

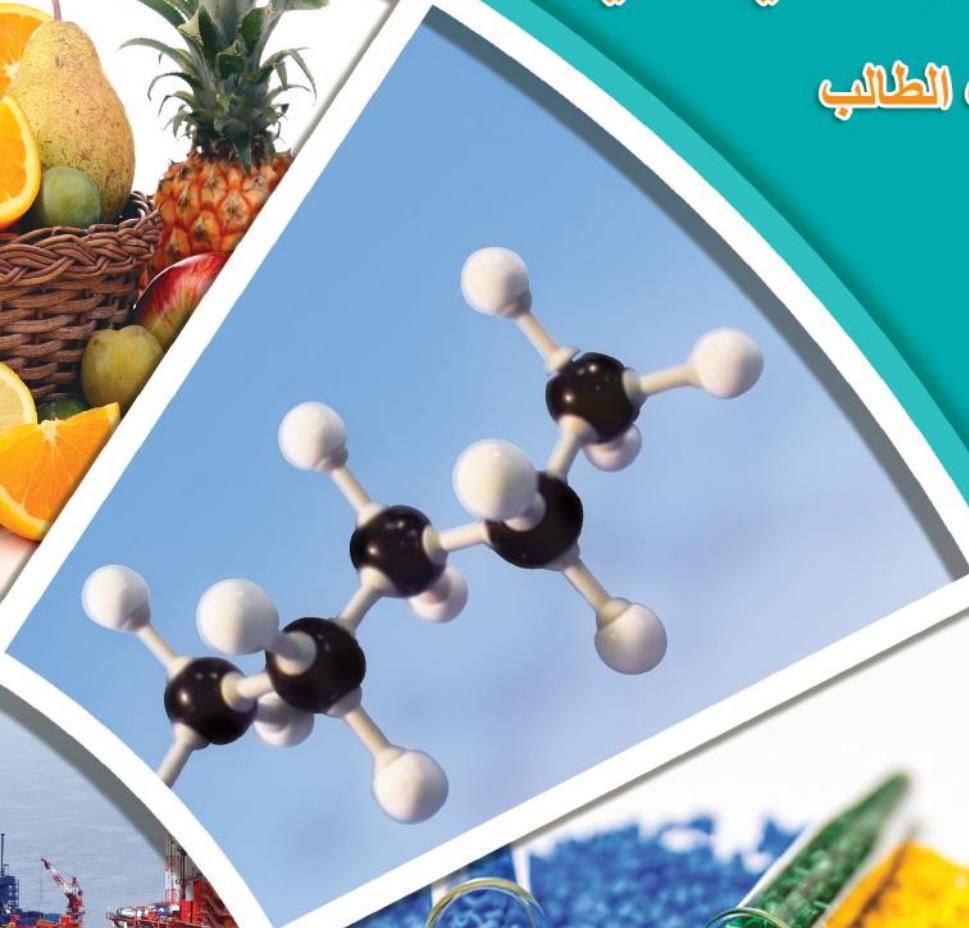
11

الكتاب

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب





الكييماء

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

كتاب الطالب

11

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيساً)

تيسير أحمد الصبيحات

بلال فارس محمود

سمير سالم عيد

جميلة محمود عطيّة

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسُرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العنوانين الآتية:



06-5376262 / 237



06-5376266



P.O.Box: 2088 Amman 11941



@nccdjor



feedback@nccd.gov.jo



www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (2024/8)، تاريخ 16/10/2024 م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (2024/170)، تاريخ 17/11/2024 م، بدءاً من العام الدراسي 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 /
الطبعة	الطبعة الأولى

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

المراجعة والتعديل

جيلاة محمود عطية

بلال فارس محمود

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.

م 2024 هـ / 1446

الطبعة الأولى (التجريبية)

قائمة المحتويات

الصفحة الموضوع

5 المقدمة

الوحدة الثالثة: المركبات الهيدروكربونية

9 التجربة الاستهلالية: بناء المركبات الهيدروكربونية

10 الدرس الأول: المركبات الهيدروكربونية المشبعة

26 الدرس الثاني: المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة والمركبات الأروماتية

41 مراجعة الوحدة

الوحدة الرابعة: مشتقات المركبات الهيدروكربونية

45 التجربة الاستهلالية: التصاوغ الوظيفي

46 الدرس الأول: هاليدات الألكيل، الكحولات، الإيثرات والأمينات

67 الدرس الثاني: مركبات الكربونيل والحموض الكربوكسيلية ومشتقاتها

82 الدرس الثالث: الميلمرات

92 مراجعة الوحدة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المقدمة

انطلاقاً 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 معيناً للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

ويعدُّ هذا الكتاب واحداً من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المتبعة عالمياً؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها حاجات أبنائنا الطلبة والمعلّمين والمعلمات.

وقد جاء هذا الكتاب مُحققاً لضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعايرها، ومؤشرات أدائها المتميّلة في إعداد جيل محظوظ بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقدر على مواجهة التحديات، ومعترٌ - في الوقت نفسه - بانتهاه الوطنى. وتأسيساً على ذلك، فقد اعتمدت دورة التعلم الخامسة المنشقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعليمية التعليمية، وتُوفّر فرصاً عديدةً للاستقصاء، وحلّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلاً عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتألف الفصل الدراسي الثاني من الكتاب من وحدتين دراسيتين، هما: المركبات الهيدروكرbone، ومشتقات المركبات الهيدروكرbone.

الحق بكتاب الكيمياء كتاب للأنشطة التجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعد الطالب/ الطالبة على تنفيذها بسهولة، وذلك اعتماداً على منحني STEAM في بعضها، بدءاً بعرض الأساس النظري لكل تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات

السلامة، وانتهاءً بأسئلة التحليل والاستنتاج. وتضمن الكتاب أيضاً أسئلة تفكير متنوعة؛ بغية تعزيز فهم الطلبة لموضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديهم.

ونحن إذ نقدم هذه الطبعة من الكتاب، فإننا نؤمن أن يُسهم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطالب/طالبة، وتنمية اتجاهات حبّ التعلم ومهارات التعلم المستمر، فضلاً عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بلاحظات المعلّمين والمعلمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

الوحدة

3

المُركّبات الهيدروكربونية

Hydrocarbon compounds



أتَأْمِلُ الصُورَةَ

يُنْتَجُ النُّفُطُ مِنْ تَحْلُلِ بَقَائِيَّاتِ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ، وَيُعَدُّ أَحَدُ أَهْمَ مَصَادِرِ الطَّاَقَةِ وَالْمَخْزُونِ الرَّئِيْسِ لِلْمُرْكَبَاتِ الْهِيَدْرُوكَرْبُونِيَّةِ الَّتِي تَدْخُلُ فِي كَثِيرٍ مِنَ الصَّنَاعَاتِ، مَثَلَ: الْبَلَاسْتِيْكُ، وَالْأَلَيَافُ الصَّنَاعِيَّةُ، وَغَيْرُهَا مِنَ الْمُرْكَبَاتِ الْكِيمِيَّيَّةِ. فَمَا الْمُرْكَبَاتِ الْهِيَدْرُوكَرْبُونِيَّةِ؟ وَمَا خَصَائِصُهَا؟

الفكرة العامة:

تتكون المركبات الهيدروكربونية من عنصر الكربون والهيدروجين فقط.

وتحتارف أنواعها باختلاف طبيعة الروابط بين ذرات الكربون، وكذلك تنوع خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتسمى المركبات الهيدروكربونية حسب نظام التسمية العالمي للأيوباك IUPAC.

الدرس الأول: المركبات الهيدروكربونية المشبعة.

الفكرة الرئيسية: تتكون المركبات الهيدروكربونية المشبعة من الكربون والهيدروجين فقط، وترتبط فيها ذرات الكربون بأربع روابط أحادية ويطلق عليها «الألkanات»، وتسمى وفق نظام التسمية العالمي IUPAC، ولها خصائص كيميائية وفيزيائية محددة.

الدرس الثاني: المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة والمركبات الأروماتية.

الفكرة الرئيسية: تتكون المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة من الكربون والهيدروجين، وترتبط فيها ذرات الكربون برابطة ثنائية أو ثلاثة واحدة على الأقل بين ذرتين كربون متجاورتين، وتعد المركبات الأروماتية مركبات هيدروكربونية غير مشبعة تتكون من حلقة بنزين واحدة أو أكثر.

تجربة استهلاكية

بناء المركبات الهيدروكربونية

المواد والأدوات: مجموعة نماذج الذرات (الكرات والوصلات).



إرشادات السلامة:

- اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والنظارات الواقية والقفازات.

خطوات العمل:

1 أختار (5) كراتٍ تحتوي كل منها على (4) ثقوب تمثل ذرات الكربون.

2 أُجرب: أستخدم الوصلات في توصيل الكرات الخمس.

3 أُطبق: أختار عدداً من الكرات متشابهة اللون التي تحتوي على ثقب واحد تمثل ذرات الهيدروجين، وأصلحها مع ذرات الكربون، وأرسم شكل المركب الناتج وأكتب صيغته الجزيئية.

4 أُصمم نموذجاً آخر باستخدام (4) كرات تمثل ذرات الكربون؛ ثم أصلحها معًا في سلسلة. أما الكرة الخامسة فأصلحها مع إحدى كرتين ذرتي الكربون الموجودة في الوسط، ثم أصل كرات الكربون جميعها بكرات الهيدروجين، وأرسم شكل المركب الناتج وأكتب صيغته الجزيئية.

5 أُصمم نموذجاً أصل به (3) كرات تمثل ذرات الكربون في سلسلة، ثم أصل الكرتين المتبقيتين مع ذرة الكربون التي تقع في الوسط، وبعد ذلك أصل الكرات التي تمثل ذرات الكربون جميعها مع الهيدروجين، وأرسم شكل المركب الناتج وأكتب صيغته الجزيئية.

التحليل والاستنتاج:

1- أقارن بين الصيغ الجزيئية للمركبات الثلاثة السابقة من حيث عدد ذرات الكربون.

2- أستنتج العلاقة بين عدد ذرات الكربون وعدد ذرات الهيدروجين.

مقدمة في الكيمياء العضوية

Introduction in Organic Chemistry

يُوجَد ملايين المركبات العضوية من حولنا، منها الصناعي الذي يُحضر في المختبرات والمصانع، ومنها الطبيعي الذي يوجد في أجسامنا وغذيتنا وكثير من الأشياء التي نتعامل بها. أنظر الشكل (1) الذي يُمثل عدداً من المواد الغذائية التي تحتوي على مركبات عضوية. في بداية القرن التاسع عشر عرف الكيميائيون أن الكائنات الحية تُتَجُّع عدداً هائلاً من مركبات الكربون، وأشاروا إليها بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة من كائنات حية (عضوية). وبعد أن قيل الكيميائيون نظرية دالتون فهموا أن المركبات الكيميائية تتكون من ذرات مرتبطة معًا بنسبي محدد، ونظرًا لعدم مقدرتهم على تحضير المركبات العضوية آنذاك؛ أخطئوا بقولهم: «إن للكائنات الحية قوة حيوية تمكنها من إنتاج مركبات الكربون». وبقيت فكرة القوة الحيوية سائدةً حتى تمكّن العالم الألماني فريدريك فوهرر من دحضها عن طريق تحضير المركب العضوي اليوريا $(\text{NH}_2\text{CONH}_2)$ من مركب غير عضوي هو سيانات الأمونيوم (NH_4OCN) .



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

تتكوّن المركّبات الهيدروكربونية المُشَبَّعة من الكربون والهيدروجين فقط، وترتبط فيها ذرّات الكربون بأربع روابط أحاديد ويطلّق عليها «الألkanات»، وتُسمّى وفق نظام التسمية العالمي IUPAC، ولها خصائص كيميائية وفريز يائة مُحدّدة.

نتائج التعلم:

- أتعرف الألكانات.
- أسمّي الألكانات وفق نظام IUPAC.
- أستخرج خصائص الألكانات.
- واستخدماتها في الحياة العملية.

المُرَكَّبات العَضُوِيَّة والْمُرَكَّبات الْهَيْدَرُوكَربُوَنِيَّة

المرّكبات الهيدروكربونية غير المشبعة	Unsaturated Hydrocarbons
Alkanes	الألكانات
Alkyl Group	مجموعة الألكيل
Isomerism	التصاوُغُ
Structural Isomers	المتصاوِغات البنائية
Halogenation	الهالجنة

يُطلق مصطلح **المُرَكَّبات العضوية** Organic Compounds على المُرَكَّبات التي تتكون بشكلٍ رئيسٍ من الكربون باستثناء أكسيد الكربون والكرييدات والكربونات. ولأهمية المُرَكَّبات العضوية؛ خصّص العلماء مجالاً خاصاً بها من علم الكيمياء سُميَّ «الكيمياء العضوية».



فريديريك فوهлер (1800-1882).

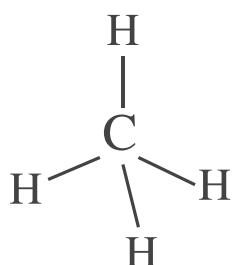
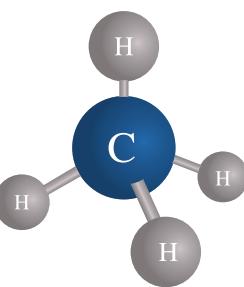
أطلق الكيميائيون على المُرَكَّبات العضوية اسمَ **مُرَكَّبات الكربون**؛ وذلك بسبب قدرة ذرة الكربون على تكوين أربع روابط تساهيَّة مع ذرات الكربون الأخرى أو ذرات العناصر المختلفة، ومنها الهيدروجين. وهذا يعطي ذرة الكربون خاصية مميزة تمثَّل في قدرتها على تكوين مُرَكَّبات في صورة سلاسل مُكوَّنة من ذرتين إلى ملايين الذرات، أو في صورة حلقات، لذا؛ قد تكون بسيطة أو مُعقَّدةً التركيب.

صنَّف الكيميائيون المُرَكَّبات العضوية إلى نوعين، هما: **المُرَكَّبات العضوية الهيدروكربونية**، ومشتقات المُرَكَّبات الهيدروكربونية.

المُرَكَّبات الهيدروكربونية Hydrocarbon Compounds

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

تتكوَّن المُرَكَّبات الهيدروكربونية **Hydrocarbon Compounds** من عنصري الكربون والهيدروجين فقط؛ لذا فهي أبسط المُرَكَّبات العضوية. وقد يُظَنُّ أنَّ عدد المُرَكَّبات الهيدروكربونية قليل، ولكن في الحقيقة هناك عدد كبير جدًا منها، وأبسطها الميثان CH_4 الذي يتكون من ذرة كربون مرتبطة مع أربع ذرات هيدروجين بروابط تساهيَّةً أحاديَّة. ويُبيَّن الشكل (2) الصيغة البنائيَّة للميثان.



الشكل (2): الصيغة البنائيَّة للميثان CH_4 .



يُستخرج الغاز الطبيعي في الأردن من حقل الريشة، ويعُدّ الميثان أحد المكونات الرئيسية لهذا الغاز.



ترتبط ذرة الكربون بروابط تساهمية أحادية؛ وقد ترتبط برابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثة مع ذرة كربون أخرى.

صنف الكيميائيون المركبات الهيدروكربونية اعتماداً على طبيعة الروابط إلى قسمين، هما: المركبات الأليفاتية التي تتكون من الهيدروكربونات المشبعة **Saturated Hydrocarbons**؛ وترتبط ذرات الكربون فيها بروابط تساهمية أحادية فقط، وكذلك من الهيدروكربونات غير المشبعة **Unsaturated Hydrocarbons** التي تحوي رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثة واحدة على الأقل بين ذرتي كربون. أمّا القسم الثاني فهو المركبات الأروماتية التي تتميز بوجود حلقة بنزين أو أكثر، وتُسمى (العطرية)؛ لأنّها ذات روائح مميزة.

الألكانات Alkanes

تُستخدم عند إشعال لهب بنسن في المختبر أو استخدام وّلاعة مادة تُسمى الألكانات **Alkanes**، انظر الشكل (3)، وهي مركبات هيدروكربونية تحوي روابط تساهمية أحادية فقط. وتترابط ذرات الكربون في الألكان في سلسلة مفتوحة قد تكون بسيطة مكونة من عدد بسيط من ذرات الكربون، أو معقّدة تحتوي على المئات من ذرات الكربون. وقد تترابط ذرات الكربون في الألكان في سلسلة مغلقة (حلقة).



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

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

تُورت في الماضي أنظمة مختلفة لتسمية المركبات العضوية، ولكن في وقتنا الحاضر يعتمد في تسميتها نظام الأتحاد الدولي للكيمياء البحثة والتطبيقية؛ International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) إذ تُسع فيه قواعد محددة للتسمية تشمل أنواع المركبات العضوية كافة، وذلك لتوحيد أسماء المركبات العضوية بين الكيميائيين في العالم؛ ليسهل عليهم دراستها وتبادل المعلومات عنها. ويعتمد هذا أحياناً قبول بعض الأسماء الشائعة (التي لها أصول تاريخية ولا تعتمد على التركيب) بصفتها بادئات في الأسماء النظامية.

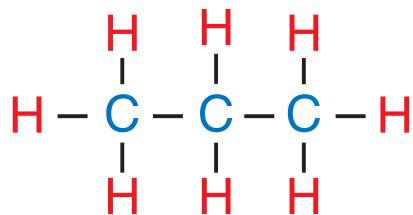
تسمية الألkanات ذات السلسل المستمرة

Nomenclature of Continuous Chain Alkanes

تُسمى الألkanات من هذا النوع بناءً على أعداد ذرات الكربون في الألkan، ويتألف الاسم من مقطعين؛ المقطع الأول بادئه مُشتقة من كلمات إغريقية، والمقطع الثاني مكون من حرف (ان)، ويعني الإشبع، ويشير إلى الألkan. وقد عُرفت الألkanات الأربع الأولى المكونة من ذرة كربون واحدة إلى أربع ذرات كربون قبل نظام التسمية IUPAC؛ لذا اشتقت بادئتها من أسماء لمركبات كيميائية إغريقية، أما الألkanات المكونة من خمس ذرات كربون فأكثر؛ فقد اشتقت بادئتها من كلمات تشير إلى الأعداد الإغريقية. والجدول (1) يتضمن أسماء الألkanات العشرة الأولى وصيغها.

الجدول (1): أسماء الألkanات العشرة الأولى وصيغها الجزيئية والبنائية.

الصيغة البنائية	الصيغة الجزيئية	اسم الألkan	البادئ	عدد ذرات الكربون
CH_4	CH_4	Methane	ميث	1
CH_3CH_3	C_2H_6	Ethane	إيث	2
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_3H_8	Propane	بروب	3
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_4H_{10}	Butane	بيوت	4
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_5H_{12}	Pentane	بنت	5
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_6H_{14}	Hexane	هكس	6
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_7H_{16}	Heptane	هبت	7
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_8H_{18}	Octane	أوكت	8
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	C_9H_{20}	Nonane	نون	9
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Decane	ديك	10



الشكل (4): الصيغة المفصلة للبروبان.

الاحظُ من الجدول أنَّ كُلَّ أَلْكَان يَزِيدُ عَلَى الْأَلْكَانِ الَّذِي قَبْلَهُ بِذَرَّةٍ كَرْبُونَ وَاحِدَةٍ وَذَرَّتِي هِيدْرُوجِينَ (CH_2), مَا يُمْكِنُنَا مِنْ اسْتِنْتَاجِ صِيَغَةِ جُزِيئِيَّةٍ عَامَّةٍ لِلْأَلْكَانَاتِ هِيَ ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$), حِيثُ تُمَثِّلُ n عَدْدَ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ؛ لِذَلِكَ يَمْكُنُ كِتَابَةُ الصِيَغَةِ الْجُزِيئِيَّةِ لِأَيِّ أَلْكَانٍ بِمَعْرِفَةِ عَدْدِ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ أَوْ الْهِيدْرُوجِينِ فِيهِ، فَمَثَلًا: الْأَلْكَانُ الَّذِي يَحْتَوِي عَلَى 12 ذَرَّةً كَرْبُونَ تَكُونُ صِيَغَتِهِ الْجُزِيئِيَّةُ $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$.

يَكْتُبُ الْكِيمِيَايِّيُّونَ صِيَغَ الْمُرْكَبَاتِ الْعُضُوِيَّةِ، وَمِنْهَا الْمُرْكَبَاتُ الْهِيدْرُوكَرْبُونِيَّةُ، بِأَكْثَرَ مِنْ صُورَةِ بَنَائِيَّةٍ؛ مِنْهَا الَّتِي تَظَهُرُ فِي الجَدُولِ (1) وَتُسَمَّى صِيَغَةُ بَنَائِيَّةٍ مُخَصَّرَةٍ، وَيُمْكِنُ أَنْ تُكْتَبُ الْمُرْكَبَاتُ بِصُورَةِ صِيَغَةِ مُفَصَّلَةٍ تَظَهُرُ الْرَوَابِطُ فِيهَا جَمِيعَهَا بَيْنَ الذَرَّاتِ، كَمَا فِي الشَكْلِ (4) الَّذِي يُمَثِّلُ الصِيَغَةَ المُفَصَّلَةَ لِمُرْكَبِ الْبَرُوبَانِ.

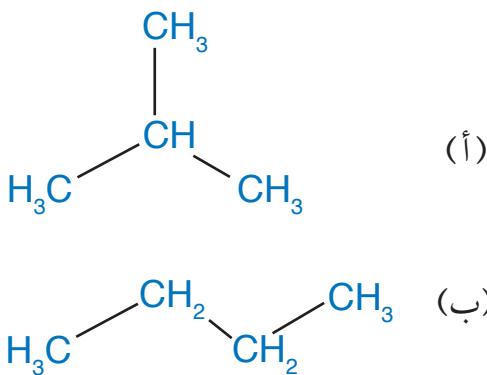
وَقَدْ تُكْتَبُ الْمُرْكَبَاتُ بِصُورَةِ هِيَكِلِيَّةٍ كَمَا فِي الشَكْلِ (5)، حِيثُ تُمَثِّلُ بِدَائِيَّةِ السَلِسَلَةِ وَنِهَايَتِهَا ذَرَّةُ كَرْبُونٍ مُتَّصِّلَةٍ مَعَ ثَلَاثَ ذَرَّاتِ هِيدْرُوجِينٍ CH_3 ، وَكُلُّ زَاوِيَّةٍ تُمَثِّلُ CH_3 .



الشكل (5): الصورة الهيكلية للبروبان.

- أَتَحَقَّقُ:**
- أَكْتُبِ الصِيَغَةَ الْجُزِيئِيَّةَ لِأَلْكَانٍ يَحْتَوِي عَلَى 15 ذَرَّةً كَرْبُونٍ.
 - أَكْتُبِ الصِيَغَةَ الْجُزِيئِيَّةَ لِأَلْكَانٍ يَحْتَوِي عَلَى 24 ذَرَّةً هِيدْرُوجِينٍ.
 - أَسْمِيِ الْأَلْكَانَ الْأَتَيِ:





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

تسمية الألكانات المُتفرّعة ذات السلال

Nomenclature of Branched-Chain Alkanes

تُسمى الألkanات التي تعرّفتها الألkanات ذات السلاسل المستمرة؛ لأن ذرّات الكربون فيها ترتبط معًا. ولكن، هناك أنواع أخرى من الألkanات تحتوي على تفرّعات مرتبطة بالسلسلة المستمرة كما في الشكل (6/أ، ب) الذي يُمثل صيغًا بنائية للصيغة الجُزئية C_4H_{10} ، فعند عدّ ذرّات الكربون والهيدروجين ساكتشف أنّ لـ C_4H_{10} منهما الصيغة الجُزئية نفسها؛ فهل هما مادّة واحدة أم مادّتان مختلفتان؟

تُمثل الصيغة في الشكل (6/ب) البيوتان؛ في حين تُمثل الصيغة في (6/أ) ألكانًا مُتفرّعًا، وهي مادة ذات خصائص كيميائية وفiziائية مختلفة تماماً عن البيوتان. تُسمى التفرّعات المتصلة بالسلسلة الأكثـر طـولـاً **مجموعات الألـكـيل Alkyl Group**؛ لأنـها مشـتـقة من الألـkanات الأـصـلـيـة بـحـذـف ذـرـة هـيـدـرـوجـين وـاحـدة، فـتـكـون الصـيـغـة العامة لـها (C_nH_{2n+1})، وـتـسـمـى بـتـغـيـرـ المـقـطـع (ان) من اـسـمـ الأـلـkan إلى المـقـطـع (يل)، وـيـرـمزـ إـلـيـهاـ بـالـرـمـزـ Rـ، وـالـجـدـولـ (2ـ) الـأـتـيـ يـمـثـلـ أـهـمـ التـفـرـعـاتـ وـتـسـمـيـاتـهاـ.

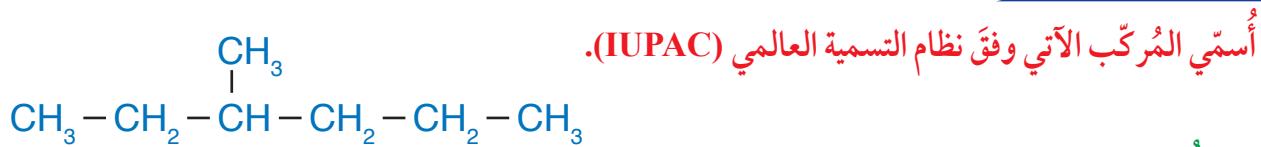
الجدول (2): أهم التفرّعات وتسمياتها.

اسم التفرع	الصيغة الجُزئية للتفرع	الصيغة البنائية للتفرع	اسم الألكان	الصيغة البنائية للألكان
methyl ميثيل	CH_3-	CH_3-	ميثان	CH_4
ethyl إيثيل	C_2H_5-	CH_3CH_2-	إيثان	CH_3CH_3
propyl بروبيل	C_3H_7-	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	بروبان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

تسمى الألkanات المُتفرّعة باستخدام القواعد الآتية التي وضعها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC، واستخدمها الكيميائيون في تسمية المركبات العضوية:

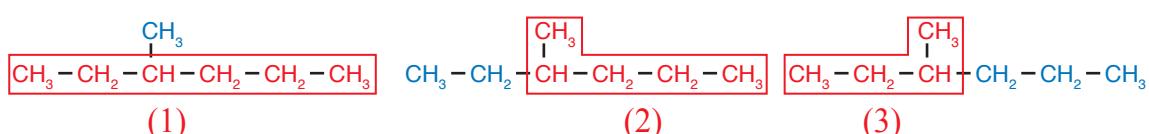
- 1- تحديد أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون وتسميتها باسم الألkan المقابل في الجدول (1).
- 2- ترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسية بالبدء من طرف السلسلة الأقرب إلى التفرع؛ بحيث تعطى هذه التفرعات أقل الأرقام الممكنة.
- 3- تسمية كل تفرع ووضع الاسم قبل اسم السلسلة الرئيسية.
- 4- كتابة أرقام التفرعات قبل اسم التفرع؛ بحيث يفصل بين الرقم والاسم بشرط (-)، وعندما تكون التفرعات متشابهة أستخدم الbadئات (ثنائي، ثلاثي، رباعي)، وأفصل بين أرقامها بفاصلة (،) وإذا كانت التفرعات مختلفة؛ فإنّها تكتب في الاسم حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية، ولا تُراعي الbadئات عند الترتيب الهجائي.
- 5- كتابة اسم المركب كاملاً.

المثال ١



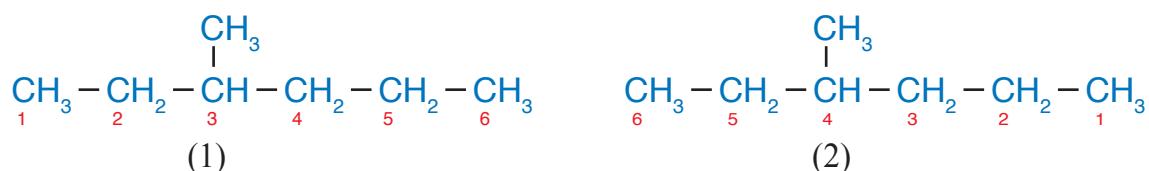
الحل:

- 1- أحدد أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون، وأُسمّيها.



يتضح مما سبق أن هناك ثلاثة سلاسل، اختار منها السلسلة (1) التي تحتوي على ست ذرات كربون، وتسمى هكسان، فهي أطول سلسلة لأنّها تحتوي على أكبر عدد من ذرات الكربون.

- 2- أُرقم ذرات الكربون في السلسلة الأطول كما يأتي:



اختار الشكل (1)؛ لأنّه يعطي أقلّ الأرقام لمجموعة الميثيل؛ فحسب نظام التسمية العالمي يجب أن يبدأ ترقيم ذرات الكربون في السلسلة الأكثر طولاً من الطرف الأقرب للتفرع؛ لأن رقم مجموعة الميثيل فيه هو 3 وليس 4.

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

4- أكتب رقم التفرع واسمها: 3-ميثيل



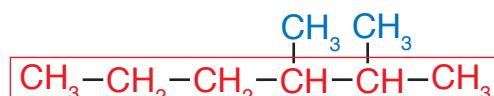
5- أكتب اسم المركب كاملاً فيصبح: 3-ميثيل هكسان. لا حظ أنّ طريقة كتابة اسم المركب يمكن أن تكون على الصيغة العامة: رقم التفرع - اسم التفرع اسم الألkan.

المثال 2

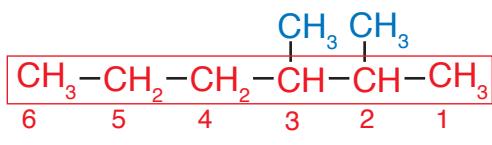
أُسمّي المركب الآتي وفق نظام التسمية العالمي (IUPAC).

الحلُّ:

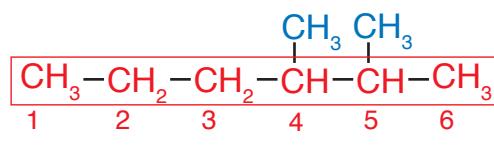
1- أحدد أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون، وأسمّيها. لا حظ أنّ السلسلة الأكثر طولاً تحتوي على ستّ ذرات كربون؛ فيصبح اسمه هكسان.



2- أرقّم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسية بالبدء من طرف السلسلة الذي يعطي هذه التفرعات أقلّ مجموع أرقام ممكنة، وأختار الشكل (1) وليس (2)؛ لأنّ مجموع أرقام التفرعات فيه $5 + 3 = 8$ بينما في الشكل (2) $4 + 5 = 9$



1
 $2 + 3 = 5$



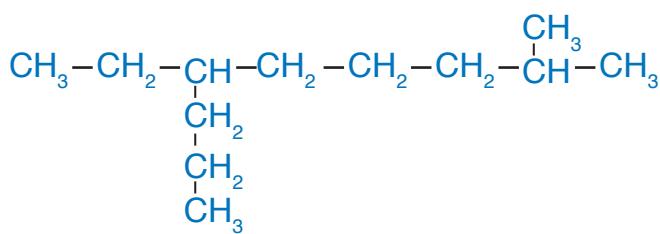
2
 $4 + 5 = 9$

3 - أسمّي كُلّ تفرّع، وأضع الاسم قبل اسم السلسلة الرئيسية، فيصبح الاسم ميثيل هكسان.

4 - أكتب أرقام التفرّعات قبل اسم التفرّع مع الفصل بين الرقم والاسم بشرطه (-)، وعندما تكون التفرّعات متشابهة أستخدم البادئات (ثنائي، ثلاثي، رباعي)، وأفصل بين أرقامها بفواصلة (،) وإذا كانت التفرّعات مختلفة؛ فإنّها تكتب في الاسم حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية، وفي هذا المثال توجد مجموعتا ميثيل تقعان على ذرّة الكربون رقم 2 ورقم 3؛ فأستخدم البادئة (ثنائي) قبل ميثيل بدلاً من تكرار الكلمة ميثيل، وأضع أرقام مجموعتي الميثيل قبل ثنائي، وأفصل بين الأرقام بفواصلة (،) وبين الأرقام والاسم بشرطه كما يأتي 2،3-ثنائي ميثيل.

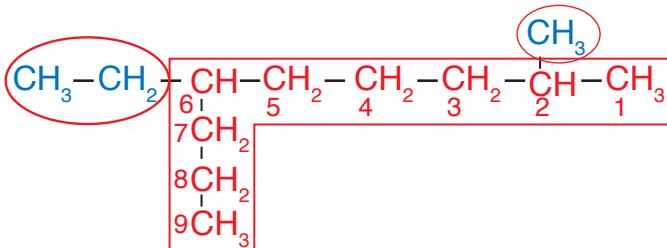
5 - أكتب اسم المركب كاملاً، فيصبح الاسم 2،3-ثنائي ميثيل هكسان.

المثال 3



أسمّي المركب الآتي وفق نظام التسمية العالمي (IUPAC)

الحلُّ:



1 - أحدد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون، وأرقمها من الجهة الأقرب لأول تفرّع.

2 - أعطي أرقاماً 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 وإيتشيل)، واعتماداً على اللغة الإنجليزية؛ فإنّ إيتشيل تسبق ميثيل؛ لذا فإنّ 6-إيتشيل تكتب في الاسم قبل 2-ميثيل، فيصبح على النحو الآتي: 6-إيتشيل-2-ميثيل.

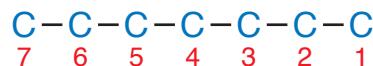
3 - أكتب في نهاية الألكان الاسم الذي يُمثّل السلسلة الأكثـر طـولاً، وهو نونان، فيصبح اسم هذا المركب: 6-إيتشيل-2-ميثيل نونان.

المثال 4

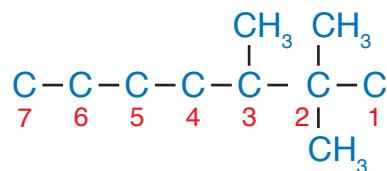
أكتب الصيغة البنائية للمركب 3-ثلاثي ميثيل هبتان

الحل

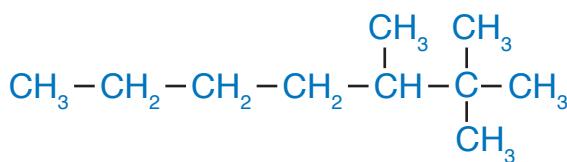
- 1 - أرسم سلسلة مستمرةً من ذرات الكربون مُكونةً من 7 ذرات كربون تُمثل اسم الألكان، وأرقمها كما في الشكل الآتي:



- 2 - أضع مجموعتي ميثيل على ذرة الكربون رقم 2 والمجموعة الثالثة على ذرة الكربون رقم 3 كما في الشكل:

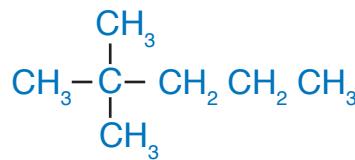


- 3 - أضيف ذرات الهيدروجين إلى ذرات الكربون، بحيث تكون كل ذرة كربون أربع روابط مع ذرات الهيدروجين؛ فيصبح الشكل النهائي كالتالي:

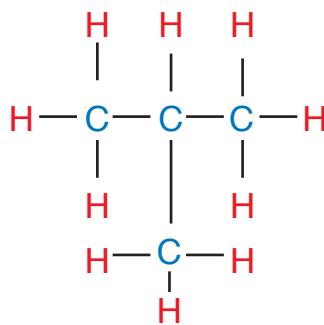


أتحقق: ✓

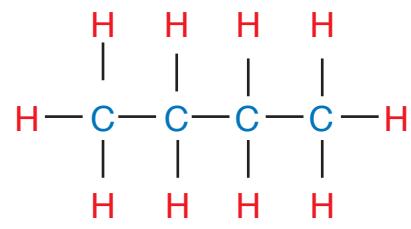
- 1 - أسمى المركب الآتي:



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



الشكل (7 / ب): 2- ميثيل بروبان



الشكل (7 / أ): بيوتان

المتصاوغات Isomers

هناك مركبات عضوية عدّة تشتراك في صيغتها الجُزئيّة؛ ولكنها تختلف في صيغتها البنائيّة ولها خصائص فيزيائية وكميائة مختلفة، ويُطلق على وجود صيغ بنائيّة مختلفة للصيغة الجُزئيّة نفسها **التصاوغ Isomerism**، وتُسمى الصيغ البنائيّة الناتجة متصاوغات Isomers.

المتصاوغات البنائيّة Structural Isomers

عند اختلاف ترتيب ذرات الكربون في الألكانات عن السلسلة المستمرة، تنتج مركبات مختلفة في صيغها البنائيّة؛ ولكنها تشتراك في الصيغة الجُزئيّة، تُسمى **متصاوغات بنائيّة Structural Isomers**. فمثلاً: يمكن ترتيب ذرات الكربون في الصيغة الجُزئيّة C_4H_{10} بطريقتين مختلفتين كما في الشكلين (7 / أ، 7 / ب) السابقين.

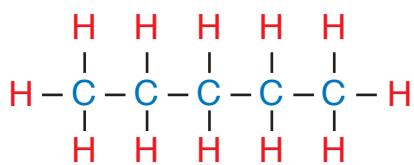
يتضح مما سبق أنه يمكن أن تترتب ذرات الكربون في سلسلة مستمرة من أربع ذرات كربون كما في الشكل (7 / أ)، أو في سلسلة مستمرة من ثلاثة ذرات، وترتبط ذرة الكربون الرابعة بذرة الكربون الثانية في السلسلة كما في الشكل (7 / ب)، ويسُمى ميثيل بروبان. وللمتصاوغات البنائيّة خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة، ويزداد عددها بزيادة عدد ذرات الكربون في المركب العضوي.

المثال 5

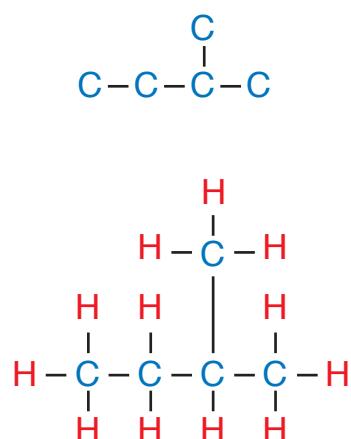
أرسم متصاوغات الصيغة الجزيئية C_5H_{12} وأسمّي كُلّا منها.

الحلُّ:

1 - أرسم خمس ذرات كربون في سلسلة مستمرة $C - C - C - C - C$



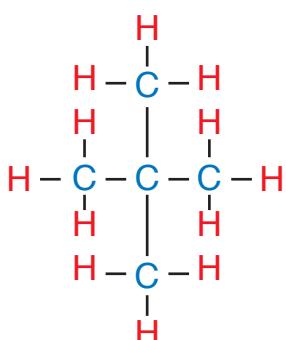
2 - أوزّع ذرات الهيدروجين على ذرات الكربون؛ بحيث تكون كُلّ ذرة كربون أربع روابط تساهمية أحادية كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم بستان.



3 - أرسم أربع ذرات كربون في سلسلة مستمرة، وأربط ذرة الكربون الخامسة على إحدى ذرّتي الكربون في داخل المركّب، وليس على الأطراف، كما في الشكل المجاور.

4 - أوزّع ذرات الهيدروجين على ذرات الكربون؛ بحيث تكون كُلّ ذرة كربون أربع روابط تساهمية أحادية كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم 2-ميثيل بيوتان.

5 - أرسم ثالث ذرات كربون في سلسلة مستمرة، وأربط ذرّتي الكربون المتبقّيتين مع ذرة الكربون الثانية في السلسلة كما في الشكل المجاور.



6 - أوزّع ذرات الهيدروجين على ذرات الكربون؛ بحيث تكون كُلّ ذرة كربون أربع روابط تساهمية أحادية كما في الشكل المجاور، ويكون الاسم 2,2-ثنائي ميثيل بروبان (وييمكن اختصار الاسم في هذه الحالة إلى: ثنائي ميثيل بروبان؛ لأن التفرع سيكون على ذرة الكربون الثانية).

أتحقق: أرسم المتصاوغات البنائية للهكسان C_6H_{14} وأسمّيها.

التجربة ١

تحضير غاز الميثان في المختبر

المواد والأدوات:

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

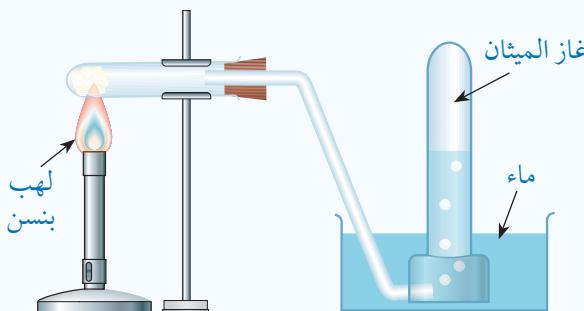
إرشادات السلامة:

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

خطوات العمل:

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

٢- **أطّبق**: أُكّر العمليّة نفسها القياس 10 g من هيدروكسيد الصوديوم الصلب، و 10 g من أكسيد الكالسيوم، وأضيفهما إلى إيثانوات الصوديوم في الأنوب.



٣- أُركّب الجهاز الموضّح في الشكل، بحيث يكون طرف الأنوب الزجاجي مغموراً في الماء تحت الكأس الزجاجية الطويلة المملوءة إلى ثلثتها بالماء.

٤- **الاحظ**: أشعل لهب بنسن تحت أنبوب الاختبار كما في الشكل مع تحريك اللهب على طول أنبوب الاختبار؛ لتوزيع الحرارة على جميع الخليط، وألاحظ ظهور فقاعات غازية في الكأس الزجاجية، وأسجل ملاحظاتي.

٥- **الاحظ** تغيير مستوى الماء داخل الكأس الزجاجية الطويلة، وأسجل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

- أفسّر** تغيير مستوى الماء في الكأس الزجاجية الطويلة.
- أتوقع** نوع الغاز الناتج من التفاعل.

الجدول (3): الخصائص الفيزيائية لبعض الألkanات.

الحالات الفيزيائية	درجة الغليان	الصيغة الجزيئية	الألkanات
غاز	-162	CH_4	ميثان
غاز	-88	C_2H_6	إيثان
غاز	-42	C_3H_8	بروبان
غاز	-0.5	C_4H_{10}	بيوتان
سائل	36	C_5H_{12}	بنتان
سائل	174.1	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	ديكان

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألkanات

Physical and Chemical Properties of Alkanes

الخصائص الفيزيائية

أتحقق: درجة غليان البيوتان

أعلى من درجة غليان البروبان
أفسر ذلك.

تتميز الألkanات بأنها مركبات غير قطبية تتجاذب جزيئاتها بقوى لندن؛ لذلك لا تذوب الألkanات في الماء، وإنما تذوب في بعضها بعضاً وفي المركبات غير القطبية الأخرى.

يبين الجدول (3) الخصائص الفيزيائية لبعض الألkanات، حيث تكون الألkanات الأربع الأولى غازية؛ في حين تصبح سائلة من البنتان إلى الألkan الذي يحتوي على 16 ذرة كربون، وتصبح صلبة في الألkanات التي تحتوي على أكثر من 16 ذرة كربون، ويلاحظ أن درجة الغليان تزداد بزيادة عدد ذرات الكربون أي بزيادة الكتلة المولية للألkan؛ وذلك بسبب زيادة قوى لندن.



الربط بالحياة

تُستخدم الألkanات التي تحتوي على 17 ذرة كربون أو أكثر مواد تشحيم ومضادات للتآكل؛ فلا يستطيع الماء الوصول إلى سطح الفلز نظراً لكتافتها ولزوجتها، فهي مثالية لهذا الاستخدام، وتُستخدم الألkanات التي تحتوي على سلاسل كربون تحتوي على 20 إلى 40 ذرة كربون في صناعة شمع البرافين.

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

تتميز الألkanات بأنها مستقرة كيميائياً نسبياً، ويعود ذلك إلى قوة الروابط الأحادية بين ذرات الكربون في ما بينها وبين ذرات الكربون والهيدروجين، ويحتاج كسر هذه الروابط إلى طاقة كبيرة. ومن أهم تفاعلات الألkanات:

الاحتراق Combustion

تحترق الألkanات بوجود كمية كافية من الأكسجين، وينتتج من هذه العملية غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وكمية كبيرة من الطاقة، كما في المعادلين الآتيين:



الهالجنة Halogenation

تفاعل الألkanات مع الهالوجينات بوجود الضوء؛ حيث تحل فيه ذرة هالوجين أو أكثر محل ذرة هيدروجين أو أكثر، ويُسمى تفاعل الهالجنة **Halogenation**، وينتتج من هذا التفاعل أحد مشتقات المركبات الهيدروكربونية، وهي هاليدات الألکيل، كما في المعادلين الآتيين:



أتحقق:

1- أكتب معادلة موزونة لاحتراق البتان مع الأكسجين.

2- أكتب معادلة تفاعل الكلور مع الإيثان بوجود الضوء.



استخدم برنامج Movie Maker وأعد فيلماً يمثل أنواع المركبات الهيدروكربونية، ثم أشاركه زملائي / زميلاتي في الصف.



أبحث: تُستخدم الألkanات بشكل رئيس وقوداً في السيارات، أرجع إلى موقع إلكتروني مناسب عبر شبكة الإنترنت، وأبحث عن سبب تسمية الألkan المستخدم كوقود في السيارات أوكتان 90 وأوكتان 95، وأكتب تقريراً أو أصم عرضاً تقديميًّا حول الموضوع، وأناقشه مع زملائي / زميلاتي في الصف.

الربط بالصناعة

التطبيقات الاقتصادية للألkanات

تُستخدم الألkanات للحصول على الكربون الأسود، وذلك عن طريق التكسير الحراري، إذ يُنتج الكربون الأسود عن طريق تسخين الميثان إلى 1000°C في حالة غياب الهواء. ويُستخدم الكربون الأسود في صناعة إطارات السيارات، والطلاء الأسود، والتعلميم، وحبر الطباعة.



مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسية: أفسّر سبب تسمية الألkanات مركبات هيدروكربونية مشبعة.

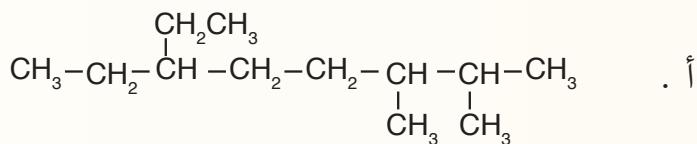
2- أوضح المقصود بكل مما يأتي:

• التصاوغ

المركبات الهيدروكربونية

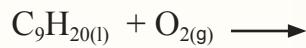
3- أطبق: أرسم صيغة بنائية للمركب $2,2\text{-ثنائي ميثيل هكسان}$.

4- أطبق: أسمّي المركبات الآتية وفق نظام التسمية العالمي IUPAC:

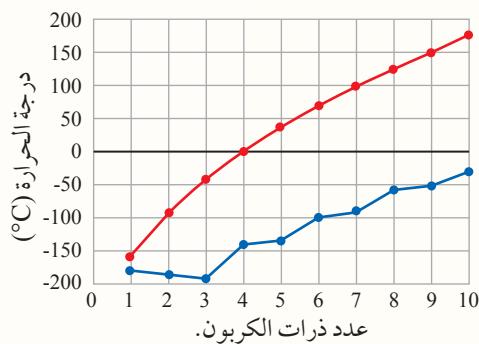


5- أطبق: أرسم المتصاوغات البنائية للهبتان C_7H_{16} ، وأسمّي كلاً منها.

6- أكمل المعادلين الآتيين، وأوازنهما:



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



8- يوضح الشكل الآتي تغيير درجات الانصهار والغليان لعدد من الألkanات ذات السلسل المستقيمة. أدرس الشكل جيداً، ثم أجيب عما يأتي:

أ. أستنتج الحالة الفيزيائية للألكانات المكونة من

(4 و 6 ذرات كربون) عند درجة حرارة 25°C .

ب. أفسّر تزايد درجة غليان الألkan بزيادة عدد ذرات الكربون فيه.

ج. أتوقع درجة غليان الألkan ذي السلسلة المستقيمة الذي يحوي 11 ذرة كربون.

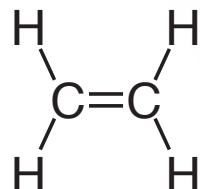
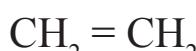
المُركّبات الهيدروكربونية غير المشبعة

Unsaturated Hydrocarbons

تحتوي كثيـر من المـركـبات الهـيدـرـوكـربـونـيـة عـلـى رـابـطـةـ ثـنـائـيـة أو رـابـطـةـ ثـلـاثـيـةـ وـاحـدـةـ عـلـىـ الأـقـلـ بـيـنـ ذـرـتـيـ كـرـبـونـ مـتـجـاـوـرـتـيـنـ تـسـمـىـ المـركـباتـ الـهـيدـرـوكـربـونـيـةـ غـيرـ المـشـبـعـةـ **Unsaturated Hydrocarbons**، وـتـعـرـفـ بـأـنـهـاـ المـركـباتـ الـتـيـ تـحـتـويـ عـلـىـ رـابـطـةـ وـاحـدـةـ أوـ أـكـثـرـ مـنـ الـرـوـابـطـ ثـنـائـيـةـ أوـ ثـلـاثـيـةـ. وـسـوـفـ أـتـعـرـفـ فـيـ هـذـاـ الـدـرـسـ أـنـوـاعـ هـذـهـ المـركـباتـ وـخـصـائـصـهـاـ.

الألكينات **Alkenes**

تـتـمـيـزـ الـأـلـكـيـنـاتـ **Alkenes**ـ بـاحـتـوـائـهـ عـلـىـ رـابـطـةـ تـسـاـهـمـيـةـ ثـنـائـيـةـ وـاحـدـةـ عـلـىـ الأـقـلـ بـيـنـ ذـرـتـيـ كـرـبـونـ مـتـجـاـوـرـتـيـنـ؛ـ إـحـدـاهـمـاـ رـابـطـةـ 5ـ وـالـأـخـرـيـ π ـ،ـ وـبـسـبـبـ وـجـوـدـ هـذـهـ رـابـطـةـ ثـنـائـيـةـ؛ـ فـإـنـ عـدـدـ ذـرـاتـ الـهـيـدـرـوـجـيـنـ سـيـقـلـ بـمـقـدـارـ ذـرـتـيـنـ عـنـ الـأـلـكـانـ الـمـقـابـلـ لـهـاـ فـيـ السـلـسـلـةـ الـمـفـتوـحةـ،ـ وـتـكـوـنـ الصـيـغـةـ الـعـامـةـ لـهـاـ C_nH_{2n} ـ.ـ يـعـدـ الـإـيـثـيـنـ C_2H_4 ـ أـصـغـرـ الـأـلـكـيـنـاتـ،ـ وـتـرـتـبـطـ فـيـهـ ذـرـتـاـ الـكـرـبـونـ بـرـابـطـةـ ثـنـائـيـةـ،ـ وـتـرـتـبـطـ كـلـ ذـرـةـ بـذـرـتـيـ هـيـدـرـوـجـيـنـ كـمـاـ فـيـ الشـكـلـ (8)ـ.



الشكل (8): جزيء الإيثين.

القدرة الرئيسية :

تـتـكـوـنـ الـمـركـباتـ الـهـيدـرـوكـربـونـيـةـ غـيرـ المـشـبـعـةـ مـنـ الـكـرـبـونـ وـالـهـيـدـرـوـجـيـنـ،ـ وـتـرـتـبـطـ فـيـهـ ذـرـاتـ الـكـرـبـونـ بـرـابـطـ ثـنـائـيـةـ أوـ ثـلـاثـيـةـ وـاحـدـةـ عـلـىـ الأـقـلـ بـيـنـ ذـرـتـيـ كـرـبـونـ مـتـجـاـوـرـتـيـنـ.ـ وـتـعـدـ الـمـركـباتـ الـأـرـوـمـاـتـيـةـ مـرـكـبـاتـ هـيـدـرـوكـربـونـيـةـ غـيرـ مـشـبـعـةـ تـتـكـوـنـ مـنـ حـلـقـةـ بـنـزـينـ وـاحـدـةـ أوـ أـكـثـرـ.

نتائج التعلم :

- أـتـعـرـفـ الـأـلـكـيـنـاتـ وـالـأـلـكـاـيـنـاتـ وـأـسـمـيـهـاـ.
- أـمـيـزـ الـخـصـائـصـ الـفـيـزـيـائـيـةـ وـالـكـيـمـيـائـيـةـ لـلـأـلـكـيـنـاتـ وـالـأـلـكـاـيـنـاتـ.
- أـتـعـرـفـ الـمـركـبـاتـ الـأـرـوـمـاـتـيـةـ (ـالـعـطـرـيـةـ)ـ وـخـصـائـصـهـاـ.

الطاقة العلم والمصطلحات :

المـركـباتـ الـهـيدـرـوكـربـونـيـةـ غـيرـ المـشـبـعـةـ
Unsaturated Hydrocarbons

Alkene	الـأـلـكـيـنـ
Alkyne	الـأـلـكـاـيـنـ
	المـركـبـاتـ الـأـرـوـمـاـتـيـةـ
Aromatic Compounds	

تسمية الألكيات Nomenclature of Alkenes

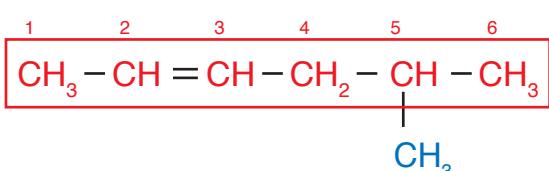
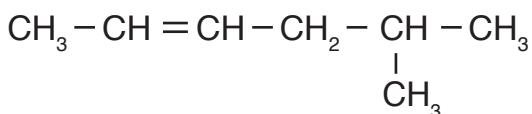
تسمى الألكيات وفق نظام التسمية العالمي IUPAC، بطريقة مشابهة لتسمية الألكانات وفق الخطوات الآتية:

- 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) بالقطع (ان) بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقل في الرابطة الثنائية.
- 4 - ترقيم مجموعات الأل킬 المتفرّعة، وتسميتها بطريقة الألكانات نفسها.
- 5 - كتابة اسم المركب كاملاً.

المثال 6

أُسّمي الألkin المجاور.

الحل:



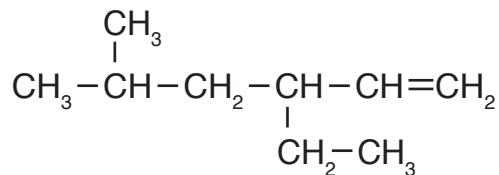
- 1 - أحّدد أطول سلسلة مستمرة من ذرّات الكربون تحتوي على الرابطة الثنائية.

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

- 3 - أُسّمي السلسلة الأطول باسم الألكان المقابل، مع استبدال المقطع (ين) بالقطع (ان) بحيث يسبق الاسم رقم ذرّة الكربون الأقل في الرابطة الثنائية فيُصبح الاسم 2-هكسين.

- 4 - أرّقم مجموعات الألkil المتفرّعة، وأُسّمّيها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات؛ وذلك بوضع اسم التفرّعات وأرقامها قبل اسم الألkin. في هذا المثال توجّد مجموعة ميّثيل تقع على ذرّة الكربون رقم 5 فيُصبح الاسم: 5-ميّثيل.

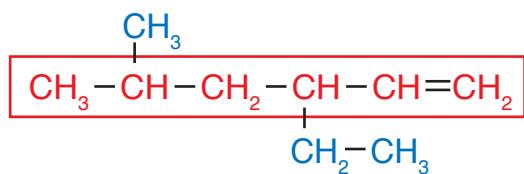
- 5 - أكتب اسم المركب كاملاً، فيُصبح الاسم النهائي للمركب: 5-ميّثيل-2-هكسين.



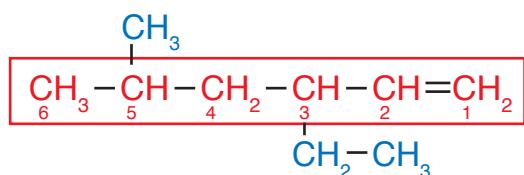
أسمى الألkin المجاور.

الحل:

1- أحَدَدْ أَطْوَلْ سَلْسَلَةِ مَسْتَمِرَّةِ مِنْ ذَرَّاتِ الْكَرْبَوْنِ تَحْتَوِي عَلَىِ الرَّابِطَةِ الشَّنَائِيَّةِ:



22 أُرْقَمْ هَذِهِ السَّلِسْلَةِ مِنْ الْطَّرْفِ الْأَقْرَبِ لِلرَّابِطَةِ الشَّنِائِيَّةِ:



3- أُسْمِي السلسلة الأكثر طولاً باسم الألكان المقابل مع استبدال المقطع (ين) بالمقطع (ان)، بحيث يسبق الاسم رقم ذرة الكربون الأقل في الرابطة الشانية فيصبح 1- هكسين.

4- أُرقم مجموعات الألكيل المترّعة، وأُسمّيّها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات؛ وذلك بوضع اسم التفرّعات وأرقامها قبل اسم الألكين.

في هذا المثال نبدأ بالإيشيل؛ لأنها تسبق أبجدية حسب اللغة الإنجليزية، ومن ثم الميشيل، فتصبح: 3-إيشيل - 5- ميشيل.

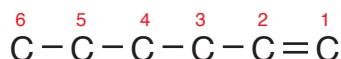
5- أكتب اسم المركب كاملاً؛ فيصبح اسم الألكين: -3- إيثيل -5- ميتشيل -1- هكسين.

المثال 8

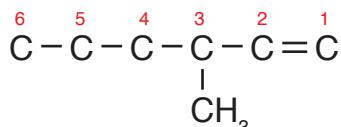
أرسم الصيغة البنائية للمركب 3-ميثيل-1-هكسين.

الحل:

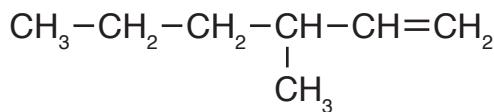
- 1 - أرسم السلسلة المستمرة التي تمثل الهكسين المحتوي على 6 ذرات كربون، وأرقامها بحيث تكون الرابطة الثنائية على ذرة الكربون رقم (1).



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

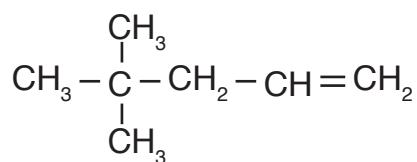


- 3 - أضيف ذرات الهيدروجين على ذرات الكربون، بحيث تكون كل ذرة كربون 4 روابط؛ فيصبح الشكل النهائي:



تحقق: ✓

- 1- أسمى المركب العضوي الآتي وفق نظام التسمية العالمي IUPAC:



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

الجدول (4): بعض الألكيات وخصائصها الفيزيائية.

الحالات الفيزيائية	درجة الغليان	الصيغة البنائية	الألكين
غاز	-104	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	إيثين
غاز	-47	$\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2$	بروبين
غاز	-6	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	1-بيوتين
سائل	30	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	1-بنتين
سائل	171	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$	1-ديكين

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للألكيات

Physical and Chemical Properties of Alkenes

الخصائص الفيزيائية Physical Properties

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

يتضح من الجدول أن درجة غليان الألكين تزداد بزيادة عدد ذرات الكربون أي بزيادة الكتلة المولية للمركب، وأن الحالة الفيزيائية للألكيات الثلاثة الأولى غازية، ثم تصبح سائلة للألكيات التي بعدها إلى الألكين الذي يحتوي على 15 ذرة كربون، ثم تصبح صلبة في الألكيات التي تحتوي على أكثر من 15 ذرة كربون.

الخصائص الكيميائية Chemical Properties

تميّز الألكيات بأنها أنشط كيميائياً من الألكانات؛ لوجود الرابطة الثنائية التي تحتوي على رابطة باي π الضعيفة؛ إذ يسهل كسرها، فهي تشكّل مركز النشاط الكيميائي للمركب، الذي يحدّد الخصائص الكيميائية، وسأتعّرفُ في ما يأتي بعضاً منها.

تفاعل الاحتراق Combustion Reaction

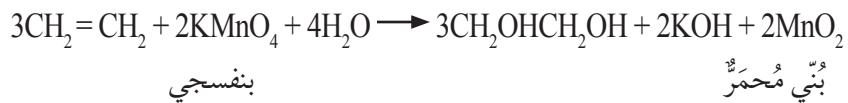
تفاعل الألكيات مع كمية كافية من الأكسجين، ويتجّز غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، وكمية من الطاقة الحرارية، كما في المعادلة الآتية:



أكسدة الألكيات Oxidation of Alkenes

تتأكسد الألكيات باستخدام محلول بيرمنغهامت البوتاسيوم KMnO_4

البارد ذي اللون البنفسجي، فتنكسر الرابطة الشائكة وينتج مركب عضوي عديم اللون يحتوي على مجموعتي هيدروكسيل OH، ويكون راسب بني مُحمر من أكسيد المنغنيز (IV) MnO_2 ، كما في المعادلة الآتية:



يُستخدم هذا التفاعل في التمييز بين الألكينات والألكانات؛ فعند تفاعل الألكين مع محلول بيرمنغات البوتاسيوم $KMnO_4$ يختفي لون محلول البنفسجي، ويكون الراسب البنّي المُحمر لأكسيد المنغنيز (IV) MnO_2 ، في حين لا يتفاعل الألكان مع محلول $KMnO_4$ ، ويُبقى اللون البنفسجي ولا يتكون الراسب البنّي المُحمر.

التجربة 2

أكسدة الألكينات باستخدام بيرمنغات البوتاسيوم

المواد والأدوات:

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

اللاحظ: أضيف 5 قطرات من كل من محلول بيرمنغات البوتاسيوم ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم إلى الأنوب (1)، وأستمر في الرج مدة 1 min، وأسجل ملاحظاتي.

أطبق: أكّر الخطوات السابقة (3-1) باستخدام 2- هكسين في الأنوب الثاني وأرقمه (2)، وأسجل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج

1- أحدد الأنوب الذي يتكون فيه الراسب البنّي المُحمر.

2- **أفسر** اختفاء اللون البنفسجي وتكوين الراسب البنّي المُحمر.

هكسان، 2- هكسين، أنبوب اختبار عد (2)، ماصة، قطارة، محلول بيرمنغات البوتاسيوم $KMnO_4$ (تركيز 0.5 %)، محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH تركيز (0.1 M).

إرشادات السلامة:

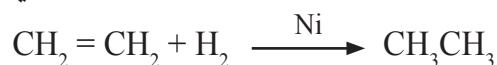
- اتّباع إرشادات الأمان والسلامة في المختبر.
- ارتداء المعطف والقفازات والنظارات الواقية.
- الحذر من ملامسة محلول البيرمنغات اليدين أو الثياب، وفي حالة حدوث ذلك المسارعة إلى غسل اليدين بالماء.

خطوات العمل:

- 1- **أقيس** باستخدام الماصة 1 mL من الماء المقطر وأضعها في أنوب الاختبار وأرقمه (1).

تفاعلات الإضافة Addition Reactions

تحدث تفاعلات الإضافة عندما ترتبط ذرات أخرى مع ذرّتي الكربون المكوّنة للرابطة الثنائية في الألكين، ويتحجّز من ذلك مركب مشبع، حيث تُكسر الرابطة π في الألكين ويحلّ محلّها رابطتان من النوع سيجما، فمثلاً: عند إضافة الهيدروجين H_2 إلى الإثين، تضاف ذرّتا هيدروجين إلى ذرّتي الكربون الرابطة الثنائية ليتّج الإيثان، وتحدث هذه العملية بوجود أحد العوامل المساعدة مثل: النيكل Ni، أو البلاتين Pt، كما في المعادلة الآتية:



أتحقق: أكتب معادلة تفاعل البروبين مع الهيدروجين بوجود النيكل بوصفه عالماً مساعداً، وأسمّي المركب الناتج.

الألكاينات Alkynes

تتميّز **الألكاينات Alkynes** باحتوائهما على رابطة ثلاثة واحده على الأقلّ بين ذرّتي كربون متّجاورتين، ولها الصيغة العامة C_nH_{2n-2} ، ويتهيّ اسمها بالقطع (اين). يُعدُّ الإيثين أصغر الألكاينات، ولها الصيغة الجُزئيّة C_2H_2 ، والصيغة البنائيّة $HC \equiv CH$ ، ويُعرف أيضًا باسم الاستيلين بصفته اسمًا شائعًا، ويُستخدم في قصّ الفلزّات ولحامها. أنظر الشكل (9)، وتُستخدم الألكاينات بوصفها مذيبات عضويّة للمواد الكيميائيّة العضويّة الأخرى.



الشكل (9): لحام الفلزات.

تسمية الألكاينات Nomenclature of Alkynes

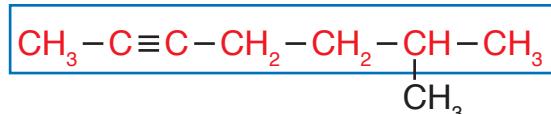
تُسمى الألكاينات بالطريقة نفسها لتسمية الألكينات، ويُشتقُّ اسمها من الألكانات المقابلة باستبدال المقطع (اين) بالمقطع (ان) في سلسلة الألكان المقابلة وفق الخطوات الآتية:

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

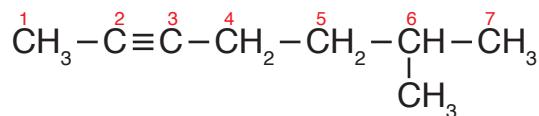
المثال 9

أُسْمِيَّ المُرْكَبِ الْمُجاَوِرِ.
 $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
الحلُّ:

1- أحّدد السلسلة المستمرة الأطوال التي تحتوي على الرابطة الثلاثية.



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



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

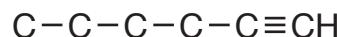
4- أُرْقِّمْ مجموعات الألكيل المتفرّعة، وأُسْمِيَّها بالطريقة نفسها لتسمية الألكانات، وألاحظ وجود مجموعة ميثيل تقع على ذرّة الكربون السادسة؛ فيصبح اسمها: 6- ميثيل.

5- أكتب اسم المركب كاملاً، فيصبح: 6- ميثيل-2-هبتاين.

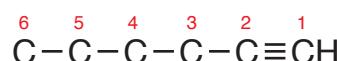
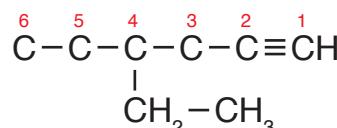
أرسم الصيغة البنائية للألكاين 4-إيثيل-1-هكساين

الحلُّ:

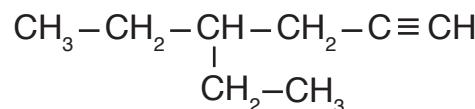
1 - أرسم 6 ذرات كربون تمثل الهكساين، وأضع الرابطة الثلاثية على الذرة الأولى.



2 - أُرقم السلسلة من الطرف الأقرب إلى الرابطة الثلاثية.

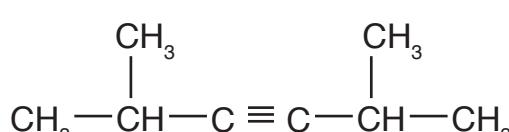
3 - أضع مجموعة الإيثيل- CH_2CH_3 على ذرة الكربون رقم 4؛ فيصبح الشكل البنائي:

4 - أضع ذرات الهيدروجين على السلسلة؛ بحيث تصبح كل ذرة كربون مرتبطة بأربع روابط كما في الشكل المجاور:



أتحقق:

1- أسمى المركب الآتي:



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

الجدول (5): بعض الألکاینات و خصائصها الفیزیائیة.

اسم الألکاین	الصیغة البنائیة	درجة الغلیان	الحالة الفیزیائیة	أستنتاج العلاقة بین الكتلة المولیة للألکاین و درجة غلیانه.
إیثاین	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	-84	غاز	
بروباین	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$	-23	غاز	
1- بیوتاین	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$	8	غاز	
1- بنتاین	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$	40	سائل	

الخصائص الفیزیائیة والکیمیائیة للألکاینات

Physical and Chemical Properties of Alkynes

الخصائص الفیزیائیة

تشابه الألکاینات في خصائصها الفیزیائیة مع بقیة المركبات الهیدروکربونیة؛ فھی غير قُطییة ولا تذوب في الماء، وتوجد في الحالات الفیزیائیة الثلث، ويبین الجدول رقم (5) بعض الألکاینات و خصائصها الفیزیائیة.

أُفْكِرْ: ما الفرق بین تفاعل إضافة الهیدروجين إلى كل من الألکین والألکاین؟

أَتَحَقَّقُ: أكتب معادلة تفاعل البروباین مع الهیدروجين بوجود النيکل عاماً مساعدًا، وأُسَمِّيَ المُرْكَب الناتج.

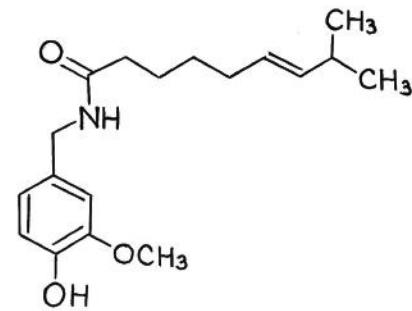
الخصائص الکیمیائیة

يحتوي الألکاین على رابطی π الضعیفة سهلة الكسر التي تُشكّل مرکزًا للنشاط الکیمیائی فيه، ومن تفاعلات الألکاینات: تفاعل الاحتراق بوجود كمية وفیرة من الأکسجين، وينتج منه غاز ثانی أکسید الكربون، وبخار الماء، وكمیة من الطاقة، ومثاله: تفاعل الاحتراق الإستیلین الآتی:



تشبه تفاعلات الألکاینات تفاعلات الألکینات، فمثلاً: يتفاعل الإیثاین مع غاز الهیدروجين مُکوًنا الإیثان وفق المعادلة الآتیة:





الشكل (10): نبات
عيري.



المُركّبات الأُرُوماتيّة (مُركّبات البنزين)

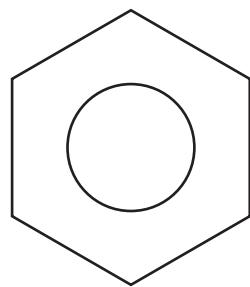
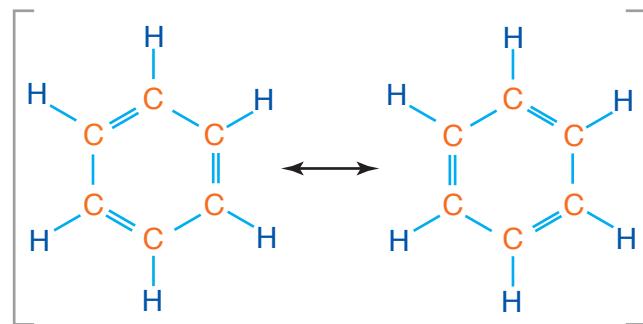
Aromatic Compounds (Benzene)

يُطلق على المُركّبات الهيدروكربونية المكونة من حلقة بنزين (أو أكثر) **المُركّبات الأُرُوماتيّة** Aromatic Compounds، أو العطريّة، وهي ذات

روائح مميزة، والشكل (10) يبيّن نباتاً عطريّاً.

يُعدُّ البنزين أشهر المُركّبات الأُرُوماتيّة، وقد استخلصه العالم البريطاني مايكل فارادي عام 1825م من الغازات المُنبِّعة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. وقد وجد الكيميائيون أنَّ الصيغة الجُزئيّة له C_6H_6 .

الشكل (11):
الشكل البنائي
للبنتين.



الشكل (12):
الشكل البنائي لحلقة
البنتين.

اقتصر العالم فريديريك كيكوله شكلاً بنائياً للبنتين مكوناً من حلقة سداسية من ذرات الكربون تحتوي على 3 روابط أحادية و 3 روابط ثنائية متعاقبة، كما في الشكل (11). لكن هذا الشكل لم يستطع تفسير أن روابط البنتين لها الطول نفسه، وأن نشاطه الكيميائي أقل من النشاط الكيميائي للألكينات، لذلك اقترح كيكوله أن تكون إلكترونات الروابط الثنائية متحركة تتوزع بانتظام في الحلقة على صورة غيمة من الإلكترونات، وهذا يفسّر تساوي طول الروابط في البنتين وضعف نشاطه الكيميائي؛ فالرابطة الثنائية ليست ثابتة بين ذرتين، وتمثل الصيغة البنائية للبنتين بحلقة سداسية في داخلها دائرة تشير إلى عدم ثبات الروابط الثنائية في مكان واحد في الحلقة، وحرية حركتها بين الذرات كما في الشكل (12). وتكون المركبات الأروماتية من حلقة بنزين أو أكثر.



الربط بالصناعة

يُستخدم البنزين بوصفه مذيباً عضوياً في كثير من الصناعات ومثال ذلك: استخدامه في تنظيف قطع آلات الطباعة؛ لتدوم هذه الآلات مدةً أطول وتعمل بكفاءة أكبر. ويدخل في صناعة الحبر والأصباغ المستخدمة في عمليات الطباعة، وفي الدهانات؛ لأنّه يبقىها في الحالة السائلة.

خصائص المركبات الأروماتية

Properties of Aromatic Compounds

تُعد حلقة البنزين حلقة مستقرة؛ لذا يُعد نشاطها الكيميائي أقل من الألكينات والألكاينات. ويُستخدم البنزين مذيباً عضويًا غير قطبي، وهو مثل غيره من المركبات الهيدروكربونية لا يذوب في الماء، ويتميز بأنه سائل متطاير ذو رائحة مميزة، ودرجة غليانه 80°C .

الربط بالصحة

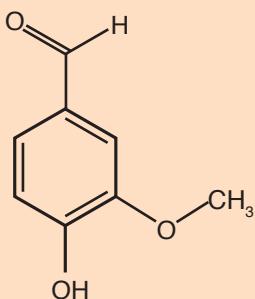
شاع استخدام كثير من المركبات الأروماتية، بوصفها مذيبات صناعية ومختبرية؛ إلا أن الدراسات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات، لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرضين لها بصورة مستمرة، وتشمل مخاطرها أمراض الجهاز التنفسي والكبد والجهاز العصبي، وقد تسبب السرطان.

أبحث: يُستخدم البنزين ومشتقاته في كثير من الصناعات الكيميائية. أرجع إلى موقع إلكتروني مناسبة عبر شبكة الإنترنت، وأبحث عن أهم الاستخدامات الصناعية للبنزين ومشتقاته، وأكتب تقريراً أو أصمّ عرضاً تقديميّاً حول الموضوع، وأناقشه مع زملائي / زميلاتي في الصف.

أتحقق: أرسم الشكل البنائي لحلقة البنزين.

الربط بالحياة

تتميز المركبات الأروماتية بأنّها تعطي للمواد رائحة مميزة، مثل مركب الفانيلين $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ الذي يعطي الرائحة المميزة لنبات الفانيлиلا.



الصيغة البنائية
لمركب الفانيلين.



زهرة نبات الفانيليلا.

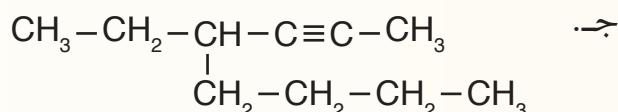
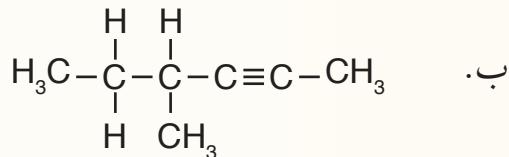
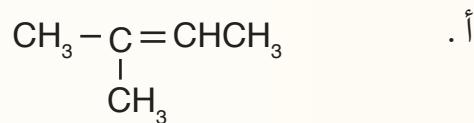
مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: أفسر سبب تسمية المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة.

2 - أوضح المقصود بكل مما يأتي:

● المركبات الأروماتية. ● الألكاين.

3 - أطبق: أسمى المركبات الآتية وفق نظام التسمية العالمي IUPAC:



4 - أفسر: درجة غليان 1- بنتين أكبر من درجة غليان بروبين.

5 - أطبق: أرسم متصاوغات بنائية للصيغة الجزيئية C_4H_8

6 - أطبق: أرسم الصيغة البنائية لكل من:

A. 4،4-ثنائي ميثيل-1-بنتين.

B. 2،3-ثنائي ميثيل-4-نوناين.

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

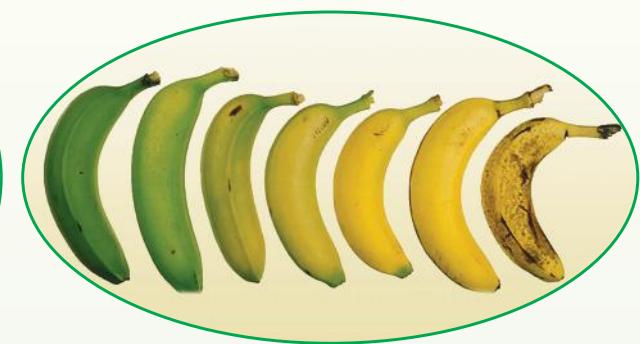
8 - السبب والنتيجة. لماذا اقترح العالم كيكوله أن تكون إلكترونات الروابط الثنائية متحركة تتوسع بانتظام في الحلقة على صورة غيمة من الإلكترونات.

الإثرة والتوسيع

هرمون الإيثين

Ethene Hormone

الهرمونات النباتية مركبات عضوية تُتَجَّهُ النباتات بكميات قليلة، وتُسْرِع نمو النبات، ومن هذه الهرمونات: هرمون الإيثين، واسمه الشائع (هرمون الإيثيلين)، وهو هرمون نباتيٌّ طبيعيٌّ يوجد في الحالة الغازية، بعكس الهرمونات النباتية الأخرى، ويُصْنَع في الشمار، وله دور في نضجها، ويُسْتَخدَم في إنضاج الشمار داخل الغرف المُخَصَّصة لتخزينها، فحين تُقطَف الفواكه قبل نضجها لإتاحة الوقت لنقلها تُعرَّض ثمارها إلى مصدر يبعث غاز الإيثين حال وصولها الغرف المُخَصَّصة لتخزينها، ما يعجل نضجها لتُعرَّض على المستهلك، كما في عملية إنضاج ثمار الموز، والمانغا، والبندورة، وغيرها. كما أنه يُسَبِّب تلف الفواكه عند زيادة كمية استخدامه. المشكلة تبدأ حين يلْفُ غاز الإيثين محيط فاكهة لم تنضج بعد، فوجوده يشجّع تلك الفاكهة على النضج السريع فتسبق أوانها، وحين تكون ناضجةً يُحفِّزها على مزيد من النضج، ومن ثم ستعفن وتُصْبِح غير صالحة للأكل، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة عند وضع مجموعة مختلفة الأنواع من الفواكه، ومنها التفاح، في طبق واحد، إذ يلاحظ تُعْفَنُ هذه الثمار بصورة أسرع؛ بسبب إطلاق التفاح غاز الإيثين أكثر من غيره من الفواكه الأخرى؛ لذا يُعزَل التفاح عن هذه الفواكه، ويجب ألا تقل المسافة بين الأطباق عن نصف متر في أقل تقدير، ولا يقتصر هذا على التفاح؛ بل يشمل البندورة، والمشمش، والإجاص، والخوخ، وجميعها من بواعث غاز الإيثين.



أ‌) يستفاد من هرمون الإيثين في كثير من العمليات الحيوية في النبات. أستعين بمصادر المعرفة المختلفة، وأبحث عن طريقة تحضير هرمون الإيثين في النبات، وأكتب تقريراً أو أصمّ عرضاً تقديميًّا عن الموضوع، وأناقشه مع زملائي / زميلاتي في الصف.

مراجعة الوحدة

١. أوضح المقصود بكل مما يأتي:

- تفاعل الهلجةنة.
 - الهيدروكربونات غير المشبعة.
 - مجموعة الألكيل.

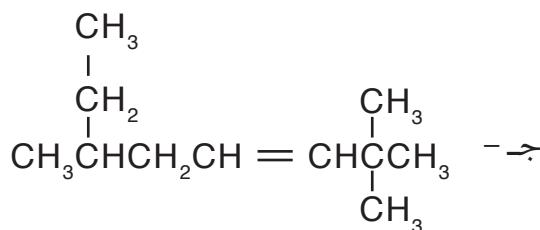
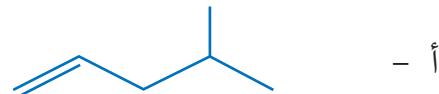
2. **أُفٰسِر:** تتحول الألkanات من الحالة الغازية إلى السائلة إلى الصلبة بزيادة كتلتها المولية.

3. **أطبق:** أكتب الصيغة البنائية لـكـلـ من المـرـكـبات الآتـية:

- أ - 3- إيشيل هبتان . ب - 2- نوناين .

ج - 3،3،2 - 3،3،1 - هکسین.

4. أطبق: أسمى المركبات الآتية:



5 . أكتب معادلة موزونة لتفاعل البروبان مع الأكسجين.

6. أكتب معادلة تفاعل 3- بتيين مع الهيدروجين بوجود النيكل عاملًا مساعدًا، وأسمى المركب الناتج.

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

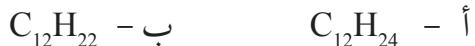
8. **أصدر حكمًا**: أحدد الخطأ في اسم المركب: 2- إيشل 2- بيوتين، وأعيد تسميتها.

٩. أرتّب الألكيّنات الآتية حسب درجة غليانها تصاعديّاً:

- 1- بیوتین • 1- هکسین • 1- بتین

10. اختيار رمز الإجابة الصحيحة لـ كل فقرة مما يأتي:

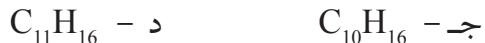
1) الصيغة الجُزئيّة لألكانٍ يحتوي على 12 ذرة كربون هي:



2) الصيغة الجُزئيّة لألكينٍ يحتوي على 14 ذرة كربون هي:



3) الصيغة الجُزئيّة لألكاينٍ يحتوي على 16 ذرة هيدروجين هي:



4) أحد المركّبات الآتية يُعدُّ من المركّبات الأروماتية:

أ - إيشين.

ب - هكسين.

ج - بنزين.

11. يوضح الشكل الآتي العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الألكان وعدد المتضادات البنائية له. أدرس

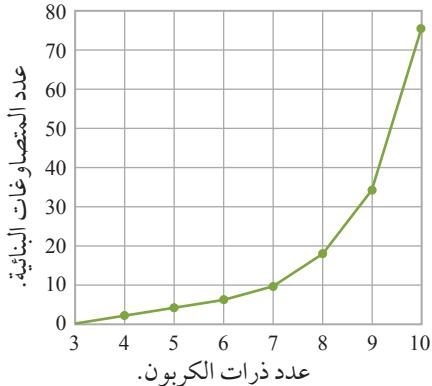
الشكل جيداً، ثم أجيب عمّا يأتي:

أ - أكتب الصيغة البنائية للألكان الذي ليس له متضادات.

ب - **أتوقع**: أحدد عدد المتضادات البنائية للألكانات المكونة من 7 إلى 10 ذرات كربون.

ج - **استنتج** العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الألكان وعدد متضادات بنائه، أبّرر إجابتي.

د - **أتوقع** العلاقة بين عدد متضادات الألكان والألكين المكون كل منهما من 6 ذرات كربون، وأبّرر إجابتي.



الوحدة

4

مشتقات الهيدروكربونية

Derivatives Of Hydrocarbons



أتأمل الصورة

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

الفكرة العامة:

تصنف مُشتقات المُركّبات الهيدروكربونية وفق المجموعات الوظيفية التي تحدّد خصائصها الفيزيائية والكيميائية، وتصنف المُبلمرات وفق طريقة تكوّنها، ولكلّ منها خصائصه واستخداماته.

الدرس الأول: هاليدات الألکيل، الكحولات، الإيثرات والأمينات.

الفكرة الرئيسية: عندما تحلّ مجموعة وظيفية محلّ ذرّة هيدروجين أو أكثر في المُركّبات الهيدروكربونية يتكون مُركّب جديد له خصائص فيزيائية وكميائية مختلفة تميّزه عن غيره من المُركّبات.

الدرس الثاني: مُركّبات الكربونيل والحموض الكربوكسيلية ومشتقاتها.

الفكرة الرئيسية: تتكون مجموعة الكربونيل من ذرّة كربون ترتبط برابطة ثنائية مع ذرّة أكسجين، وتُعدّ مجموعة وظيفية رئيسة في بعض المُركّبات وجزءاً من مجموعات وظيفية في مُركّبات أخرى.

الدرس الثالث: المُبلمرات

الفكرة الرئيسية: المُبلمرات مُركّبات ضخمة طبيعية أو صناعية، لكلّ منها أهميّته واستخداماته المرتبطة بتركيبته وخصائصه.

تجربة استهلاكية

التصاوغ الوظيفي



المواد والأدوات: مجموعة نماذج الذرات (الكرات والوصلات).

إرشادات السلامة:

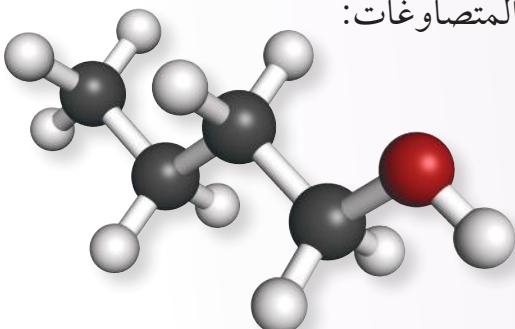
- اتّباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفّازات.

خطوات العمل:

1 أختار 4 كرات تحوي كل منها 4 ثقوب تمثّل ذرّات الكربون، وكرةً واحدةً تحتوي على ثقبين تمثّل ذرة الأكسجين، و 10 كرات تحوي كل منها ثقباً واحداً تمثّل ذرّات الهيدروجين.

2 **أجّرب:** أصلّي الكرات معًا بالوصلات بطرق مختلفة؛ بحيث أحصل على أكبر عدد من المتصاوغات للصيغة الجُزئيّة $C_4H_{10}O$. والشكل الآتي يُمثّل أحد هذه المتصاوغات:

3 أرسم صيغًا بنائيّةً للمتصاوغات التي حصلت عليها.



التحليل والاستنتاج:

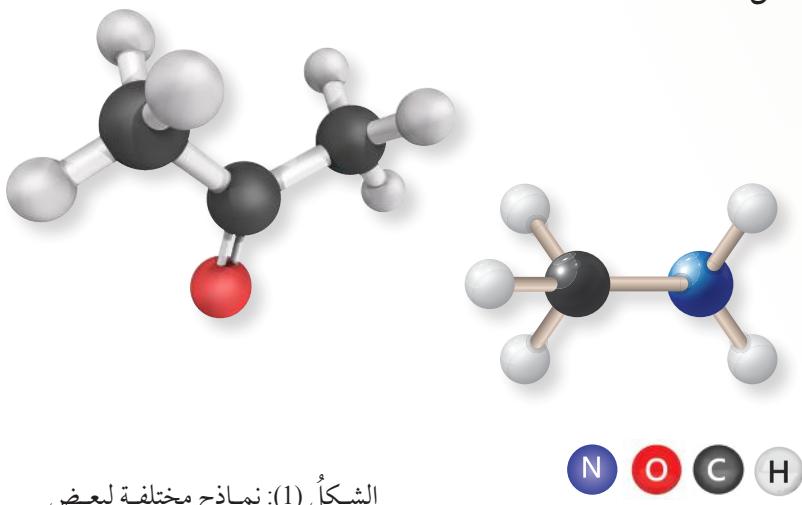
- 1- أحّدد عدد المتصاوغات التي حصلت عليها.
- 2- **أصنّف** المتصاوغات حسب ارتباط ذرّة الأكسجين مع باقي الذرات.
- 3- **أتوقع** المتصاوغات المتشابهة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، وأبّرر توقعّي.

المجموعات الوظيفية Functional Groups

توجد ملائين المركبات العضوية لكل منها خصائصه الفيزيائية والكيميائية الخاصة به. وقد صنفت هذه المركبات إلى أنواع عدّة اعتماداً على التشابه في تركيبها البنائي؛ إذ وجد أن هناك مجموعة من المركبات العضوية تحوي - بالإضافة للكربون والهيدروجين - ذرة أو أكثر من عناصر أخرى، مثل: الأكسجين، أو النيتروجين، وسميت هذه المركبات **مشتقات المركبات الهيدروكربونية** Derivatives of Hydrocarbons.

إن وجود هذه الذرات وطريقة ترابطها مع الكربون يكسب المركب خصائص كيميائية محددة ومميزة.

وقد سميت الذرة، أو مجموعة الذرات، أو الروابط المسؤولة عن الخصائص المميزة للمركب العضوي التي تُعدُّ مركز النشاط الكيميائي فيه **المجموعة الوظيفية Functional Group**، أنظر الشكل (1). وتشابه المركبات العضوية التي تحتوي على المجموعة الوظيفية نفسها في خصائصها الكيميائية، ويوضح الجدول (1) تصنيف المركبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية المميزة لكل منها.



الشكل (1): نماذج مختلفة لبعض المشتقات الهيدروكربونية.

القدرة الرئيسية:

عندما تحل مجموعة وظيفية محل ذرة هيدروجين أو أكثر في المركبات الهيدروكربونية، يتكون مركب جديد له خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة تُميّزه عن غيره من المركبات.

نتائج التعلم:

- أُميّز المركبات العضوية هاليدات الألكيل، والكحولات، والإيثرات والأمينات بناء على المجموعة الوظيفية المميزة لها.

- أُطّبق قواعد التسمية وفق نظام الأيونيaka لتسميتها، وأكتب صيغًا بنائية لها.

- أفسّر بعض الخصائص الفيزيائية لمركبات عضوية مثل: هاليدات الألكيل، والكحولات، والإيثرات، والأمينات، بناءً على تركيبها البنائي أو مجموعاتها الوظيفية.

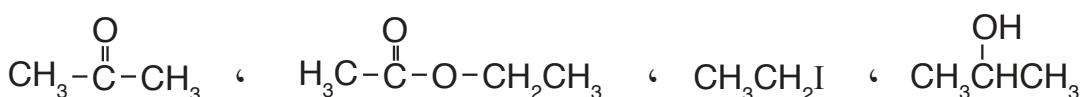
المفاهيم والمصطلحات:

مشتقات المركبات الهيدروكربونية	Derivatives of Hydrocarbons
المجموعة الوظيفية	Functional Group
هاليدات الألكيل	Alkyl Halides
الكحولات	Alcohols
الإيثرات	Ethers
التصاوغ الوظيفي	Functional Isomerism
الأمينات	Amines

الجدول (1): تصنیف المركبات العضویة حسب المجموعة الوظیفیة الممیزة لکل منها.

نوع المركب العضوي	الصيغة العامة للمركب العضوي	اسم المجموعة الوظيفية وصيغتها
الألكينات		رابطة ثنائية
الألكاينات		رابطة ثلاثية
هاليدات الألكيل	$R-X$	$-X$ حيث X تمثل أحد الهاالوجينات: (I, Br, Cl, F)
الكحولات	$R-OH$	$-OH$
الإثرات	$R-O-R'$	$-O-$
الأمينات	$R-NH_2$	$-NH_2$
الألديهایدات	$R-C(=O)H$	
الكيتونات	$R-C(=O)R'$	
الحموض الكربوكسیلية	$R-C(=O)OH$	
الإسترارات	$R-C(=O)OR'$	

أتحقق: أصنف المركبات العضوية الآتية حسب نوعها: ✓





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

هاليدات الألكيل Alkyl Halides

كان الافتراض السائد أن هاليدات الألكيل من المركبات العضوية قليلة الانتشار في الطبيعة، ولكن تبيّن أن عدداً من الكائنات الحية تُفرزها، فمثلاً: تُنتج الأعشاب البحرية كميات هائلة من كلوروميثان CH_3Cl ، وينتج الإسفنج البحري والمرجان هاليدات عضوية بوصفها نوعاً من الحماية لبعاد الأسماك والحيوانات المفترسة، انظر الشكل (2).

ونُعرف هاليدات الألكيل Alkyl Halides؛ بأنها مركبات هيدروكربونية حلّت فيها ذرة هالوجين أو أكثر محلّ ذرة أو ذرات هيدروجين، وصيغتها العامة R-X ، حيث تمثل R مجموعة الألكيل، أمّا X فتمثّل إحدى ذرات الهالوجينات (فلور، Cl ، بروم، Br ، يود، I).

تسمية هاليدات الألكيل Nomenclature of Alkyl Halides

توجد طريقة شائعة لتسمية هاليدات الألكيل؛ إذ يُنظر للمركب على أنه مُكونٌ من جزأين، أحدهما يُمثل الهالوجين ويُسمى هاليداً، والآخر يُمثل مجموعة الألكيل R ، مثل: الميثيل، والإيثيل، وبروبييل، ويتضمن الجدول (2) أمثلةً عليها:

الجدول (2): أسماء شائعة لبعض هاليدات الألكيل.

الصيغة البنائية	الاسم الشائع	CH_3F	CHCl_3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$
فلوريد الميثيل	الميثيل	ثلاثي كلوريد الميثيل (الكلوروفورم)	بروميد الإيثيل	

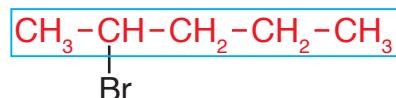
وتنسمى هاليدات الألكيل وفق نظام التسمية الدولي الأيوبارك IUPAC بالطريقة نفسها التي تسمى بها الألكانات؛ إذ يعامل الهالوجين بوصفه تفرعاً على سلسلة الألكان، ويكون الاسم العام لها هالو ألكانات. والأمثلة الآتية توضح الخطوات المتبعة في التسمية:

المثال ١

أُسْمِيَ المُرْكَبُ الْمُجَاوِرُ وَفِقْ نَظَامِ الأَيُوبَاكِ: $\text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

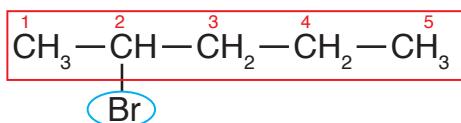
الحلُّ:

- أحدّد أطول سلسلة كربونية تتضمن ذرة الكربون المرتبطة بذرة الهالوجين، وأسماها حسب عدد ذرات الكربون فيها.

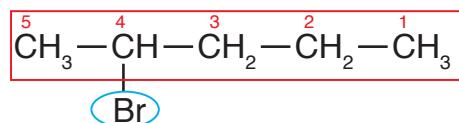


الاحظ وجود سلسلة كربونية واحدة عدد ذرات الكربون فيها (٥)؛ فاسميها بتنا.

- أحدّد ذرة الهالوجين وموقعها على السلسلة؛ بحيث أرقّم السلسلة من الجهة التي يكون فيها لذرة الكربون المرتبطة بذرة الهالوجين أقلّ رقم ممكّن، لمعرفة ذلك؛ أرقّم السلسلة بدءاً من جهة اليمين، ومرة أخرى بدءاً من جهة اليسار:



الترقيم الثاني

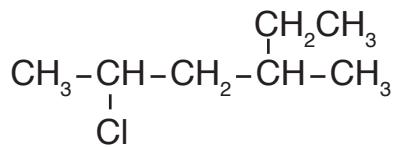


الترقيم الأول

- الاحظ أن المركب يحتوي على ذرة بروم واحدة؛ وفي الترقيم الأول يكون رقم ذرة الكربون المرتبطة بذرة البروم ٤، وفي الترقيم الثاني يكون رقمها ٢، والصحيح هو الترقيم الثاني.

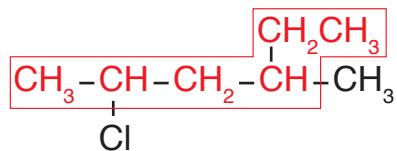
- لكتابة اسم المركب؛ أكتب رقم ذرة الكربون المرتبطة بذرة البروم متبعاً بشرطه (-) لفصل الأرقام عن الكلمات (٢)، ثم أسمى الهالوجين على وزن (هالو)؛ فيكون (٢-برومو)، ثم أكتب اسم الألكان الذي يمثل سلسلة الكربون وهو بتنا؛ فيكون الاسم: ٢-بروموبتنا.

أُسْمِيِّ الْمُرْكَبِ الْأَتِيِّ وَفَقَدِ نَظَامِ الْأَيُوبِاكِ:



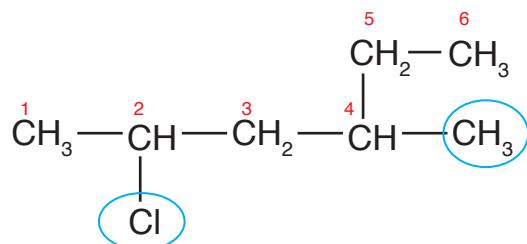
الحلُّ:

- 1 - أحْدَدْ أَطْوَلْ سَلْسَلَةِ كَرْبُونِيَّةِ مُسْتَمِرَّةٍ تَتَضَمَّنُ ذَرَّةَ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةِ بِذَرَّةِ الْهَالُوْجِينِ (الْكَلُورِ)، وَأُسْمِيَّهَا حَسْبَ عَدْدِ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ فِيهَا.



أَلَاَحْظِ أَنَّ أَطْوَلَ سَلْسَلَةً مُكَوَّنَةً مِنْ سَتِّ ذَرَّاتِ كَرْبُونٍ؛ فَتُسَمَّى هَكْسَان.

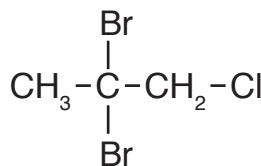
- 2 - أحْدَدْ التَّفَرِّعَاتِ وَمَوَاقِعُهَا؛ بِحِيثُ أَرْقَمِ السَّلْسَلَةِ مِنِ الْجَهَةِ الَّتِي يَكُونُ فِيهَا لِذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةِ بِكُلِّ مِنْ ذَرَّةِ الْكَلُورِ أَوْ مَجْمُوعَةِ الْمِيَشِيلِ أَقْلَىً أَرْقَامَ مُمْكِنَةٍ.



أَلَاَحْظِ وَجُودَ ذَرَّةِ كَلُورِ وَاحِدَةٍ مُرْتَبَطَةٍ بِذَرَّةِ كَرْبُونِ رقمِ 2، وَمَجْمُوعَةِ مِيَشِيلِ وَاحِدَةٍ مُرْتَبَطَةٍ بِذَرَّةِ كَرْبُونِ رقمِ 4.

- 3 - أَكْتُبْ اسْمَ الْمُرْكَبِ بِاتِّبَاعِ الْخُطُواتِ نَفْسُهَا فِي الْمَثَالِ السَّابِقِ، مَعَ إِضَافَةِ رَقْمِ ذَرَّةِ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةِ بِمَجْمُوعَةِ الْمِيَشِيلِ وَاسْمُهَا (4-مِيَشِيل)، وَيُرَاعِيُ التَّرْتِيبُ الْهَجَائِيُّ بِالْلُّغَةِ الإِنْجِلِيزِيَّةِ عِنْدَ كَتْبَةِ الْاسْمِ، لِذَلِكَ؛ يُكْتَبُ الْكَلُورُ قَبْلَ الْمِيَشِيلِ فَيَكُونُ الْاسْمُ: 2- كَلُورُو 4- مِيَشِيل هَكْسَان.

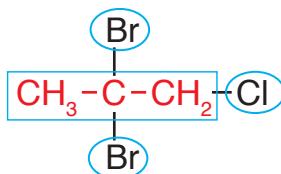
المثال 3



أُسْمِي المُرْكَبُ الْآتِيُ وَفِي نَظَامِ الْأَيُوبَاكِ:

الحلُّ:

- 1 - أحَدَدْ أَطْوَلْ سَلْسَلَةِ كَرْبُونِيَّةِ مُسْتَمِرَّةٍ تَضَمِّنْ ذَرَّةَ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةَ بِذَرَّةِ الْهَالُوْجِينِ، وَأَحَدَدْ ذَرَّاتِ الْهَالُوْجِينِ، وَأَرْقَمْ مِنَ الْجَهَةِ الَّتِي تَعْطِي لِذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةِ بِهَا أَقْلَى أَرْقَامَ مُمْكِنَةِ.



الاحْظُ أَنَّ الْمُرْكَبَ يَتَكَوَّنُ مِنْ سَلْسَلَةٍ مُكَوَّنَةٍ مِنْ 3 ذَرَّاتِ كَرْبُونٍ فَتُسَمِّي بِرُوبَانٍ، أَرْقَمُهَا مِنَ الْطَّرَفِ الْأَقْرَبِ إِلَى ذَرَّةِ الْكَلُورِ؛ فَتَأْخُذْ ذَرَّةَ الْكَرْبُونِ الرَّقْمَ 1، وَتَأْخُذْ ذَرَّةَ الْكَرْبُونِ الْمُرْتَبَطَةَ بِذَرَّتِي الْبِرُومِ الرَّقْمَ 2.

- 2 - أَكْتُبْ اسْمَ الْمُرْكَبِ مَعَ مِرَاعَةِ كَتَابَةِ الْبِرُومِ قَبْلَ الْكَلُورِ حَسْبَ التَّرْتِيبِ الْأَبْجَدِيِّ، وَأَفْصِلْ بَيْنَ الْأَرْقَامِ الْمُتَتَالِيَّةِ بِفَاصِلَةِ، وَبَيْنَ الْأَرْقَامِ وَالْكَلِمَاتِ بِشَرْطَةِ (-)، وَنَظَرًا لِوُجُودِ ذَرَّتِيِّ الْبِرُومِ تُسْتَخَدَمُ الْبَادِئَةُ (ثَنَائِيُّ) لِلدلَالَةِ عَلَى عَدْدِهَا، فَيَكُونُ الْاسْمُ:

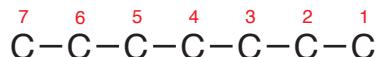
ثَنَائِيُّ بِرُومُو - 1 - كَلُورُو بِرُوبَانٍ 2

المثال 4

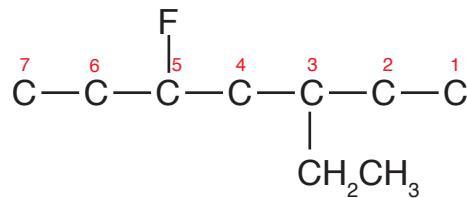
أَكْتُبْ الصِّيَغَةِ الْبَنَائِيَّةِ لِلْمُرْكَبِ: 3- إِيشِيل - 5 - فُلُورُو هَبَتَانٍ

الحلُّ:

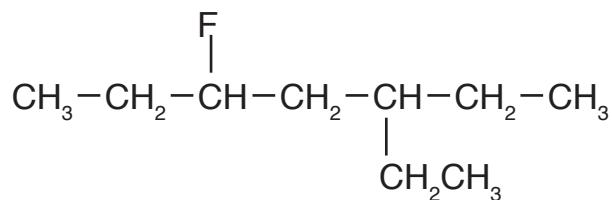
- 1 - أَكْتُبْ عَدْدَ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ الَّتِي تُمَثِّلُ الْأَلْكَانَ أَوْ أَطْوَلَ سَلْسَلَةِ كَرْبُونِيَّةِ مُسْتَمِرَّةٍ، وَهُوَ هَبَتَانٌ؛ أَيْ 7 ذَرَّاتِ كَرْبُونٍ، وَأَرْقَمُهَا مِنَ أَيِّ طَرَفٍ:



2 - أربط كلاً من مجموعة الإيثيل وذرة الفلور بذرّة الكربون التي تمثل موقعها على السلسلة الكربونية كما تظهر في اسم المركب:

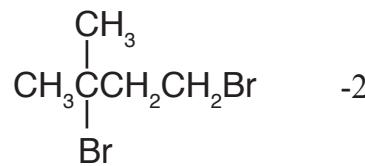
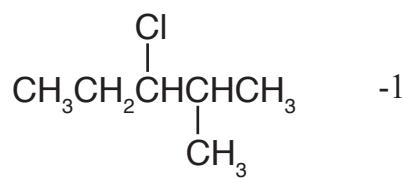


3 - أكمل عدد روابط الكربون مع الهيدروجين؛ بحيث يصبح مجموع الروابط حول كل ذرة كربون 4 روابط كالتالي:

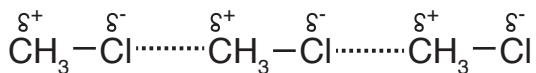


الاحظ - في هذا المثال - أن مجموعة الإيثيل وذرة الفلور تأخذان الأرقام نفسها عند الترقيم من طرف سلسلة الكربون؛ لذا اعتمد الترتيب الهجائي لبداية الترقيم.

أتحقق: أسمى المركبات الآتية وفق نظام الأيونات ✓



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



الخصائص الفيزيائية لهاليدات الألكيل

Physical Properties of Alkyl Halides

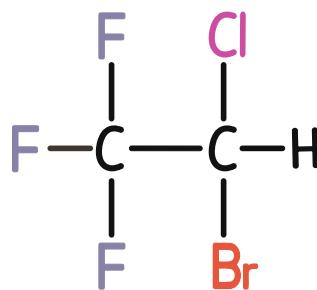
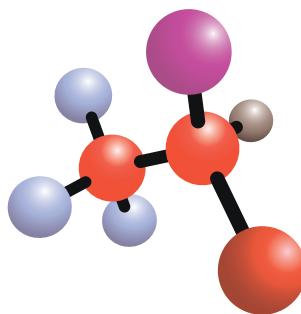
تُعدُّ الرابطة بين ذرَّة الهالوجين وذرَّة الكربون في هاليدات الألكيل بوجهٍ عامٌّ رابطةً قُطبيةً، حيث إنَّ معظم الهالوجينات لها سالبيةً كهربائيةً أعلى من ذرَّة الكربون، لذلك فهاليدات الألكيل مُركبات قطبية تترابط بقوى تجاذبٍ ثنائية القطب، ويوضح الشكل (3) قوى ثنائية القطب بين جزيئات كلورو ميثان.

الجدول (3): درجات غليان بعض هاليدات الألكيل.

درجة الغليان (°C)	المُركب
- 89	CH_3CH_3
- 37	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$
12	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
38	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$

تتأثُّر الخصائص الفيزيائية لهاليدات الألكيل بقوى التجاذب بين جزيئاتها، ويوضح الجدول (3) درجات غليان الإيثان وعدداً من هاليدات الألكيل، يُلاحظ أن درجة غليان الإيثان أقلّ منها لفلورو إيثان؛ فجزيئاته غير قطبية تترابط بقوى لندن الضعيفة، في حين أن فلورو إيثان جزيء قطبي تترابط جزيئاته بقوى ثنائية القطب، لذلك درجة غليانه أعلى. وعند مقارنة درجات غليان هاليدات الإيثيل الواردة في الجدول يُلاحظ ازدياد درجة الغليان بالانتقال من فلورو إيثان إلى برومإيثان، وتفسير ذلك؛ أنه 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 العاديَّة (25 °C). وغالباً لا تذوب هاليدات الألكيل في الماء رغم قُطبتيتها؛ لأنَّ قوى التجاذب ثنائية القطب التي تنشأ بين جزيئات هاليد الألكيل وجزيئات الماء ضعيفةٌ لا تغلب على قوة الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء.



الشكل (4): الصيغة
البنائية للهالوثان.



الشكل (5): البلاستيك
الرغوي (الفوم).

ولهاليدات الألكيل أهمية في الصناعة فقد تُستخدم مباشرة أو تُحضر منها مركبات مهمة، فمثلاً: استُخدم الكلوروفورم CHCl_3 قديماً مادة مخدرة في العمليات الجراحية، وبسبب آثاره الجانبية حل محله هاليد الألكيل آخر سمي الهالوثان، أنظر الشكل (4). وُتستخدم هاليدات الألكيل أيضاً بوصفها مذيبات عضوية، مثل ثلاثي كلورو إيثين C_2HCl_3 حيث يُستخدم في الصناعات الإلكترونية، واستُخدم ثلاثي كلورو فلورو ميثان CCl_3F بوصفه مادة نفخ في صناعة البلاستيك الرغوي (الفوم)، أنظر الشكل (5)، ويدخل كلورو إيثين في صناعة أكثر أنواع البلاستيك استخداماً، كما في شبكات المياه والصرف الصحي، أنظر الشكل (6)، كما تُستخدم بعض المركبات الهيدروفلوروكربونية غازات مُبردة في الثلاجات وأجهزة التبريد.

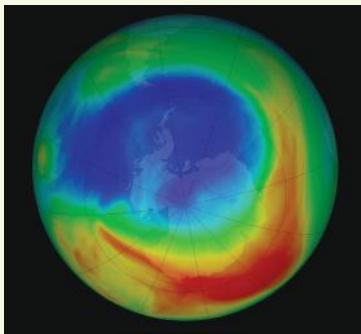
أتحقق: أنوّع أي المركّبين له أعلى درجة غليان: ✓
1- كلورو بيوتان 2- أيودو بيوتان

أفسر: درجة غليان

1- بروم بروبان أعلى من درجة
غليان بروم إيثان.

الشكل (6): البلاستيك
المُستخدم في التمديدات
الصحية.





أدى الاستخدام الواسع للمركبات الكلوروفلوروكرboneية CFCs، مثل CCl_2F_2 ، إلى الإضرار بطبقة الأوزون؛ لأنها تتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية محرّرة ذرة كلور منفردة تتفاعل مع الأوزون وتفكّكه، ويمكن أن تسبّب ذرة كلور واحدة تفكّك مئات الآلاف من جزيئات الأوزون. وقد حلّت المركبات الهيدروفلوروكرboneية HFCs، ومنها CF_3CH_2F محلّها. تُظهر الصور الملقطة تحسّناً واضحاً على طبقة الأوزون وعلى صغر حجم ثقب الأوزون حسب وكالة ناسا الفضائية.

الكحولات Alcohols

أصبح استخدام مُعقمات الأيدي شائعاً في الأماكن العامة مثل المستشفيات، والمطاعم، والأسواق التجارية، وغيرها؛ إذ تحتوي هذه المُعقمات على مواد تؤدي للقضاء على الميكروبات للحدّ من انتقال الأمراض، ورغم اختلاف المُعقمات في بعض مكوناتها؛ إلا أنّ معظمها يشترك في المادة الفاعلة فيها وهي الكحول، أنظر الشكل (7).

فما الكحولات؟ وما طريقة تسميتها؟



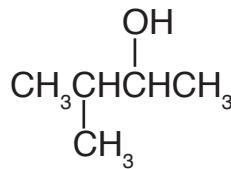
الشكل (7): مواد تحتوي على الكحولات.

تُعرّف الكحولات Alcohols بأنّها مركبات عضوية صيغتها العامة $R-OH$ ، حيث تُمثل مجموعة الهيدروكسيل (OH-) المجموعة الوظيفية المميزة لها وتُمثل R مجموعة ألكيل.

تسمية الكحولات Nomenclature of Alcohols

تُسمّى الكحولات وفق نظام الأيوناك بإضافة المقطع (ول) إلى اسم الألkan المقابل، فيصبح الاسم العام له (ألكانول)، والأمثلة الآتية تُوضّح الخطوات المُتبعة في التسمية.

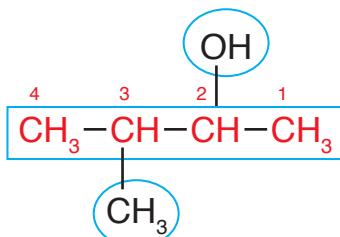
المَنَال 5



أُسَمِّيُ الْمُرْكَبُ الْأَتَيِ وَفَقَ نَظَامُ الْأَيُوبِكَ:

الحل:

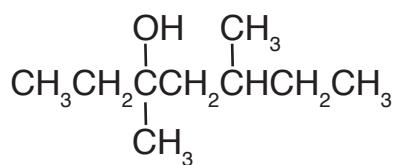
أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة تتضمّن المجموعة الوظيفية (OH-) وأسمّيها، ثم أرّقّمها من الجهة الأقرب للمجموعة الوظيفية، ثم أحدّد موقع ارتباط مجموعة الهيدروكسيل، وأحدّد موقع مجموعة الألكليل وأسمّيها.



الا يلاحظ أن أطول سلسلة كربونية مكونة من 4 ذرات كربون، وأن مجموعة الهيدروكسيل مرتبطة بذرة الكربون رقم 2، وأن مجموعة ميثيل مرتبطة بذرة الكربون رقم 3 فيكون اسم المركب:

3- میثیل 2- بیوتانول

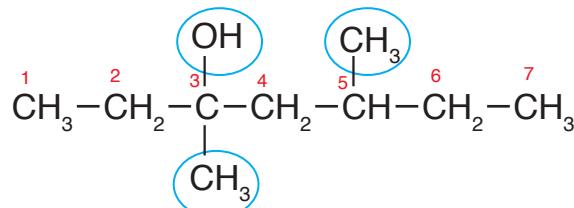
المثال ٦



أَسْمَى الْمُرْكَبِ الْأَتِيِّ وَفِقْهُ نَظَامِ الْأَيُوبِكَ:

٩٣

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة تتضمّن مجموعة الهيدروكسيل وأسمّيها، ثم أرقمها من الجهة الأقرب للمجموعة الوظيفية، ثم أحدّد موضع ارتباط مجموعة الهيدروكسيل، وأحدّد موقع مجموعات الألکيل وأسمّيها.



الاحظ أن أطول سلسلة كربونية مكونة من 7 ذرات كربون، وأرق سلسلة من جهة اليسار الأقرب إلى مجموعة OH؛ فيكون رقم ذرة الكربون المرتبطة بها 3، وترتبط مجموعتا ميثيل بذرتي الكربون رقم 3 و 5؛ فيكون اسم المركب: 3 ، 5-ثنائي ميثيل-3-هبتانول.

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

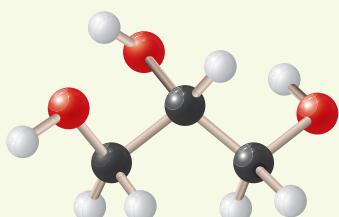
الاسم النظامي	الاسم الشائع	مثال	نوع الكحول
إيثanol	كحول الإيثيل	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	أحادي الهيدروكسيل
2،1-إيثان دايلول	جلايكول الإيثيلين	$\begin{matrix} \text{CH}_2 & -\text{CH}_2 \\ & \\ \text{OH} & \text{OH} \end{matrix}$	ثنائي الهيدروكسيل
3،2،1-بروبان ترايلول	الجليسروول	$\begin{matrix} \text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 \\ & & \\ \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} \end{matrix}$	ثلاثي الهيدروكسيل

الربط بالحياة



كحول الجليسروول

يتميز كحول الجليسروول بذاته الشديدة في الماء، وقدرته على امتصاص الماء من الوسط المحيط؛ لذا يدخل في صناعة المواد المرطبة للجلد والبشرة وغيرها من مواد التجميل.



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

أتحقق:

- أُسمّي المركب الآتي وفق نظام الأيوناك: $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{matrix}$
- أكتب الصيغة البنائية للمركب الآتي:
- إيثيل-2-هكسانول

الربط بالحياة



يُستخدم جلايكول الإيثيلين مضاداً للتجمُّد؛ حيث تُرشّ به الطائرات قبل إقلاعها، وتبلغ درجة غليانه 197°C ، وعندما يخلط بالماء بنسبة 50% فإنّ درجة تجمُّده تنخفض إلى -36°C . ويوضع في مشعّ (راديتير) السيارة؛ لمنع تجمُّد الماء فيه في فصل الشتاء.





الشكل (8): الترابط الهيدروجيني
بين جزيئات الكحول.

الخصائص الفيزيائية للكحولات

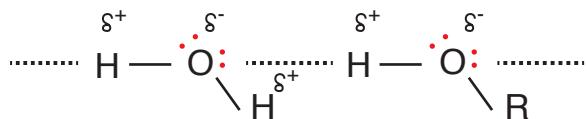
تحتوي الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل (-OH)؛ وهي مجموعة شديدة القطبية نظرًا للسلبية الكهربائية العالية لذرة الأكسجين؛ لذا فإن الرابطة C-O رابطة قطبية، وكذلك الرابطة H-O-H، ونظرًا لارتباط ذرة الهيدروجين مباشرةً بذرة الأكسجين؛ فإن جزيئات الكحول تترابط في ما بينها برابط هيدروجينية كما يوضح الشكل (8).

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

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

المركب	الصيغة البنائية	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
ميثanol	CH_3OH	32	65
إيثان	CH_3CH_3	30	-89
إيثانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46	78
بروبان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	-42
1-بربانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	60	97
بيوتان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58	-0.5

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



أمّا في ما يتعلّق بذائبية الكحولات في الماء، فإنّ قدرة جزيئات الكحولات على صنع روابط هيدروجينيّة مع الماء تُفسّر ذائبيتها فيه، كما يوضّح الشكل (9).

وتقلّل ذائبيّة الكحولات في الماء بزيادة عدد ذرات الكربون فيها، أنظر الجدول (6)، وتفسّر ذلك أنّ زيادة عدد ذرات الكربون يزيد من طول السلسلة الكربونية R في المُركّب، وهي طرف غير قطبي لا يذوب في الماء؛ لذا تقلّل ذائبيّة الكحولات.

الجدول (6): ذائبيّة بعض الكحولات في الماء.

أُفْكِر: أتوقع المركب الذي له أعلى درجة غليان، وأبرّر إجابتي:
1- بروبانول أم 2- بروبانول؟

الاسم	الصيغة البنائية	الذائبيّة (g/100g H ₂ O)
إيثانول	CH ₃ CH ₂ OH	يدوّب بأي نسبة
1- بروبانول	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	يدوّب بأي نسبة
1- بيوتانول	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	7.9
1- بنتانول	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	2.7

أتحقّق: ✓

- 1- أي المركّبين الآتین له أعلى درجة غليان:
2- بيوتانول أم 2- هكسانول؟ أفسّر إجابتي.

- 1- أي الكحولين الآتین يُعدُّ أقلّ ذائبيّة في الماء:
1- بيوتانول أم 1- هبتانول؟ أفسّر إجابتي.

الإيثرات Ethers

الإيثرات Ethers مركبات عضوية صيغتها العامة $R-O-R'$ ترتبط

فيها ذرة الأكسجين التي تمثل المجموعة الوظيفية بمجموعتي الألکيل متشابهتين أو مختلفتين.

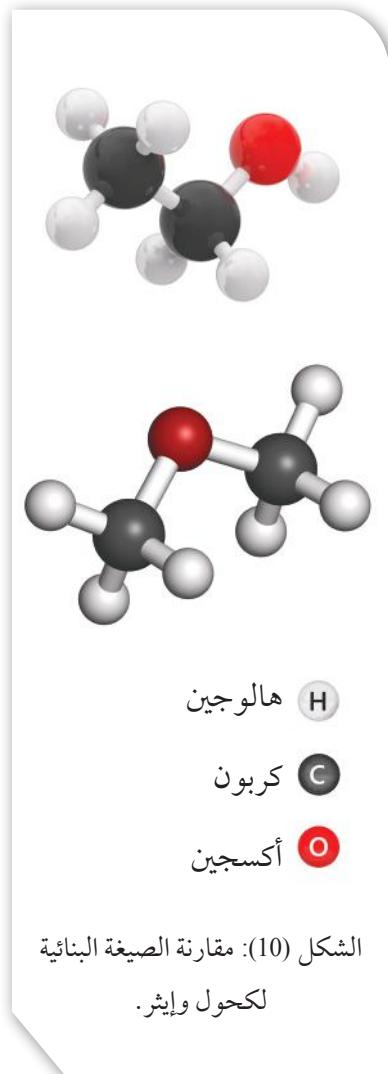
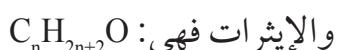
تسمية الإيثرات Nomenclature of Ethers

تُسمى الإيثرات بتسمية مجموعتي الألکيل تبعها الكلمة إيثر، وترتَّب مجموعات الألکيل أبجدياً، فإذا كانت مجموعات الألکيل متماثلتين؛ فتُستخدم البادئة (ثنائي). والأمثلة الآتية توضح الصيغ البنائية لبعض الإيثرات وأسماءها:

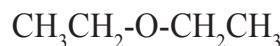


درست في الوحدة السابقة مفهوم التصاوغ وبعض أنواعه، فهل هناك أنواع أخرى له؟

تشابه الإيثرات والكحولات في الصيغة الجُزئية؛ ولكنها تختلف في الصيغة البنائية، ويوضح الشكل (10) نموذجين لجزيئين مختلفين لأحد الكحولات والإيثرات، ويلاحظ منه أن كلا المركبين يتكون من ذرتين كربون و 6 ذرات هيدروجين وذرة أكسجين واحدة، فالصيغة الجُزئية لهما C_2H_6O ، ويمكن كتابة الصيغة البنائية لكلِّ منها كالتالي: المركب الأول هو كحول الإيثانول وصيغته CH_3CH_2OH ; أمّا المركب الثاني فصيغته CH_3OCH_3 ، ويُسمى ثنائي ميثيل إيثر، ومن ثم فالمركيان متشابهان بالصيغة الجُزئية، و مختلفان في المجموعة الوظيفية؛ أي أنهما متصاوغان، ويُسمى التصاوغ من هذا النوع **التصاوغ الوظيفي**، أمّا الصيغة الجُزئية العامة للكحولات والإيثرات فهي:



أتحقق: أُسمّي المركب الآتي:



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

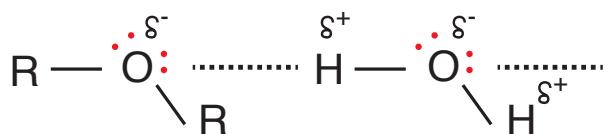
الاسم	الصيغة	الكتلة المولية g/mol	درجة الغليان (°C)
بيوتان	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58	- 0.5
إيثيل ميثيل إيثر	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	60	7.4
بستان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	72	36.1
ثنائي إيثيل إيثر	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	74	34.6

الخصائص الفيزيائية للإيثرات Physical Properties of Ethers

تتميز الإيثرات بأن روابط المجموعة الوظيفية فيها قطبية، والرابطان C-O-C تُشكّلان منحنياً زاوياً؛ لذلك فإن جزيئات الإيثر قطبية تترابط في ما بينها بقوى ثنائية القطب. ويوضح 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 للبستان وثنائي إيثيل إيثر ما يدل على القطبية الضعيفة لجزيئات الإيثر.

أمّا في ما يتعلّق بذائية الإيثرات في الماء؛ فإن امتلاك ذرّة الأكسجين في الإيثر لزوجين من الإلكترونات غير الرابطة يسمح لجزيئات الماء بتكوين روابط هيدروجينية معها، وهو ما يفسّر ذائية الإيثرات في الماء، والشكل (11) يُوضّح ذلك.

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



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

الاسم	الصيغة	الذائبة (g/100g H ₂ O)
ثنائي ميثيل إيثر	CH ₃ OCH ₃	70
إيثانول	CH ₃ CH ₂ OH	يدوب بأي نسبة
ثنائي إيثيل إيثر	CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	6.7
1-بيوتانول	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	7.9

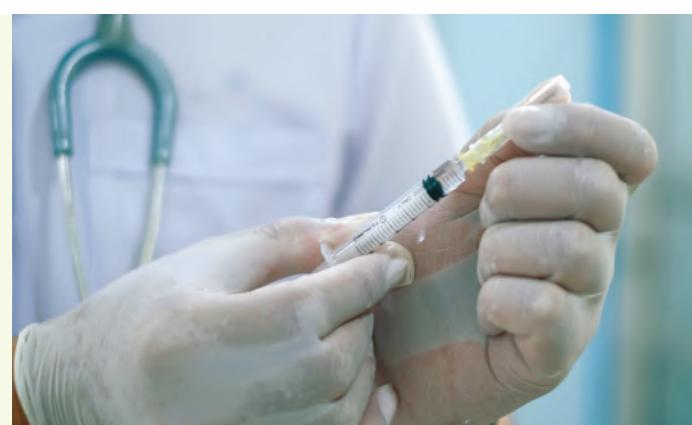
ويُوضّح الجدول (8) مقارنة ذاتية بعض الإيثرات بالكحولات وكيفية تغييرها بزيادة عدد ذرات الكربون، إذ يلاحظ التقارب بين ذاتية الإيثرات والكحولات؛ بسبب ترابط كل منهما بروابط هيدروجينية مع الماء، ولكن لأن ذرة الأكسجين في الإيثر تحاط بمجموعتي ألكيل غير قطبيتين فإنهما تقللان من ذاتيته نسبياً. ويلاحظ أيضاً نقصان ذاتية الإيثرات بزيادة عدد ذرات الكربون فيها؛ وذلك لزيادة طول السلسلة الكربونية R وهي طرف غير قطبي لا يذوب في الماء فتقل ذاتية. وتوسّع الإيثرات مُذيبات عضوية.

أَفَكَرْ: أي المركّبين الآتيين له أقل درجة غليان؟ أبّرر إجابتي.
1- بنتانول أم إيثيل بروبيل إيثر.

أَتَحَقَّقْ: أقارن بين المركّبين الآتيين من حيث درجة الغليان والذائبية في الماء:
ثنائي ميثيل إيثر، ميثيل بروبيل إيثر.

الربط بالطب

يُعدُّ ثنائي إيثيل إيثر من أوائل المركّبات التي استُخدمت في التخدير العام في الطب، وقد استمر استخدامه لمدة تزيد على القرن، ولكن بسبب بعض الآثار الجانبية له وقابلية للاشتعال؛ فقد حلّ محله مواد تخدير أخرى، مثل: ميثيل بروبيل إيثر.



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



الأمينات Amines

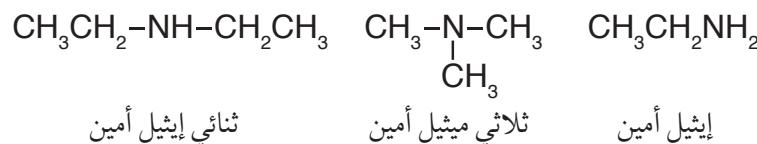
تُشتَّق الأمينات Amines من الأمونيا NH_3 ، إذ تحلُّ مجموعة الألกيل أو أكثر محل ذرة هيدروجين أو أكثر. وتُصنَّف إلى أميناتٍ أولية وثانوية وثالثية وفقَ عدد مجموعات الألكيل المرتبطة بذرة النيتروجين كما يوضَّح الشكل:



تُتَشَّرُّ الأمينات في الطبيعة، ولها رائحة تشبه السمك الفاسد، وتُستَخدَم الأمينات في مجالات مُتَّنَوِّعة، مثل: صناعة البلاستيك، والأدوية، والمبيدات الحشرية، وأصباغ الملابس، كما يُظَهَّر في الشكل (12).

تسمية الأمينات Nomenclature of Amines

تُسَمِّى مجموعة أو مجموعات الألكيل المُتَّصلَة بذرة النيتروجين تتبعها كلمة أمين، وترتَّب مجموعات الألكيل أبجدياً؛ وإذا احتوى الأمين على مجموعات الألكيل متماثلة تُستَخدَم الbadeth (ثنائي أو ثالثي)، وتوضَّح الأمثلة الآتية الصيغ البنائية لبعض الأمينات وأسماءها:



وتوضَّح الأمثلة الآتية طريقة تسمية الأمينات الأولية وفقَ نظام الأيوبارك:

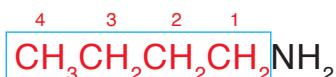


المثال 7

أُسْمِيَ الْمُرْكَبُ الْآتَيِ وَفِي نَظَامِ الْأَيُوبَاكِ: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

الحلُّ:

- أحْدَدْ أَطْوَلْ سَلْسَلَةِ كَرْبُونِيَّةٍ تَضَمِّنْ مَجْمُوعَةَ الْأَمِينِ، ثُمَّ أَرْقِّمْ السَّلْسَلَةِ مِنَ الْجَهَةِ الْأَقْرَبِ إِلَيْهَا.



- أَكْتُبْ رَقْمَ ذَرَّةِ الْكَرْبُونِ الَّتِي تَنْصُلُ بَهَا مَجْمُوعَةَ الْأَمِينِ تَبَعُهَا كَلْمَةُ أَمِينُو، ثُمَّ أُسْمِيَ الْأَلْكَانِ الَّذِي يُمَثِّلُ سَلْسَلَةَ الْكَرْبُونِ.

فَيَكُونُ الاسمُ: 1- أَمِينُو بِيُوتَانٍ

تَكُونُ الشُّوكُولَاتَةُ مِنْ مَزِيجٍ مِنَ الْمَوَادِ الْكِيمِيَّيَّةِ الْمُعَقَّدَةِ، أَحَدُهَا يَنْتَمِي إِلَى الْأَمِينَاتِ وَهُوَ 2- فِينِيل-1-أَمِينُو إِيَثَانٌ، وَيُفْتَرَضُ أَنَّهُ الْمَسْؤُلُ عَنِ الرَّغْبَةِ الْمُتَكَرِّرَةِ فِي تَنَوُّلِهَا.



المثال 8

أُسْمِيَ الْمُرْكَبُ الْآتَيِ وَفِي نَظَامِ الْأَيُوبَاكِ: $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCH}_3$

الحلُّ:

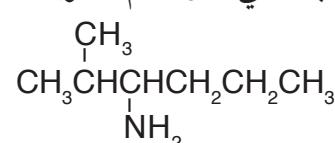
- أحْدَدْ أَطْوَلْ سَلْسَلَةِ كَرْبُونِيَّةٍ تَضَمِّنْ مَجْمُوعَةَ الْأَمِينِ، وَأَرْقِّمْ السَّلْسَلَةِ مِنَ الْجَهَةِ الْأَقْرَبِ إِلَيْهَا، ثُمَّ أَحْدَدْ مَوْضِعَ ارْتِبَاطِ مَجْمُوعَةِ الْأَمِينِ وَكَذَلِكَ مَجْمُوعَاتِ الْأَلْكِيلِ وَأَسْمِيهَا، ثُمَّ أُسْمِيَ الْأَلْكَانِ الَّذِي يُمَثِّلُ سَلْسَلَةَ الْكَرْبُونِ.



فَيَكُونُ الاسمُ: 4- مِيَثِيل- 2- أَمِينُو بِنَتَانٍ

✓ أَتَحْقَقَ:

- أُسْمِيَ الْمُرْكَبُ الْآتَيِ وَفِي نَظَامِ الْأَيُوبَاكِ :



- أَكْتُبْ الصِّيَغَةِ الْبَنَائِيَّةِ لِلْمُرْكَبِ: 2- أَمِينُو بِيُوتَانٍ

أَبْحَثُ: تُصَنَّفُ الْأَمِينَاتُ إِلَى: أَوْلَيَّةٍ، وَثَانِيَّةٍ، وَثَالِثَيَّةٍ، اعْتِمَادًا عَلَى عَدْدِ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ الْمَرْتَبَةِ بِذَرَّةِ الْنِّيَرُوجِينِ. أَرْجِعْ إِلَى مَوْضِعِ إِلْكْتَرُونِيَّةِ مُنَاسِبَةٍ عَبَرْ شَبَكَةِ إِنْتَرْنَتٍ، وَأَبْحَثْ فِي كَيْفِيَّةِ تَسْمِيَةِ الْأَمِينَاتِ الثَّانِيَّةِ وَالثَّالِثَيَّةِ وَفِي نَظَامِ الْأَيُوبَاكِ، وَأَكْتُبْ تَقْرِيرًا بِذَلِكَ، أَوْ أَصْمِمْ عَرْضًا تَقْدِيمِيًّا عَنِ الْمَوْضِعِ، وَأَنْاقِشُهُ مَعَ زَمَلَائِيٍّ / زَمِيلَاتِيِّ فِي الْصَّفَّ.

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
إيشيل أمين	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	45	16
إيثانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46	78

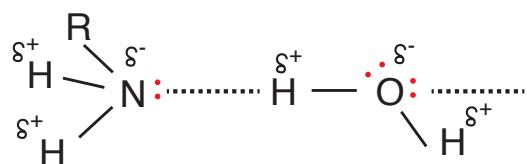
الخصائص الفيزيائية للأمينات Physical Properties of Amines

تُعدُّ الأمينات مركبات قطبية؛ نظراً لاحتوائها على مجموعة الأمين القطبية، وترتبط جزيئات الأمينات الأولية بروابط هيدروجينية، حيث تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مباشرة بذرة نيتروجين ذات سالبية كهربائية عالية، وهو ما يفسّر ارتفاع درجات غليانها مقارنة بالألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية؛ كما يوضح الجدول (9)، فمثلاً: درجة غليان ميثيل أمين أعلى بكثير منها للايثان الذي ترتبط جزيئاته بقوى لندن الضعيفة مقارنة بالروابط الهيدروجينية بين جزيئات ميثيل أمين. وعند مقارنة درجات غليان الأمينات معًا تتضح زيادة درجة غليان الأمين بزيادة عدد ذرات الكربون فيه، أمّا عند مقارنة درجة غليان الأمين مع الكحول المُقارب له في الكتلة المولية، كما في إيشيل أمين والإيثانول؛ فيُلاحظ ارتفاع درجة غليان الكحول مقارنة بالأمين؛ وذلك لأن قطبية الرابطة (O-H) أكبر من قطبية الرابطة (N-H)، ومن ثم فإن الرابطة الهيدروجينية في الكحولات أقوى منها في الأمينات الأولية والطاقة اللازمة للتغلب عليها أكبر، ومن ثم درجة غليان الكحولات أعلى.

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

أتحقق: أي المركبين الآتيين له أعلى درجة غليان:
 1- بيوتانول أم
 2- أمينو بيوتان؟

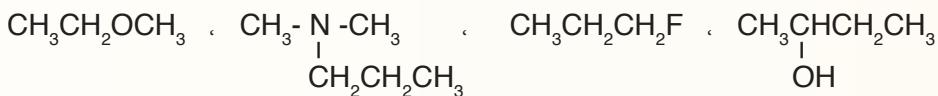
الشكل (13): الترابط الهيدروجيني بين جزيئات الأمينات الأولية والماء.



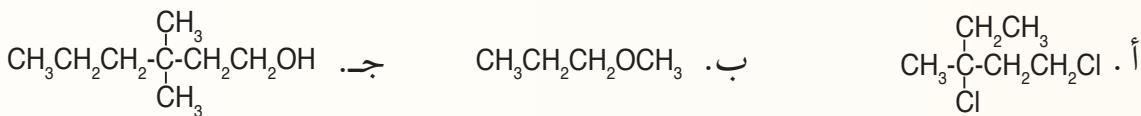
مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: ما الأساس المعتمد في تصنيف مشتقات المركبات الهيدروكربونية؟

2 - أصنف المركبات العضوية الآتية، وأحدد المجموعة الوظيفية في كل مركب:



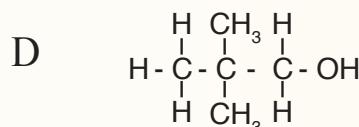
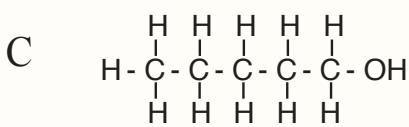
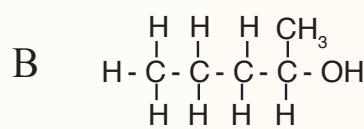
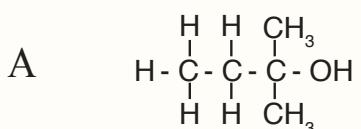
3 - أطبق: أسمى المركبات الآتية:



4 - أطبق: أكتب الصيغة البنائية لكل من المركبين العضويين الآتيين:

أ. 1-برومو-2-كلورو-2-ثنائي فلورو بروبان ب. 2-أيدو-3-بتانول

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



أ. أطبق: أكتب صيغة بنائية مختصرة للكحولين B و D.

ب. أطبق: أسمى المركب A.

ج. أتوقع: أي هذه الكحولات له أعلى درجة غليان؟ أفسّر إجابتي.

6 - أصدر حكماً: أحدّد الخطأ في أسماء كل من المركبات الآتية، وأعيد تسميتها:

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

درجة الغليان (°C)	الذائبة g/100g H ₂ O	الكتلة المولية	اسم المركب
35	8	74	ثنائي إيثيل إيثير
118	8	74	1-بيوتانول

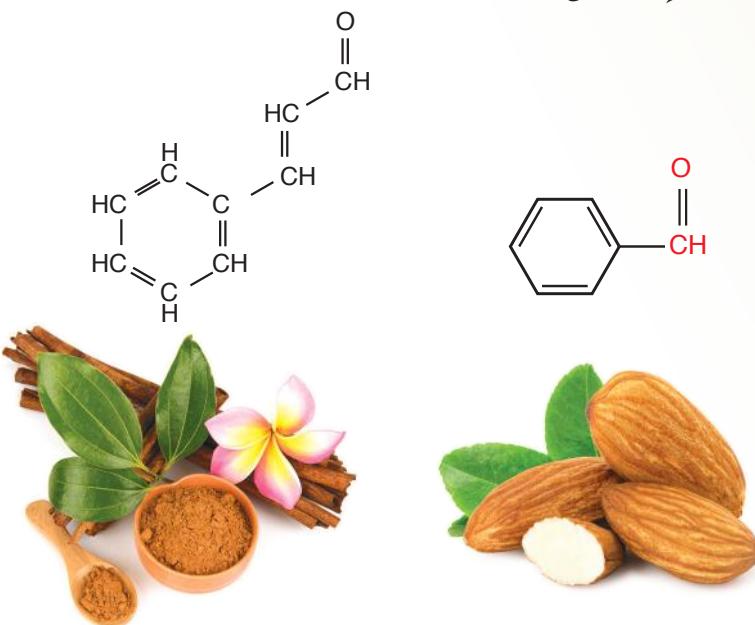
7 - أفسّر بالرجوع إلى المعلومات في الجدول تساوي المركبين ثنائي إيثيل إيثير وكحول 1-بيوتانول في الذائبة في الماء، والاختلاف الكبير بينهما في درجة الغليان.

الألديهايدات Aldehydes

تعود الروائح المميزة لبعض الفواكه والورود، والطعم الخاص بمنكهات الطعام المتنوعة إلى وجود مركبات عضوية في تركيّها هي المسبيّة لتلك الروائح، تتنمي هذه المركبات إلى الألديهايدات، والكيتونات، والحموض الكربوكسيلية، والإسترات التي سأتعلّمها في هذا الدرس.

تُعرّف الألديهايدات Aldehydes بأنّها مركبات عضوية

صيغتها العامة $H - C = O - R$ ، ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بذرة هيدروجين واحدة على الأقل؛ تمثّل أحد طرفي السلسلة الكربونية للمركب، وتُمثّل R مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين. ويحتوي الشكل (14) على بعض المواد ذات النكهة المميزة والألديهايد المسؤول عن كلّ منها.



الشكل (14): النكهات المميزة للقرفة، واللوز، لاحتوائهما على مركبات تتنمي للألديهايدات.

الفكرة الرئيسية:

تتكوّن مجموعة الكربونيل من ذرة كربون مرتبطة برابطة ثنائية مع ذرة أكسجين، وتُعدّ مجموعة وظيفية رئيسة في بعض المركبات، وجزءاً من مجموعات وظيفية في مركبات أخرى.

نتائج التعلم:

- أُميّز الألديهايدات والكيتونات والحموض الكربوكسيلية والإسترات بناءً على المجموعة الوظيفية لكلّ منها.
- أُسمّي مركبات كيميائية تتنمي للألديهايدات والكيتونات والحموض الكربوكسيلية والإسترات، وأكتب صيغًا بنائية لها.
- أُفسّر بعض الخصائص الفيزيائية لمركبات الكربونيل والكربوكسيل ومشتقاتها بناءً على تركيّها البنائي.
- أستقصي أهمية مركبات المشتقات الهيدروكربونية في الحياة اليومية.

المفاهيم والمصطلحات:

- | | |
|------------------|---------------------|
| Aldehydes | الألديهايدات |
| Ketones | الكيتونات |
| | الحموض الكربوكسيلية |
| Carboxylic Acids | |
| Esters | الإسترات |

تسمية الألديهيدات Nomenclature of Aldehydes

اشهرت بعض الألديهات بأسماء شائعة ما زالت مستخدمة حتى الآن، منها:



أما الطريقة المتبعة لتسمية الألديهيدات وفق نظام الأيونيك؛ فتجري بإضافة المقطع (ال) إلى اسم الألكان المقابل فيصبح (الكانال)، ويتضمن الجدول (10) أسماء المركبات الثلاثة الأولى من الألديهيدات. يلاحظ من الجدول أن ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل جزء من سلسلة الكربون؛ لذا فإن أصغر الألديهيدات مكون من ذرة كربون واحدة مرتبطة بذرتين هيdroجين وهو الميثانال، ويمكن كتابة صيغته البنائية أيضا HCHO ، حيث تكتب صيغة مجموعة الكربونيل في الألديهيد بصورة مختصرة $(-\text{CHO})$.

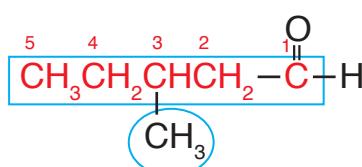
والأمثلة الآتية توضح الخطوات المُتبعة عند تسمية الألديهایات وفق نظام الأيوبارك:

الاسم	الصيغة البنائية
ميثانول	$\text{H} - \text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \end{smallmatrix} - \text{H}$
إيثانول	$\text{CH}_3\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \end{smallmatrix} - \text{H}$
بروبانول	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \end{smallmatrix} - \text{H}$

المثال ٩

أُسْمِي الْمُرْكَبُ الْأَتِيُّ :

أحد أطول سلسلة كربونية تتضمن مجموعة الكربونيل الوظيفية H-C=O ، وأرقّها بدءاً من مجموعة الكربونيل؛ أي أنها تأخذ الرقم 1 دائمًا؛ لذا لا يشار إلى الرقم عند كتابة الاسم، وأحد المجموعات الفرعية أيضًا.



الآن، لأن المجموعتين المذكورة مترابطتين، فـ $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ يُسمى بـ **بريتانول**.

المثال 10

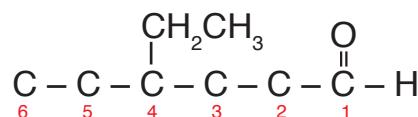
أكتب الصيغة البنائية للمركب: 4 - إيشيل هكسانال

الحلُّ:

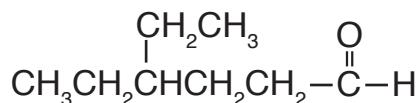
- 1 - أكتب ذرات الكربون التي تمثل أطول سلسلة كربونية في المركب، وهي مُكوّنة من 6 ذرات كربون وأرقامها من أي طرف:



- 2 - بما أن المركب الذي يайд فإِن مجموعة الكربونيل الوظيفية تمثل ذرة الكربون رقم 1، ثم أكتب مجموعة الإيشيل متصلة بذرّة الكربون رقم 4 كما يظهر في اسم المركب.

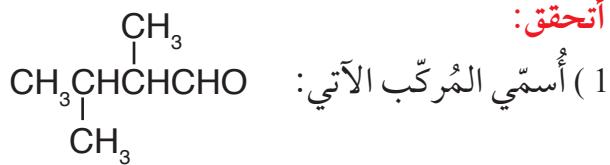


- 3 - أكمل عدد روابط الكربون مع الهيدروجين؛ بحيث يصبح مجموع الروابط حول كل ذرة كربون 4 روابط كالتالي:



أفْكِرْ: أحدد الخطأ في اسم المركب الآتي، وأعيد تسميته:
6 - إيشيل هبتانال.

أتحقق:



- 2) أكتب الصيغة البنائية للمركب الآتي:

4 ، 3 ، 3 - ثلاثي ميثيل بنتانال

الكيتونات Ketones

تُعرَّف الكيتونات Ketones بأنها مركبات عضوية صيغتها العامة

$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{R}$ ، ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بمجموعتي ألكيل، ويمكن كتابة صيغة مجموعة الكربونيل بطريقة مختصرة كالتالي: (-CO-).

الاحظ أن مجموعة الكربونيل (-CO-) مميزة للألديهيدات والكيتونات؛ لذا تشتراك في الصيغة الجزيئية العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ ، ولكنها تختلف في الصيغة البنائية.

تسمية الكيتونات Nomenclature of Ketones

يتكون أصغر الكيتونات من 3 ذرات كربون، وقد اشتهر باسم الأسيتون، وهو نفسه المستخدم لإزالة طلاء الأظافر، والأمثلة الآتية تمثل بعض الكيتونات وأسمائها الشائعة:



ثنائي إيشيل كيتون إيشيل ميتشيل كيتون ثانوي ميتشيل كيتون (الأسيتون)

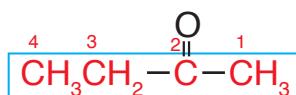
أما الطريقة المتبعة لتسمية الكيتونات وفق نظام الأيوناك؛ فتجري بإضافة المقطع (ون) إلى اسم الألكان المقابل فيصبح (الكانون)، والأمثلة الآتية توضح الخطوات المتبعة عند التسمية:

المثال ١١

أُسْمِيَّ المُرْكَبُ الْآتِيُّ وفقَ نَظَامِ الأَيُونَاكِ :

الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة في المركب، وأرقمها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل.



الاحظ أن السلسلة غير متفرعة وأنها مكونة من 4 ذرات كربون؛ أي مشتقة من البيوتان، وأن مجموعة الكربونيل تمثل ذرة الكربون رقم 2؛ فيكون اسم المركب 2-بيوتانون، ولأن مجموعة الكربونيل ليس لها إلا موقع واحد هو ذرة كربون رقم 2؛ فيكتب اسم المركب: بيوتانون.

أُمّا 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 ١٢

أُسْمِي المُرْكَب الآتي وفق نظام الأيوناك:
 $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة في المُرْكَب، وأُرْقِمْها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل.

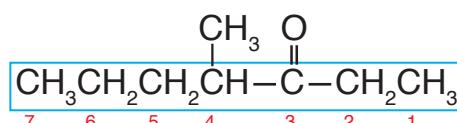


الاحظُ أنَّ السلسلة غير متفرّعة، وأنَّها مُكوَّنة من 5 ذرّات كربون؛ أي مشتقة من البتان، وأنَّ مجموعة الكربونيل تمثّل ذرّة الكربون رقم 2؛ فأشْمِي المُرْكَب: 2-بُتَانُون.

المثال ١٣

أُسْمِي المُرْكَب الآتي وفق نظام الأيوناك:
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}\overset{\text{O}}{=}-\text{CH}_2\text{CH}_3$
 الحلُّ:

أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة في المُرْكَب، وأُرْقِمْها من الجهة الأقرب إلى مجموعة الكربونيل، وأحدّد المجموعات الفرعية وموقعها على السلسلة.



الاحظُ أنَّ عدد ذرّات الكربون في السلسلة الكربونية 7، وأنَّ ذرّة الكربون رقم 3 تمثّل مجموعة الكربونيل، وأنَّ مجموعة الميثيل ترتبط بذرّة الكربون رقم 4 فيكون اسم المُرْكَب: 4- ميثيل-3-هُبَّانُون.

أَفْكِر: أكتب الصيغة البنائية لمتصاوغات الصيغة الجُزئيَّة $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ وأُسْمِيَها.

اتحقق:

أكتب الصيغة البنائية للمُرْكَب الآتي:
 4،3-ثنائي ميثيل-2-هُكسانُون

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

الاسم	الصيغة	درجة الغليان (°C)
بنتان	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	36
بيوتانال	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO}$	76
بيوتانون	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$	80
1-بيوتانول	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$	118

الخصائص الفيزيائية للألديهيدات والكيتونات

Physical Properties of Aldehydes and Ketones

تُعدُّ الألديهيدات والكيتونات مركبات قطبية؛ بسبب احتوائها على مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}^{\delta+}$ ، وتترابط جزيئاتها في ما بينها بقوَى ثنائية القطب، ومن ثَمَّ فإنَّها تمتلك درجات غليانٍ أعلى من درجات غليان الألكانات المقاربة لها في الكتلة المولية، وأقلَّ من درجات غليان الكحولات المقاربة لها في الكتلة المولية، كما يوضَّح الجدول (11). وتذوب الألديهيدات والكيتونات في الماء؛ بسبب الروابط الهيدروجينية التي يُكُونُها الماء مع جزيئاتها، وتقلُّ ذائبيتها في الماء بزيادة عدد ذرَّات الكربون في كُلِّ منها، كما تذوب الألديهيدات والكيتونات في المُذيبات العضوية، وُتُستخدم بوصفها مُذيبات عضوية أيضًا، والجدول (12) يُوضَّح بعض استخدامات الألديهيدات والكيتونات:

أُنْهَى: أُرْتِبِ المُرْكَبَاتِ الآتِيَةِ

وفق تزايد ذائبيتها في الماء:



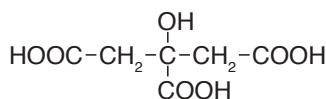
أَتَحَقَّقُ: أَحَدُّ الْمُرْكَبِ الَّذِي لَهُ أَعْلَى درَجَةِ غَلِيَانٍ: 2-بِنْتَانُون

أَمْ 2-بِنْتَانُول

الجدول (12): بعض استخدامات الألديهيدات والكيتونات.

	يُستخدم محلول الفورمالديهيد المائي لحفظ أجسام بعض الكائنات الحية أو أجزاء منها.
	يُستخدم البروبانون بوصفه مُذيبًا في صناعة المواد اللاصقة.
	يُستخدم الميثانول في تحضير نوعٍ من البلاستيك الصلب الذي يُستخدم في صناعة أجزاء من السيارات، مثل: المقصود، ومبَلَّ السرعة.
	

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



الجدول (13): أسماء بعض الحموض الكربوكسيلية وصيغتها.

الصيغة البنائية	اسم الحمض
HCOOH	حمض الميثانويك
CH ₃ COOH	حمض الإيثانويك
CH ₃ CH ₂ COOH	حمض البروبانويك

الربط بالعلوم الحياتية

قد تسبب لسعة النملة إحساساً بالألم ناتجاً من إفرازها لحمض الميثانويك الذي يسبب هذا الألم؛ لذا يطلق عليه اسم حمض التمليك، ومن أسمائه الشائعة أيضاً حمض الفورميك. ويمكن معالجة هذا الألم باستخدام محلول قاعديٌ من كربونات الصوديوم الهيدروجينية.



الحموض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

تحتوي المواد الغذائية المختلفة على الحموض الكربوكسيلية، فمثلاً يوجد حمض الستريك في البرتقال والليمون. أنظر الشكل (15)، وفي الحليب واللبن يوجد حمض اللاكتيك، وفي الخل حمض الأستيك وغيرها. فما الحموض الكربوكسيلية؟ وما طريقة تسميتها؟

الحموض الكربوكسيلية Carboxylic Acids: حموض عضوية، صيغتها العامة R-COOH حيث R هي مجموعة ألكيل، وقد تكون H و $\text{O}=\text{C}-\text{OH}$ هي مجموعة الكربوكسيل الوظيفية.

تسمية الحموض الكربوكسيلية

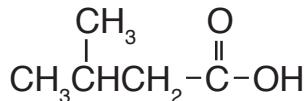
Nomenclature of Carboxylic Acids

تسمى الحموض الكربوكسيلية وفق نظام الأيونات بإضافة المقطع (ويك) إلى اسم الألكان المقابل، وكلمة (حمض) في بداية الاسم، فيصبح الاسم العام لها (حمض ألكانويك)، والجدول (13) يتضمن بعض الحموض الكربوكسيلية وأسمائها.

يلاحظ من الجدول أن أصغر الحموض الكربوكسيلية يتكون من ذرة كربون واحدة فقط هي ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل، ويلاحظ أيضاً أن مجموعة الكربوكسيل مجموعة طرفية،؛ لذا يبدأ منها ترقيم السلسلة الكربونية دائماً في أي حمض كربوكسيلي؛ أي أن رقمها (1)، ومن ثم لا يُشار إليه في الاسم.

والأمثلة الآتية توضح الخطوات المتبعة لتسمية الحمض:
الكربوكسيلية وفق نظام الأيوبيك:

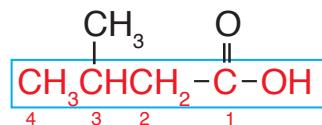
المثال 14



أُسْمِيَ المُرْكَبُ الْآتِيُّ :

الحلُّ:

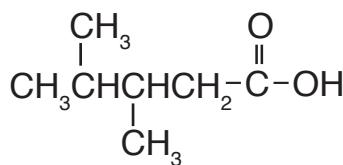
أحدّد أطول سلسلة كربونية مستمرة في المُرْكَب، وأرقمها بدءاً من ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل، وأحدّد المجموعات الفرعية وموقعها على السلسلة.



الاحظُ أن أطول سلسلة كربونية متضمنة ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل مكونة من 4 ذرات كربون؛ أي مشتقة من البيوتان، وأن مجموعة الميثيل مرتبطة بذرّة الكربون رقم 3 فيكون اسم المُرْكَب:

حمض 3 - ميثيل بيوتانويك

المثال 15



أُسْمِيَ المُرْكَبُ الْآتِيُّ :

الحلُّ:

أُسْمِيَ المُرْكَبُ بالطريقة السابقة نفسها؛ فالأحظُ أن أطول سلسلة كربونية متضمنة ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل مكونة من 5 ذرات كربون؛ أي مشتقة من البتان، وأن ذرة الكربون رقم 3 مرتبطة بمجموعة ميثيل وذرّة كربون رقم 4 أيضاً، فيكون الاسم:

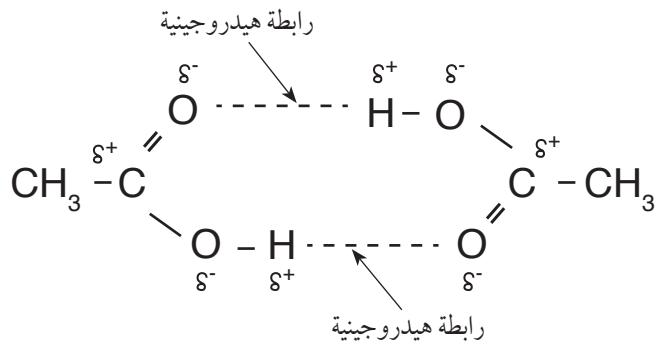
حمض 3، 4 - ثانائي ميثيل بيتانويك.

✓ أتحقق:

أكتب الصيغة البنائية للمُرْكَبُ الْآتِيُّ :

حمض 4 - إيثيل هكسانويك.

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



الخصائص الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية

Physical Properties of Carboxylic Acids



تحتوي مجموعة الكربوكسيل على مجموعة كربونيل قطبية ومجموعة هيدرووكسيل قطبية أيضاً، وهي قادرة على تكوين روابط هيدروجينية، ويوضح الشكل (16) ترابط جزيئين من حمض الإيثانويك، يلاحظ أن ذرة الهيدروجين في مجموعة الهيدرووكسيل من أحد الجزيئين ترتبط برابطة هيدروجينية مع ذرة أكسجين مجموعة الكربونيل من الجزيء الآخر والعكس في الترابط الثاني؛ أي أن كل جزيئين يرتبطان برابطتين هيدروجينيتين ويسكّلان ثنائياً (dimer)، وترابط هذه الثنائيات بقوى لندن.

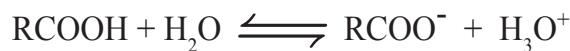
ولكن ما تأثير ذلك في الخصائص الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية؟ لمعرفة ذلك أتأمل الجدول (14) الذي يوضح درجة غليان حمض البروبانويك ودرجة غليان 1-بيوتانول، ويلاحظ فيه ارتفاع درجة غليان حمض البروبانويك مقارنة بـ 1-بيوتانول مع أن قوى التجاذب بين جزيئات كل منهما هي الروابط الهيدروجينية؛ والسبب في ذلك هو أن عدد الروابط الهيدروجينية التي يكونُها الحمض هو ضعف عددها في الكحول.

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

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

تدوب الحموض الكربوكسيلية في الماء؛ حيث ترتبط جزيئاتها بروابط هيدروجينية مع جزيئات الماء، وكلما زاد عدد ذرات الكربون في مجموعة الألكيل R في الحمض قلت الذائية.

تتأين الحموض الكربوكسيلية عند ذوبانها في الماء حسب المعادلة:

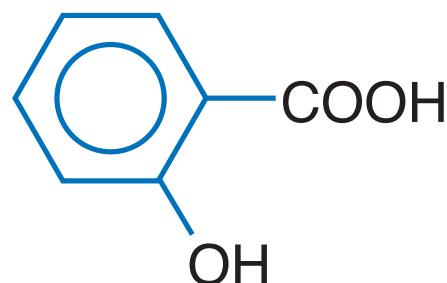


وتدخل الحموض الكربوكسيلية في صناعة العصائر، وتُستعمل أملاًحها في مجالات عدّة، منها ملح بنزوات الصوديوم $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ الذي يُستعمل مادة حافظة تُضاف إلى بعض المواد الغذائية المُصنعة، كذلك يُستخدم حمض الساليسيليك في صناعة الأسبرين. أنظر الشكل (17).

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

أتحقق: ✓

أي المركّبين له أعلى درجة غليان: حمض البروبانويك، أم حمض البيوتانويك؟ أُفسر إجابتي.



الشكل (17): الصيغة البنائية لحمض الساليسيليك.

الإسّترات Esters

تُعرَّف الإسّترات Esters بأنّها مركّبات عضوية صيغتها العامة:



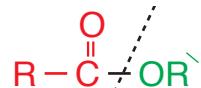
تمتاز الإسّترات بروائح عطرة، فمعظم روائح الأزهار ونكهات الفواكه وروائحها هي إسّترات طبيعية، انظر الشكل (18). ويمكن تحضير الإسّترات من تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول؛ إذ تدخل في صناعة العطور والحلويات ومستحضرات التجميل والشموم العطرية وغيرها.

أَفَخَرْ

- أ. أُسّمي الحمض الكربوكسيلي والكحول المكوّنين لكل من المركّبين بيوتانوات البروبييل وبروبانوات البيوتيل.
ب. هل يُعد المركّبان متصاوغين؟
أَفْسَرْ ذلك.

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

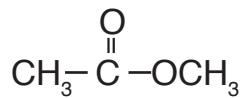
تُسمّى الإسّتر حسب نظام الأيونيك اعتماداً على الحمض الكربوكسيلي والكحول المكوّنين له، إذ يتكون الاسم من كلمتين؛ الأولى مشتقة من اسم الحمض باستخدام المقطع (وات) بدل المقطع (ويك)، والثانية تمثّل مجموعة الألّكيل المأخوذة من الكحول، فيكون اسم الإسّتر العام ألكانوات الألّكيل، كما هو مُوضّح في الشكل الآتي:



من الكحول من الحمض الكربوكسيلي
ألكانوات ألكيل

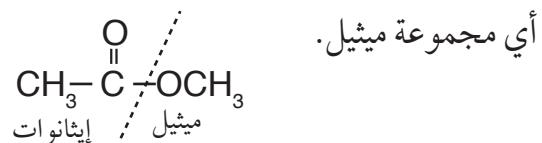


المثال 16



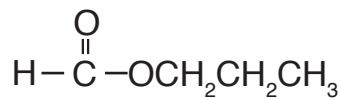
أُسْمِيَ المُرْكَبُ الْأَتِيُّ :
الحلُّ :

أَحَدُ الشَّقَّيْنِ مِنَ الْحَمْضِ الْكَربُوكَسِيلِيِّ، وَهُوَ الْجَزْءُ الَّذِي يَحْتَوِي عَلَى مَجْمُوعَةِ الْكَربُونِيِّلِ، يُلَاحِظُ أَنَّهُ مُكَوَّنٌ مِنْ ذَرَّتِيِّ كَرْبُونٍ؛ أَيِّ مُشَتَّقٌ مِنْ حَمْضِ الْإِيَثَانُوِيِّكَ؟ فَأُسْمِيَّهُ إِيَثَانُوَاتٍ، أَمَّا الشَّقُّ الْمُأْخُوذُ مِنَ الْكَحْوُلِ فَهُوَ مَجْمُوعَةُ الْأَلْكَيلِ الْمُرْتَبَطَةِ بِذَرَّةِ الْأَكْسِجِينِ وَهُوَ مُكَوَّنٌ مِنْ ذَرَّةِ كَرْبُونٍ وَاحِدَةٍ؛



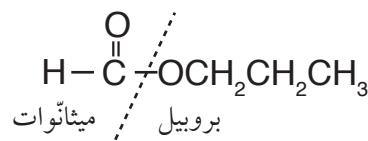
فِيَكُونُ اسْمُ الْمُرْكَبِ : إِيَثَانُوَاتٍ مِيَثِيلٌ

المثال 17



أُسْمِيَ المُرْكَبُ الْأَتِيُّ :
الحلُّ :

أَكْرَرُ الْخُطُوطَ السَّابِقَةَ لِلْتَّوْصِلِ إِلَى اسْمِ الْمُرْكَبِ :



فِيَكُونُ اسْمُ الْمُرْكَبِ : مِيَثَانُوَاتٍ بِرُوبِيلٌ

أَتَحَقَّقَ : أَكْتُبِ الصِّيَغَةَ الْبَنَائِيَّةَ لِلْمَادَةِ الْمَسْؤُولَةِ عَنْ رَائِحَةِ الْأَنَانَاسِ :
بِيُوتَانُوَاتِ الإِيَثِيلِ .

أَفْخَرُ : هَلْ تُشَكِّلُ الْحَمْضُ الْكَربُوكَسِيلِيِّ وَالْإِسْتَرَاتُ الْمُتَسَاوِيَّةُ فِي عَدْدِ ذَرَّاتِ الْكَرْبُونِ مَتَصَوِّغَاتٍ؟ أَبْرَرْ إِجَابَتِي.

الشكل (19): تُستخدم
الإسترات في صناعة
أكياس التغليف.



الخصائص الفيزيائية للإسترات

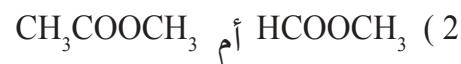
المجموعة الوظيفية المميزة للإسترات هي مجموعة الإستر - COO -

وهي مجموعة قطبية $\text{C}=\text{O}-\text{O}^-$ ؛ لذا فالإسترات مركبات قطبية؛ ولكنها لا تمتلك ذرة هيدروجين مرتبطة مباشرة مع ذرة الأكسجين، لذلك فهي غير قادرة على عمل روابط هيدروجينية في ما بينها، وهو ما يفسّر انخفاض درجة غليانها مقارنة مع الحموض الكربوكسيلي المساوية لها في الكتلة المولية، وكذلك انخفاض ذائبّتها في الماء، فالإسترات التي يزيد عدد ذرات الكربون فيها على (5) لا تذوب في الماء.

وتُعدُّ الإسترات مذيبات جيدة للمركبات العضوية، منها ما يُستخدم لإذابة الدهانات. وتدخل الإسترات أيضًا في صناعة المواد اللاصقة، وفي تصنيع أكياس النايلون والبلاستيك المستخدم للتغليف كما في الشكل (19).

أتحقق: ✓

أحد المركب الذي له أعلى درجة غليان:



التجربة ١

اختبار ذوبان بعض المركبات العضوية في الماء

٣- **الاحظ:** هل يمترز كحول الإيثانول مع الماء أم

ت تكون طبقتان منفصلتان؟ وإذا تكونت طبقتان

منفصلتان؛ فهل هما متساويان في الحجم أم لا؟

٤- **نظم البيانات:** أسجل بياناتي في الجدول كالتالي:

يمترز كلّياً، يمترز جزئياً، لا يمترز.

٥- أكرر الخطوات السابقة باستخدام المركبات العضوية المتبقية وأسجل ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

١- **أصنف** المركبات العضوية حسب ذوبانها في الماء.

٢- أحدد نوع قوى التجاذب بين جزيئات كل مركب.

٣- **أستنتاج** العلاقة بين نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل وذوبانه في الماء.

٤- **أفسر:** يذوب الإيثانول تماماً في الماء، في حين لا يذوب ١-هكسانول تماماً فيه.

٥- **أضبط المتغيرات:** أحدد المتغير المستقل والمتغير التابع ومتغير ضبط عند استقصاء ذاتية كل من المركبات الآتية:

أ. الإيثانول و ١-هكسانول.

ب. هبتان (Mr 100g/mol)، ١-هكسانول (Mr 102g/mol)،

برومو إيثان (Mr 109g/mol).

المواد والأدوات:

المركبات العضوية الآتية: كحول الإيثانول، ثنائي إيثيل إيثر، ١-هكسانول، هبتان، حمض الإيثانويك، بروميد الإيثيل، ماء مقطّر.

أنبوب اختبار عدد (٧) وأرقامها بحيث تشير الأرقام إلى المركبات العضوية المستخدمة بالترتيب، قطارة مذرّجة، حامل أنابيب اختبار.

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

إرشادات السلامة:

٠ اتّباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.

٠ ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات والكمامة.

٠ إبعاد المركبات العضوية عن مصدر اللهب.

٠ الحذر من استنشاق المواد العضوية على نحو مباشر.

أختبر فرضيتي:

١- **أقيس** (1 mL) من الماء المقطّر باستخدام القطارة، وأضعها في أنبوب الاختبار رقم (١).

٢- **أقيس** (1 mL) من كحول الإيثانول باستخدام القطارة، وأضيفها إلى أنبوب الاختبار رقم (١) قطرةً بعد قطرة، وأطرق بطرف السبابة على الجزء السفلي من الأنبوب بهدف التحريك.

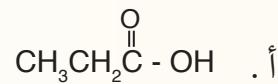
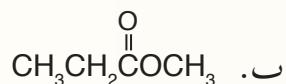
مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: أُفسّر: على الرغم من تشابه الألديهيدات والكيتونات في المجموعة الوظيفية؛ إلا أنهما صنّفاً بوصفهما نوعين مختلفين من المركبات العضوية.

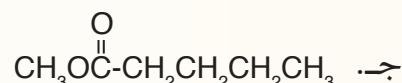
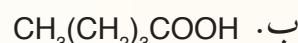
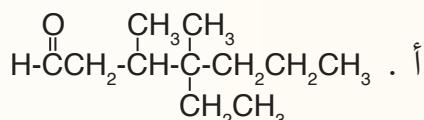
2 - أوضح المقصود بكلٍّ مما يأتي: • الحموض الكربوكسيلي • الإسترات

3 - أُفسّر استخدام عدد من مركبات المشتقات الهيدروكربونية، مثل الإثرات والكيتونات، مذيلات عضوية.

4 - أصنّف المركبات العضوية الآتية، وأحدّد المجموعة الوظيفية في كلٍّ مركب:



5 - أطبق: أسمى المركبات الآتية وفق نظام الأيونات:

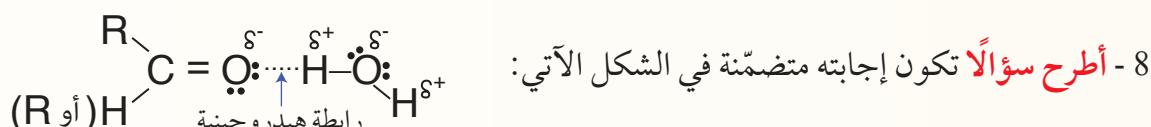


6 - أطبق: أكتب الصيغ البنائية للمركبات العضوية الآتية:

أ. الإستر المكوّن من الميثanol وحمض الميثانويك.

ب. 3،3-ثنائي كلورو بيوتانال.

7 - السبب والنتيجة: ما سبب التقارب في درجة الغليان بين إيثانوات الميثيل (57.5 °C) و ميثانوات الأثيل (54 °C).



المُبْلَمَرَات Polymers

تعد المُبْلَمَرَات من المُرْكَبَات المُهمَة التي تؤدي وظائف حيوية في أجسام الكائنات الحية، ومنها ما يدخل في غذائها، وتدخل في كثير من الصناعات في مجالات مختلفة. فما المُبْلَمَرَات؟ وكيف تتكوّن؟ ولماذا تختلف في خصائصها؟ هذا ما سأُعرّفُه في هذا الدرس.

تعرّف المُبْلَمَرَات Polymers بأنها جزيئات ضخمة ذات كتلةٍ جزيئيةٌ كبيرة جدًا، وتتكوّن من اتحاد عدد كبير من جزيئات صغيرة. تُشكّل الجزيئات الصغيرة وحدة البناء الأساسية للمُبْلَمَر وتُسمّى مونومرات Monomers. وتتّجّح المُبْلَمَرَات من تفاعل كيميائي يُسمّى تفاعل البلمرة Polymerization تَتّحد فيه وحدات البناء الأساسية المكوّنة للمُبْلَمَر ضمن ظروفٍ مناسبةٍ من: الضغط، ودرجة الحرارة، وجود عوامل مساعدة. وللمُبْلَمَر خصائص فيزيائية وكميائية تختلف عن خصائص المونومر المكوّن له. وتُصنّف المُبْلَمَرَات إلى نوعين، هما: صناعية، وطبيعية، وقد يتكون المُبْلَمَر من وحدة بناء أساسية واحدة أو وحدتين أساسيتين أو أكثر.

المُبْلَمَرَات الصناعية Industrial Polymers

تُعرّف المُبْلَمَرَات الصناعية Industrial Polymers بأنّها جزيئات ضخمة تتكون صناعيًّا من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية تختلف باختلاف المُبْلَمَر، مثل: مُبْلَمَر مُتعدد الإيثين، ومُتعدد البروبين. وُسْتُخدَم في صناعة البلاستيك، والألياف الصناعية، وغيرها. أنظر الشكل (20).



الشكل (20): أمثلة على مواد بلاستيكية.

الفكرة الرئيسية:

المُبْلَمَرَات مُركّبات ضخمة طبيعية أو صناعية، لكل منها أهميّة واستخداماته المرتّبطة بتركيبة وخصائصه.

نتائج التعلّم:

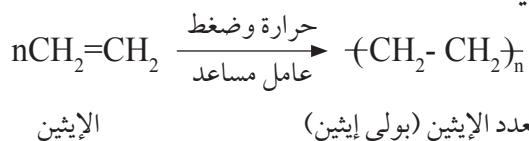
- أتعرّفُ العلاقة بين المونومرات والمُبْلَمَرَات.
- أُفّسّرُ أثر الاختلاف في التركيب البنيّي للمُبْلَمَرَات في خصائصها واستخداماتها.
- أكتّب معادلات كيميائية توضّح كيفية تكوّن بعض المُبْلَمَرَات من مكوّناتها الأساسية.
- أتوصل إلى أهميّة المُبْلَمَرَات في أجسام الكائنات الحية وفي الحياة اليومية.

الافتراضات والمصطلحات:

Polymers	مُبْلَمَرَات
Monomers	مُونومرات
Polymerization	البلمرة
Industrial Polymers	المُبْلَمَرَات الصناعية
Natural Polymers	المُبْلَمَرَات الطبيعية
Proteins	البروتينات
Amino Acids	الحموض الأمينية
Polymer's Technology	تكنولوجيَا المُبْلَمَرَات

مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين (بُولِي إِيْشِيلِين) Polyethene

من أشهر المُبْلَمَرَات التي تتكون من الكربون والهيدروجين فقط: مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين، أو ما يُعرف باسم بُولِي إِيْشِيلِين (كلمة «بُولِي» كلمة لاتينية تعني: متعدد). يتكون مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين عند تسخين غاز الإيثن تحت ضغوط كبيرة، وبوجود عامل مُساعِد، فترتبط جزيئات الإيثن نتيجةً لكسر الرابطة الشائنة (π) مُكوِّنةً سلسلة طويلة من مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين حسب المعادلة الآتية:



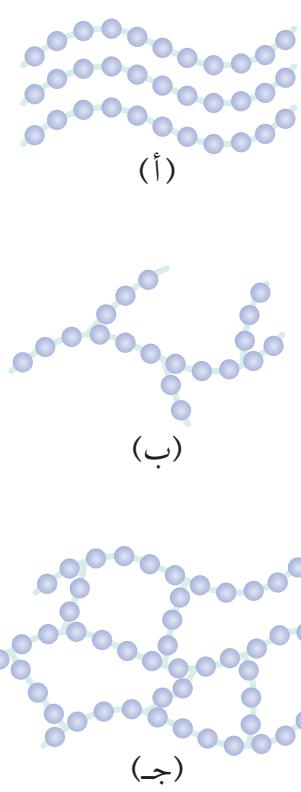
مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين (بُولِي إِيْشِين)

حيث تُمثِّل (n) عدداً كثيراً من جزيئات الإيثن. وبذلك ينبع من بلمرة غاز الإيثن مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين؛ وهو مادة صلبة يمكن تشكيلها بأشكال متعددة يُطلقُ عليها اسم البلاستيك.

ويمكن التحكم بالخصائص الفيزيائية لمُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين بالتحكم بطول سلسلة المُبْلَمَر، فمثلاً: المُبْلَمَر الذي يتكون من 100 مونومر أقل صلابةً وقساوة من المُبْلَمَر الذي يحتوي على 1000 مونومر. وكذلك التحكم في مدى تفرع سلسلة المُبْلَمَر وتشابكها؛ ففي الشكل (21/أ) يلاحظ أن المُبْلَمَر يتكون من سلاسل غير متفرعة ما يتبع لها التقارب والتراسِ؛ فيكتسب قوَّةً وصلابةً، ويسمى هذا النوع مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين عالي الكثافة (HDPE)، ويُستخدم في صناعة خراطيم المياه والحاويات البلاستيكية والأدوات المنزلية، وفي تغليف الأسلاك الكهربائية؛ لأنَّه مادة عازلة. وفي الشكل (21/ب)، عندما تكون سلاسل المُبْلَمَر متفرعةً، فهذا يعيق تقاربها وتراسِها؛ فينبع مُبْلَمَر أقل صلابةً وقوَّةً، ويُسمى مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين منخفض الكثافة (LDPE)، ويُستخدم في صناعة الأكياس البلاستيكية.

ويظهر في الشكل (21/ج)؛ أن سلاسل المُبْلَمَر متشابكة؛ لذلك يكون أكثر صلابةً وقوَّةً من مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين عالي الكثافة، فيُستخدم في المجالات التي تحتاج إلى منتجات بلاستيكية شديدة الصلابة.

أَتَحَقَّق: أقارن بين مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين عالي الكثافة ومنخفض الكثافة، من حيث: تفرع سلاسله، وقوَّة البلاستيك الناتج وصلابته.



الشكل (21): التركيب البنائي لأنواع مُبْلَمَر مُتَعَدِّدُ الْإِيْشِين.

التجربة 2

بناء نموذج لمُبلمر متعدد الإيثين

المواد والادوات:

مجموعة نماذج الذرات (الكرات والوصلات).

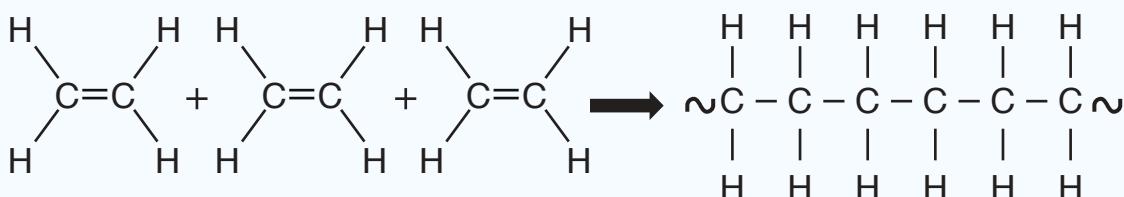


إرشادات السلامة:

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

خطوات العمل:

- 1- **أجرّب:** أصمّم 3 نماذج لجزيء الإيثين C_2H_4 باستخدام الكرات والوصلات كما في الشكل.
- 2- **أجرّب:** أفكُّ الرابطة الثنائية في كل نموذج، وأربط إحدى ذرّتي كربون من كل نموذج مع ذرّة كربون من نموذج آخر.
- 3- **الاحظ:** تكونت سلسلة من 6 ذرات كربون تمثّل جزءاً من مُبلمر متعدد الإيثين كما في الشكل الآتي:

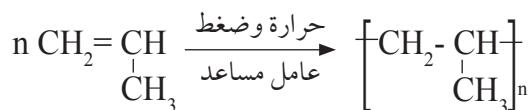


التحليل والاستنتاج:

- 1- **أوضح:** هل اكتمل عدد الروابط حول ذرّتي الكربون في طرفي السلسلة؟
- 2- **أستنتج:** هل يمكن إضافة جزيئات إيثين جديدة إلى هذه السلسلة؟ أفسّر إجابتي.

مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين (بُولِي بُرُوبِلِين)

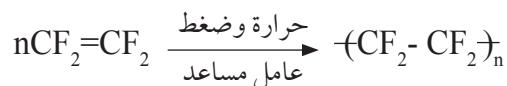
مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين (أو ما يُعْرَفُ بِبُولِي بُرُوبِلِين) يَسْتَجُوْمِنْ اتْحَاد عَدَد كَبِيرٍ مِنْ جَزِيَّات الْبِرُوبِين $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ حِيْثُ يُمَثِّل وَحْدَة الْبَنَاء الْأَسَاسِيَّة فِي هَذَا الْمُبْلَمَر، وَالرَّابِطَة الْثَّانِيَّة تُمَكِّن جَزِيَّات الْبِرُوبِين مِنْ الْاِرْتِبَاط مَعًا بِأَعْدَاد كَبِيرَة. تَجْرِي عَمَلِيَّة الْبَلْمَرَة عَنْ تَسْخِين غَاز الْبِرُوبِين تَحْتَ ضَغْطٍ كَبِيرٍ وَبِوْجُود عَامِلٍ مُسَاعِدٍ؛ فَتَرْتَبِطُ جَزِيَّاتِه نَتْيَاجَةً لِكَسْرِ الرَّابِطَة الْثَّانِيَّة (π) مُكَوَّنَة سَلْسَلَة طَوِيلَة مِنْ مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين. يَشَبَّهُ مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين فِي خَصَائِصِه مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الإِيَّشِين؛ وَلَكِنَّه أَكْثَر صَلَابَةً وَسَلَاسَلَه أَطْوَل؛ لَذِكْر يُسْتَخَدَم فِي صَنَاعَةِ الْأَكْوَاب وَالْأَطْبَاق وَالْعَبُوَات الْبَلَاستِيَّكِيَّة وَفِي صَنَاعَةِ السَّيَارَات؛ إِذْ يَدْخُل فِي صَنَاعَةِ الْمَصَدَّات (مُخَفَّفَاتِ التَّصَادُم) فِي مَقْدِمَةِ السَّيَارَات، وَالْمَعَادِلَة الْأَتِيَّة تُمَثِّل بَلْمَرَة الْبِرُوبِين لِلْحَصُول عَلَى مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين:



حِيْثُ يُمَثِّل n عَدَدًا كَبِيرًا مِنْ جَزِيَّاتِ الْبِرُوبِين.

مُبْلَمَر مُتَعَدِّد رِبَاعِي فُلُورُو إِيَّشِين (الْتَّفَلُون)

يَسْتَجُوْمِنْ اتْحَادِ التَّفَلُون مِنْ اتْحَادِ عَدَد كَبِيرٍ مِنْ جَزِيَّاتِ رِبَاعِي فُلُورُو إِيَّشِين $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ حِيْثُ يُمَثِّل وَحْدَة الْبَنَاء الْأَسَاسِيَّة فِي هَذَا الْمُبْلَمَر حَسْبِ الْمَعَادِلَة الْأَتِيَّة:



وَيَتَّمِيز التَّفَلُون بِأَنَّه لَا يَحْتَرِقُ، وَلَا يَتَآكَلُ، وَلَا يَتَفَاعَلُ مَعِ الْمَوَادِ الْكِيَمِيَّيَّة؛ لَذَا يُسْتَخَدَم فِي فَرْشِ مَلَاعِبِ التَّزَلُّج، وَصَنْعِ الْأَوَانِي الْمَنْزَلِيَّة الَّتِي لَا يَلْصُقُ بِهَا الطَّعَام، وَصَنْعِ الصَّمَامَاتِ الَّتِي لَا يَلْزَمُهَا التَّشْحِيم وَعَزْلِ الْأَسْلَاك وَالْكَوَابِل.

الرَّبِطُ بِالصَّنَاعَةِ

يَتَّمِيزُ مُبْلَمَر مُتَعَدِّد الْبِرُوبِين بِأَنَّه حَبَّبَاتِ بِيَضَاءِ الْلَّوْن ُشَكَّلَ بِالضَّغْطِ وَالْحَرَارَة وَبِوْجُودِ عَوْاَمِل مُسَاعِدَة لِلْحَصُول عَلَى الْمَتَجَاهِاتِ الْبَلَاستِيَّكِيَّةِ الْمُخْتَلِفَةِ.



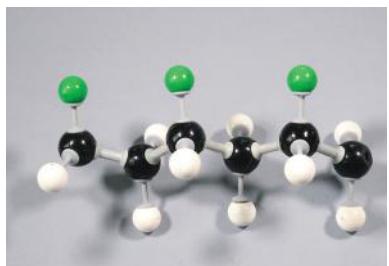
الاستخدام	اسم المُبْلَمَر	اسم المونومر	الصيغة البنائية للمونومر
الأَنَابِيب الْبَلاسِتِيكِيَّة	مُتَعَدِّد كُلُورِيدِ الْفِينِيل PVC	كُلُورِيدِ الْفِينِيل (كُلُورُو إِيْشِين)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$
الْأَقْمَشَة	الْإِكْرِيَالَان	بِرُوبِينُ نِيَتِرِيل	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$
الْعَزْلُ الْحَرَارِي	مُتَعَدِّدُ الْسْتَايِرِيُّن	الْسْتَايِرِيُّن	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$

ويوضح الجدول (15) بعض المُبْلَمَرات، ووحدات البناء الأساسية المكونة لها، واستخداماتها.

أتحقق:

يُمثّل الشكل المجاور جزءاً من مُبْلَمَر مُتَعَدِّد كُلُورِيدِ الْفِينِيل، حيث تُمثّل الكرات البيضاء ذرات الهيدروجين، والكرات الخضراء ذرات الكلور، في حين تُمثّل الكرات السوداء ذرات الكربون:

- أكتب الصيغة البنائية لهذا الجزء من المُبْلَمَر.
- أكتب الصيغة البنائية للمونومر المكون له.



المُبْلَمَرات الطَّبِيعِيَّة Natural Polymers

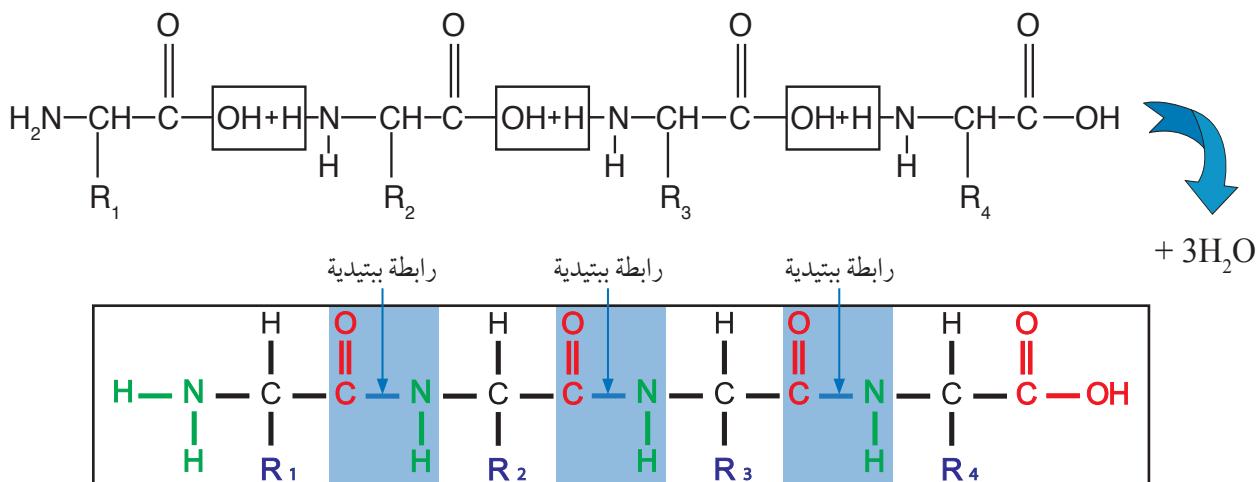
تُعرَّف المُبْلَمَرات الطَّبِيعِيَّة Natural Polymers بأنها جزيئات ضخمة تتكون في أجسام الكائنات الحية، نباتية أو حيوانية، وتتكون من وحدات بناء أساسية تختلف باختلاف المُبْلَمَر، مثل البروتين، والنشا، والحرير، والصوف، وغيرها.

البروتينات Proteins

تُعدُّ البروتينات من المركبات الحيوية المهمة في أجسام الكائنات الحية، إذ تدخل في تركيب الخلايا الحية جميعها، وتؤدي وظائف حيوية متنوعة في الجسم؛ بوصفها أنزيمات وهرمونات تحفز التفاعلات التي تحدث في الجسم وتنظمها، ولها دور في نقل الأكسجين بين الخلايا وغيرها من الوظائف الحيوية. ويُحصل عليها عن طريق الغذاء. فما البروتينات؟ وما تركيبها الكيميائي؟

أبحث: أرجع إلى موقع إلكتروني مناسب عبر شبكة الإنترنت، وأبحث عن (المشكلات البيئية التي يسببها الاستخدام الكثيف للبلاستيك)، وأصمّ منشوراً حول الموضوع وأناقشه مع زملائي/ زميلاتي في الصف.



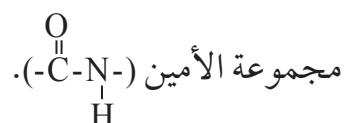


الشكل (22): الرابطة البيتيدية بين عدد من الحموض الأمينية.

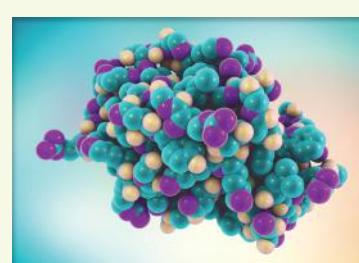
تُعرَّف البروتينات Protiens بأنها مُبْلمرات طبيعية تتكون من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية تُسمى الحموض الأمينية.

تُعرَّف الحموض الأمينية Amino Acids بأنها مركبات عضوية صيغتها العامة $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ ، تحتوي على مجموعة كربوكسيل (-COOH)،

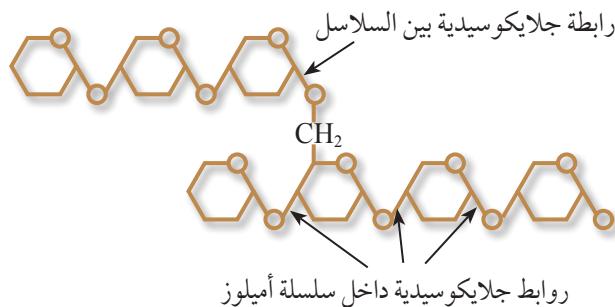
ومجموعة أمين (-NH₂)، وطرف هيدروكربوني R يختلف باختلاف الحمض الأميني. ويحتوي البروتين على حموض أمينية عدّة تشكّل وحدات البناء المكوّنة له، وتترابط في ما بينها بروابط بيتيدية (أميدية)، كما يوضّح الشكل (22)، حيث تتفاعل مجموعة الكربوكسيل من حمض أميني ومجموعة الأمين من حمض أميني آخر بحذف جزيء ماء، وتنشأ الرابطة البيتيدية بين ذرة كربون مجموعة الكربونيل وذرة نيتروجين



الربط بالعلوم الحياتية يُعدُّ إنزيم الليزوزيم بروتيناً صغيراً نسبياً؛ إذ تبلغ الكتلة المولية له 14600 g/mol، ويوجد في الثدييات في الدموع، والعرق، والخلايا البيضاء، بوصفه مضاداً حيوياً يعمل على تحليل خلايا البكتيريا، ويوجد في بياض البيض. ويوضح الشكل المجاور نموذجاً لهذا البروتين.



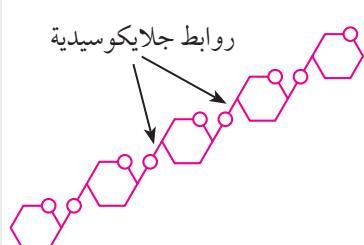
إنزيم الليزوزيم



الشكل (23): الأميلوبكتين.

النشا Starch

يوجد النشا في كثير من المواد الغذائية، مثل البطاطا، والأرز، والقمح، والذرة، ويتكوّن من 3 عناصر رئيسة، هي: الكربون، والهيدروجين، والأكسجين. ويعُد النشا Starch مُبلّماً طبيعياً يتكون من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية هي سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ، وتترابط في ما بينها بروابط إيثيرية (C-O-C) تُسمى روابط جلايكوسيدية. ويتكوّن النشا من جزأين: الأميلوز الذي تترابط جزيئات السكر فيه بصورة سلسل مستمرةٌ تشكّل 10% - 20% من كتلة النشا، والأميلوبكتين الذي يتكون من اتحاد سلاسل الأميلوز معًا بروابط جلايكوسيدية مكونًا سلاسل متفرّعة تشكّل ما يقارب 80% - 90% من كتلة النشا. ويفيد الشكل (23) اتحاد جزء من سلاسل الأميلوز مكوّنةً للأميلوبكتين.



الشكل (24): مُبلّم السليلوز.

السليلوز Cellulose

يدخل السليلوز في تركيب جدران الخلايا النباتية، ويُستخدم في كثير من الصناعات، مثل: الورق، والحرير الصناعي، والألبسة القطنية. ويعُد السليلوز Cellulose مُبلّماً طبيعياً وحدة بنائه الأساسية سكر الجلوكوز، وتترابط جزيئات الجلوكوز فيه بروابط جلايكوسيدية على صورة سلاسل غير متفرّعة، أنظر الشكل (24).

أتحقق: ✓

- 1- أوضح المقصود بالرابطة الببتيدية (الأميدية).
- 2- أقارن بين الأميلوز والأميلوبكتين من حيث:
 - وحدة البناء الأساسية.
 - تفرّع السلاسل.

تكنولوجي المُبَلَّمرات Polymer's Technology

يُعد علم المُبَلَّمرات وتقنياته أحد Polymer's Technology مجالات الكيمياء المهمة التي تُطَوِّرها المراكز البحثية ومختبرات الجامعات، ويهتم بدراسة

خصائص المُبَلَّمرات وتركيبها وتطبيقاتها في المجالات المختلفة، مثل تطوير مُبَلَّمرات ذات خصائص توصيل كهربائي للاستخدام في التطبيقات الإلكترونية، وكذلك في صناعة الدهانات وتطوريها؛ وذلك بإضافة مواد التأكُل ومواد تمنع نمو البكتيريا والفطريات. وفي مجال الطب تُستخدم المُبَلَّمرات القابلة للتحلل الحيوي، أنظر الشكل (25) لإيصال الدواء إلى المكان المستهدف والسيطرة على إفرازه فيه؛ وذلك بتحميم الدواء على مواد لاصقة فيمتصه الجلد، أو وضع الدواء داخل كبسولة مصنوعة من مُبَلَّمرات خاصة تُغرس في المكان المستهدف من الجسم؛ حيث تتحلل ببطء وتُفرز الدواء خلال فترة معلومة. وتدخل المُبَلَّمرات في صناعة الخيوط الجراحية وأجهزة تقويم العظام، مثل البراغي؛ إذ تتحلل بعض أنواعها بعد مدة زمنية.

ويُشترط في هذه المُبَلَّمرات ألا يرفضها الجسم، وألا تسبب التهاباً، وأن تكون المواد الناتجة من تحللها غير ضارة، وأن يتمكّن الجسم من التخلص منها بسهولة.

أتحقّق: أذكر أمثلة على استخدامات المُبَلَّمرات في مجال الصناعة.

الشكل (25): مواد أولية لصناعة المُبَلَّمرات القابلة للتحلل.



مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: أفسر تنوع استخدامات المبلمرات وفق تركيبها.

2 - **أفسر:**

- أ. يمكن استخدام البروبين في صناعة مبلمر متعدد البروبين، في حين لا يمكن استخدام البروبان في ذلك.
- ب. استخدام مبلمر متعدد الإيثين منخفض الكثافة في صناعة الأكياس البلاستيكية.
- ج. أهمية أبحاث تكنولوجيا المبلمرات في المجال الطبي.

3 - **أطبق:**

يُستخدم مبلمر الإكريلان في صناعة الأقمشة، ويُنتج عن بلمرة بروبين نيترييل، وصيغته البنائية: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ ، أجيبي عما يأتي:

- أ. ما نوع التفاعل بين جزيئات بروبين نيترييل لتكوين المبلمر؟
- ب. أرسم جزءاً من الصيغة البنائية لمبلمر الإكريلان باستخدام جزيئين من بروبين نيترييل.

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

- أ. وحدة البناء الأساسية.
- ب. نوع الرابطة بين وحدات البناء.
- ج. وظيفة حيوية واحدة لكل منها.

5 - اعتماداً على الجدول الآتي الذي يتضمن قيم طاقة الرابطة لبعض الروابط:

أفسر ثبات مبلمر التّفلون مقارنةً بغيره من المبلمرات؛ سواءً الطبيعية أو الصناعية.

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

البلاستيك القابل للتحلل Biodegradable Plastic

تُمثل المخلفات البلاستيكية التقليدية مشكلة بيئية معقدة؛ نظرًا لثباتها ومقاومة لها للتحلل بوساطة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الطبيعة؛ ما يؤدي إلى تراكم كميات هائلة منها، سواء على اليابسة أو في مياه البحار والمحيطات، وهو ما يُشكّل خطراً على الكائنات الحية والبيئة. فكيف يمكن حل هذه المشكلة؟

نُشِطَت الجامعات ومراكز الأبحاث في مختلف دول العالم في البحث عن حل لهذه المشكلة، وقد طور الكيميائيون أنواعًا مختلفة من البلاستيك القابل للتحلل، منها:

1 - **البلاستيك المليء بالنشا** **Starch-filled Plastic**: طور العلماء نوعًا من البلاستيك يحتوي على كميات صغيرة من حبيبات النشا، وعند دفعه تتغذى عليه البكتيريا والفطريات الموجودة في التربة الرطبة ما يعمل على تفتيت البلاستيك إلى أجزاء صغيرة؛ فتزيد مساحة سطح البلاستيك المعرض للتحلل، وبمساعدة العوامل المؤكسدة المضافة للبلاستيك يمكن أن تزداد سرعة التحلل.



مراحل تحلل البلاستيك المليء بالنشا.

2 - **البلاستيك الحراري البكتيري Bacterial Thermoplastic**: نجحت إحدى الشركات في تطوير نوع من البلاستيك يُصنع بوساطة البكتيريا يُسمى بولي هيدروكسي بيوترات PHB، حيث يُصنع من مواد تُتجهها البكتيريا عندما تتغذى على السكريات أو الكحول؛ فتُنتج حبيبات من PHB يُصنع منها البلاستيك. يتميز هذا النوع من البلاستيك بقابلية التحلل بفعل البكتيريا أو الفطريات الموجودة في التربة أو البحار والمحيطات في غضون تسعة أشهر. وقد تمكّن فريق بحث من إنتاج هذا النوع نفسه من البلاستيك (PHB) من الذرة وقصب السكر باستخدام أنزيمات خاصة.

3 - **البلاستيك القابل للتحلل الضوئي Photodegradable Plastic**: تُصمّم سلاسل المُبلمرات 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 يتفكّك المُبلمر إلى أجزاء صغيرة فإنّها تتحلل حيوياً بصورة أسرع.

4 - **البلاستيك القابل للذوبان في الماء Water Soluble Plastic**: طور نوع من البلاستيك يُسمى بولي إيثينول، بحيث يمكن التحكم بدرجة ذائبيته في الماء، وهو ما أدى إلى تنوع استخداماته؛ إذ تُصنَع منه أكياس بلاستيكية تُستخدم في المستشفيات لتجمیع الغسيل المتّسخ، وعندما تغسل تذوب الأكياس البلاستيكية ويخرج الغسيل؛ ما يقلل من مخاطر انتشار الأمراض المعدية بسبب عمليات حمل غسيل المستشفيات ونقله.

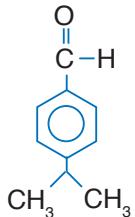
عملية دفن للمخلفات البلاستيكية القابلة للتحلل.

الإثراء والتَّوسيع

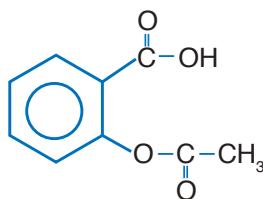
مراجعة الوحدة

1. أوضح أثر اختلاف المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية في خصائصها الفيزيائية.

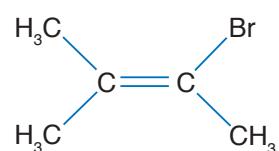
2. أصنف: أحدد المجموعات الوظيفية في المركبات الآتية:



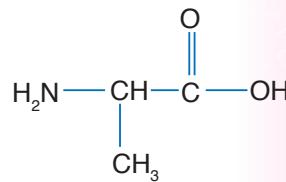
(د)



(ج)



(ب)



(أ)

3. أوضح المقصود بكل مما يأتي:

ج - المونومر.

ب - تفاعل البلمرة.

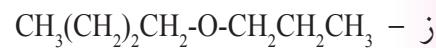
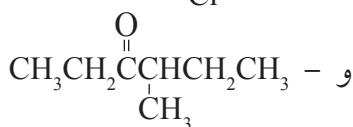
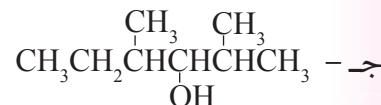
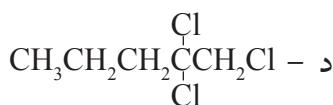
أ - التصاوغ الوظيفي.

4. أفسر:

أ - يذوب الإيثانول في الماء، في حين لا يذوب الكلوروإيثان.

ب - مُبلمر متعدد البروبين أكثر صلابةً وقوّةً من مُبلمر متعدد الإيثين.

5. أطبق: أسمى المركبات الآتية وفق نظام الأيوناك:



6. أطبق: أكتب الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

ب . 2،2-ثنائي ميثيل-1-أمينو هكسان.

أ . 5،3-ثنائي ميثيل-2-هكسانون.

د . حمض 5،4-ثنائي ميثيل هبتانويك.

ج . 4-كلورو-2-بنتانول.

و . 2-إيثيل-4-ميثيل بنتانال.

ه . الإستر الناتج من تفاعل حمض البيوتانويك والإيثانول.

مراجعة الوحدة

7. **أصنف**: المركّبان اللذان يتميّزان برأحة السمك الفاسد هما:

1- ثنائي أمينو بستان 5- ثنائي أمينو بيوتان

أ - أكتب الصيغة البنائية لكلّ منها.

ب - ما نوع المركّب العضوي الذي يُمثلانه؟

8. أدرس الجدول المجاور الذي يتضمّن ثلاثة كحولات؛ واعتماداً عليه أجب عن الآتي:

أ - **أرتب** الكحولات حسب تزايد درجة غليانها، وأفسّر ذلك.

ب - **أتوقع**: هل تذوب المركّبات الثلاثة تماماً في الماء؟ أفسّر إجابتي.

صيغة الكحول
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$

9. **أقارن**: يشتراك المركّبان بيوتانال و-2-ميثيل بروبانال في الصيغة الجُزئية $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.

أ - أكتب الصيغة البنائية لكلّ منها.

ب - هل يُمثل المركّبان متصاوغين؟ وإن كان كذلك فما نوع التصاوغ بينهما؟

ج - هل يتشابه المركّبان في درجة غليانهما؟ أفسّر إجابتي.

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

قوى التجاذب بين الجزيئات	درجة الغليان °C	الكتلة المولية g/mol	المركب
لدن	69	86	هكسان
ثنائية القطب	78.5	93	1- كلوروبيوتان
ثنائية القطب	102	86	2- بستانون
رابطة هيدروجينية	138	88	1- بستانول

أجبت عمّا يأتي:

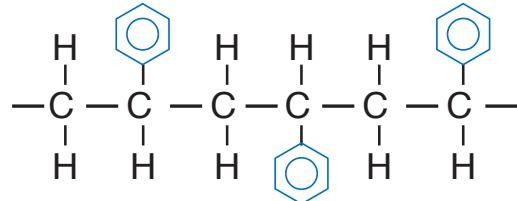
1. أ - ما السؤال الذي حاول الطلبة الإجابة عنه في هذا الاستقصاء؟

ب - **أصوغ فرضية الاستقصاء**.

ج - **أضبط المتغيرات**: أحدد المتغير المستقل والمتغير التابع ومتغيراً تم ضبطه.

2. **أقدم دليلاً** على أن عدد ذرات الكربون في السلسلة الكربونية R في المركّب العضوي تؤثّر في درجة غليانه.

11. أدرس الشكل الآتي الذي يُمثل جزءاً من الصيغة البناءية لمُبلمر أحد أنواع البلاستيك؛ ثم أجيّب عن الأسئلة التي تليه:

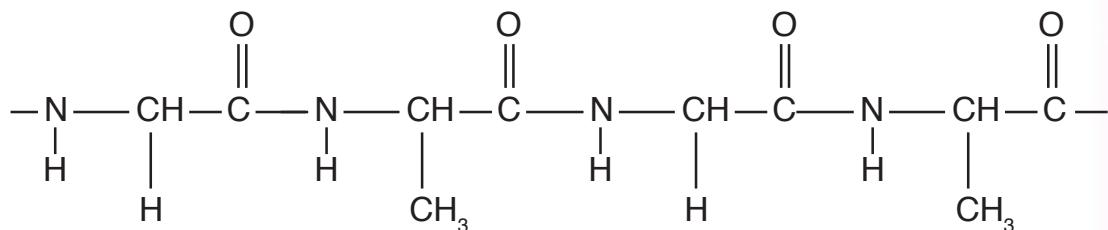


- أ - ماذا يسمى هذا النوع من البلاستيك؟
 - ب - **استنتاج** الصيغة البنائية للمونومر المكون له.
 - ج - ما نوع التفاعل الذي يؤدي إلى تكوينه؟
 - د - ما نوع قوى التجاذب التي تربط سلاسل هذا المبلمر بعضها البعض؟

12. أصدر حكمًا: أحدد الخطأ في أسماء المركبات الآتية، ثم أعيد تسميتها:

- أ - 4- أمينو بستان.
ب - 4- بروبيل-3- هكسانول.
ج - حمض 4- ايشيل-1- بستانويك.
د - 3، 3- كلورو-4- ميتشيل هكسان.

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



- أ - **أستنتاج** عدد الحموض الأمينية المكونة لهذا الجزء من سلسلة البروتين.

ب - أكتب الصيغة البنائية للوحدات الأساسية المكونة له.

ج - **أستنتاج** عدد الروابط البيتيدية بين الوحدات الأساسية المكونة له.

مراجعة الوحدة

14. اختار الإجابة الصحيحة لكلٌّ فقرةٍ من الفقرات الآتية:

1) عدد متضادات الصيغة الجُزئيّة $C_3H_6Cl_2$ يساوي:

أ - 3 ب - 4 ج - 5 د - 6

2) أحد بروميدات الألكيل الآتية يسمى 2-بروموبيوتان:



3) المركب الآتي $CH_3-O-CH_2CH_3$ يتبع إلى:

أ - الإسّترات ب - الألديهيدات ج - الكيتونات د - الإسّترات

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

أ - الألديهيدات ب - الكيتونات

ج - الحموض الكربوكسيلية د - هاليدات الألكيل

5) نوع المركب الذي يمثله الجزيء: $CH_3CH_2CH_2CH-NH_2$

أ - أمين أولي ب - ثانوي ج - ثانائي د - أمين ثالثي

6) المركب الذي يمكن استخدامه وحدة أساسية لتكوين مُبلمر صناعي:

أ - CH_2ClCH_2Cl ب - CH_3CH_2OH ج - $CHCl=CHCl$ د - CH_3CH_3

7) أتوقع المركب الذي تترابط جزيئاته بروابط هيدروجينية:

أ - $(CH_3)_3N$ ب - CH_3NH_2 ج - CH_3OCH_3 د - CH_3F

مسرد المصطلحات

- **المُركّبات العضوية** **Organic Compounds**: المُركّبات التي تتكون بشكل رئيس من الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكرييدات والكربونات.
- **المُركّبات الهيدروكربونية المشبعة** **Saturated Hydrocarbon Compounds**: مُركّبات ترتبط ذرّات الكربون فيها بروابط تساهمية أحادية فقط.
- **المُركّبات الهيدروكربونية غير المشبعة** **Unsaturated Hydrocarbon Compounds**: المُركّبات التي تحتوي رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرّتي كربون.
- **الأكّانات** **Alkanes**: مُركّبات هيدروكربونية تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط.
- **الألّكّانات ذات السلسلة المستمرة** **Continuous Chain Alkanes**: الألّكّانات التي تترتّب فيها ذرّات الكربون بخطّ واحد.
- **الألّكّانات ذات السلسلة المتفرّعة** **Branched Chain Alkanes**: الألّكّانات التي تحتوي على مجموعات ألكيل متفرّعة من السلسلة الأطوال.
- **مجموعات الألّكيل** **Alkyl groups**: تفرّعات مشتقة من الألّكّانات الأصلية بحذف ذرّة هيدروجين واحدة؛ فتكون الصيغة العامة لها (C_nH_{2n+1}) وتُسمى باستبدال المقطع (يل) بالقطع (ان) في اسم الألّكان ويرمز إليها بالرمز R.
- **التصاوغ** **Isomerism**: وجود صيغ بنائية مختلفة للصيغة الجُزئية نفسها.
- **المتصاوغات البنائية** **Structural isomers**: اختلاف ترتيب ذرّات الكربون في الألّكان عن السلسلة المستمرة.
- **المتصاوغات الوظيفية** **Functional Isomerism**: مُركّبات عضوية تشارك في صيغتها الجُزئية، وتحتّل في مجموعتها الوظيفية.
- **الأكينات** **Alkenes**: مُركّبات هيدروكربونية تحتوي على رابطة مشتركة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرّي كربون متجاورتين إحداهما رابطة σ والأخرى π ولها الصيغة العامة $.C_nH_{2n}$.
- **الأكينات** **Alkynes**: مُركّبات هيدروكربونية تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل بين ذرّي كربون متجاورتين، ولها الصيغة العامة $.C_nH_{2n-2}$.
- **المُركّبات الأروماتية** **Aromatic Compounds**: المُركّبات الهيدروكربونية ذات الرائحة العطرية المميزة، ويُعدُّ

البنزين أشهرها، حيث تتكون هذه المركبات من حلقة بنزين أو أكثر.

- **مشتقات المركبات الهيدروكربونية**: **Derivatives Of Hydrocarbon** مركبات عضوية تحتوي بالإضافة للكربون والهيدروجين على ذرة أو أكثر من عناصر أخرى؛ مثل الأكسجين، أو الالوجين، أو النيتروجين.
- **مجموعة وظيفية**: **Functional Group** ذرة أو مجموعة الذرات أو الروابط المسؤولة عن الخصائص المميزة للمركب العضوي، وتعد مركز النشاط الكيميائي فيه.
- **هاليدات الأكيل** : **Alkyl Halides** مركبات هيدروكربونية حلت فيها ذرة هالوجين أو أكثر محل ذرة أو ذرات هيدروجين، $R-X$.
- **الكحولات** : **Alcohols** مركبات عضوية صيغتها العامة $R-OH$ حيث تمثل مجموعة الهيدروكسيل (OH-) المجموعة الوظيفية المميزة لها وتمثل R مجموعة ألكيل.
- **الإيثرات** : **Ethers** مركبات عضوية صيغتها العامة $R-O-R$ ، ترتبط فيها ذرة الأكسجين التي تمثل المجموعة الوظيفية بمجموعتي ألكيل متشاربين أو مختلفتين.
- **الأمينات** : **Amines** تُشتق من الأمونيا NH_3 ؛ بأن تحل مجموعة ألكيل أو أكثر محل ذرة هيدروجين أو أكثر.
- **الألديهيدات** : **Aldehydes** مركبات عضوية صيغتها العامة $H-C(=O)-R$ ، ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بذرّة هيدروجين واحدة على الأقل.
- **الكيتونات** : **Ketones** مركبات عضوية صيغتها العامة $R-C(=O)-R$ ترتبط فيها مجموعة الكربونيل بمجموعتي ألكيل.
- **الحموض الكربوكسيلي** : **Carboxylic Acids** حوض عضوية، صيغتها العامة $R-COOH$ ؛ حيث R هي مجموعة ألكيل، وقد تكون H و(COOH-) هي مجموعة الكربوكسيل الوظيفية.
- **الإسترات** : **Esters** مركبات عضوية صيغتها العامة: $OR-C(=O)-R$ ، وهي من مشتقات الحموض الكربوكسيلية.
- **مُبلمرات** : **Polymers** جزيئات ضخمة ذات كتلة جزيئية كبيرة جدًا تتكوّن من اتحاد عدد كبير من جزيئات صغيرة.
- **مونومرات** : **Monomers** وحدة البناء الأساسية المكونة للمُبلمر.
- **تفاعل البلمرة** : **Polymerization** تفاعل كيميائي تتحد فيه وحدات البناء الأساسية المكونة للمُبلمر ضمن ظروف مناسبة من: الضغط، ودرجة الحرارة، ووجود عوامل مساعدة.

• **المُبَلَّمَرَات الصناعيَّة** **Industrial Polymers**: جزيئات ضخمة تتكون صناعيًّا من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية متعدد الإيثين، ومتعدد البروبين. مثل: متعدد الإيثين، ومتعدد البروبين.

• **المُبَلَّمَرَات الطبيعية** **Natural Polymers**: جزيئات ضخمة تتكون في أجسام الكائنات الحية؛ نباتية أو حيوانية، وتتكون من وحدات بناء أساسية تختلف باختلاف المُبَلَّمَر، مثل: البروتين، والنشا، والسليلوز، والحرير، والصوف.

• **البروتينات** **Proteins**: مُبَلَّمَرات طبيعية تتكون من اتحاد عدد كبير من وحدات بناء أساسية (مونومرات) تُسمى الحموض الأمينية.

• **الحموض الأمينية** **Amino Acids**: مركبات عضوية صيغتها العامة $R-\overset{\text{NH}_2}{\underset{\text{H}}{\text{CH}}}-\text{COOH}$ ، تحتوي على مجموعة كربوكسيل (-COOH)، وأمين (-NH₂، وطرف هيدروكربوني R يختلف باختلاف الحمض الأميني.

• **تقنولوجيا المُبَلَّمَرَات** **Polymer's Technology**: أحد مجالات الكيمياء التي تهتم بدراسة خصائص المُبَلَّمَرات وتركيبها وتطبيقاتها المختلفة.

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ
تَعَالٰی

