية للمُركّب: 2- أمينو بيوتان

الربطُ بالحياة

تتكوّن الشوكولاتة من مزيج من الموادّ الكيميائية المُعقّدة، أحدها ينتمي إلى الأمينات وهو 2- فينيل -1- أمينو إيثان؛ ويُفترَض أنّه المسؤول عن الرغبة المتكررة في تناولها.

أبحثُ: تُصنَّف الأمينات إلى: أوليّة، وثانويّة، وثالثيّة، اعتمادًا على عدد ذرّات الكربون المرتبطة بذرّة النيتروجين. أرجع إلى مواقع إلكترونية مناسبة عبر شبكة الإنترنت، وأبحث في كيفية تسمية الأمينات الثانوية والثالثية وفق نظام الأيوباك، وأكتب تقريرًا بذلك، أو أُصمّم عرضًا تقديميًّا عن الموضوع، وأناقشه مع زملائي/ زميلاتي في الصف.

الجدول (9): درجة غليان بعض الأمينات والألكانات والكحولات.

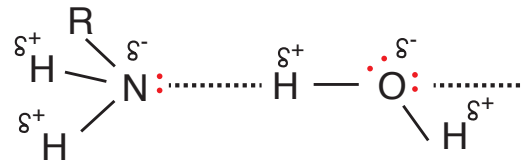
الاسم	الصيغة	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
إيثان	CH_3CH_3	30	-89
ميثيل أمين	CH_3NH_2	31	-6
إيثيل أمين	$CH_3CH_2NH_2$	45	16
إيثانول	CH_3CH_2OH	46	78

الخصائص الفيزيائية للأمينات Physical Properties of Amines

تُعدُّ الأمينات مُركّبات قطبيّة؛ نظرًا لاحتوائها على مجموعة الأمين القطبية، وترتبط جزيئات الأمينات الأولية بروابط هيدروجينيّة، حيث تحتوي على ذرّة هيدروجين مرتبطة مباشرة بذرّة نيتروجين ذات سالبيّة كهربائيّة عالية، وهو ما يفسّر ارتفاع درجات غليانها مقارنة بالألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية؛ كما يوضّح الجدول (9)، فمثلًا: درجة غليان ميثيل أمين أعلى بكثير منها للإيثان الذي ترتبط جزيئاته بقوى لندن الضعيفة مقارنة بالروابط الهيدروجينية بين جزيئات ميثيل أمين. وعند مقارنة درجات غليان الأمينات معًا تتّضح زيادة درجة غليان الأمين بزيادة عدد ذرّات الكربون فيه، أمّا عند مقارنة درجة غليان الأمين مع الكحول المُقارب له في الكتلة المولية، كما في إيثيل أمين والإيثانول؛ فيُلاحَظ ارتفاع درجة غليان الكحول مقارنة بالأمين؛ وذلك لأن قطبيّة الرابطة (O-H) أكبر من قطبيّة الرابطة (N-H)، ومن ثَم فإنّ الرابطة الهيدروجينية في الكحولات أقوى منها في الأمينات الأولية والطاقة اللازمة للتغلب عليها أكبر، ومن ثَم درجة غليان الكحولات أعلى.

ونظرًا لقدرة الأمينات الأولية والثانوية على الترابط مع الماء بروابط هيدروجينية فإنّها تذوب في الماء، كما يوضّح الشكل (13)، وتقلُّ الذائبية بزيادة عدد ذرّات الكربون؛ بسبب زيادة تأثير مجموعة الألكيل غير القطبية التي لا تذوب في الماء.

✓ **أتحقّق:** أيُّ المُركّبين الآتيين له أعلى درجة غليان:
2- بيوتانول أم
2- أمينو بيوتان؟



الشكل (13): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الأمينات الأولية والماء.

مراجعة الدرس

1 - **الفكرة الرئيسة:** ما الأساس المُعتمَد في تصنيف مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية؟

2 - **أُصنّف** المُركّبات العضوية الآتية، وأحدّد المجموعة الوظيفية في كلّ مُركّب:

$CH_3CH_2OCH_3$ ، $CH_3-\underset{\underset{CH_2CH_2CH_3}{|}}{N}-CH_3$ ، $CH_3CH_2CH_2F$ ، $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_2CH_3$

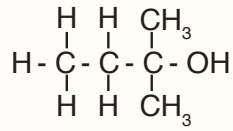
3 - **أُطبّق:** أُسمّي المُركّبات الآتية:

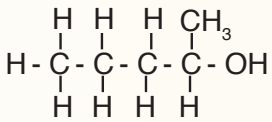
أ . $CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{CH_2CH_3}{|}}{C}}-CH_2CH_2Cl$ ب. $CH_3CH_2CH_2OCH_3$ جـ. $CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2CH_2OH$

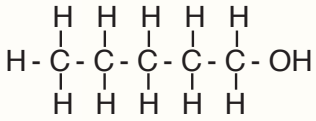
4 - **أُطبّق:** أكتبُ الصيغ البنائية لكلٍّ من المُركّبين العضويين الآتيين:

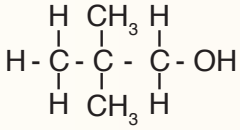
أ . 1- برومو -1- كلورو -2،2- ثنائي فلورو بروبان ب. 2- أيودو -3- بنتانول

5 - للصيغة الجُزيئيّة $C_5H_{12}O$ متصاوغات عدّة من الكحولات في ما يأتي أربعة منها، وتوضّح الرموز (A، B، C، D)، الصيغة البنائية المُفصّلة لها:

A 

B 

C 

D 

أ . **أُطبّق:** أكتب صيغًا بنائيةً مختصرة للكحولين B و D.

ب. **أُطبّق:** أُسمّي المُركّب A.

جـ. **أتوقّع:** أي هذه الكحولات له أعلى درجة غليان؟ أُفسّر إجابتي.

6 - **أصدر حكمًا:** أحدّد الخطأ في أسماء كلّ من المُركّبات الآتية، وأعيد تسميتها:

أ . 3- برومو -4 ، 6- ثنائي ميثيل هبتان ب. 4- إيثيل -4- ميثيل -2- بنتانول

7 - **أفسّر** بالرجوع إلى المعلومات في الجدول تساوي المركّبين ثنائي إيثيل إيثر وكحول 1- بيوتانول في الذائبية في الماء، والاختلاف الكبير بينهما في درجة الغليان.

اسم المركّب	الكتلة المولية	الذائبية $g/100g\ H_2O$	درجة الغليان (°C)
ثنائي إيثيل إيثر	74	8	35
1 – بيوتانول	74	8	118

مُركّبات الكربونيل والحموض الكربوكسيلية ومشتقاتها

Carbonyl Compounds, Carboxylic Acids and Derivatives

الدرس 2

الفكرة الرئيسة:

تتكوّن مجموعة الكربونيل من ذرّة كربون مرتبطة برابطة ثنائية مع ذرّة أكسجين، وتُعَدُّ مجموعة وظيفية رئيسة في بعض المُركّبات، وجزءًا من مجموعات وظيفيّة في مُركّبات أخرى.

نتاجات التعلّم:

- أُميّز الألديهايدات والكيتونات والحموض الكربوكسيلية والإسترات بناءً على المجموعة الوظيفية لكلّ منها.
- أُسمّي مُركّبات كيميائية تنتمي للألديهايدات والكيتونات والحموض الكربوكسيلية والإسترات، وأكتب صيغًا بنائية لها.
- أُفسّر بعض الخصائص الفيزيائية لمُركّبات الكربونيل والكربوكسيل ومشتقاتها بناءً على تركيبها البنائي.
- أستقصي أهميّة مُركّبات المشتقات الهيدروكربونية في الحياة اليومية.

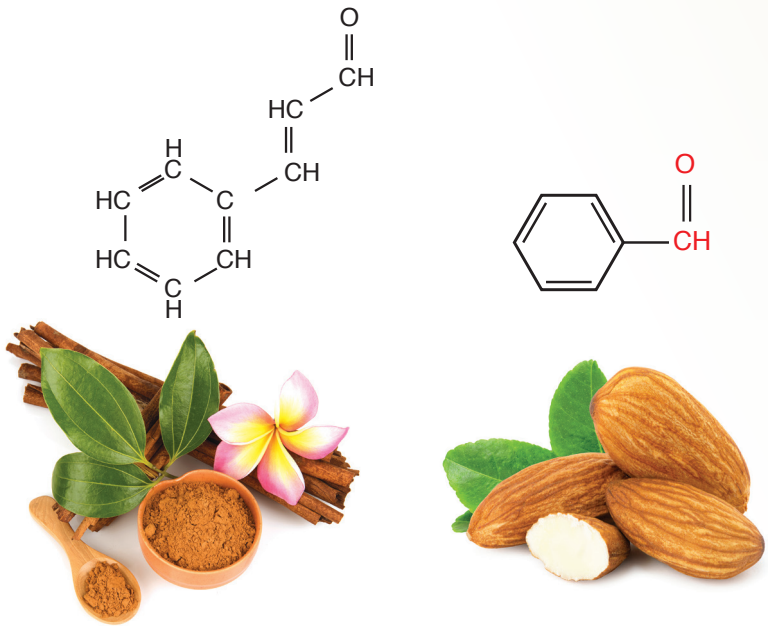
المفاهيم والمصطلحات:

الألديهايدات	Aldehydes
الكيتونات	Ketones
الحموض الكربوكسيلية	Carboxylic Acids
الإسترات	Esters

الألديهايدات Aldehydes

تعود الروائح المميزة لبعض الفواكه والورود، والطعم الخاص بمنكّهاتِ الطعام المتنوعة إلى وجود مُركّبات عضوية في تركيبها هي المسببة لتلك الروائح، تنتمي هذه المُركّبات إلى الألديهايدات، والكيتونات، والحموض الكربوكسيلية، والإسترات التي سأتعرّفها في هذا الدرس.

تُعرَّف **الألديهايدات Aldehydes** بأنها مُركّبات عضويّة صيغتها العامة $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$، ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بذرّة هيدروجين واحدة على الأقلّ؛ تُمثّل أحد طرفي السلسلة الكربونية للمُركّب، وتُمثّل R مجموعة ألكيل أو ذرّة هيدروجين. ويحتوي الشكل (14) على بعض الموادّ ذات النكهة المميزة والألديهايد المسؤولِ عن كُلٍّ منها.



الشكل (14): النكهات المميزة للقرفة، واللَّوزِ، لاحتوائها على مُركّبات تنتمي للألديهايدات.

تسمية الألديهايدات Nomenclature of Aldehydes

اشتهرت بعض الألـديهايـدات بأسماء شائعة ما زالت مُستخدَمة حتى الآن، منها:

أمّا الطريقة المُتّبَعة لتسمية الألديهايدات وفقَ نظام الأيوباك؛ فتجري بإضافة المقطع (ال) إلى اسم الألكان المقابل فيصبح (ألكانال)، ويتضمّن الجدول (10) أسماء المُركّبات الثلاثة الأولى من الألديهايدات.

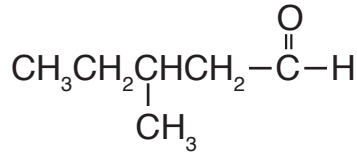
الجدول (10): أسماء بعض الألديهايدات وصيغها البنائية.

الاسم	الصيغ البنائية
ميثانال	
إيثانال	
بروبانال	

يُلاحَظ من الجدول أن ذرّة الكربون في مجموعة الكربونيل جزءٌ من سلسلة الكربون؛ لذا فإنّ أصغر الألديهايدات مُكوّن من ذرّة كربون واحدة مرتبطة بذرّتي هيدروجين وهو الميثانال، ويمكن كتابة صيغته البنائية أيضًا HCHO، حيث تُكتَب صيغة مجموعة الكربونيل في الألديهايد بصورة مختصرة (-CHO).

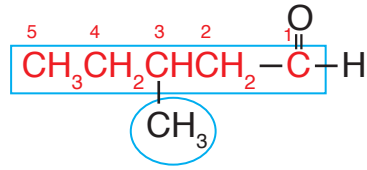
والأمثلة الآتية توضح الخطوات المُتّبعة عند تسمية الألديهايدات وفق نظام الأيوباك:

المثال 9

أُسمّي المُركّب الآتي: 

الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونيّة تتضمّن مجموعة الكربونيل الوظيفية O=C - H ، وأُرقّمها بدءًا من مجموعة الكربونيل؛ أي أنها تأخذ الرقم 1 دائمًا؛ لذا لا يُشار إلى الرقم عند كتابة الاسم، وأحدّد المجموعات الفرعية أيضًا.



ألاحظُ أن أطول سلسلة كربونيّة تتضمّن مجموعة الكربونيل مُكوَّنة من 5 ذرّات كربون، فتُسمّى بنتانال، وأن مجموعة الميثيل مُرتبطة بذرّة الكربون رقم 3.

فيكون اسم المُركّب: 3-ميثيل بنتانال

المثال 10

أكتب الصيغة البنائية للمُركّب: 4 - إيثيل هكسانال

الحلُّ:

1 - أكتب ذرّات الكربون التي تُمثّل أطول سلسلة كربونيّة في المُركّب، وهي مُكوَّنة من 6 ذرات كربون وأُرقّمها من أي طرف:

$$\overset{6}{C}-\overset{5}{C}-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}-\overset{2}{C}-\overset{1}{C}$$

2 - بما أن المُركّب ألديهايد فإنّ مجموعة الكربونيل الوظيفية تُمثّل ذرّة الكربون رقم 1، ثم أكتب مجموعة الإيثيل متّصلةً بذرّة الكربون رقم 4 كما يظهر في اسم المُركّب.

$$\overset{6}{C}-\overset{5}{C}-\overset{4}{\underset{\displaystyle CH_2CH_3}{C}}-\overset{3}{C}-\overset{2}{C}-\overset{1}{\overset{\displaystyle O}{C}}-H$$

3 - أُكمل عدد روابط الكربون مع الهيدروجين؛ بحيث يصبح مجموع الروابط حول كلّ ذرّة كربون 4 روابط كالآتي:

$$CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_2CH_3}{CH}CH_2CH_2-\overset{\displaystyle O}{C}-H$$

أتحقّق:

1) أُسمّي المُركّب الآتي:

$$CH_3CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{CH}CHCHO$$

2) أكتب الصيغة البنائيّة للمُركّب الآتي:

3 ، 3 ، 4 - ثلاثي ميثيل بنتانال

أُفكّر: أحدّد الخطأ في اسم المُركّب الآتي، وأعيد تسميته:
6 - إيثيل هبتانال.

الكيتونات Ketones

تُعرّف **الكيتونات Ketones** بأنها مُركّبات عضوية صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R`$، ترتبطُ فيها مجموعة الكربونيل بمجموعتي ألكيل، ويمكن كتابة صيغة مجموعة الكربونيل بطريقة مختصرة كالآتي: (- CO -).

ألاحظُ أن مجموعة الكربونيل $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-)$ مُميّزة للألديهايدات والكيتونات؛ لذا تشترك في الصيغة الجُزيئيّة العامة $C_nH_{2n}O$، ولكنها تختلف في الصيغة البنائية.

تسمية الكيتونات Nomenclature of Ketones

يتكوّن أصغر الكيتونات من 3 ذرّات كربون، وقد اشتُهِر باسم الأسيتون، وهو نفسه المُستخدَم لإزالة طلاء الأظافر، والأمثلة الآتية تُمثّل بعض الكيتونات وأسمائها الشائعة:

$CH_3CH_2COCH_2CH_3$ ، $CH_3COCH_2CH_3$ ، CH_3COCH_3

ثنائي إيثيل كيتون　　إيثيل ميثيل كيتون　　ثنائي ميثيل كيتون (الأسيتون)

أمّا الطريقة المُتّبَعة لتسمية الكيتونات وفقَ نظام الأيوباك؛ فتجري بإضافة المقطع (ون) إلى اسم الألكان المقابل فيصبح (ألكانون)، والأمثلة الآتية توضّح الخطوات المُتّبَعة عند التسمية:

المثال 11

أُسمّي المُركّب الآتي وفق نظام الأيوباك : $CH_3CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونيّة مستمرة في المُركّب، وأُرقّمها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل.

$$\overset{4}{CH_3}\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\overset{O}{\overset{\|}{C}}}-\overset{1}{CH_3}$$

ألاحظُ أن السلسلة غير مُتفرّعة وأنها مُكوَّنة من 4 ذرّات كربون؛ أي مشتقّة من البيوتان، وأنّ مجموعة الكربونيل تُمثّل ذرّة الكربون رقم 2؛ فيكون اسم المركب 2- بيوتانون، ولأن مجموعة الكربونيل ليس لها إلا موقع واحد هو ذرّة كربون رقم 2؛ فيُكتَب اسم المُركّب: بيوتانون.

أمّا في الكيتونات التي تحتوي السلسلة الكربونية فيها على أكثر من 4 ذرّات كربون؛ فإنه يُكتَب رقم ذرّة كربون مجموعة الكربونيل كما في المثال الآتي:

المثال 12

أُسمّي المُركّب الآتي وفق نظام الأيوباك: $CH_3COCH_2CH_2CH_3$

الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونيّة مستمرّة في المُركّب، وأُرقّمها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل.

$$\underset{1}{CH_3}\underset{2}{CO}\underset{3}{CH_2}\underset{4}{CH_2}\underset{5}{CH_3}$$

ألاحظُ أن السلسلة غير متفرّعة، وأنّها مُكوَّنة من 5 ذرّات كربون؛ أي مشتقّة من البنتان، وأن مجموعة الكربونيل تُمثّل ذرّة الكربون رقم 2؛ فأُسمّي المُركّب: 2- بنتانون.

المثال 13

أُسمّي المُركّب الآتي وفق نظام الأيوباك:

$$CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle \|}{C}}-CH_2CH_3$$

الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرّة في المُركّب، وأُرقّمها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل، وأحدّد المجموعات الفرعيّة وموقعها على السلسلة.

$$\underset{7}{CH_3}\underset{6}{CH_2}\underset{5}{CH_2}\underset{4}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}}-\underset{3}{\underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle \|}{C}}}-\underset{2}{CH_2}\underset{1}{CH_3}$$

ألاحظُ أن عدد ذرّات الكربون في السلسلة الكربونية 7، وأن ذرّة الكربون رقم 3 تُمثّل مجموعة الكربونيل، وأن مجموعة الميثيل ترتبط بذرّة الكربون رقم 4 فيكون اسم المُركّب: 4 - ميثيل -3- هبتانون.

أتحقّق:

أكتب الصيغة البنائية للمُركّب الآتي:

4،3 - ثنائيّ ميثيل -2- هكسانون

أُفكّر: أكتب الصيغ البنائية لمتصاوغات الصيغة الجُزيئيّة C_3H_6O وأُسمّيها.

الجدول (11): درجة غليان بعض الألديهايدات والكيتونات مقارنة بالألكانات والكحولات.

الاسم	الصيغة	درجة الغليان (°C)
بنتان	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	36
بيوتانال	$CH_3(CH_2)_2CHO$	76
بيوتانون	$CH_3CH_2COCH_3$	80
1- بيوتانول	$CH_3(CH_2)_2CH_2OH$	118

أفكّر: أرتّب المُركّبات الآتية وفق تزايد ذائبيتها في الماء:

CH_3CHO

$CH_3(CH_2)_5CHO$

$CH_3COCH_2CH_3$

الخصائص الفيزيائية للألديهايدات والكيتونات

Physical Properties of Aldehydes and Ketones

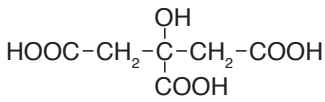
تُعدُّ الألديهايدات والكيتونات مركبات قطبيّة؛ بسبب احتوائها على مجموعة الكربونيل $\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$ ، وتترابط جزيئاتها في ما بينها بقوًى ثنائيّةِ القطب، ومن ثَم فإنّها تمتلك درجات غليانٍ أعلى من درجات غليان الألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية، وأقلّ من درجات غليان الكحولات المقاربة لها في الكتلة المولية، كما يوضّح الجدول (11). وتذوب الألديهايدات والكيتونات في الماء؛ بسبب الروابط الهيدروجينية التي يُكوّنُها الماء مع جزيئاتها، وتقلّ ذائبيّتها في الماء بزيادة عدد ذرّات الكربون في كلٍّ منها، كما تذوب الألديهايدات والكيتونات في المُذيبات العضوية، وتُستخدَم بوصفها مُذيبات عضوية أيضًا، والجدول (12) يُوضّح بعض استخدامات الألديهايدات والكيتونات:

أتحقّق: أحدّد المُركّب الذي له أعلى درجة غليان: 2- بنتانون أم 2- بنتانول

الجدول (12): بعض استخدامات الألديهايدات والكيتونات.

يُستخدَم البروبانون بوصفه مُذيبًا في صناعة المواد اللاصقة.		يُستخدَم محلول الفورمالديهايد المائي لحفظ أجسام بعض الكائنات الحيّة أو أجزاء منها.
يُستخدَم الميثانال في تحضير نوعٍ من البلاستيك الصلب الذي يُستخدَم في صناعة أجزاء من السيارة، مثل: المقود، ومبدّل السرعة.		يُستخدَم البروبانون مادّة خام لتصنيع نوعٍ من البلاستيك له استخدامات متنوعة، مثل: صناعة أضوية السيارات.

الشكل (15): تحتوي الحمضيات على حمض الستريك، وصيغته البنائية:



الحموض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

تحتوي المواد الغذائيـة المختلفة على الحموض الكربوكسيلية، فمثلًا: يوجد حمض الستريك في البرتقال والليمون. أنظر الشكل (15)، وفي الحليب واللبن يوجد حمض اللّاكتيك، وفي الخلّ حمض الأستيك وغيرها. فما الحموض الكربوكسيلية؟ وما طريقة تسميتها؟

الحمـوض الكربـوكسيليـة Carboxylic Acids: حمـوض عضـويـة، صيغتها العامـة R-COOH حيث R هي مجموعـة ألكيل، وقد تكـون H و $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ هي مجموعة الكربوكسيل الوظيفية.

تسمية الحموض الكربوكسيلية

Nomenclature of Carboxylic Acids

تُسمّى الحموض الكربوكسيلية وفقَ نظام الأيوباك بإضافة المقطع (ويك) إلى اسم الألكان المقابل، وكلمة (حمض) في بداية الاسم، فيصبح الاسم العام لها (حمض ألكانويك)، والجدول (13) يتضمّن بعض الحموض الكربوكسيلية وأسمائِها.

يُلاحَظ من الجدول أن أصغر الحموض الكربوكسيلية يتكوّن من ذرّة كربون واحدة فقط هي ذرّة كربون مجموعة الكربوكسيل، ويُلاحَظ أيضًا أن مجموعة الكربوكسيل مجموعة طرفية، ؛ لذا يبدأ منها ترقيـم السلسلة الكربونيـة دائمًا في أي حمض كربوكسيلي؛ أي أن رقمها (1)، ومن ثَم لا يُشارُ إليه في الاسم.

الجدول (13): أسماء بعض الحموض الكربوكسيلية وصيغها.

اسم الحمض	الصيغة البنائية
حمض الميثانويك	$HCOOH$
حمض الإيثانويك	CH_3COOH
حمض البروبانويك	CH_3CH_2COOH

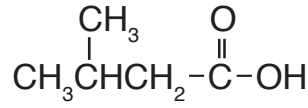
الربطُ بالعلوم الحياتية

قد تُسبّب لسعة النملة إحساسًا بالألـمِ ناتجًا من إفـرازها لحمـض الميثانويـك الـذي يسـبب هـذا الألـم؛ لـذا يُطلَـقُ عليـه اسـم حمـض النمليـك، ومـن أسـمائه الشـائعة أيضًـا حمـض الفورميـك. ويمكـن معالجـة هـذا الألـم باسـتخدام محلـول قاعـديّ مـن كربونات الصوديـوم الهيدروجينيـة.

والأمثلة الآتية توضّح الخطوات المتّبَعة لتسمية الحموض الكربوكسيلية وفق نظام الأيوباك:

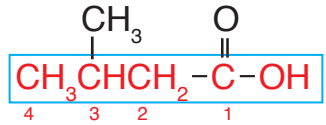
المثال 14

أُسمّي المُركّب الآتي :



الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرّة في المُركّب، وأُرقّمها بدءًا من ذرّة كربون مجموعة الكربوكسيل، وأحدّد المجموعات الفرعية ومواقعها على السلسلة.

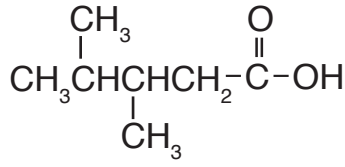


ألاحظُ أن أطول سلسلةٍ كربونيةٍ متضمّنةٍ ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل مُكوَّنة من 4 ذرّات كربون؛ أي مُشتقّة من البيوتان، وأن مجموعة الميثيل مرتبطة بذرّة الكربون رقم 3 فيكون اسم المُركّب:

حمض 3 - ميثيل بيوتانويك

المثال 15

أُسمّي المُركّب الآتي:



الحلُّ:

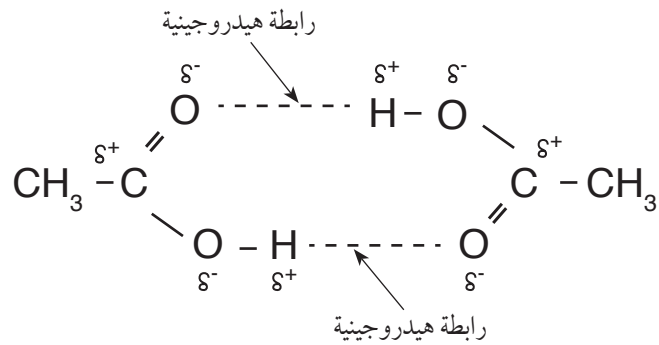
أُسمّي المُركّب بالطريقة السابقة نفسِها؛ فألاحظُ أن أطول سلسلة كربونية متضمّنة ذرّة كربون مجموعة الكربوكسيل مُكوَّنة من 5 ذرّات كربون؛ أي مشتقّة من البنتان، وأن ذرّة الكربون رقم 3 مرتبطة بمجموعة ميثيل وذرّة كربون رقم 4 أيضًا، فيكون الاسم:

حمض 3، 4 - ثنائي ميثيل بنتانويك.

✓ أتحقّق:

أكتب الصيغة البنائية للمُركّب الآتي:

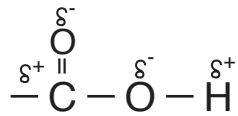
حمض 4 - إيثيل هكسانويك.



الشكل (16): الرابطة الهيدروجينية بين جزيئين من الحموض الكربوكسيلية.

الخصائص الفيزيائيّة للحموض الكربوكسيلية

Physical Properties of Carboxylic Acids



الصيغة العامة لمجموعة الكربوكسيل

تحتوي مجموعة الكربوكسيل على مجموعة كربونيل قطبية ومجموعة هيدروكسيل قطبية أيضًا، وهي قادرة على تكوين روابط هيدروجينية، ويوضّح الشكل (16) ترابط جزيئين من حمض الإيثانويك، يُلاحَظ أن ذرّة الهيدروجين في مجموعة الهيدروكسيل من أحد الجزيئين ترتبط برابطة هيدروجينية مع ذرّة أكسجين مجموعة الكربونيل من الجزيء الآخر والعكس في الترابط الثاني؛ أي أن كلّ جزيئين يرتبطان برابطتين هيدروجينيّتين ويُشكّلان ثُنائيًّا (dimer)، وتترابط هذه الثنائيات بقوى لندن.

ولكن ما تأثير ذلك في الخصائص الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية؟ لمعرفة ذلك أتأمّل الجدول (14) الذي يوضّح درجة غليان حمض البروبانويك ودرجة غليان 1- بيوتانول، ويُلاحَظ فيه ارتفاع درجة غليان حمض البروبانويك مقارنةً بكحول 1- بيوتانول مع أن قوى التجاذب بين جزيئات كلّ منهما هي الروابط الهيدروجينية؛ والسبب في ذلك هو أن عدد الروابط الهيدروجينية التي يكوّنُها الحمض هو ضعف عددها في الكحول.

الجدول (14): مقارنة درجة غليان حمض البروبانويك مع 1- بيوتانول.

المُركّب	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
حمض البروبانويك	74	141
1- بيوتانول	74	118

تذوب الحموض الكربوكسيلية في الماء؛ حيث ترتبط جزيئاتها بروابط هيدروجينيّة مع جزيئات الماء، وكلّما زاد عدد ذرّات الكربون في مجموعة الألكيل R في الحمض قلّت الذائبية.

تتأيّن الحموض الكربوكسيلية عند ذوبانها في الماء حسب المعادلة:

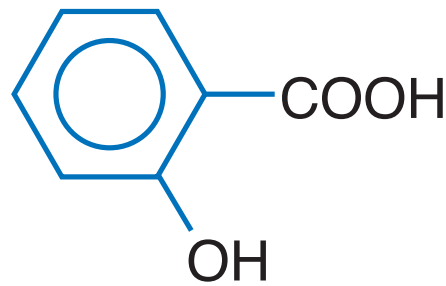
$$RCOOH + H_2O \rightleftharpoons RCOO^- + H_3O^+$$

وتدخل الحموض الكربوكسيلية في صناعة العصائر، وتُستعمَل أملاحُها في مجالات عدّة، منها ملح بنزوات الصوديوم C_6H_5COONa الذي يُستعمَل مادة حافظة تُضاف إلى بعض الموادّ الغذائية المُصنّعة، كذلك يُستخدَم حمض الساليسليك في صناعة الأسبرين. أنظرُ الشكل (17).

أُفكّر: بالرجوع إلى الجدول (14) أُفسّر: لماذا قورنت درجة غليان حمض البروبانويك بكحول 1- بيوتانول وليس 1- بروبانول؟

أتحقّق:

أيّ المُركّبين له أعلى درجة غليان: حمض البروبانويك، أم حمض البيوتانويك؟ أُفسّر إجابتي.



الشكل (17): الصيغة البنائية لحمض الساليسليك.

الإسترات Esters

تُعرَّف **الإسترات Esters** بأنها مُركّبات عضوية صيغتها العامة: $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OR'$، وهي من مُشتقات الحموض الكربوكسيلية.

تمتاز الإسترات بروائح عطرة، فمعظم روائح الأزهار ونكهات الفواكه وروائحها هي إسترات طبيعية، أنظر الشكل (18). ويمكن تحضيرُ الإسترات من تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول؛ إذ تدخل في صناعة العطور والحلويات ومستحضرات التجميل والشموع العطرية وغيرها.

أُفكّر:

أ . أُسمّي الحمض الكربوكسيلي والكحول المكوّنين لكل من المركّبين بيوتانوات البروبيل وبروبانوات البيوتيل.

ب. هل يُعدّ المركّبان متصاوغين؟ أفسّر ذلك.

تسمية الإسترات Nomenclature of Esters

يُسمّى الإستر حسب نظام الأيوباك اعتمادًا على الحمض الكربوكسيلي والكحول المُكوِّنين له، إذ يتكون الاسم من كلمتين؛ الأولى مشتقة من اسم الحمض باستخدام المقطع (وات) بدل المقطع (ويك)، والثانية تُمثّل مجموعة الألكيل المأخوذة من الكحول، فيكون اسم الإستر العام ألكانوات الألكيل، كما هو مُوضَّح في الشكل الآتي:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OR'$$

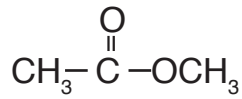
R – C(=O) – OR`

من الحمض الكربوكسيلي: ألكانوات

من الكحول: ألكيل

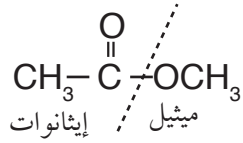
الشكل (18): بعض أنواع الفواكه والإسترات المسؤولة عن الرائحة المميزة لها.

المثال 16

أُسمّي المُركّب الآتي : 

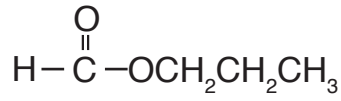
الحلُّ:

أحدّد الشقّ من الحمض الكربوكسيلي، وهو الجزء الذي يحتوي على مجموعة الكربونيل، يُلاحَظ أنّه مُكوَّن من ذرّتي كربون؛ أي مشتق من حمض الإيثانويك فأُسمّيه إيثانوات، أمّا الشقّ المأخوذ من الكحول فهو مجموعة الألكيل المرتبطة بذرّة الأكسجين وهو مُكوَّن من ذرّة كربون واحدة؛ أي مجموعة ميثيل.



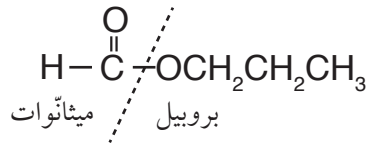
فيكونُ اسم المُركّب: إيثانوات الميثيل

المثال 17

أُسمّي المُركّب الآتي: 

الحلُّ:

أُكرّر الخطوات السابقة للتوصل إلى اسم المُركّب:



فيكون اسم المُركّب: ميثانوات البروبيل

أفكّر: هل تُشكّل الحموض الكربوكسيلية والإسترات المتساوية في عدد ذرّات الكربون متصاوغات؟ أبرّر إجابتي.

✓ **أتحقّق:** أكتب الصيغة البنائية للمادة المسؤولة عن رائحة الأناناس: بيوتانواتِ الإيثيلِ.

الشكل (19): تُستخدَم الإستـرات فـي صناعة أكيـاس التغليف.

الخصائص الفيزيائية للإسترات Physical Properties of Esters

المجموعة الوظيفيّة المُميِّزة للإسترات هي مجموعة الإستر - COO -؛ وهي مجموعة قطبية $-\overset{\delta^+}{C}(=\overset{\delta^-}{O})-\overset{\delta^-}{O}-$ ؛ لذا فالإسترات مُركّبات قطبيّة؛ ولكنها لا تمتلك ذرّة هيدروجين مرتبطة مباشرة مع ذرّة الأكسجين، لذلك فهي غير قادرة على عمل روابط هيدروجينية في ما بينها، وهو ما يُفسّر انخفاض درجة غليانها مقارنة مع الحموض الكربوكسيلية المساوية لها في الكتلة المولية، وكذلك انخفاض ذائبيّتها في الماء، فالإسترات التي يزيد عدد ذرّات الكربون فيها على (5) لا تذوب في الماء.

وتُعدُّ الإسترات مُذيبات جيدةً للمُركّبات العضوية، منها ما يُستخدَم لإذابة الدهانات. وتدخل الإسترات أيضًا في صناعة الموادّ اللاصقة، وفي تصنيع أكياس النايلون والبلاستيك المُستخـدَم للتغليف كمـا في الشكل (19).

✓ أتحقّق:

أحدّد المُركّب الذي له أعلى درجة غليان:

1) $CH_3COOCH_2CH_2CH_3$ أم $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$

2) $HCOOCH_3$ أم CH_3COOCH_3

التجربة 1

اختبار ذوبان بعض المُركّبات العضوية في الماء

الموادّ والأدوات:

المُركّبات العضوية الآتية: كحول الإيثانول، ثنائي إيثيل إيثر، 1- هكسانول، هبتان، حمض الإيثانويك، بروميد الإيثيل، ماء مُقطَّر.

أنبوب اختبار عدد (7) وأُرقّمها بحيث تشير الأرقام إلى المُركّبات العضوية المُستخدَمة بالترتيب، قطارة مُدرّجة، حامل أنابيب اختبار.

أصوغ فرضيتي حول العلاقة بين نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل وكتلته المولية وذائبيته في الماء.

إرشاداتُ السلامة:

- اتّباع إرشادات السلامة العامّة في المختبر.
- ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات والكمامة.
- إبعاد المُركّبات العضوية عن مصدر اللهب.
- الحذر من استنشاق الموادّ العضويّة على نحوٍ مباشر.

أختبر فرضيتي:

1- **أقيس** (1 mL) من الماء المُقطَّر باستخدام القطّارة، وأضعها في أنبوب الاختبار رقم (1).

2- **أقيس** (1 mL) من كحول الإيثانول باستخدام القطارة، وأضيفها إلى أنبوب الاختبار رقم (1) قطرةً بعد قطرة، وأطرق بطرف السبابة على الجزء السفلي من الأنبوب بهدف التحريك.

3- **ألاحظ:** هل يمتزج كحول الإيثانول مع الماء أم تتكوّن طبقتان منفصلتان؟ وإذا تكوّنت طبقتان منفصلتان؛ فهل هما متساويتان في الحجم أم لا؟

4- **أُنظّم البيانات:** أُسجّل بياناتي في الجدول كالآتي:

يمتزج كلّيًّا، يمتزج جزئيًّا، لا يمتزج.

5- أُكرّر الخطوات السابقة باستخدام المُركّبات العضوية المتبقية وأسجّلُ ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1- **أصنّف** المُركّبات العضوية حسب ذوبانها في الماء.

2- أحدّد نوع قوى التجاذب بين جُزيئات كلّ مُركّب.

3- **أستنتج** العلاقة بين نوع قوى التجاذب بين جُزيئات السائل وذوبانه في الماء.

4- **أُفسّر:** يذوب الإيثانول تمامًا في الماء، في حين لا يذوب 1- هكسانول تمامًا فيه.

5- **أضبط المتغيّرات:** أحدّد المتغير المستقل والمتغير التابع ومتغير ضُبِط عند استقصاء ذائبية كل من المركّبات الآتية:

أ . الإيثانول و 1- هكسانول.

ب . هبتان (Mr 100g/mol)، 1- هكسانول (Mr 102g/mol)، وبرومو إيثان (Mr 109g/mol).

مراجعة الدرس

1 - **الفكرة الرئيسة: أُفسّر**: على الرغم من تشابه الألديهايدات والكيتونات في المجموعة الوظيفية؛ إلا أنهما صُنّفا بوصفهما نوعين مختلفين من المُركّبات العضوية.

2 - أوضّح المقصود بكلّ ممّا يأتي: • الحموض الكربوكسيلية • الإسترات

3 - **أُفسّرُ** استخدام عدد من مُركّبات المُشتقّات الهيدروكربونيّة، مثل الإيثرات والكيتونات، مُذيبات عضويّة.

4 - **أصنّفُ** المُركّبات العضوية الآتية، وأحدّد المجموعة الوظيفية في كلّ مُركّب:

أ. $CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ ب. $CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}OCH_3$ جـ. $CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_2CH_3$

5 - **أطبّق**: أُسمّي المُركّبات الآتية وفقَ نظام الأيوباك:

أ. $H\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_2CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}\text{-}CH(CH_3)\text{-}CH_2CH_2CH_3$

ب. $CH_3(CH_2)_3COOH$

جـ. $CH_3O\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}CH_2CH_2CH_2CH_3$

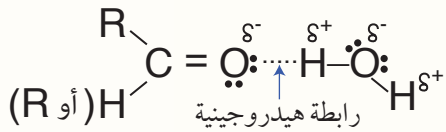
6 - **أطبق**: أكتبُ الصيغ البنائية للمُركّبات العضوية الآتية:

أ. الإستر المُكوَّن من الميثانول وحمض الميثانويك.

ب. 3،3- ثنائي كلورو بيوتانال.

7 - **السبب والنتيجة**: ما سبب التقارب في درجة الغليان بين إيثانوات الميثيل (57.5 °C) وميثانوات الأيثيل (54 °C).

8 - **أطرح سؤالًا** تكون إجابته متضمّنة في الشكل الآتي:



الفكرة الرئيسة:

المُبلمَرات مُركّبات ضخمة طبيعيّة أو صناعية، لكلٍّ منها أهميته واستخداماته المرتبطة بتركيبه وخصائصه.

نتاجات التعلّم:

- أتعرّف العلاقة بين المونومرات والمُبلمَرات.
- أُفسّر أثر الاختلاف في التركيب البنائي للمُبلمَرات في خصائصها واستخداماتها.
- أكتب معادلات كيميائية توضّح كيفية تكوُّن بعض المُبلمَرات من مُكوِّناتها الأساسية.
- أتوصل إلى أهميّة المُبلمَرات في أجسام الكائنات الحية وفي الحياة اليومية.

المفاهيم والمصطلحات:

مُبلمَرات	Polymers
مونومرات	Monomers
البلمرة	Polymerization
المُبلمَرات الصناعية	Industrial Polymers
المُبلمَرات الطبيعية	Natural Polymers
البروتينات	Proteins
الحموض الأمينية	Amino Acids
تكنولوجيا المُبلمَرات	Polymer's Technology

المُبلمَرات Polymers

تعدُّ المُبلمَرات من المُركّبات المهمة التي تؤدي وظائف حيوية في أجسام الكائنات الحية، ومنها ما يدخل في غذائها، وتدخل في كثير من الصناعات في مجالات مختلفة. فما المُبلمَرات؟ وكيف تتكوّن؟ ولماذا تختلف في خصائصها؟ هذا ما سأتعرّفه في هذا الدرس.

تعرَّف **المُبلمَرات Polymers** بأنها جزيئات ضخمة ذات كتلةٍ جزيئيةٍ كبيرة جدًّا، وتتكوّن من اتحاد عدد كبير من جزيئات صغيرة. تُشكّل الجزيئات الصغيرة وحدة البناء الأساسية للمُبلمَر وتُسمّى **مونومرات Monomers**. وتنتجُ المُبلمَرات من تفاعل كيميائيّ يُسمّى تفاعل **البلمرة Polymerization** تتّحد فيه وحدات البناء الأساسية المكوّنة للمُبلمَر ضمن ظروفٍ مناسبةٍ من: الضغط، ودرجة الحرارة، ووجود عوامل مساعدة. وللمُبلمَر خصائص فيزيائية وكيميائية تختلف عن خصائص المونومر المُكوِّن له. وتُصنَّف المُبلمَرات إلى نوعين، هما: صناعية، وطبيعية، وقد يتكوّن المُبلمَر من وحدة بناء أساسية واحدة أو وحدتين أساسيتين أو أكثر.

المُبلمَرات الصناعية Industrial Polymers

تُعرَّف **المبلمرات الصناعية Industrial Polymers** بأنّها جزيئات ضخمة تتكوّن صناعيًّا من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية تختلف باختلاف المُبلمَر، مثل: مُبلمَر مُتعدد الإيثين، ومُتعدد البروبين. وتُستخدَم في صناعة البلاستيك، والألياف الصناعية، وغيرها. أنظر الشكل (20).

الشكل (20): أمثلة على مواد بلاستيكية.

مُبلمَر مُتعدّد الإيثين (بولي إيثيلين) Polyethene

من أشهر المُبلمَرات التي تتكوّن من الكربون والهيدروجين فقط: مُبلمَر مُتعدّد الإيثين، أو ما يُعرف باسم بولي إيثلين (كلمة «بولي» كلمة لاتينية تعني: متعدّد). يتكوّن مُبلمَر متعدّد الإيثين عند تسخين غاز الإيثين تحت ضغوط كبيرة، وبوجود عامل مُساعد، فترتبط جزيئات الإيثين نتيجةً لكسر الرابطة الثنائية (π) مُكوِّنةً سلسلة طويلة من مُبلمَر متعدّد الإيثين حسب المعادلة الآتية:

$$n CH_2=CH_2 \xrightarrow[\text{عامل مساعد}]{\text{حرارة وضغط}} -(CH_2-CH_2)_n-$$

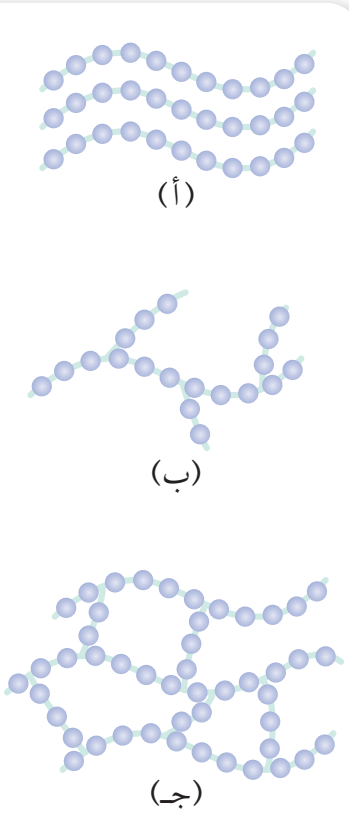
الإيثين — متعدد الإيثين (بولي إيثين)

حيث تُمثّل (n) عددًا كبيرًا من جزيئات الإيثين. وبذلك ينتج من بلمرة غاز الإيثين مُبلمَر متعدّد الإيثين؛ وهو مادة صلبة يمكن تشكيلها بأشكال متعدّدة يُطلَقُ عليها اسم البلاستيك.

ويمكنُ التحكم بالخصائص الفيزيائية لمُبلمَر متعدّد الإيثين بالتحكم بطول سلسلة المُبلمَر، فمثلًا: المُبلمَر الذي يتكوّن من 100 مونومر أقلّ صلابةً وقساوة من المُبلمَر الذي يحتوي على 1000 مونومر. وكذلك التحكُّم في مدى تفرُّع سلسلة المُبلمَر وتشابكها؛ ففي الشكل (21/ أ) يُلاحَظ أنّ المُبلمَر يتكوّن من سلاسل غير متفرّعة ما يتيحُ لها التقارب والتراصّ؛ فيكتسب قوةً وصلابة، ويسمّى هذا النوع مُبلمَر متعدّد الإيثين عالي الكثافة (HDPE)، ويُستخدَم في صناعة خراطيم المياه والحاويات البلاستيكية والأدوات المنزلية، وفي تغليف الأسلاك الكهربائية؛ لأنه مادة عازلة. وفي الشكل (21/ ب)، عندما تكون سلاسل المُبلمَر متفرّعة، فهذا يعيق تقارُبها وتراصّها؛ فينتج مُبلمَر أقلّ صلابةً وقوّةً، ويُسمّى مُبلمَر متعدّد الإيثين منخفض الكثافة (LDPE)، ويُستخدَم في صناعة الأكياس البلاستيكية.

ويظهر في الشكل (21/ جـ)؛ أنّ سلاسل المُبلمَر متشابكة؛ لذلك يكون أكثر صلابةً وقوّة من مُبلمَر متعدّد الإيثين عالي الكثافة، فيُستخدَم في المجالات التي تحتاج إلى منتجات بلاستيكيّة شديدة الصلابة.

✓ **أتحقّق:** أقارن بين مُبلمَر متعدّد الإيثين عالي الكثافة ومنخفض الكثافة، من حيث: تفرّع سلاسله، وقوة البلاستيك الناتج وصلابته.



الشكلُ (21): التركيب البنائي لأنواع مبلمر متعدد الإيثين.

التجربة 2

بناء نموذج لمُبلمَر متعدِّد الإيثين

الموادّ والادوات:

مجموعة نماذج الذرّات (الكرات والوصلات).

إرشادات السلامة:

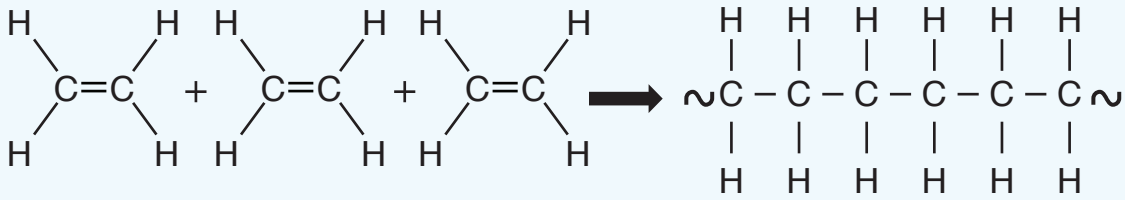
- اتّباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والنظارات الواقية والقُفّازات.

خطوات العمل:

1- **أجرّب:** أصمّم 3 نماذج لجزيء الإيثين C_2H_4 باستخدام الكرات والوصلات كما في الشكل.

2- **أجرّب:** أفكُّ الرابطة الثنائية في كلّ نموذج، وأربط إحدى ذرّتي كربون من كل نموذج مع ذرّة كربون من نموذج آخر.

3- **ألاحظ:** تكوّنت سلسلة من 6 ذرّات كربون تمثّل جزءًا من مُبلمَر متعدّد الإيثين كما في الشكل الآتي:



التحليل والاستنتاج:

1- أوضّح: هل اكتمل عدد الروابط حول ذرّتي الكربون في طرفي السلسلة؟

2- **أستنتج:** هل يمكن إضافة جزيئات إيثين جديدة إلى هذه السلسلة؟ أفسّر إجابتي.

مُبلمَر متعدّد البروبين (بولي بروبلين) Polypropene

مُبلمَر متعدّد البروبين (أو ما يُعرَف بِبولي بروبلين) ينتجُ من اتحاد عدد كبير من جزيئات البروبين $CH_2=CHCH_3$ حيث يُمثّل وحدة البناء الأساسية في هذا المُبلمَر، والرابطة الثنائية تُمكّن جزيئات البروبين من الارتباط معًا بأعداد كبيرة. تجري عمليةُ البلمرة عند تسخين غاز البروبين تحت ضغوط كبيرة وبوجود عامل مُساعد؛ فترتبط جزيئاته نتيجة لكسر الرابطة الثّنائيّة (π) مُكوِّنة سلسلة طويلة من مُبلمَر متعدّد البروبين. يشبه مُبلمَر متعدد البروبين في خصائصه مُبلمَرَ متعدد الإيثين؛ ولكنه أكثر صلابةً وسلاسله أطول؛ لذلك يُستخدَم في صناعة الأكواب والأطباق والعبوات البلاستيكية وفي صناعة السيارات؛ إذْ يدخل في صناعة المصدّات (مُخفّفات التصادم) في مقدمة السيارات، والمعادلة الآتية تُمثّل بلمرة البروبين للحصول على مُبلمَر متعدّد البروبين:

$$n\ CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow[\text{عامل مساعد}]{\text{حرارة وضغط}} \left[CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\right]_n$$

حيث تُمثّل n عددًا كبيرًا من جزيئات البروبين.

مُبلمَر متعدّد رباعي فلورو إيثين (التفلون) Teflon

ينتجُ مُبلمَر التفلون من اتّحاد عدد كبير من جزيئات رباعي فلورو إيثين $CF_2=CF_2$ حيث يُمثّل وحدة البناء الأساسية في هذا المُبلمَر حسب المعادلة الآتية:

$$nCF_2=CF_2 \xrightarrow[\text{عامل مساعد}]{\text{حرارة وضغط}} \left(CF_2-CF_2\right)_n$$

ويتميز التفلون بأنه لا يحترق، ولا يتآكل، ولا يتفاعل مع الموادّ الكيميائية؛ لذا يُستخدَم في فرش ملاعب التزلُّج، وصنع الأواني المنزلية التي لا يَلصق بها الطعام، وصنع الصمامات التي لا يلزمها التشحيم وعزل الأسلاك والكوابل.

الربط بالصناعة

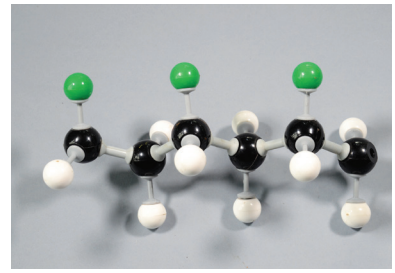
يتميزُ مُبلمَر متعدّد البروبين بأنّه حبيبات بيضاء اللون تُشكَّل بالضغط والحرارة وبوجود عوامل مساعدة للحصول على المنتجات البلاستيكية المختلفة.

الجدول (15): بعض المُبلمَرات ومعلومات عنها.

الصيغة البنائية للمونومر	اسم المونومر	اسم المُبلمَر	الاستخدام
$CH_2=CH-Cl$	كلوريد الفينيل (كلورو إيثين)	متعدّد كلوريد الفينيل PVC	الأنابيب البلاستيكية
$CH_2=CH-CN$	بروبين نيتريل	الإكريلان	الأقمشة
$CH_2=CH-C_6H_5$	الستايرين	متعدّد الستايرين	العزل الحراري

ويوضّح الجدول (15) بعض المُبلمَرات، ووحدات البناء الأساسية المكوّنة لها، واستخداماتها.

✓ أتحقّق:



يُمثّل الشكل المجاور جزءًا من مُبلمَر متعدّد كلوريد الفينيل، حيث تُمثّل الكرات البيضاء ذرّات الهيدروجين، والكرات الخضراء ذرّات الكلور، في حين تُمثّل الكرات السوداء ذرّات الكربون:

1- أكتب الصيغة البنائية لهذا الجزء من المُبلمَر.

2- أكتب الصيغة البنائية للمونومر المُكوّن له.

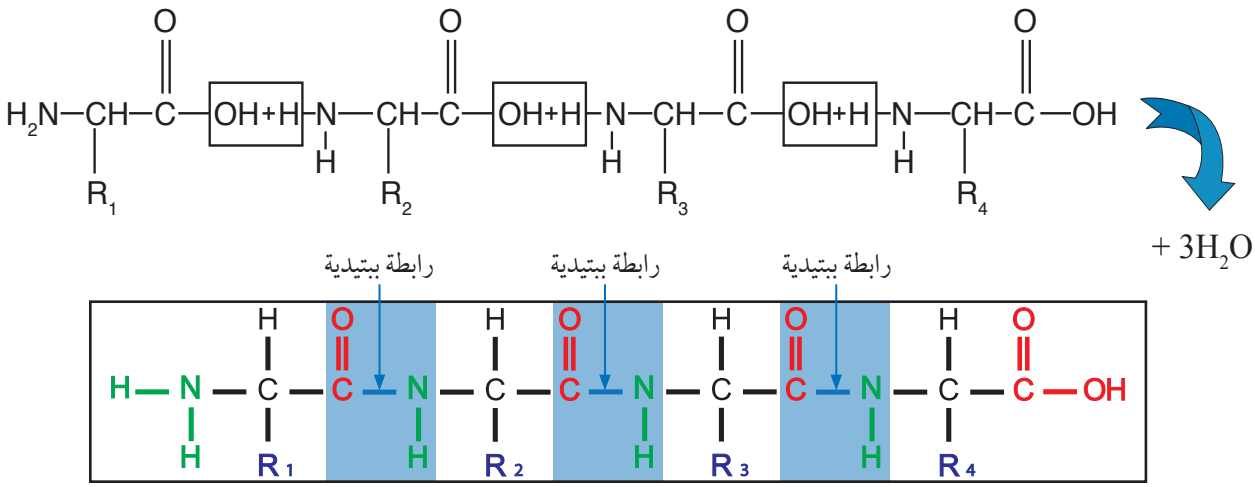
المُبلمَرات الطبيعية Natural Polymers

تُعرَّف **المُبلمَرات الطبيعية Natural Polymers** بأنها جزيئات ضخمة تتكوّن في أجسام الكائنات الحية، نباتيّة أو حيوانية، وتتكوّن من وحدات بناء أساسيّة تختلف باختلاف المُبلمر، مثل البروتين، والنشا، والحرير، والصوف، وغيرها.

البروتينات Protiens

تُعدُّ البروتينات من المُركّبات الحيوية المهمّة في أجسام الكائنات الحيّة، إذْ تدخل في تركيب الخلايا الحيّة جميعِها، وتؤدّي وظائف حيوية متنوّعة في الجسم؛ بوصفها أنزيمات وهرمونات تحفِّز التفاعُلات التي تحدث في الجسم وتنظّمها، ولها دور في نقل الأكسجين بين الخلايا وغيرها من الوظائف الحيوية. ويُحصَل عليها عن طريق الغذاء. فما البروتينات؟ وما تركيبها الكيميائيُّ؟

أبحثُ: أرجع إلى مواقع إلكترونيةٍ مناسبةٍ عبر شبكة الإنترنت، وأبحث عن (المشكلات البيئية التي يسببها الاستخدام الكثيف للبلاستيك)، وأصمّم منشورًا حول الموضوع وأناقشه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

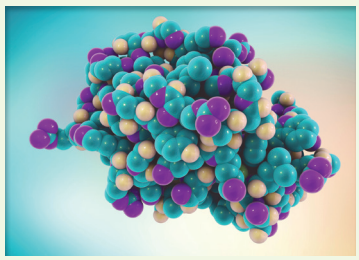


الشكل (22): الرابطة الببتيدية بين عدد من الحموض الأمينية.

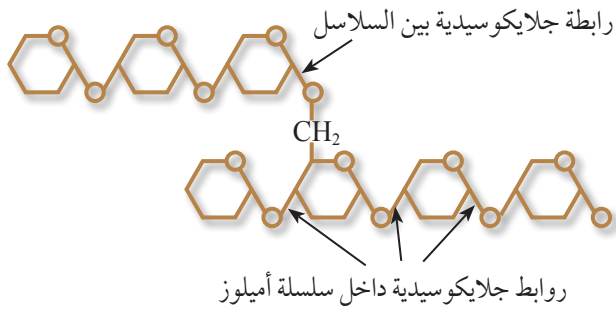
تُعرَّف **البروتينات** **Protiens** بأنها مُبلمَرات طبيعية تتكوّن من اتّحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسيّة تُسمّى الحموض الأمينية.

تُعرَّف **الحموض الأمينية** **Amino Acids** بأنها مُركّبات عضوية صيغتها العامة $R\text{-}\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}\text{-}COOH$، تحتوي على مجموعة كربوكسيل (-COOH)، ومجموعة أمين ($-NH_2$)، وطرفٌ هيدروكربوني R يختلف باختلاف الحمض الأميني. ويحتوي البروتين على حموض أمينية عدّة تشكّل وحدات البناء المُكوِّنة له، وترتبطُ في ما بينها بروابط ببتيديّة (أميدية)، كما يوضّح الشكل (22)، حيث تتفاعل مجموعة الكربوكسيل من حمض أمينيّ ومجموعة الأمين من حمض أميني آخر بحذف جزيءِ ماء، وتنشأ الرابطة الببتيديّة بين ذرّة كربون مجموعة الكربونيل وذرّة نيتروجين مجموعة الأمين $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}\underset{\underset{H}{|}}{N}-)$.

الربطُ بالعلوم الحياتية يُعدُّ أنزيم الليزوزيم بروتينًا صغيرًا نسبيًّا؛ إذ تبلغ الكتلة المولية له 14600 g/mol، ويوجد في الثدييّات في الدموع، والعرق، والخلايا البيضاء، بوصفه مضادًّا حيويًّا يعمل على تحليل خلايا البكتيريا، ويوجد في بياض البيض. ويوضح الشكل المجاور نموذجًا لهذا البروتين.



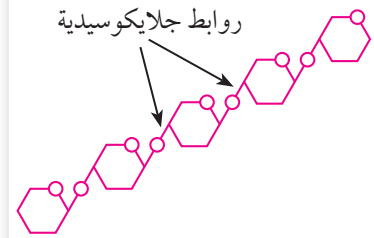
أنزيم الليزوزيم



الشكل (23): الأميلوبكتين.

النشا Starch

يوجد النشا في كثير من الموادّ الغذائية، مثل البطاطا، والأرز، والقمح، والذُّرة، ويتكوّن من 3 عناصر رئيسة، هي: الكربون، والهيدروجين، والأكسجين. ويعدُّ النشا Starch مُبلمَرًا طبيعيًّا يتكوّن من اتّحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسيّة هي سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، وتترابط في ما بينها بروابط إيثريّة (C-O-C) تُسمّى روابط جلايكوسيدية. ويتكوّن النشا من جزأين: الأميلوز الذي تترابط جزيئات السكر فيه بصورة سلاسل مستمرّةٍ تشكّل 20% - 10 من كتلة النشا، والأميلوبكتين الذي يتكوّن من اتحاد سلاسل الأميلوز معًا بروابط جلايكوسيدية مكوّنًا سلاسل مُتفرّعة تشكّل ما يقارب 90% - 80 من كتلة النشا. ويُبيّن الشكل (23) اتّحاد جزء من سلاسل الأميلوز مُكوّنةً الأميلوبكتين.



الشكل (24): مُبلمَر السليلوز.

السيليلوز Cellulose

يدخل السليلوز في تركيب جدران الخلايا النباتية، ويُستخدَم في كثير من الصناعات، مثل: الورق، والحرير الصناعي، والألبسة القطنية. ويُعدُّ السليلوز Cellulose مبلمرًا طبيعيًّا وحدةُ بنائه الأساسية سكر الجلوكوز، وتترابط جزيئات الجلوكوز فيه بروابط جلايكوسيديّة على صورة سلاسل غير متفرّعة، أنظر الشكل (24).

✓ أتحقّق:

1- أوضّح المقصود بالرابطة الببتيدية (الأميدية).

2- أقارنُ بين الأميلوز والأميلوبكتين من حيث:

- وحدة البناء الأساسية.
- تفرُّع السلاسل.

الشكل (25): مواد أولية لصناعة المُبلمَرات القابلة للتحلُّل.

تكنولوجيا المُبلمَرات
Polymer's Technology

يُعدُّ علم المُبلمَرات وتقنياته Polymer's Technology أحد مجالات الكيمياء المهمّة التي تُطوّرها المراكز البحثيّة ومُختبرات الجامعات، ويهتمّ بدراسة خصائص المُبلمَرات وتركيبها وتطبيقاتها في المجالات المختلفة، مثل تطوير مُبلمَرات ذاتِ خصائص توصيل كهربائيّ للاستخدام في التطبيقات الإلكترونيّة، وكذلك في صناعة الدهانات وتطويرها؛ وذلك بإضافة موانع التآكُل وموادّ تمنع نموّ البكتيريا والفطريات. وفي مجال الطب تُستخدَم المُبلمَرات القابلة للتحلُّل الحيوي، أنظر الشكل (25) لإيصال الدواء إلى المكان المُستهدَف والسيطرة على إفرازه فيه؛ وذلك بتحميل الدواء على موادّ لاصقة فيمتصّه الجلد، أو وضعُ الدواء داخل كبسولة مصنوعة من مُبلمَرات خاصّة تُغرَس في المكان المستهدَف من الجسم؛ حيث تتحلّل ببطء وتُفرز الدواء خلال فترة معلومة. وتدخل المُبلمَرات في صناعة الخيوط الجراحيّة وأجهزة تقويم العظام، مثل البراغي؛ إذ تتحلّل بعض أنواعها بعد مدة زمنيّة.

ويُشترَط في هذه المُبلمَرات ألّا يرفضها الجسم، وألّا تسبّب التهابًا، وأن تكون الموادّ الناتجة من تحلُّلها غير ضارّة، وأن يتمكّن الجسم من التخلُّص منها بسهولة.

✓ **أتحقّق:** أذكر أمثلة على استخدامات المُبلمَرات في مجال الصناعة.

مراجعة الدرس

1 - **الفكرة الرئيسة**: أفسر تنوُّع استخدامات المبلمرات وفق تركيبها.

2 - **أُفسّر**:

أ . يمكن استخدام البروبين في صناعة مبلمر متعدّد البروبين، في حين لا يمكن استخدام البروبان في ذلك.

ب. استخدام مُبلمَر متعدّد الإيثين منخفض الكثافة في صناعة الأكياس البلاستيكية.

جـ. أهمية أبحاث تكنولوجيا المُبلمَرات في المجال الطبي.

3 - **أطبّق**:

يُستخدَم مُبلمَر الإكريلان في صناعة الأقمشة، وينتج عن بلمرة بروبين نيتريل، وصيغته البنائية: $CH_2=CH-CN$، أجيب عمّا يأتي:

أ . ما نوع التفاعُل بين جزيئات بروبين نيتريل لتكوين المُبلمَر؟

ب. أرسم جزءًا من الصيغة البنائية لمُبلمَر الإكريلان باستخدام جزيئين من بروبين نيتريل.

4 - **أقارن** بين السليلوز والبروتين من حيث:

أ . وحدة البناء الأساسية.

ب. نوع الرابطة بين وحدات البناء.

جـ. وظيفة حيوية واحدة لكلّ منها.

5 - اعتمادًا على الجدول الآتي الذي يتضمّن قِيَم طاقة الرابطة لبعض الروابط:

أُفسّر ثبات مُبلمَر التّفلون مقارنةً بغيره من المُبلمَرات؛ سواءً الطبيعية أو الصناعية.

الرابطة	طاقة الرابطة kJ/mol
C-H	413
C-C	348
C-F	485
C-O	385
C-Cl	327

البلاستيك القابل للتحلُّل
Biodegradable Plastic

تُمثّل المخلفات البلاستيكية التقليدية مُشكلة بيئية مُعقّدة؛ نظرًا لثباتها ومقاومتها للتحلُّل بوساطة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الطبيعة؛ ما يؤدي إلى تراكُم كميات هائلة منها، سواء على اليابسة أو في مياه البحار والمحيطات، وهو ما يُشكّل خطرًا على الكائنات الحية والبيئة. فكيف يمكن حل هذه المشكلة؟

تتعرض الكائنات البحرية للاختناق بسبب تناولها المخلفات البلاستيكية.

نشِطت الجامعات ومراكز الأبحاث في مختلف دول العالم في البحث عن حل لهذه المشكلة، وقد طوّر الكيميائيون أنواعًا مختلفة من البلاستيك القابل للتحلُّل، منها:

1 - **البلاستيك المليء بالنشا Starch-filled Plastic**: طوّر العلماء نوعًا من البلاستيك يحتوي على كميّات صغيرة من حبيبات النشا، وعند دفنه تتغذّى عليها البكتيريا والفطريات الموجودة في التربة الرطبة ما يعمل على تفتيت البلاستيك إلى أجزاء صغيرة؛ فتزيد مساحة سطح البلاستيك المُعرّض للتحلُّل، وبمساعدة العوامل المُؤكسدة المضافة للبلاستيك يمكنُ أن تزداد سرعة التحلُّل.

مراحل تحلُّل البلاستيك المليء بالنشا.

2 - **البلاستيك الحراري البكتيري Bacterial Thermoplastic**: نجحت إحدى الشركات في تطوير نوع من البلاستيك يُصنَع بوساطة البكتيريا يُسمّى بولي هيدروكسي بيوترات PHB، حيث يُصنَع من موادَّ تُنتجها البكتيريا عندما تتغذّى على السكريات أو الكحول؛ فتُنتج حبيبات من PHB يُصنَع منها البلاستيك. يتميزُ هذا النوع من البلاستيك بقابليته للتحلُّل بفعل البكتيريا أو الفطريات الموجودة في التربة أو البحار والمحيطات في غضون تسعة أشهر. وقد تمكن فريق بحث من إنتاج هذا النوع نفسه من البلاستيك (PHB) من الذُّرة وقصب السكر باستخدام أنزيمات خاصة.

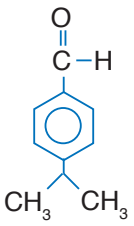
3 - **البلاستيك القابل للتحلُّل الضوئي Photodegradable Plastic**: تُصمَّم سلاسل المُبلمَرات بحيث تحتوي على مجموعات الكربونيل C=O التي تمتص الطاقة ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية، وتعمل الطاقة الممتصة على تكسير الروابط المحيطة بمجموعة الكربونيل، وعندما يتفكّكُ المُبلمَر إلى أجزاء صغيرة فإنّها تتحلّل حيويًّا بصورة أسرع.

عملية دفن للمخلفات البلاستيكية القابلة للتحلُّل.

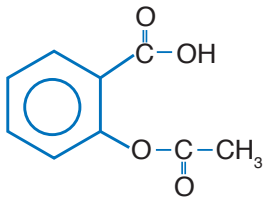
4 - **البلاستيك القابل للذوبان في الماء Water Soluble Plastic**: طُوّر نوعٌ من البلاستيك يُسمى بولي إيثينول، بحيث يمكن التحكم بدرجة ذائبيته في الماء، وهو ما أدى إلى تنوّع استخداماته؛ إذ تُصنَع منه أكياس بلاستيكيّة تُستخدَم في المستشفيات لتجميع الغسيل المُتّسِخ، وعندما تغسل تذوب الأكياس البلاستيكية ويخرج الغسيل؛ ما يقلل من مخاطر انتشار الأمراض المُعدية بسبب عمليات حمل غسيل المستشفيات ونقله.

1 . أوضّح أثر اختلاف المجموعات الوظيفية للمُركّبات العضوية في خصائصها الفيزيائية.

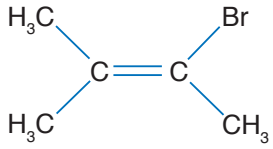
2 . **أصنّفُ**: أحدّد المجموعات الوظيفية في المُركّبات الآتية:



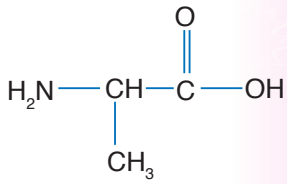
(د)



(جـ)



(ب)



(أ)

3 . أوضّح المقصود بكلّ ممّا يأتي:

أ – التصاوغ الوظيفي. ب – تفاعل البلمرة. جـ – المونومر.

4 . **أفسّرُ**:

أ – يذوب الإيثانال في الماء، في حين لا يذوب الكلوروإيثان.

ب – مُبلمَر متعدّد البروبين أكثر صلابةً وقوّةً من مُبلمَر متعدّد الإيثين.

5 . **أُطبّق**: أُسمّي المُركّبات الآتية وفقَ نظام الأيوباك:

أ – $CH_3(CH_2)_2\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3$

ب – $H\text{-}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}\text{-}OCH_2CH_2CH_3$

جـ – $CH_3CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_3$

د – $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}CH_2Cl$

هـ – $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle CHO}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3$

و – $CH_3CH_2\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3$

ز – $CH_3(CH_2)_2CH_2\text{-}O\text{-}CH_2CH_2CH_3$

6 . **أُطبّق**: أكتب الصيغ البنائية للمُركّبات الآتية:

أ . 5،3- ثنائي ميثيل -2- هكسانون.

ب . 2،2- ثنائي ميثيل-1-أمينو هكسان.

جـ . 4- كلورو -2- بنتانول.

د . حمض 5،4- ثنائي ميثيل هبتانويك.

هـ . الإستر الناتج من تفاعُل حمض البيوتانويك والإيثانول.

و . 2- إيثيل -4- ميثيل بنتانال.

7 . **أصنّفُ**: المُركّبان اللّذان يتميزان برائحة السمك الفاسد هما:

1،5- ثنائي أمينو بنتان　　1،4- ثنائي أمينو بيوتان

أ – أكتب الصيغة البنائية لكُلٍّ منهما.

ب – ما نوع المُركّب العضوي الذي يُمثّلانه؟

8 . أدرس الجدول المجاور الذي يتضمّن ثلاثة كُحولات؛ واعتمادًا عليه أجيب عن الآتي:

صيغة الكحول
CH_3CH_2OH
$CH_3CH_2CH_2OH$
$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$

أ – **أُرتّب** الكحولات حسب تزايد درجة غليانها، وأُفسّر ذلك.

ب – **أتوقّع**: هل تذوب المُركّبات الثلاثة تمامًا في الماء؟ أُفسّر إجابتي.

9 . **أقارن**: يشترك المُركّبان بيوتانال و 2- ميثيل بروبانال في الصيغة الجُزيئيّة C_4H_8O.

أ – أكتب الصيغة البنائية لكلّ منهما.

ب – هل يُمثّل المُركّبان متصاوغين؟ وإن كان كذلك فما نوع التصاوغ بينهما؟

جـ – هل يتشابه المُركّبان في درجة غليانهما؟ أُفسّر إجابتي.

10. أرادت مجموعة من الطلبة دراسة العوامل المؤثرة في درجة غليان المركّبات العضوية، فصمموا استقصاءً بمساعدة المعلم/ المعلمة، إذ اختاروا عددًا من المركّبات العضوية المتقاربة في كتلتها المولية، وجمعوا عنها البيانات الواردة في الجدول الآتي:

المركّب	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان °C	قوى التجاذب بين الجزيئات
هكسان	86	69	لندن
1– كلوروبيوتان	93	78.5	ثنائية القطب
2– بنتانون	86	102	ثنائية القطب
1– بنتانول	88	138	رابطة هيدروجينية

أجيب عمّا يأتي:

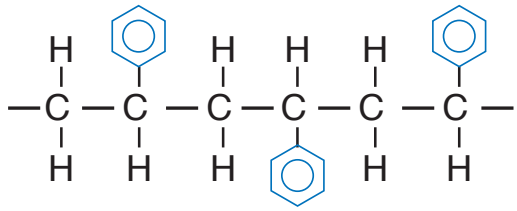
1 . أ – ما السؤال الذي حاول الطلبة الإجابة عنه في هذا الاستقصاء؟

ب – **أصوغ فرضية** الاستقصاء.

جـ – **أضبط المتغيرات**: أحدّد المتغير المستقل والمتغير التابع ومتغيرًا تم ضبطه.

2 . **أقدّم دليلًا** على أن عدد ذرّات الكربون في السلسلة الكربونية R في المركّب العضوي تؤثّر في درجة غليانه.

11. أدرس الشكل الآتي الذي يُمثّل جزءًا من الصيغة البنائيّة لمُبلمَر أحد أنواع البلاستيك؛ ثم أجيبُ عن الأسئلة التي تليه:



أ – ماذا يُسمّى هذا النوع من البلاستيك؟

ب – **أستنتج** الصيغة البنائية للمونومر المُكوّن له.

جـ – ما نوع التفاعُل الذي يؤدي إلى تكوينه؟

د – ما نوع قوى التجاذب التي تربط سلاسل هذا المُبلمَر بعضها ببعضٍ؟

12. **أصدر حكمًا:** أُحدّد الخطأ في أسماء المُركّبات الآتية، ثم أعيد تسميتها:

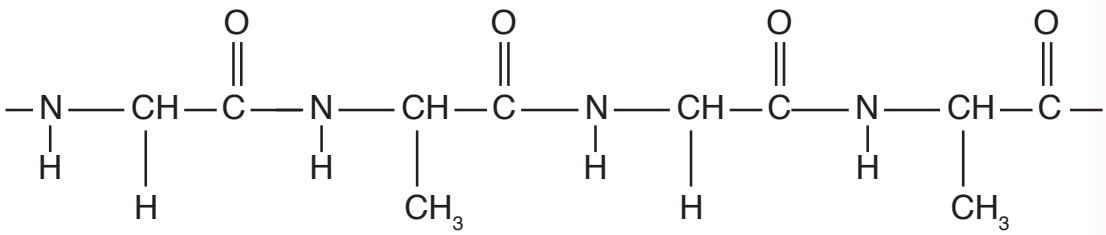
أ – 4- ميثيل -3- أمينو بنتان.

ب – 4- بروبيل -3- هكسانول.

جـ – حمض 4- ايثيل -1- بنتانويك.

د – 3، 3- كلورو -4- ميثيل هكسان.

13. أدرس الشكل الآتي الذي يُمثّل جزءًا من سلسلة بروتين، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



أ – **أستنتج** عدد الحموض الأمينية المُكوِّنة لهذا الجزء من سلسلة البروتين.

ب – أكتب الصيغة البنائية للوحدات الأساسية المُكوِّنة له.

جـ – **أستنتج** عدد الروابط الببتيدية بين الوحدات الأساسية المُكوِّنة له.

14. أختار الإجابة الصحيحة لكلّ فقرةٍ من الفقرات الآتية:

1) عدد متصاوغات الصيغة الجُزيئيّة $C_3H_6Cl_2$ يساوي:

أ – 3 ب – 4 جـ – 5 د – 6

2) أحد بروميدات الألكيل الآتية يسمى 2- برومو بيوتان:

أ – $CH_3\underset{\underset{CH_2Br}{|}}{C}HCH_3$ ب – $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_2Br}{|}}{C}}-CH_3$ جـ – $CH_3\underset{\underset{CH_2CH_2Br}{|}}{C}HCH_3$ د – $CH_3CH_2\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HBr$

3) المُركّب الآتي $CH_3\text{-}O\text{-}CH_2CH_3$ ينتمي إلى:

أ – الإيثرات ب – الألديهايدات جـ – الكيتونات د – الإسترات

4) توجد مجموعة الكربونيل $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ في المُركّبات الآتية ما عدا:

أ – الألديهايدات ب – الكيتونات

جـ – الحموض الكربوكسيلية د – هاليدات الألكيل

5) نوع المُركّب الذي يُمثّله الجزيء : $CH_3CH_2\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H\text{-}NH_2$

أ – أمين أولي ب – ثنائي أمين جـ – أمين ثانوي د – أمين ثالثي

6)المُركّب الذي يُمكن استخدامه وحدة أساسية لتكوين مُبلمَر صناعيّ:

أ – CH_3CH_3 ب – $CHCl=CHCl$ جـ – CH_3CH_2OH د – CH_2ClCH_2Cl

7)أتوقّع المركّب الذي تترابط جزيئاته بروابط هيدروجينية:

أ – $(CH_3)_3N$ ب – CH_3NH_2 جـ – CH_3OCH_3 د – CH_3F

مسرد المصطلحات

- **المُركّبات العضوية Organic Compounds:** المُركّبات التي تتكوّن بشكل رئيس من الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات.

- **المُركّبات الهيدروكربونية المشبعة Saturated Hydrocarbon Compounds:** مُركّبات ترتبط ذرّات الكربون فيها بروابط تساهمية أحادية فقط.

- **المُركّبات الهيدروكربونية غير المُشبَعة Unsaturated Hydrocarbon Compounds:** المُركّبات التي تحوي رابطة تساهميّة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون.

- **ألكانات Alkanes:** مُركّبات هيدروكربونية تحتوي على روابط تساهميّة أُحاديّة فقط.

- **الألكانات ذات السلاسل المستمرة Continuous Chain Alkanes:** الألكانات التي تترتّب فيها ذرّات الكربون بخطّ واحد.

- **الألكانات ذات السلاسل المتفرعة Branched Chain Alkanes:** الألكانات التي تحتوي على مجموعات ألكيل متفرّعة من السلسلة الأطول.

- **مجموعات الألكيل Alkyl groups:** تفرُّعات مشتقة من الألكانات الأصلية بحذف ذرّة هيدروجين واحدة؛ فتكون الصيغة العامة لها (C_nH_{2n+1}) وتُسمّى باستبدال المقطع (يل) بالمقطع (ان) في اسم الألكان ويرمز إليها بالرمز R.

- **التصاوغ Isomerism:** وجود صيغ بنائية مختلفة للصيغة الجُزيئيّة نفسها.

- **المتصاوغات البنائية Structural isomers:** اختلاف ترتيب ذرّات الكربون في الألكان عن السلسلة المستمرة.

- **المتصاوغات الوظيفية Functional Isomerism:** مُركّبات عضوية تشترك في صيغتها الجزيئية، وتختلف في مجموعتها الوظيفية.

- **ألكينات Alkenes:** مُركّبات هيدروكربونية تحتوي على رابطة مشتركة ثنائية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون متجاورتين إحداهما رابطة σ والأُخرى π ولها الصيغة العامة C_nH_{2n} .

- **ألكاينات Alkynes:** مركّبات هيدروكربونيّة تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقلّ بين ذرّتي كربون متجاورتين، ولها الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

- **المُركّبات الأروماتية Aromatic Compounds:** المُركّبات الهيدروكربونية ذات الرائحة العطرية المميزة، ويُعدُّ

البنزينُ أشهرَها، حيث تتكوّن هذه المُركّبات من حلقة بنزين أو أكثر.

- **مشتقات المُركّبات الهيدروكربونية Derivatives Of Hydrocarbon:** مُركّبات عضوية تحتوي بالإضافة للكربون والهيدروجين على ذرّة أو أكثر من عناصرَ أخرى؛ مثل الأكسجين، أو الهالوجين، أو النيتروجين.

- **مجموعة وظيفية Functional Group:** ذرّة أو مجموعة الذرّات أو الروابط المسؤولة عن الخصائص المُميِّزة للمُركّب العضوي، وتُعدُّ مركز النشاط الكيميائي فيه.

- **هاليدات الألكيل Alkyl Halides:** مُركّبات هيدروكربونيّة حلّت فيها ذرّة هالوجين أو أكثر محلّ ذرّة أو ذرّات هيدروجين، R-X.

- **الكحولات Alcohols:** مُركّبات عضوية صيغتها العامة R-OH حيث تُمثّل مجموعة الهيدروكسيل (-OH) المجموعة الوظيفية المُميِّزة لها وتُمثّل R مجموعة ألكيل.

- **الإيثرات Ethers:** مُركّبات عضويّة صيغتها العامة $R-O-R$، ترتبط فيها ذرّة الأكسجين التي تُمثّل المجموعة الوظيفية بمجموعتي ألكيل متشابهتين أو مختلفتين.

- **الأمينات Amines:** تُشتَقّ من الأمونيا NH_3 ؛ بأن تحل مجموعة ألكيل أو أكثر محل ذرّة هيدروجين أو أكثر.

- **الألديهايدات Aldehydes:** مُركّبات عضويّة صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$، ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بذرّة هيدروجين واحدة على الأقلّ.

- **الكيتونات Ketones:** مُركّبات عضويّة صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R$ ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بمجموعتي ألكيل.

- **الحموض الكربوكسيلية Carboxylic Acids:** حموض عضوية، صيغتها العامة R-COOH؛ حيث R هي مجموعة ألكيل، وقد تكون H و(-COOH) هي مجموعة الكربوكسيل الوظيفية.

- **الإسترات Esters:** مُركّبات عضويّة صيغتها العامة: $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR$ ، وهي من مشتقات الحموض الكربوكسيلية.

- **مُبلمَرات Polymers:** جزيئات ضخمة ذات كتلة جزيئيّة كبيرة جدًّا تتكوّن من اتحاد عدد كبير من جزيئات صغيرة .

- **مونومرات Monomers:** وحدة البناء الأساسية المُكوِّنة للمُبلمَر.

- **تفاعل البلمرة Polymerization:** تفاعُل كيميائي تتّحد فيه وحدات البناء الأساسية المُكوّنة للمُبلمَر ضمن ظروف مناسبة من: الضغط، ودرجة الحرارة، ووجود عوامل مساعدة.

- **المُبلمَرات الصناعية Industrial Polymers:** جزيئات ضخمة تتكوّن صناعيًّا من اتحاد عدد كبير من وحدات بناءٍ أساسيّةٍ متعدّد الإيثين، ومتعدّد البروبين. مثل: متعدّد الإيثين، ومتعدّد البروبين.

- **المُبلمَراتُ الطبيعية Natural Polymers:** جزيئات ضخمة تتكوّن في أجسام الكائنات الحية؛ نباتيّة أو حيوانية، وتتكوّن من وحدات بناء أساسيّة تختلف باختلاف المُبلمَر، مثل: البروتين، والنشا، والسليلوز، والحرير، والصوف.

- **البروتينات Proteins:** مُبلمَرات طبيعيّة تتكوّن من اتّحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسيّة (مونومرات) تُسمّى الحموض الأمينية.

- **الحموض الأمينية Amino Acids:** مُركّبات عضويّة صيغتها العامة $R\text{-}\overset{NH_2}{\overset{|}{C}}H\text{-}COOH$، تحتوي على مجموعتي كربوكسيل (-COOH)، وأمين ($-NH_2$)، وطرف هيدروكربوني R يختلف باختلاف الحمض الأميني.

- **تكنولوجيا المُبلمَرات Polymer's Technology:** أحد مجالات الكيمياء التي تهتم بدراسة خصائص المُبلمَرات وتركيبها وتطبيقاتها المختلفة.

بحمد الله تعالى

Collins