MINISTRY OF EDUCATION AND TECHNICAL EDUCATION
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
الكيمياء
البكالوريا المصرية
الصف الثاني الثانوي
الجزء الثاني
11
SPRIX

الكيمياء

البكالوريا المصرية

الصـــف الثـــاني

The International Baccalaureate™

has reviewed the pedagogical and assessment approaches underpinning this textbook.

© 2026 Ministry of Education and Technical Education

All rights reserved.

Copyrights and accountability for the content of this textbook remain with the Ministry of Education and Technical Education.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system,

or transmitted in any form or by any means - electronic, mechanical, photocopying, recording,

or otherwise - without the prior written permission of the copyright holders.

Ministry of Education and Technical Education

New Administrative Capital

Cairo, Egypt

كيف تستخدم هذا الكتاب

يتّبع كل درس مسارًا استكشافيًّا يقودك في رحلة علمية شيِّقة:
لاحظْ • تساءلْ • استقصِ • فسِّرْ • طبِّقْ • قيِّمْ.

1 سؤال توجيهي
ينطلق كل درسٍ بسؤالٍ موجّه؛ يستثير تفكيرك، ويُحفّزك على ربط المفاهيم الكيميائية بالظواهر الواقعية من حولك.

2 مقدمة
سيناريو قصير أو ظاهرة أو سياق واقعي يقدّم الدرس ويوضح أهمية الموضوع في الحياة اليومية والتكنولوجيا والمجتمع.

3 تعلم
تُطرح من خلالها المفاهيم الأساسية، والتعريفات، والقوانين، والمبادئ، والنماذج العلمية بوضوح وفق بنية منهجية مُحكمة.

4 الاستكشاف
استقصِ الأنماط، وحلِّل الأدلة، وحدِّد العلاقات، وتنبأ بالنتائج قبل تقديم التفسيرات الرسمية.

5 مثال
تضم أسئلةً ونماذج استرشادية تعينك على توظيف المعرفة، وتهيئتك لاستيعاب معرفي أعمق.

6 الشرح
يركز الشرح على عمليات لتفكير العلمي و إجراء العمليات الحسابية و حل المشكلات.

7 فكّر كعالم كيمياء
استخدم التفكير العلمي لبناء استنتاجات مدعومة بالأدلة، وتقييم الادعاءات، وتفسير النتائج التجريبية.

8 فكّر كمهندس
استخدم مفاهيم الكيمياء لحل المشكلات العملية واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة في سياقات تكنولوجية وهندسية.

9 تطبيق حياتي
اكتشف كيف تؤثر الكيمياء في تحقيق الاستدامة، وتعزيز الصحة، وإنتاج الطاقة، والصناعة والنقل والحياة اليومية.

10 بنية العلم
استكشف المفاهيم والنماذج والمبادئ العلمية التي تربط الدرس لتحقيق فهم علمي أعمق.

11 طبيعة العلم
استكشف منهجية العلماء في جمع الأدلة، وتصميم التجارب، وتحليل البيانات، لصياغة تفسيرات علمية موثوقة.

12 التصورات الخطأ
تعرَّف على التصورات الخاطئة للمفاهيم الكيميائية ليصبح فهمك أكثر دقة وسلامة علمية.

13 المعادلات في لمحة
يقدم خلاصةً شاملة للصيغ، والرموز، والعلاقات الجوهرية؛ لتكون مرجعًا سريعًا يسهل الرجوع إليه.

14 حاول بنفسك
طبّق المفاهيم الجديدة من خلال أسئلة موجهة وتمارين منظمة (ممارسة ما تعلمته).

15 تدرب
عمّق استيعابك عبر منظومة أسئلةٍ متدرجة الصعوبة؛ تُحفِّز مهارات التفكير، والتحليل، والحل الحسابي المنهجي.

16 تحدَّ تفكيرك
تعامل مع أسئلة عالية المستوى تتطلب التقييم والتركيب وحل المشكلات والحجج العلمي.

17 فكر وتأمل
راجع المفاهيم الأساسية من الدرس الحالي والدروس السابقة؛ لتعزيز الاستيعاب المستدام، وضمان جاهزيتك التامة للاختبارات.

دروسك في منهج البكالوريا المصرية

كل درس مرتبط بموضوع في منهج الكيمياء ضمن إطار البكالوريا المصرية

الفصل الثالث - المواد غير العضوية

٣-١ الهيدروجين والغازات النبيلة ١
٣-٢ الهالوجينات ومركباتها ٦
٣-٣ الأكسجين والكبريت ومركباتهما ١١
٣-٤ النيتروجين والفوسفور ومركباتهما ١٧
٣-٥ الكربون والسيليكون ومركباتهما ٢٢
٣-٦ الفلزات القلوية ومركباتها ٢٧
٣-٧ العناصر الأرضية القلوية ومركباتها ٣٣
٣-٨ الفلزات الممثلة بخلاف المجموعتين ١ و ٢ ..... ٣٩
٣-٩ العناصر الانتقالية ومركباتها (١) (الحديد، النحاس، الفضة) ٤٥
٣-١٠ العناصر الانتقالية ومركباتها (٢) (الذهب، الكروم، المنجنيز) ٥١
٣-١١ تفاعلات الترسيب وفصل أيونات الفلزات ٥٦

الفصل الرابع - المركبات العضوية

٤-١ الروابط التساهمية ٦٤
٤-٢ خصائص وتراكيب المركبات العضوية ٦٨
٤-٣ تحديد الصيغ البنائية للمركبات العضوية ٧٤
٤-٤ الهيدروكربونات المشبعة ٨٠
٤-٥ الهيدروكربونات غير المشبعة (١) (الألكينات) ٨٥
٤-٦ الهيدروكربونات غير المشبعة (٢) (الألكاينات) ٩١
٤-٧ الكحولات والإيثرات ٩٦
٤-٨ الألدهيدات والكيتونات ١٠٢
٤-٩ الأحماض الكربوكسيلية ١٠٨
٤-١٠ الإسترات ١١٣
٤-١١ الدهون والزيوت / الصابون ١١٨
٤-١٢ الهيدروكربونات الأروماتية ١٢٣
٤-١٣ الفينولات والأحماض الكربوكسيلية الأروماتية ١٢٧
٤-١٤ الأمينات الأروماتية ومركبات الآزو ١٣٢
٤-١٥ فصل المركبات الأروماتية ١٣٧

الفصل الثالث

المواد غير العضوية

١-٣ — الهيدروجين والغازات النبيلة

مقدمة

يُستخدم الهيدروجين وقودًا للمركبات الفضائية، كما يدخل في تشغيل خلايا الوقود، وقد يصبح في المستقبل كأحد أهم مصادر الطاقة النظيفة في العالم. وعلى الجانب الآخر، نادرًا ما تتفاعل الغازات النبيلة، مثل الهيليوم والنيون، مع المواد الأخرى؛ ومع ذلك، فإنها تؤدي أدوارًا مهمة في الإضاءة، وحفظ بعض المواد، وتشغيل عدد من التقنيات الطبية المتقدمة.

سوف تستكشف في هذا الدرس كيف يؤثر التوزيع الإلكتروني في السلوك الكيميائي للعناصر، ولماذا تختلف خواص الهيدروجين عن خواص الغازات النبيلة، على الرغم من أهمية كلٍّ منهما في العلوم والتكنولوجيا الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحدد التوزيع الإلكتروني ما إذا كان العنصر نشطًا كيميائيًّا أم مستقرًّا؟

الاستكشاف

يرتفع بالون الأرصاد الجوية المملوء بغاز الهيليوم بأمان في طبقات الجو، بينما قد ينفجر بالون آخر مملوء بغاز الهيدروجين عند اشتعاله، مع أن كليهما من أخف الغازات.

فلماذا يختلف سلوكهما إلى هذا الحد؟

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

١. أي الغازين تختار لملء بالونات الأرصاد الجوية؟ ولماذا؟ .....

٢. لماذا يُستخدم الهيدروجين وقودًا، بينما لا يُستخدم الهيليوم لهذا الغرض؟ .....

٣. ما الخاصية التي تجعل الغازات النبيلة ضعيفة النشاط الكيميائي؟ .....

تعلم

أولًا: الهيدروجين H_2:

خواص الهيدروجين:

١. غاز عديم اللون والرائحة، وهو أخف الغازات.

٢. شحيح الذوبان في الماء.

٣. يختزل أكاسيد بعض الفلزات عند درجات الحرارة المرتفعة.

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$

الشكل 3.1.1 اختزال النحاس

في هذا التفاعل، ينتزع الهيدروجين الأكسجين من أكسيد النحاس الثنائي؛ لذلك يعمل عاملًا مختزلًا.

٤. يُستخدم في خلايا الوقود.

٥. يمكن تحضيره بإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف أو حمض الكبريتيك المخفف إلى بعض الفلزات، مثل الحديد أو الألومنيوم.

ومن أمثلة ذلك تفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المخفف:

$$Fe + H_2SO_4 \xrightarrow{Dil} FeSO_4 + H_2\uparrow$$

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- الهيدروجين أخف العناصر، ويمكن أن يكون عاملًا مختزلًا.
- تمتلك الغازات النبيلة أغلفة إلكترونية خارجية مكتملة؛ ولذلك تتميز بدرجة عالية من الاستقرار الكيميائي.
- يساعد التوزيع الإلكتروني على تفسير كثير من الخواص الكيميائية والاتجاهات الدورية للعناصر.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروجين
- الأكسدة
- الاختزال
- التوزيع الإلكتروني
- إلكترونات التكافؤ
- الغازات النبيلة
- الدورية
- الاستقرار الكيميائي
- خلايا الوقود.

طبيعة العلم:

لاحظ:

يتفاعل الهيدروجين مع أكسيد النحاس الثنائي الساخن، فيتكون النحاس والماء:

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$

استنتج

ما دور الهيدروجين في هذا التفاعل؟

توقّع

هل يمكن أن يتفاعل الهيدروجين بالطريقة نفسها مع أكاسيد فلزات أخرى؟ فسّر إجابتك.

التصورات الخطأ:

الفكرة الخاطئة:

✗ «الغازات النبيلة لا تتفاعل أبدًا تحت أي ظروف.»

التصحيح:

✓ معظم الغازات النبيلة تتميز بأنها غير نشطة بدرجة كبيرة، لكن الغازات النبيلة الثقيلة مثل الزينون يمكنها تكوين مركبات في ظل ظروف خاصة.

ثانيًا: الغازات النبيلة:

(أ) الغازات النبيلة:

١. تقع الغازات النبيلة في المجموعة **18** من الجدول الدوري، وتشمل:

الهيليوم He ، والنيون Ne ، والأرجون Ar ، والكريبتون Kr ، والزينون Xe ، والرادون Rn ، والأوجانيسون Og ، الرادون Rn

٢. يحتوي مستوى الطاقة الخارجي لذراتها على **ثماني إلكترونات**، باستثناء الهيليوم الذي يحتوي مستوى طاقته الوحيد على **إلكترونين**.

٣. يكتمل مستوى الطاقة الخارجي في ذرات الغازات النبيلة؛ ولذلك تتميز بدرجة عالية من الاستقرار، ويكون تكافؤها في الظروف المعتادة **صفرًا**.

خواص الغازات النبيلة

١. غازات **عديمة اللون والرائحة في درجة حرارة الغرفة**.

٢. توجد في الهواء بنسب ضئيلة.

٣. تتميز بانخفاض درجات انصهارها وغليانها.

٤. خاملة كيميائيا؛ فلا تتفاعل بسهولة مع العناصر الأخرى.

٥. يصدر بعضها ضوءًا مميزًا عند مرور تيار كهربائي في أنبوب يحتوي عليه عند ضغط منخفض.

بعض خواص الغازات النبيلة واستخداماتها

العنصر	الرمز الكيميائي	التوزيع الإلكتروني على مستويات الطاقة	درجة الغليان (°C)	بعض الاستخدامات
الهيليوم	$_2He$	2	−269	المناطيد الموجهة (أو السفن الهوائية) – التجارب الكريوجينية.
النيون	$_{10}Ne$	2، 8	−246	لافتات الإضاءة.
الأرجون	$_{18}Ar$	2، 8، 8	−186	ملء بعض المصابيح، وتوفير وسط خامل في عمليات اللحام.
الكريبتون	$_{36}Kr$	2، 8، 18، 8	−152	بعض أنواع المصابيح ومصادر الإضاءة
الزينون	$_{54}Xe$	2، 8، 18، 18، 8	−107	مصابيح الوميض في آلات التصوير.
الرادون	$_{86}Rn$	2، 8، 18، 32، 18، 8	−62	استخدامات محدودة في التطبيقات الطبية باستخدام الاشعاع.

الكيمياء في حياتنا:

الهيدروجين: وقود المستقبل

تنتج خلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين طاقة كهربائية، ويكون الماء هو الناتج المباشر الرئيسي لتفاعلها. لهذا تتطور تقنيات الهيدروجين حاليًّا للاستفادة منها في مجالات متعددة، منها:

- تشغيل المركبات منخفضة الانبعاثات.
- دفع المركبات الفضائية.
- تخزين الطاقة المتجددة.
- تطوير وسائل نقل أكثر استدامة.

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

١. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الأوصاف التالية حول الهيدروجين، وأجب.

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وشحيح الذوبان في الماء.

(ب) يتصاعد الهيدروجين عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك.

(جـ) يعمل الهيدروجين عاملًا مؤكسدًا، ويتفاعل مع النحاس الساخن لتكوين أكسيد النحاس الثنائي.

٢. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الأوصاف التالية حول الغازات النبيلة، وأجب.

(أ) تتميز الغازات النبيلة بانخفاض درجات انصهارها وغليانها.

(ب) تحتوي جميع الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

(جـ) تنتمي جميع عناصر المجموعة 18 إلى الغازات النبيلة.

الشرح

العبارة (جـ) غير صحيحة؛ لأن الهيدروجين يمثل عاملًا مختزلًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن، فينتزع منه الأكسجين ويتكون النحاس والماء.

الإجابة: (ب)؛ لأن ذرة الهيليوم تحتوي مستوى طاقتها الخارجي والوحيد على إلكترونين.

نشاط تفسير البيانات:

ادرس البيانات الواردة في الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة:

الغاز	النشاط الكيميائي النسبي	أحد الاستخدامات الشائعة
الهيدروجين	مرتفع	خلايا الوقود
الهيليوم	منخفض جدًّا	بالونات الأرصاد الجوية
النيون	منخفض جدًّا	لافتات الإضاءة
الأرجون	منخفض جدًّا	توفير وسط خامل في عمليات اللحام

كن مواطنًا عالميًا

تسهم الغازات النبيلة في تطوير تقنيات أكثر أمانًا واستدامة من خلال:

- تحسين كفاءة بعض نظم الإضاءة.
- دعم تقنيات التصوير الطبي والعلاج الإشعاعي.
- الإسهام في أبحاث الفضاء واستكشافه.
- توفير أوساط خاملة في بعض العمليات الصناعية.

ويساعد فهم خواص الغازات النبيلة العلماء والمهندسين على تطوير عمليات صناعية أكثر أمانًا، وتقنيات أكثر كفاءة واستدامة.

فكّر كعالم كيميائي:

١. أي الغازات الواردة في الجدول أكثر نشاطًا كيميائيًّا؟

.....

٢. أي الغازات يصلح لتوفير وسط يحمي المواد من التأكسد؟

.....

٣. ما الدليل المستمد من الجدول الذي يدعم إجابتك؟

.....

٤. كيف يفسر التوزيع الإلكتروني اختلاف النشاط الكيميائي بين الهيدروجين والغازات النبيلة؟

.....

حاول بنفسك:

١. حدد ما إذا كانت كل عبارة مما يأتي صحيحة أم غير صحيحة:

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وهو شديد الذوبان في الماء.

(ب) يعمل الهيدروجين عاملًا مؤكسدًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن، وينتج عن التفاعل فلز النحاس.

(جـ) يُستخدم الهيدروجين مع الأكسجين في بعض أنواع خلايا الوقود.

٢. حدد ما إذا كانت كل عبارة مما يأتي صحيحة أم غير صحيحة:

(أ) معظم الغازات النبيلة قابلة للاشتعال بدرجة كبيرة.

(ب) توجد بعض الغازات النبيلة في الحالة السائلة في درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي المعتاد.

(جـ) تحتوي جميع ذرات الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

(د) تتسم الغازات النبيلة بضعف نشاطها الكيميائي في الظروف المعتادة.

التفكير النقدي:

ترغب إحدى الشركات في استخدام الهيدروجين بدلًا من الهيليوم في ملء البالونات التجارية؛ لأن الهيدروجين أقل تكلفة.

قيّم هذا المقترح في ضوء ما يأتي:

١. ما المزايا العلمية والاقتصادية لاستخدام الهيدروجين؟

.....

٢. ما مخاطر السلامة التي قد تنتج عن استخدامه؟

.....

٣. أي الغازين توصي الشركة باستخدامه؟

.....

ادعم توصيتك بأدلة علمية.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي الخواص الآتية تجعل الهيليوم مناسبًا لملء بالونات الأرصاد الجوية؟

(أ) كثافته المرتفعة.
(ب) نشاطه الكيميائي المرتفع.
(جـ) كثافته المنخفضة واستقراره الكيميائي.
(د) ذوبانه الشديد في الماء.

الإجابة: .....

٢. لماذا يستطيع الهيدروجين اختزال أكسيد النحاس II؟

(أ) لأن الهيدروجين يكتسب الأكسجين.
(ب) لأن الهيدروجين ينتزع الأكسجين من أكسيد النحاس II
(جـ) لأن النحاس يفقد إلكترونات للهيدروجين.
(د) لأن الهيدروجين يمثل عاملًا مؤكسدًا.

الإجابة: .....

٣. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الشرح التالي:

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وهو شديد الذوبان في الماء.
(ب) يعمل الهيدروجين عاملًا مختزلًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن.
(جـ) يُستخدم الهيدروجين مع الأكسجين في بعض أنواع خلايا الوقود.
(د) يتصاعد الهيدروجين عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك.

الإجابة: .....

٤. اختر عبارة واحدة صحيحة من بين الشرح التالي:

(أ) توجد الغازات النبيلة في الهواء غالبًا على هيئة مركبات.
(ب) تحتوي جميع ذرات الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.
(جـ) جميع الغازات النبيلة العنصرية غازات في درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي.
(د) العديد من الغازات النبيلة قابلة للاشتعال بدرجة عالية.
(هـ) عندما يُحفظ غاز نبيل تحت ضغط منخفض، فإنه يُصدر ضوءًا بلون مميز.

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

يدّعي أحد الباحثين:

«لأن الهيدروجين أخف العناصر، فإنه يجب أن يكون دائمًا أكثر الغازات أمانًا لرفع البالونات»

قيّم هذا الادعاء بالإجابة عن الأسئلة الآتية:

١. هل يقوم هذا الاستدلال على أساس علمي صحيح؟

.....

٢. ما الخواص الأخرى التي يجب مراعاتها إلى جانب كثافة الغاز؟

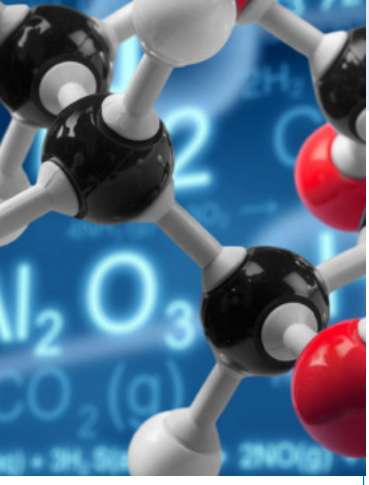
.....

٣. لماذا يُفضّل استخدام الهيليوم في العديد من التطبيقات العملية؟

.....

٤. استخدم أدلة علمية لتبرير إجابتك.

.....



٣-٢ — الهالوجينات ومركباتها

مقدمة

تخيّل أنك تسبح في حمام سباحة في يوم صيفي حار. يبدو الماء نظيفًا وآمنًا؛ لأنه تم تطهيره بمركبات الكلور للقضاء على الكائنات الدقيقة الضارة. وفي أحد المعامل، يضيف خبير في الأدلة الجنائية بضع قطرات من محلول نترات الفضة إلى محلول مجهول، فيتعرف من لون الراسب المتكوّن على نوع أيون الهاليد الموجود فيه.

وعلى الرغم من أن الهالوجينات من أكثر اللافلزات نشاطًا، فإنها تؤدي أدوارًا مهمة في الصحة العامة، والتحليل الكيميائي، والطب، والصناعة. ويرتبط سلوكها بالاتجاهات الدورية، وتفاعلات الأكسدة والاختزال، وانتقال الإلكترونات.

سوف تستكشف في هذا الدرس أسباب اختلاف الهالوجينات في قدرتها التأكسدية، وكيفية الكشف عن أيونات الهاليدات، وأهمية مركبات الكلور في المجتمع الحديث.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تختلف الهالوجينات في نشاطها الكيميائي، على الرغم من وقوعها في المجموعة نفسها من الجدول الدوري؟

الاستكشاف

تم استخدام كمية متساوية من المطهر في حوضي سباحة.

وبقي أحدهما صافياً تماماً.

أما الآخر فيتعكّر ويتلوّث بسرعة.

دون دراسة الدرس:

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

- ما هي الخصائص الكيميائية التي تجعل الكلور مطهرًا فعالًا؟

.....

- لماذا تُستخدم مركبات الكلور بدلًا من غاز الكلور النقي في العديد من التطبيقات؟

.....

- كيف يمكن للكيميائيين التحقق من وجود أيونات الكلوريد

.....

تعلم

١. الهالوجينات:

(الفلور F ، الكلور Cl ، البروم Br ، اليود I ، الأستاتين At) وتقع في المجموعة 17 من الجدول الدوري.

عناصر الهالوجينات:

توجد الهالوجينات في حالتها العنصرية على هيئة جزيئات ثنائية الذرة وتعمل كعوامل مؤكسدة.

ترتيب الهالوجينات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة قوية $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

خواص غاز الكلور:

- غاز **سام** أصفر مخضر.
- له **رائحة نفاذة** خانقة.
- **كثافته أكبر** من كثافة الهواء.
- **يذوب** ويتفاعل جزئيًّا مع الماء.....

يُجمع بإزاحة الهواء لأسفل، ولا يُجمع بإزاحة الماء.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تقع الهالوجينات في المجموعة 17 من الجدول الدوري.
- توجد الهالوجينات في صورة جزيئات ثنائية الذرة.
- تقل قدرة الهالوجينات على التأكسد بالانتقال إلى أسفل المجموعة.
- تتفاعل أيونات الهاليدات مع أيونات الفضة بطرائق تساعد على التمييز بينها.

المفاهيم الأساسية:

- الهالوجينات
- الهاليدات
- قوة التأكسد
- الأكسدة والاختزال
- الإحلال
- الترسيب
- الكشف الكيميائي
- التطهير

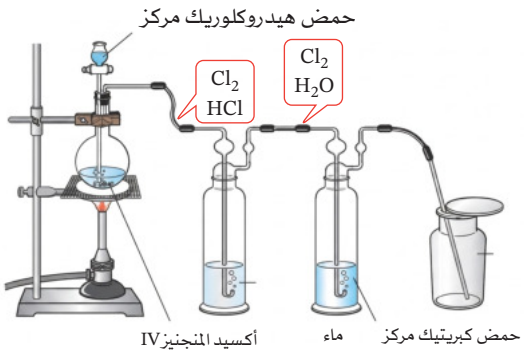
تحضير غاز الكلور

يُحضّر غاز الكلور في المعمل بتسخين أكسيد المنجنيز(IV) مع حمض الهيدروكلوريك المركز و التسخين وفقا للمعادلة:

$$MnO_2 + 4HCl \xrightarrow{\Delta} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$$

❶ يتم التخلص من كلوريد الهيدروجين بواسطة الماء.

❷ يتم التخلص من الماء بواسطة حمض الكبريتيك المركز



الشكل 3.2.1 تحضير غاز الكلور
الغاز الناتج خليط من مواد أخرى غير الكلور

طبيعة العلم:

لاحظ:

الكلور غاز أصفر مخضر، له رائحة نفاذة، وكثافته أكبر من كثافة الهواء، كما أنه يذوب في الماء.

فسّر:

لماذا يُجمع غاز الكلور بإزاحة الهواء لأسفل، ولا يجمع بإزاحة الماء لأعلى؟

.....

توقّع

ماذا يحدث إذا حاولنا جمع غاز الكلور بإزاحة الماء لأعلى؟

.....

٢. مركبات الهالوجينات

(أ) هاليدات الهيدروجين:

هاليدات الهيدروجين مركبات تتكون من اتحاد الهيدروجين بأحد الهالوجينات:

وهي غازات عديمة اللون في الظروف المعتادة، وتتميز روائح كثير منها بالنفاذ، كما أن لها تأثيرات ضارة أو سامة بدرجات متفاوتة.

(i) فلوريد الهيدروجين HF

يسمى محلوله المائي **حمض الهيدروفلوريك**، وهو **حمض ضعيف** مقارنة ببقية أحماض هاليدات الهيدروجين في الماء.

[تفسير كونه حمضًا ضعيفًا]

يتمتع الفلور (F) **بسالبية كهربية عالية جدًّا** (ميل إلى جذب الإلكترونات بقوة). ونتيجة لذلك، تترابط جزيئات HF **بروابط هيدروجينية**. مما يجعل من الصعب على الجزيء فقد أيونات الهيدروجين (H^+) في الماء، مما يؤدي إلى ضعف حامضيته.

ويتميز حمض الهيدروفلوريك بقدرته على التفاعل مع السيليكا؛ لذلك يُستخدم في حفر الزجاج، ولا يُحفظ في أوعية زجاجية.

(ii) كلوريد الهيدروجين HCl

يسمى محلوله المائي حمض الهيدروكلوريك، وهو حمض قوي.

وعند تفاعل غاز كلوريد الهيدروجين مع غاز الأمونيا NH_3، تتكون بلورات كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ويظهر دخان أبيض:

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$$

استقصاء علمي:

تسلّم أحد الباحثين ثلاثة محاليل مجهولة، يحتوي كل منها على أحد الأيونات الآتية، أيون الكلوريد، أيون البروميد، أيون اليوديد

خطط لاستقصاء تستخدم فيه محلول نترات الفضة للكشف عن الأيون الموجود في كل محلول.

حدد ما يأتي:

المتغير المستقل

.....

المتغير التابع

.....

الأدلة والبيانات التي ستجمعها

.....

(ب) الكشف عن أيونات الهاليدات

عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيونات هاليد، قد يتكوّن راسب يختلف لونه باختلاف نوع الأيون؛ ولذلك يمكن الاستفادة من هذا التفاعل في الكشف عن أيونات الهاليدات.

ذوبانية هاليدات الفضة في الماء

جدول 3.2.1 ذوبانية هاليدات الفضة في الماء

هاليد الفضة	المشاهدة عند إضافة نترات الفضة	الذوبانية في الماء
AgF فلوريد الفضة	لا يتكوّن راسب	ذائب
AgCl كلوريد الفضة	يتكوّن راسب أبيض	لا يذوب
AgBr بروميد الفضة	يتكوّن راسب كريمي أو أصفر باهت	لا يذوب
AgI يوديد الفضة	يتكوّن راسب أصفر	لا يذوب

(جـ) الأحماض الأكسجينية للهالوجينات وأملاحها:

الأحماض التي تحتوي جزيئاتها على الأكسجين والهيدروجين وأحد الهالوجينات تسمى **الأحماض الأكسجينية للهالوجينات**.

ومن أملاح الأحماض الأكسجينية للكلور مواد تستخدم في التبييض والتطهير.

(i) تحضير مسحوق التبييض: $CaCl(OCl)\cdot H_2O$

يتكون مسحوق التبييض عند إمرار غاز الكلور على هيدروكسيد الكالسيوم:

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow CaCl(OCl)\cdot H_2O$$

(ii) (ميكانيكية) أساس عمليتي التبييض والتطهير:

يمتلك أيون الهيبوكلوريت (ClO^-)، وهو أحد مكونات مسحوق التبييض، قوة أكسدة شديدة للغاية. وتُستخدم هذه القوة المؤكسدة في تكسير التركيب الجزيئي للأصباغ لإزالة اللون (عملية التبييض)، وكذلك في تدمير وقتل الخلايا البكتيرية (عملية التطهير).

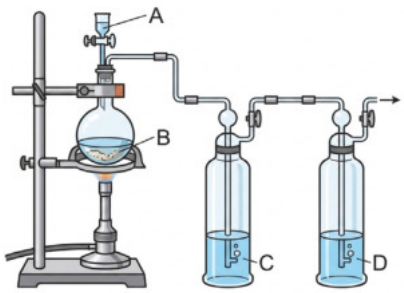
ملاحظة:

في السنوات الأخيرة، أصبح "الهيبوكلوريت عالي التركيز" (High-test hypochlorite) والذي له الصيغة الكيميائية $Ca(ClO_2).H_2O$، مادة واسعة الاستخدام في تطهير حمامات السباحة وتطبيقات أخرى، وذلك لاحتوائه على تركيز أعلى من المواد الفعالة.

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

أجب عن الأسئلة الآتية:



(أ) اختر المواد المناسبة للأجزاء من A إلى D:

(i) حمض الكبريتيك المركز.

(ii) حمض الهيدروكلوريك المركز.

(iii) الماء.

(iv) أكسيد المنجنيز (IV)

(ب) ما المادة التي تُزال في كلٍّ من C وD؟

(i) الماء.

(ii) الأكسجين.

(iii) كلوريد الهيدروجين.

(جـ) ما الطريقة المناسبة لجمع غاز الكلور؟

(i) إزاحة الهواء لأعلى. (ii) إزاحة الهواء لأسفل. (iii) إزاحة الماء.

الشرح

(أ) يضاف حمض الهيدروكلوريك المركز إلى أكسيد المنجنيز (IV) الصلب و يُمرر الغاز الناتج أولًا في الماء لإزالة كلوريد الهيدروجين ثم يُمرر في حمض الكبريتيك المركز لإزالة بخار الماء.

يُجمع الكلور بطريقة الإزاحة السفلية للهواء؛ لأنه أكبر كثافة من الهواء، كما أنه لا يناسب جمعه بإزاحة الماء.

(ii) : A (iv) : B (iii) : C (i) : D

(ب) (iii) : C (i) : B

(جـ) نظرًا لأن الكلور قابل للذوبان في الماء وأثقل من الهواء، فإنه يتم تجميعه بالإزاحة السفلية للهواء (II)

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي هاليدات الهيدروجين الآتية يُعد محلوله المائي حمضًا ضعيفًا؟

(أ) HCl (ب) HBr. (جـ) HI (د) HF

٢. لماذا يُجمع غاز الكلور بإزاحة الهواء لأسفل؟

(أ) لأنه أقل كثافة من الهواء.

(ب) لأنه يتفاعل مع الأكسجين.

(جـ) لأنه أكبر كثافة من الهواء، ولا يمكن جمعه بإزاحة الماء.

(د) لأنه غير قابل للذوبان في الماء.

٣. اختر العبارتين غير الصحيحتين:

(أ) توجد عناصر الهالوجينات في صورة جزيئات ثنائية الذرة.

(ب) ترتيب الهالوجينات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة هو: $I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$

(جـ) حمض الهيدروفلوريك حمض قوي، وله القدرة على التفاعل مع الزجاج.

(د) الكلور غاز أصفر مخضر له رائحة نفاذة.

الكيمياء والمجتمع

يساعد فهم كيمياء الهالوجينات العلماء والمتخصصين على:

- إنتاج مياه شرب آمنة.
- تطوير مواد فعالة للتطهير.
- تصنيع بعض الأدوية.
- إجراء التحليلات الكيميائية الجنائية.
- متابعة جودة المياه في البيئة.

٤. يوضح الشكل جهازًا لتحضير غاز الكلور الجاف

املأ الفراغات ( ) في النص التالي بالكلمات المناسبة، واستخدم صيغة كيميائية للإجابة عن (vi)

يتم تحضير غاز الكلور وفقا للمعادلة التالية:

$$MnO_2 + 4HCl \xrightarrow{\Delta} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2 \uparrow$$

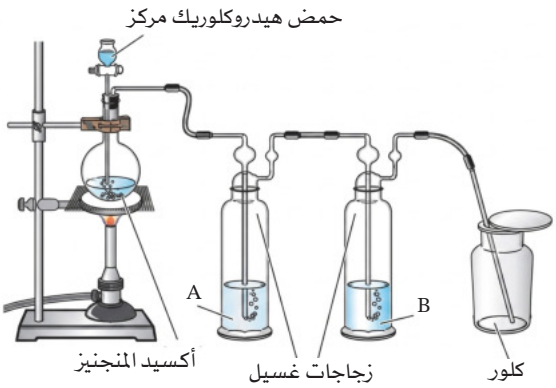
بعد ذلك، يمرر (i) في زجاجة الغسيل A لامتصاص (ii) من الغاز.

ويمرر (iii) في زجاجة الغسيل B لامتصاص (iv) من الغاز.

وبذلك يتم الحصول على غاز كلور جاف.

– يمتلك الكلور قوة أكسدة شديدة، وعند إمرار الكلور في محلول مائي من يوديد البوتاسيوم، يتحرر (v) في المحلول المائي. ويُعبر عن ذلك بمعادلة التفاعل التالية:

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + vi$$



؟! قيّم الأدلة:

نشرت إحدى الصحف العبارة الآتية:

«لأن الكلور يقضي على البكتيريا، فإن زيادة تركيزه تجعل الماء أكثر أمانًا في جميع الأحوال.»

قيّم هذه العبارة:

١. هل الادعاء صحيح علميًّا بصورة مطلقة؟

.....

٢. ما الأدلة التي ينبغي فحصها وأخذها في الاعتبار؟

.....

٣. هل يمكن أن يؤدي ارتفاع تركيز الكلور إلى أضرار صحية أو بيئية؟

.....

استخدم الاستدلال العلمي لتبرير إجابتك.

.....

تدرب:

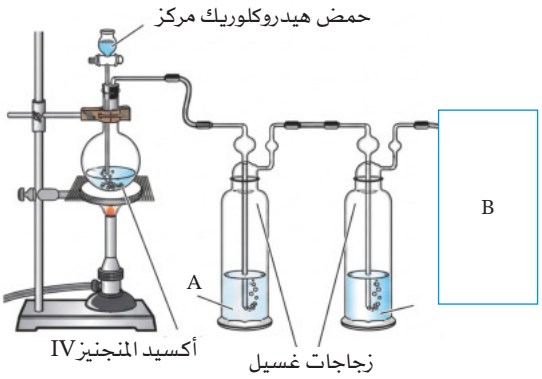
١. اختر جميع هاليدات الهيدروجين التي تكوّن أحماضًا قوية في الماء.

(أ) HF (ب) HCl (جـ) HBr (د) HI

٢. أي المواد الآتية يتفاعل محلولها المائي مع الزجاج؟

(أ) HF (ب) HCl (جـ) HBr (د) HI

٣. يوضح الشكل جهازًا لتحضير غاز الكلور الجاف باستخدام حمض الهيدروكلوريك المركز وأكسيد المنجنيز (IV)



أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتحضير غاز الكلور.

(ب) اكتب اسم المادة الموضوعة في زجاجة الغسل A، واسم المادة التي تزيلها.

(جـ) حدّد طريقة جمع غاز الكلور عند الجزء B.

(د) صف لون غاز الكلور ورائحته.

٣-٣ — الأكسجين والكبريت ومركباتهما

مقدمة

تتنفس الأكسجين باستمرار ليبقى الجسم قادرًا على أداء وظائفه الحيوية، كما يُستخدم الأكسجين في كثير من العمليات الصناعية. أما مركبات الكبريت، فتدخل في صناعة بطاريات السيارات والأسمدة والورق وبعض المواد الدوائية، وترتبط كذلك ببعض المشكلات البيئية، مثل الأمطار الحمضية.

وعلى الرغم من أهمية الأكسجين والكبريت ومركباتهما، فإن اختلاف تركيبها الجزيئي وخواصها الكيميائية يؤدي إلى اختلاف كبير في سلوكها واستخداماتها.

فلماذا يساعد الأكسجين على الاحتراق، بينما يُستخدم الأوزون في تطهير مياه الشرب؟ ولماذا ينزع حمض الكبريتيك المركز الماء من بعض المواد، بينما يتصرف حمض الكبريتيك المخفف بوصفه حمضًا قويًا؟

سوف تستكشف في هذا الدرس كيف يؤدي اختلاف التركيب الجزيئي والتركيز إلى اختلاف الخواص الكيميائية والتطبيقات العملية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحدد تركيب مركبات الأكسجين والكبريت خواصها الكيميائية واستخداماتها في الحياة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- تتنفس الأكسجين للبقاء على قيد الحياة.
- تستمر الشمعة في الاحتراق عند توافر الأكسجين.
- تُعالج بعض مياه الشرب بالأوزون قبل وصولها إلى المستهلك.

ناقش قبل دراسة الدرس:

الملاحظات: ما العنصر المشترك بين المواقف الثلاثة؟ .....

الاستنتاج: هل تتوقع أن يتشابه الأكسجين (O_2) والأوزون (O_3) في جميع خواصهما؟ ولماذا؟ .....

الاستقصاء: لماذا يصلح الأكسجين للتنفس، بينما يُستخدم الأوزون في تطهير المياه بتراكيز محددة؟

.....

تعلم

١. الأكسجين (O_2)

(أ) خواص الأكسجين:

- غاز عديم اللون والرائحة.
- قليل الذوبان في الماء. ◻ ..... يجمع بإزاحة الماء لأسفل.

(ب) تحضير الأكسجين:

يُحضّر غاز الأكسجين في المعمل من تحلل فوق أكسيد الهيدروجين، باستخدام أكسيد المنجنيز (IV) عاملًا حفازًا:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O + O_2 \uparrow$$

يسرّع أكسيد المنجنيز (IV) التفاعل دون أن يُستهلك فيه.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- الأكسجين والأوزون صورتان مثل تآصل للعنصر نفسه، لكنهما يختلفان في تركيبهما الجزيئي.
- الأوزون عامل مؤكسد أقوى من الأكسجين.
- تختلف بعض خواص حمض الكبريتيك باختلاف تركيزه.
- يفسر التركيب الجزيئي اختلاف الخواص والتطبيقات.

المفاهيم الأساسية:

- التآصل
- العامل الحفاز
- الأكسدة
- الاختزال
- حمض الكبريتيك
- نزع الماء
- العامل المؤكسد
- مادة ماصة للرطوبة

(جـ) **الأوزون (O_3)**: الأوزون صورة تآصلية من الأكسجين؛ إذ يتكون العنصر نفسه في الصورتين، لكن عدد الذرات في الجزيء وترتيبها يختلفان.

(i) **خواص الأوزون**

- غاز سام أزرق باهت.
- له رائحة مميزة نفاذة.
- عامل مؤكسد قوي.
- يُستخدم بتراكيز مضبوطة في تطهير مياه الشرب.
- يُستخدم في تبييض بعض الأقمشة والمواد.

(ii) **تحضير الأوزون**

يتكون الأوزون عند تعريض غاز الأكسجين للتفريغ الكهربائي الصامت:

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$$

كما يمكن أن يتكون عند تعرض الأكسجين للأشعة فوق البنفسجية.

فكّر كعالم:

يتكون الأكسجين والأوزون من العنصر نفسه، لكن الأكسجين ضروري للتنفس، في حين قد يؤدي التعرض لتركيزات مرتفعة من الأوزون إلى الإضرار بأنسجة الجهاز التنفسي.

فسّر:

١. لماذا تختلف خواص المادتين؟ .....

٢. ما الدليل الذي يدعم تفسيرك؟ .....

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ تتشابه خواص الأكسجين والأوزون لأن كليهما يتكون من ذرات الأكسجين.

التصحيح:

✓ الأكسجين والأوزون صورتان متأصلتان للعنصر نفسه، لكنهما يختلفان في التركيب الجزيئي؛ ولذلك تختلف خواصهما الفيزيائية والكيميائية.

٢. الكبريت ومركباته:

(أ) **كبريتيد الهيدروجين (H_2S)**:

– يُحضّر غاز كبريتيد الهيدروجين بإضافة حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى كبريتيد الحديد (II):

– يعمل كبريتيد الهيدروجين **عامل مختزل قوي**:

(ب) **ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)**:

– يمكن الحصول عليه من حرق الكبريت.

– يعمل كعامل مختزل، ولكنه عامل مؤكسد عند تفاعله مع عامل مختزل قوي مثل كبريتيد الهيدروجين.

استدلال قائم على الأدلة:

عندما وضع طالب قطرات من حمض الكبريتيك المركز على قطعة من الورق، تحولت الورقة إلى اللون الأسود بعد عدة دقائق.

الفرض: نزع حمض الكبريتيك المركز الماء من مكونات الورق.

الدليل: .....

التفسير العلمي: .....

(جـ) **حمض الكبريتيك (H_2SO_4) المركز والمخفف:**

(i) **صناعة حمض الكبريتيك**

يُصنّع حمض الكبريتيك على نطاق واسع **باستخدام طريقة التلامس**.

١. يُحرق الكبريت في الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكبريت SO_2:

٢. يُؤكسد ثاني أكسيد الكبريت SO_2 إلى **ثالث أكسيد الكبريت** SO_3، باستخدام أكسيد الفاناديوم عاملًا حفازًا (V_2O_5) إلى ثالث أكسيد الكبريت.

٣. يتم إذابة ثالث أكسيد الكبريت في حمض كبريتيك مركز حيث يذوب في الماء الموجود به .....

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$
$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

(ii) **خواص حمض الكبريتيك المركز:**

- **حمض غير متطاير:** يمكن لحمض الكبريتيك المركز أن يحل محل حمض متطاير من أحد أملاحه.

مثال: $NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$

ملح حمض غير متطاير — حمض غير متطاير — ملح حمض متطاير

- **مادة شديدة الاسترطاب:** يمتص حمض الكبريتيك المركز بخار الماء؛ ولذلك يُستخدم في تجفيف بعض الغازات التي لا تتفاعل معه.
- **عامل نازع للماء:** ينزع حمض الكبريتيك المركز عنصري الهيدروجين والأكسجين من بعض المركبات العضوية بنسبة وجودهما في الماء.

مثال: ينتزع الماء من حمض $HCOOH_2$ الفورميك عند التسخين، فيتكون أول أكسيد الكربون (CO)

- **حمض الكبريتيك المركز الساخن عامل مؤكسد قوي:** يتفاعل حمض الكبريتيك المركز الساخن مع بعض الفلزات، مثل النحاس والفضة.

مثال: $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

(iii) **خواص حمض الكبريتيك المخفف:**

- **حمض قوي.**
- يتفاعل مع الفلزات التي تسبق الهيدروجين في سلسلة النشاط الكيميائي، مثل الزنك والحديد، مطلقًا غاز الهيدروجين.

مثال: $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

مثال:

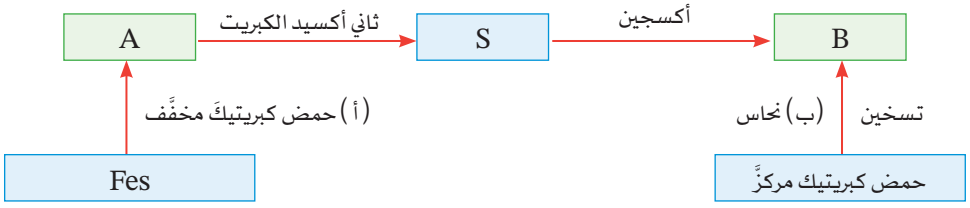
أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) أجب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بتحضير الأكسجين:

(i) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين باستخدام أكسيد المنجنيز (IV) عاملًا حفازًا.

(ii) حدّد أنسب طريقة لجمع غاز الأكسجين.

(ب) يوضح المخطط التالي عددًا من التحولات المتعلقة بالكبريت ومركباته.



أجب عن الأسئلة الآتية:

١. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل النحاس مع حمض الكبريتيك المركز الساخن في الخطوة (ب)

٢. حدّد الخاصية المستخدمة من خواص حمض الكبريتيك في كل تحول من (أ) و (ب)

(أ) عدم التطاير. (ب) نزع الماء.

(جـ) الحامضة القوية. (د) القدرة التأكسدية.

٣. عند تحول (1.0 kg) من الكبريت تماما إلى حمض كبريتيك تركيزه (98%)، أحسب كتلة حمض الكبريتيك الناتج. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين) (H=1.0, O=16, S=32)

الشرح

(أ) (i) $2H_2O_2 \xrightarrow{MnO2} 2H_2O + O_2$

(ii) الأكسجين شحيح الذوبان في الماء. حيث تُجمع الغازات قليلة الذوبان في الماء بواسطة طريقة ازاحة الماء لاعلى.

الأجابة: يجمع أعلى الماء.

(ب) (i) أولًا، تتكون المادة B من تفاعل الكبريت مع الأكسجين، ولذلك لا بد أن يُكون ثاني أكسيد الكبريت، لذلك، فإن التغير في (B) هو التفاعل الذي يتفاعل فيه حمض الكبريتيك (H_2SO_4) مع النحاس لانتاج ثاني أكسيد الكبريت (SO_2).

والمعادلة الكيميائية هي $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

(ii) عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى كبريتيد الحديد الثنائي (FeS)، يتولد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) هذا تفاعل يتحرر فيه الحمض الضعيف H_2S نتيجة تفاعل الحمض القوي (H_2SO_4) مع ملح الحمض الضعيف(FeS).

لذلك الاجابة هي (C)

(iii) توضح المعادلات التفاعلات اللازمة لإنتاج حمض الكبريتيك من الكبريت هي كما يلي:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

عدد مولات الكبريت في $\frac{1000}{32}$ mol (g 32)، ولذلك فإن عدد مولات الحمض الناتج هو $\frac{1000}{32}$ mol

لنفترض أن كتلة حمض الكبريتيك المركز بنسبة 98% H_2SO_4 تساوي x [g]، وبما أن الكتلة المولية لـ H_2SO_4 تساوي 98g:

$$\frac{1000}{32}\ \text{mol} = \frac{x\ [\text{g}] \times 0.98}{98\ \text{g/mol}}$$

$$x = 3.12 \times 10^3 \approx 3.1 \times 10^3 \text{g}$$

نشاط تفسير البيانات التجريبية:

المادة	الملاحظة
الأكسجين	يساعد على الاحتراق
الأوزون	يزيل ألوان بعض الأصباغ
حمض الكبريتيك المركز	يحول السكر إلى مادة سوداء
حمض الكبريتيك المخفف	يطلق الهيدروجين عند تفاعله مع الزنك

فكّر كعالم كيمياء

١. أي المواد تعمل أساسًا عاملًا نازعًا للماء؟ .....

٢. أي المواد الواردة في الجدول تعمل كعامل مؤكسد قوي؟ .....

٣. ما الملاحظات التي تدعم إجابتك؟ .....

٤. ما الخاصية الكيميائية التي تفسر كل ملاحظة وكل استخدام؟ .....

الكيمياء من أجل الاستدامة

تعتمد تقنيات كثيرة تسهم في تحسين حياة الإنسان على كيمياء الأكسجين والكبريت، ومنها:

- الأسمدة التي تساعد على زيادة إنتاج المحاصيل.
- البطاريات المستخدمة في تخزين الطاقة.
- تقنيات إزالة ثاني أكسيد الكبريت من انبعاثات المصانع.

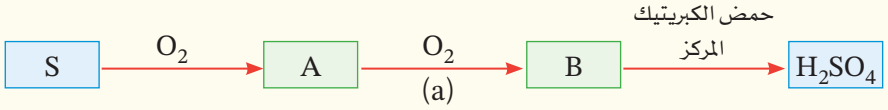
حاول بنفسك:

١. حدد المصطلحين المناسبين لـ (i) و(ii) في المقطع التالي:

عندما يتعرض الأكسجين لتفريغ كهربي ، يتولد (i). ولتوليد (i)، هناك طريقة أخرى تتمثل في تعريض الأكسجين لـ (ii). ويتميز (i) بآثار التبييض والتعقيم.

.....

٢. يمثل المخطط مراحل تحويل الكبريت إلى حمض الكبريتيك:



(i) اكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB

.....

(ii) اكتب اسم العامل الحفاز المستخدم في أكسدة A إلى B

.....

(iii) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في تصنيع حمض الكبريتيك.

.....

(iv) احسب كتلة محلول حمض الكبريتيك تركيزه (98%) التي يمكن إنتاجها من (9.6 kg) من الكبريت ، بافتراض التحول التام. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين)

.....

٣. صل كل تفاعل بالخاصية التي يوضحها:

(أ) تصاعد الهيدروجين عند إضافة الزنك إلى الحمض المخفف.
(ب) تصاعد كلوريد الهيدروجين عند تسخين كلوريد الصوديوم مع الحمض المركز.
(جـ) تجفيف ثاني أكسيد الكربون الرطب بتمريره في الحمض المركز.
(د) تصاعد أول أكسيد الكربون عند تسخين حمض الفورميك مع الحمض المركز.

(أ) عدم التطاير. (ب) قوة التأكسد. (جـ) نزع الماء. (د) الحامضية القوية.
(هـ) مادة ماصة للرطوبة.

فكر بشكل نقدي:

تفرض إحدى الشركات: أنه «يجب أن يحل الأوزون محل الكلور تمامًا في جميع نظم معالجة المياه؛ لأنه عامل مؤكسد أقوى.»

قيّم هذا الفرض:

١. ما الأدلة العلمية التي يمكن أن تدعمه؟

.....

٢. ما القيود العملية والاقتصادية والصحية التي يجب مراعاتها؟

.....

٣. هل يكون الأوزون دائمًا الخيار الأفضل؟

.....

ادعم إجابتك بالأدلة:

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا يُعد الأوزون أكثر فاعلية من الأكسجين في التطهير؟

(أ) لأن كتلته الجزيئية أقل.

(ب) لأنه عامل مؤكسد أقوى.

(جـ) لأنه أقل نشاطًا كيميائيًّا.

(د) لأنه لا يتفاعل مع المواد الأخرى.

٢. أي من خواص حمض الكبريتيك المركز تمكّنه من تجفيف بعض الغازات؟

(أ) الحموضة القوية.

(ب) ماص للرطوبة.

(جـ) عدم التطاير.

(د) قوة تأكسده ضعيفة.

3. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب المعادلة الموزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين باستخدام أكسيد المنجنيز(IV).

(ب) حدّد دور أكسيد المنجنيز(IV) في التفاعل.

(جـ) اذكر أنسب طريقة لجمع الأكسجين.

(د) ما المادة الناتجة عند تعريض الأكسجين لتفريغ كهربي؟

الإجابة: .....

٤. أقرأ القطعة التالية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

يحضر حمض الكبريتيك المركز صناعيا عن طريق أكسدة الكبريت مكونًا ثاني أكسيد الكبريت، الذي يُؤكسد في وجود كمية قليلة من أكسيد الفاناديوم (V)، ثم يتفاعل الناتج ( ) مع الماء

(أ) حدد المادة ما بين الأقواس ( ).

(ب) اذكر اسم العملية الصناعية التي تحتها خط.

(جـ) احسب كتلة محلول حمض الكبريتيك تركيزه 98٪ (التي يمكن إنتاجها من (4.8 kg) من الكبريت ، بافتراض التحول التام. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين).

(H = 1.0, O = 16, S = 32)

٥. صل كل تفاعل بالخاصية التي يوضحها:

(أ) تسخين كلوريد الصوديوم مع حمض الكبريتيك المركز وتصاعد كلوريد الهيدروجين.

(ب) إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى السكروز وتحوله إلى مادة سوداء.

(جـ) إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك وتصاعد الهيدروجين.

(د) تسخين النحاس مع حمض الكبريتيك المركز وتصاعد ثاني أكسيد الكبريت.

(أ) عدم التطاير. (ب) قوة التأكسد. (جـ) نزع الماء. (د) الحامضية القوية.

٣-٤ — النيتروجين والفوسفور ومركباتهما

مقدمة

يعتمد مليارات البشر على محاصيل زُرعت باستخدام أسمدة تحتوي على النيتروجين والفوسفور. ومن دون هذه المركبات، قد لا تنمو كثير من النباتات بالمعدل الكافي لتوفير الغذاء لسكان العالم.

ووراء كل عبوة من الأسمدة إنجاز كيميائي مهم؛ فقد تمكّن العلماء من تحويل غاز النيتروجين الموجود في الهواء إلى مركبات يمكن للنبات الاستفادة منها.

سوف تكتشف في هذا الدرس كيف يحوّل الكيميائيون نيتروجين الهواء إلى أمونيا وحمض نيتريك، ولماذا يُعد الفوسفور ضروريًا لنمو النبات، وكيف أسهمت هذه الصناعات في تطوير الزراعة والمجتمع.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحوّل الكيميائيون الموارد الطبيعية الوفيرة إلى مركبات تدعم الحياة والزراعة والصناعة؟

الاستكشاف

يضيف أحد المزارعين الأسمدة إلى التربة، فتزداد خضرة النباتات ويتحسن نموها.

ومع أن النيتروجين يمثل نحو (78%) من حجم الهواء الجوي، فإن معظم النباتات لا تستطيع الاستفادة منه مباشرة في صورته الجزيئية.

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

١. ما العلاقة التي تلاحظها بين النيتروجين ونمو النبات؟ .....

٢. لماذا يحتاج المزارعون إلى الأسمدة النيتروجينية على الرغم من وفرة النيتروجين في الغلاف الجوي؟

.....

٣. كيف يمكن تحويل غاز النيتروجين إلى صورة يستطيع النبات الاستفادة منها؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- يوجد غاز النيتروجين بوفرة في الغلاف الجوي، لكنه قليل النشاط الكيميائي في الظروف المعتادة.
- تُعد الأمونيا مادة أولية لإنتاج كثير من الأسمدة والمركبات النيتروجينية.
- يمكن استخدام الأمونيا في صناعة حمض النيتريك.
- توجد للفوسفور صور تآصلية تختلف في خواصها الفيزيائية والكيميائية.

المفاهيم الأساسية:

- تثبيت النيتروجين – العامل الحفاز – عملية هابر–بوش – عملية أستفالد – الأمونيا – حمض النيتريك – الأسمدة – التآصل – التطهير

تعلم

١. النيتروجين (N_2):

(أ) مركبات النيتروجين:

(i) الأمونيا (غاز النشادر) NH_3:

- غاز عديم اللون، له رائحة نفاذة أقل كثافة من الهواء، شديد الذوبان في الماء.
- يكون محلولًا قاعديًا عند ذوبانه في الماء.

(ii) حمض النيتريك HNO_3:

- حمض النيتريك المركز والمخفف كلاهما عامل مؤكسد قوي ويذيب بعض الفلزات مثل النحاس والفضة.
- لأنه يتحلل جزئيًا عند تعرضه للضوء أو الحرارة؛ لذلك يُحفظ في زجاجات داكنة اللون، في مكان بارد بعيدًا عن الضوء.

(iii) أكسيد النيتريك (أول أكسيد النيتروجين) NO:

ينتج من تفاعل حمض النيتريك المخفف مع فلز النحاس

$$3Cu + 8HNO_{3(dil.)} \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

(iv) ثاني أكسيد النيتروجين NO_2:

ينتج من تفاعل حمض النيتريك المركز مع فلز النحاس

$$Cu + 4HNO_{3(conc.)} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$

(ب) الطرق الصناعية لتحضير مركبات النيتروجين:

(i) عملية هابر–بوش: طريقة لتصنيع الأمونيا (النشادر):

تُنتَج من النيتروجين والهيدروجين **باستخدام (أكسيد الحديد (II,III)** رابع أكسيد ثلاثي الحديد Fe_3O_4) وغيرها كعامل حفاز.

$$N_2 + 3H_2 \overset{Fe_3O_4}{\rightleftharpoons} 2NH_3$$

(ii) عملية أستفالد: طريقة لتصنيع حمض النيتريك:

❶ أكسدة الأمونيا **باستخدام البلاتين Pt** وغيرها كعامل حفاز لإنتاج أكسيد النيتريك.

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{Pt} 4NO + 6H_2O$$

❷ أكسدة أكسيد النيتريك لتكوين ثاني أكسيد النيتروجين.

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

❸ امتصاص ثاني أكسيد النيتروجين في الماء الدافئ لتكوين حمض النيتريك.

$$3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$$

التعبير عن التفاعل الكلي من ❶ إلى ❸ بمعادلة كيميائية

$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

فكّر كمهندس:

أراد العلماء إنتاج الأمونيا بكميات كبيرة وبكفاءة اقتصادية، فلم يكتفوا بخلط النيتروجين بالهيدروجين، بل صمموا ظروفًا صناعية تحقق توازنًا بين سرعة التفاعل وكمية الأمونيا الناتجة.

١. لماذا يُستخدم الضغط المرتفع ودرجة الحرارة المناسبة والعامل الحفاز معًا في عملية هابر–بوش؟

.....

٢. كيف يمكن أن يؤثر تغيير أحد هذه العوامل في معدل إنتاج الأمونيا ومردود التفاعل؟

.....

٢. الفوسفور ومركباته:

(أ) الصور التآصلية للفوسفور:

للفوسفور عدة صور تآصلية، من أشهرها الفوسفور الأبيض والفوسفور الأحمر.

(i) الفوسفور الأبيض:

- مادة صلبة شمعية، لونها أصفر باهت، شديدة السمية.
- نظرا لأنه يشتعل تلقائيًا عند تعرضه للهواء في درجة حرارة مناسبة. تُحفظ مغمورة في الماء.

(ب) مركبات الفوسفور:

(i) عاشر أكسيد رباعي الفوسفور (P_4O_{10}) :

- مسحوق **أبيض** يُنتج عن طريق حرق الفوسفور الأبيض أو الأحمر.
- **متميع** بدرجة كبيرة (يمتص الرطوبة من الهواء ويذوب).

(ii) حمض الفوسفوريك (H_3PO_4):

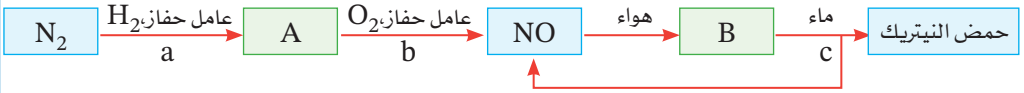
- بلورات عديمة اللون تُنتج عن طريق إذابة عاشر أكسيد رباعي الفوسفور في الماء مع التسخين.
- تُستخدم أملاحه في الأسمدة.

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) يوضح المخطط مراحل صناعة حمض النيتريك:



(i) أكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB.

(ii) اكتب اسم العامل الحفاز المستخدم في كل من الخطوتين a وb.

(iii) اكتب المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين للمرحلتين b وc.

(ب) أي العبارات الآتية عن الفوسفور غير صحيحة؟

(i) ينتمي الفوسفور والنيتروجين إلى المجموعة نفسها.

(ii) أكسيد الفوسفور(V) مادة صلبة بيضاء في درجة حرارة الغرفة.

(iii) يحترق الفوسفور في الهواء مكوّنًا أكسيد الفوسفور(V).

(iv) يشتعل الفوسفور الأحمر تلقائيًا في الهواء في الظروف المعتادة.

الشرح

(أ) (i) A: عندما يتفاعل النيتروجين والهيدروجين، تُنتج الأمونيا NH_3

$$N_2 + 3H_2 \overset{Fe_3O_4}{\rightleftharpoons} 2NH_3$$

B : يتأكسد أكسيد النيتريك بسرعة في الهواء ليصبح ثاني أكسيد النيتروجين NO_2

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

(ii) a: أكسيد الحديد (II,III) ، b : بلاتين

(iii) b: معادلة أكسدة الأمونيا: $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

C : معادلة امتصاص ثاني أكسيد النيتروجين: $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$

(ب) العبارة غير الصحيحة في السؤال الثاني هي (د)؛ لأن الفوسفور الأبيض هو الذي قد يشتعل تلقائيًا في الهواء، أما الفوسفور الأحمر فأكثر استقرارًا.

نشاط: تحليل الإنتاج الصناعي:

ادرس الجدول:

المركب	الاستخدام الرئيس
الأمونيا (NH_3)	صناعة الأسمدة.
حمض النيتريك (HNO_3)	الأسمدة والمتفجرات.
حمض الفوسفوريك (H_3PO_4)	صناعة الأسمدة الفوسفاتية.
أكسيد الفوسفور (V) (P_4O_{10})	عامل نازع للماء ومجفف قوي.

فكّر كعالم كيمياء

١. أي المركبات يُنتج مباشرة من غاز النيتروجين؟ .....

٢. أي المركبات يُنتج صناعيًا من الأمونيا؟ .....

٣. أي المركبات يسهم مباشرة في مجال الزراعة؟ .....

٤. لماذا تُعد العوامل الحفازة ضرورية في هذه العمليات الصناعية؟ .....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا تُعد الأمونيا من أهم المواد الكيميائية الصناعية؟

(أ) لأنها المصدر الرئيس للنيتروجين في صناعة كثير من الأسمدة.

(ب) لأنها أقوى الأحماض.

(جـ) لأنها تتفاعل مع جميع الفلزات.

(د) لأنها المكوّن الرئيس للهواء.

٢. ما العامل الحفاز المستخدم في عملية هابر-بوش؟

(أ) البلاتين.

(ب) أكسيد الحديد (III,II) Fe_3O_4.

(جـ) أكسيد المنجنيز (IV).

(د) أكسيد الفاناديوم (V).

٣. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لإنتاج الأمونيا صناعيًّا.

(ب) اكتب المعادلات الموزونة للمراحل الثلاث لإنتاج حمض النيتريك من الأمونيا.

(جـ) اذكر العامل الحفاز المستخدم في المرحلة التي تحتاج إلى حفاز.

(د) اكتب المعادلة الكلية الموزونة لعملية إنتاج حمض النيتريك في (ب)

(هـ) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في إنتاج الأمونيا في (أ)

(و) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في إنتاج حمض النيتريك (ب)

٤. حدّد صحة العبارات الآتية:

(أ) يشتعل الفوسفور الأبيض تلقائيًّا عند تعرضه للهواء في الظروف المناسبة.

(ب) أكسيد الفوسفور (V) مركب أيوني شديد الاسترطاب.

(جـ) ينتج أكسيد الفوسفور (V) عند احتراق الفوسفور الأحمر في كمية كافية من الأكسجين.

(د) العبارة الثانية غير صحيحة لأن (P_4O_{10}) مركب تساهمي جزيئي، وليس بلورة أيونية.

التفكير النقدي:

تريد إحدى الدول زيادة إنتاج الغذاء باستخدام كميات أكبر كثيرًا من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية. ويحذر أحد العلماء من أن الإفراط في استخدامها قد يضر بالأنهار والبحيرات القريبة.

قيّم الموقف:

١. ما الفوائد المتوقعة من زيادة استخدام الأسمدة؟

.....

٢. ما المشكلات البيئية التي يمكن أن تنتج؟

.....

٣. كيف يمكن توظيف الكيمياء لتحقيق التوازن بين إنتاج الغذاء والاستدامة البيئية؟

.....

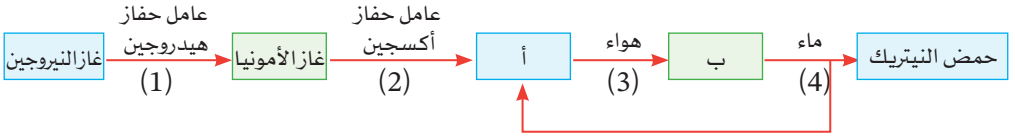
كن مواطنًا عالميًا

تساعد مركبات النيتروجين والفوسفور على زيادة إنتاج المحاصيل، لكن الإستخدام المفرط للأسمدة قد يؤدي إلى وصول كميات كبيرة من النترات والفوسفات إلى الأنهار والبحيرات.

وقد يسبب زيادة تركيز المغذيات الكيميائية؛ إلى نمو الطحالب بسرعة، ثم ينخفض تركيز الأكسجين الذائب عند تحللها، مما يهدد حياة الكائنات المائية لذلك يرتبط الأمن الغذائي بالاستخدام الرشيد للأسمدة، وتحليل التربة، وتحديد احتياجات المحاصيل بدقة، ومنع تسرب المغذيات إلى مصادر المياه

تدرب:

١. يوضح المخطط خطوات إنتاج الأمونيا وحمض النيتريك:



(أ) اكتب اسم العامل الحفاز وصيغته أو تركيبه المستخدم في كل من المرحلتين (1) و(2).

(ب) اكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB .

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة للمراحل الأربع .

(د) اكتب اسم العملية الصناعية للمرحلة (1)، واسم العملية الصناعية للمراحل (2) و (4)

٢. اختر العبارتين الصحيحتين:

(أ) الفوسفور الأبيض شديد السمية وقد يشتعل تلقائيًا؛ لذلك يُحفظ مغمورًا في الماء.

(ب) ينتج الفوسفور الأبيض عند احتراق الفوسفور الأحمر.

(جـ) أكسيد الفوسفور (V) بلورة أيونية شديدة الاسترطاب.

(د) تُستخدم بعض أملاح حمض الفوسفوريك في صناعة الأسمدة.

تحدَّ تفكيرك:

«من دون عملية هابر-بوش، قد يتعذر إنتاج نسبة كبيرة من الغذاء الذي يعتمد عليه سكان العالم».

قيّم العبارة:

١. ما الأدلة العلمية التي تدعمها؟

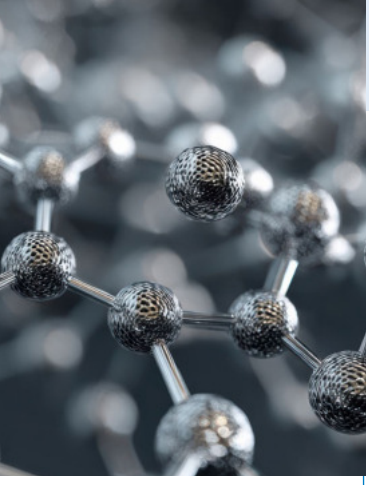
.....

٢. ما التحديات البيئية والاقتصادية الناتجة عن الاعتماد الكبير على الأسمدة الصناعية؟

.....

٣. كيف يمكن أن تجعل التقنيات الكيميائية المستقبلية إنتاج الأسمدة أكثر استدامة؟

.....



٣-٥ — الكربون والسيليكون ومركباتهما

مقدمة

تؤثر مركبات الكربون في حياتنا اليومية بطرائق قد لا ننتبه إليها. فثاني أكسيد الكربون ضروري لعملية البناء الضوئي، كما يوجد في المشروبات الغازية. أما أول أكسيد الكربون، فهو غاز سام لا لون له ولا رائحة، وقد ينتج عن استخدام مدفأة غير سليمة أو احتراق الوقود في مكان سيئ التهوية.

وفي الوقت نفسه، تدخل مركبات السيليكون في صناعة الهواتف الذكية، وشرائح الحاسوب، والزجاج، ومواد البناء، وكذلك العبوات الصغيرة المكتوب عليها «غير صالح للأكل» والموجودة داخل بعض صناديق الأحذية والأجهزة الإلكترونية.

وعلى الرغم من وقوع الكربون والسيليكون في المجموعة نفسها من الجدول الدوري، فإن مركباتهما تختلف في خواصها واستخداماتها. ويساعد فهم هذه الاختلافات العلماء على تصميم مواد أكثر أمانًا، وحماية صحة الإنسان، وتطوير التقنيات الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدد خواص مركبات الكربون والسيليكون استخداماتها في الحياة اليومية وتأثيراتها في صحة الإنسان والبيئة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- تفتح أسرة النوافذ عند استخدام مدفأة تعمل بالغاز.
- ينمو النبات مستفيدًا من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء.
- توضع عبوات صغيرة من السيليكا جل داخل صناديق بعض المنتجات للمحافظة عليها جافة.

أجب قبل دراسة الدرس:

الملاحظة: ما العلاقة التي تجمع بين هذه المواقف؟

.....

الاستنتاج: لماذا يكون أحد مركبات الكربون ضروريًّا للحياة، بينما يكون مركب آخر شديد السمية؟

.....

التنبؤ: لماذا يضع المصنعون عبوات السيليكا جل داخل أغلفة كثير من المنتجات؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- أول أكسيد الكربون غاز شديد السمية.
- ثاني أكسيد الكربون ضروري للبناء الضوئي ودورة الكربون.
- السيليكون من أكثر العناصر انتشارًا في القشرة الأرضية.

المفاهيم الأساسية:

- الاحتراق غير الكامل
- العامل المختزل
- أول أكسيد الكربون
- ثاني أكسيد الكربون
- السيليكا جل
- أشباه الموصلات
- الامتزاز
- التجفيف.

تعلم

١. الكربون (C):

(أ) الصور التآصلية للكربون

يوجد الكربون في عدة صور تآصلية، من أشهرها:

- الماس.
- الجرافيت.
- الفوليرينات.

(ب) مركبات الكربون:

(i) أول أكسيد الكربون (CO):

- **غاز** عديم اللون والرائحة.
- شديد **السمية**.
- **شحيح** الذوبان في الماء.
- يشتعل في الهواء بلهب أزرق باهت، مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون:
- يعمل عاملًا مختزلًا عند درجات الحرارة المرتفعة؛ إذ ينتزع الأكسجين من أكاسيد بعض الفلزات، ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون.

مثال: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$

- يمكن تحضيره في المعمل بنزع الماء من **حمض الفورميك**، باستخدام حمض الكبريتيك المركز:

$$HCOOH \xrightarrow{(H_2SO_4(conc.)\ ,\ \Delta)} CO\uparrow + H_2O$$

(ii) ثاني أكسيد الكربون (CO_2):

- غاز عديم اللون والرائحة.
- **يذوب بدرجة محدودة في الماء**، يكون محلولًا ضعيف الحموضة؛ نتيجة تكوّن حمض الكربونيك
- يُحضّر ثاني أكسيد الكربون بإضافة **حمض الهيدروكلوريك** المخفف إلى كربونات الكالسيوم، وهي المكوّن الرئيس للحجر الجيري:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

- عند تمرير غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير الرائق (هيدروكسيد الكالسيوم)، **يتكون راسب أبيض من كربونات الكالسيوم**، فيتعكر ماء الجير.
- ثاني أكسيد الكربون الصلب يسمى **الثلج الجاف**.

فكر بشكل نقدي:

ركّبت أسرة جهازًا للكشف عن أول أكسيد الكربون في منزلها، لكنها ترى أنه لا حاجة إلى فتح النوافذ عند استخدام مدفأة تعمل بالفحم داخل المنزل.

قيّم الموقف:

١. هل تفكير الأسرة صحيح علميًّا؟ .....

٢. لماذا يمكن أن يتراكم أول أكسيد الكربون داخل المنزل؟ .....

٣. ما الأدلة التي تدعم ضرورة الجمع بين التهوية الجيدة واستخدام جهاز الكشف؟

.....

٢. السيليكون ومركباته:

(أ) السيليكون (Si):

- مادة صلبة ذات بناء تساهمي شبكي يشبه بناء الماس.
- لا يوجد حرًّا في الطبيعة.
- يُحضّر باختزال ثاني أكسيد السيليكون بالكربون في فرن كهربائي:

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO\uparrow$$

- يُعد من أشباه الموصلات .....

كون موصليته الكهربائية متوسطة بين «الموصلات» مثل الفلزات و«العوازل» مثل المطاط.

(ب) مركبات السيليكون:

(i) ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)

- يوجد في الطبيعة في صور متعددة، مثل الكوارتز والبلور الصخري والرمال.
- عازل جيد للكهرباء.

(ii) سيليكات الصوديوم (Na_2SiO_3)

- تُحضّر سيليكات الصوديوم بتفاعل ثاني أكسيد السيليكون مع هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم عند التسخين.
- عند إذابتها في الماء يتكون محلول لزج يعرف باسم الزجاج المائي أو محلول سيليكات الصوديوم.

(iii) السيليكا جيل

- السيليكا جل مادة صلبة مسامية، تحتوي على عدد كبير من المسام الدقيقة؛ ولذلك تمتلك مساحة سطح كبيرة. وتُستخدم كمادة مجففة و مادة ممتزة.
- عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى محلول سيليكات الصوديوم، يتكون حمض السيليك H_2SiO_3 في صورة هلام وعند تجفيف الهلام ومعالجته، تتكون السيليكا جل المسامية.

تطبيقات حياتية:

خطورة أول أكسيد الكربون

يصعب اكتشاف أول أكسيد الكربون عند تسربه؛ لأنه غاز عديم اللون والرائحة.

ينقل الهيموجلوبين الموجود في خلايا الدم الحمراء الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم. لكن أول أكسيد الكربون يرتبط بالهيموجلوبين بقوة تزيد كثيرًا على قوة ارتباط الأكسجين به، فتتكون مادة كربوكسي هيموجلوبين.

ولأن أول أكسيد الكربون قد ينتج عن الاحتراق غير الكامل في الأماكن سيئة التهوية، فيجب:

- توفير تهوية مناسبة عند استخدام أجهزة احتراق الوقود.
- صيانة المدافئ والسخانات بانتظام.
- عدم استخدام الفحم أو مصادر اللهب في الأماكن المغلقة.
- تركيب أجهزة الكشف عن أول أكسيد الكربون في الأماكن المعرضة للخطر.

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة لـ A إلى C في المقطع التالي:

يُتولَّد غاز ثاني أكسيد الكربون عادةً في المختبر بإضافة (A) إلى الحجر الجيري. من ناحية أخرى، يُنتج غاز أول أكسيد الكربون عادةً في المعمل بإضافة حمض الكبريتيك المركز إلى (B) مع التسخين. وعند إمرار غاز ثاني أكسيد الكربون في (C)، فإنه يتحول إلى لون أبيض.

(ب) في التفاعل الذي تحته خط في (أ)، ما دور حمض الكبريتيك المركز؟ اشرح باختصار بالإشارة إلى الخاصية المميزة لحمض الكبريتيك المركز.

(جـ) أي من العبارات التالية غير صحيحة؟

١. يتم الحصول على عنصر السيليكون عن طريق اختزال ثاني أكسيد السيليكون.

٢. يُستخدم جل السيليكا (هلام السيليكا) كمجفف ومادة ممتزة.

٣. عند إضافة الماء إلى سيليكات الصوديوم والتسخين، يتكون محلول سيليكات الصوديوم.

٤. يظهر ثاني أكسيد السيليكون خصائص شبه موصل.

الشرح

(أ) **A**: حمض الهيدروكلوريك المخفف.

B: حمض الفورميك.

C: محلول هيدروكسيد الكالسيوم، أو ماء الجير الرائق.

(ب) يعمل حمض الكبريتيك المركز عاملًا نازعًا للماء.

(جـ) العبارة (٤) غير صحيحة: لأن السيليكون العنصري شبه موصل، أما ثاني أكسيد السيليكون فعازل للكهرباء.

نشاط: تحليل الخواص

المادة	الخاصية أو الملاحظة
أول أكسيد الكربون	غاز سام عديم اللون والرائحة
ثاني أكسيد الكربون	يعكر ماء الجير
السيليكا جل	تمتز بخار الماء
السيليكون	شبه موصل

فكّر كعالم كيمياء:

١. ما المادة المستخدمة للكشف عن ثاني أكسيد الكربون؟

.....

٢. ما المادة التي تُستخدم لإزالة الرطوبة من الهواء؟

.....

٣. أي المركبات يمثل الخطر الصحي الأكبر عند تسربه داخل مكان مغلق؟

.....

٤. ما الأدلة التي تدعم إجاباتك؟

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا توضع السيليكا جل داخل عبوات بعض المنتجات؟

(أ) لإضافة رائحة إلى المنتج.

(ب) لامتزاز الرطوبة.

(جـ) لتبريد المنتج.

(د) لإنتاج الأكسجين.

٢. ما الكاشف المستخدم عادةً للتعرف على غاز ثاني أكسيد الكربون؟

(أ) حمض الهيدروكلوريك.

(ب) ماء الجير الرائق.

(جـ) هيدروكسيد الصوديوم.

(د) نترات الفضة.

٣. حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة للفراغات في المقطع التالي:

أول أكسيد الكربون (i) الذوبان في الماء، وهو غاز عديم اللون، عديم الرائحة، (ii)غاز. يتمتع أول أكسيد الكربون عند درجات الحرارة العالية بخاصية (iii) قوية ويؤدي إلى (iii) لأكاسيد الفلزات. يُحضر أول أكسيد الكربون بإضافة (iv) إلى (v) مع التسخين. ثاني أكسيد الكربون شحيح الذوبان في الماء ويتأين ليصبح (vi) لذلك، يكون المحلول المائي (vii) ضعيف. يُستخدم هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ للكشف عن ثاني أكسيد الكربون. وعند وضعه في ماء الجير، ينتج كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، مما يجعل ماء الجير(viii)

٤. صحّح العبارات غير الصحيحة:

(i) ينتشر السيليكون في القشرة الأرضية، ويوجد طبيعيًّا بكميات كبيرة في صورة عنصر حر.

(ii) يمتلك السيليكون العنصري بناءً بلوريًّا مماثلًا لبناء الجرافيت.

(iii)تتكون السيليكا جل المسامية عند معالجة هلام حمض السيليك وتجفيفه.

تدرب:

١. حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة للفراغات في المقطع التالي:

تشمل أكاسيد الكربون أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون. وينتج أول أكسيد الكربون عن الاحتراق غير التام للوقود، كما يمكن تحضيره بإضافة حمض الكبريتيك المركز إلى (i) ثم التسخين.

وأول أكسيد الكربون غاز شديد السمية و(ii) الذوبان في الماء، وله قدرة اختزالية عند درجات الحرارة المرتفعة.

أما ثاني أكسيد الكربون، فيُحضّر بإضافة (iii) إلى كربونات الكالسيوم. وعند تمريره في ماء الجير يتحول المحلول إلى اللون (iv) نتيجة تكوّن راسب أبيض. ويسمى ثاني أكسيد الكربون الصلب (v)، ويتحول مباشرة من الحالة الصلبة إلى الغازية .

٢. لكل من العبارات الآتية، حدد ما إذا كان الجزء الذي تحته خط صحيحاً أم خاطئاً. وإذا كان خاطئاً، فاقترح المصطلح الصحيح:

(i) عندما يُسخَّن حمض السيليك ويُجفَّف، نحصل على جل السيليكا

(ii) عندما يُضاف حمض الهيدروكلوريك إلى محلول سيليكات الصوديوم، ينتج حمض السيليك

(iii)عندما يُصهر ثنائي أكسيد السيليكون وكلوريد الصوديوم، تنتج سيليكات الصوديوم.

الربط بالاستدامة

تُجسّد عملية سولفاي عدة مبادئ للكيمياء المستدامة

- ✓ إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون
- ✓ إعادة توليد الأمونيا وإعادة استخدامها
- ✓ تقليل استهلاك المواد الخام
- ✓ تقليل النفايات الصناعية
- ✓ تقليل النفايات الصناعية المنبعثة

فكّر كمهندس:

تصمم عبوة لأجهزة إلكترونية ستُنقل إلى دولة ذات مناخ شديد الرطوبة.

١. ما المادة التي تضعها داخل العبوة لحماية الأجهزة؟

٢. ما الخاصية التي تجعلها مناسبة لهذا الاستخدام؟

٣. كيف يمكن تصميم العبوة بحيث تظل المادة فعالة أطول مدة ممكنة؟

ادعم قرارك بأدلة علمية.

.....

٣-٦ — الفلزات القلوية ومركباتها

مقدمة

عند إعداد المخبوزات، تتكون أثناء التسخين فقاعات صغيرة تجعل العجين ينتفخ ويصبح هشًّا. ويرجع ذلك إلى وجود كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم، الذي يطلق غاز ثاني أكسيد الكربون عند تحلله بالحرارة.

وفي المصانع، تُنتج كميات كبيرة من مركبات الصوديوم التي تدخل في صناعة الزجاج والمنظفات والأدوية معالجة وتطهير الماء. ولتقليل استهلاك المواد الخام والنفايات، يصمم الكيميائيون العمليات الصناعية بحيث تسمح باسترجاع بعض المواد وإعادة استخدامها.

سوف تستكشف في هذا الدرس سبب شدة نشاط الفلزات القلوية، وكيف يتحول الصوديوم إلى مركبات آمنة ومفيدة، وكيف تُصنع كربونات الصوديوم بطريقة أكثر كفاءة واستدامة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يتحول الصوديوم، وهو فلز شديد النشاط، إلى مركبات متعددة تدعم حياتنا اليومية وتدخل في صناعات مهمة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- ينتفخ العجين أثناء الخَبز.
- تتصاعد فقاعات من بعض الأقراص الفوارة عند وضعها في الماء.
- يبدو ملح الطعام آمنًا، بينما يتفاعل فلز الصوديوم بعنف مع الماء.

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا يكون فلز الصوديوم خطرًا، بينما يكون كلوريد الصوديوم آمنًا عند تناوله بالكميات المناسبة؟

.....

٢. لماذا تنتج صودا الخبز فقاعات أثناء الخبز؟

.....

٣. لماذا يُسترجع ثاني أكسيد الكربون ويُعاد استخدامه في صناعة كربونات الصوديوم؟

.....

تعلم

١. الفلزات القلوية:

(أ) تقع الفلزات القلوية في المجموعة الأولى من الجدول الدوري، باستثناء الهيدروجين، وتشمل: الليثيوم (Li)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الروبيديوم (Rb)، السيزيوم (Cs)، الفرنسيوم (Fr)

(ب) خواص الفلزات القلوية

١. فلزات لينة ذات بريق فضي عند قطعها حديثًا، كثافتها منخفضة نسبيًّا.

٢. درجات انصهارها منخفضة

٣. تُستخلص عادةً بالتحليل الكهربائي لمصهور أملاحها.

٤. تعطي عناصرها أو مركباتها ألوانًا مميزة عند اختبار اللهب.

٥. تتفاعل مع الماء، وينتج عن التفاعل محلول هيدروكسيد الفلز وغاز الهيدروجين.

٦. تُحفظ عينات الصوديوم والبوتاسيوم تحت سطح الكيروسين؛ لعزلها عن أكسجين الهواء ورطوبته.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تفقد الفلزات القلوية إلكترون التكافؤ الوحيد بسهولة؛ لذلك تتميز بنشاط كيميائي مرتفع.
- تكوّن الفلزات القلوية أيونات موجبة أحادية الشحنة.
- يكون الصوديوم عددًا كبيرًا من المركبات التي تختلف خواصها عن خواص العنصر.
- تعتمد طريقة سولفاي على استرجاع الأمونيا وثاني أكسيد الكربون وإعادة استخدامهما.

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات القلوية
- النشاط الكيميائي
- إلكترون التكافؤ
- التحليل الكهربائي للمصهور
- هيدروكسيد الصوديوم
- كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم
- كربونات الصوديوم
- التحلل الحراري
- طريقة سولفاي
- إعادة التدوير الصناعي.

الكيمياء في الحياة اليومية:

المنتج أو الاستخدام	التعبير	التعبير
صودا الخَبز وبعض مساحيق الخَبز	كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم	إطلاق غاز (CO_2) والمساعدة في انتفاخ العجين
صناعة الصابون	هيدروكسيد الصوديوم	التفاعل مع الدهون لتكوين أملاح الأحماض الدهنية
منظفات الغسيل ومعالجة الماء العسر	كربونات الصوديوم	تقليل تأثير أيونات العسر والمساعدة في التنظيف
بعض مضادات الحموضة	كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم	معادلة جزء من حمض المعدة

٢. مركبات الصوديوم Na:

(أ) هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

- يتكون هيدروكسيد الصوديوم عند تفاعل الصوديوم مع الماء:

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$$

- مادة صلبة بيضاء.
- شديدة الذوبان في الماء. محلوله المائي قلوي قوي.
- مادة متميعة؛ تمتص بخار الماء من الهواء وتذوب فيه تدريجيًّا.
- مادة كاوية؛ لذا يجب التعامل معها بحذر.

(ب) هيدروجين كربونات الصوديوم ($NaHCO_3$)

- مسحوق أبيض.
- يسمى شائعًا بيكربونات الصوديوم أو صودا الخَبز.
- ضعيف الذوبان نسبيًّا في الماء و محلوله المائي قاعدي ضعيف.
- يدخل في صناعة مساحيق الخَبز وبعض الأقراص الفوارة ومضادات الحموضة.

(جـ) كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)

- مادة صلبة بيضاء.
- تذوب في الماء و محلولها المائي قاعدي.
- تدخل في صناعة الزجاج والمنظفات ومعالجة عسر الماء.
- تُنتج صناعيًّا بطريقة سولفاي.

طريقة سولفاي

تُستخدم طريقة سولفاي لإنتاج كربونات الصوديوم صناعيًّا من كلوريد الصوديوم والحجر الجيري، مع استخدام الأمونيا وإعادة تدويرها.

❶ عندما تُذوّب الأمونيا في محلول مائي مشبع من كلوريد الصوديوم ويُمرر ثاني أكسيد الكربون عبره، يترسب بيكربونات الصوديوم

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$

❷ عند تحلل الراسب حراريًا، يتم الحصول على كربونات الصوديوم

$$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

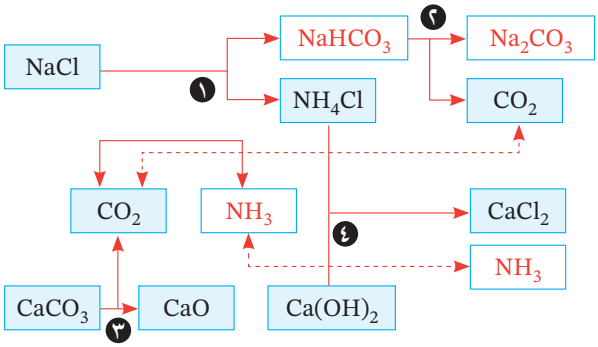
الكيمياء والاستدامة

تُظهر عملية سولفاي عدة مبادئ للكيمياء المستدامة.

- يتم إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون.
- يتم تجديد الأمونيا وإعادة استخدامها.
- يتم تقليل استهلاك المواد الخام.
- يتم تقليل كمية النفايات الصناعية المنبعثة.

❸ يُعاد استخدام ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التفاعل ❷ في التفاعل ❶. علاوة على ذلك، يتم تحلل الحجر الجيري $CaCO_3$ للحصول على ثاني أكسيد الكربون

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$



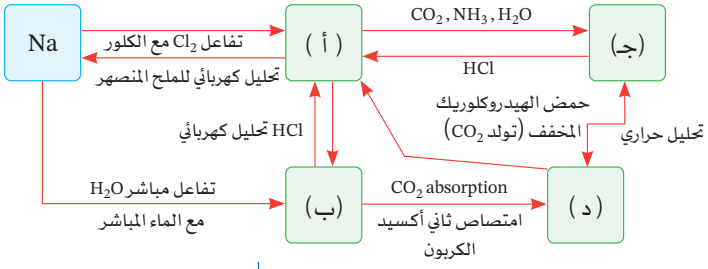
❹ يتم تجديد الأمونيا عن طريق تفاعل كلوريد الأمونيوم (المنتج في الخطوة ❶) مع هيدروكسيد الكالسيوم. ويُحصل على هيدروكسيد الكالسيوم عن طريق تفاعل أكسيد الكالسيوم (من الخطوة ❸) مع الماء. ثم تُعاد استخدام الأمونيا المُجددة في الخطوة ❶.

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

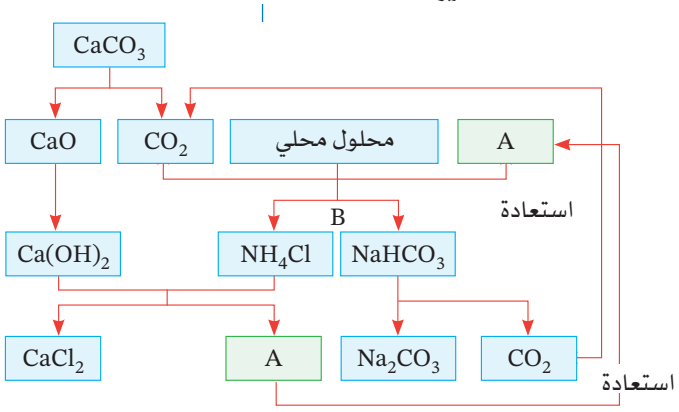
أجب عن الأسئلة الآتية:



(أ) يوضح الشكل المقابل:

العلاقة بين الصوديوم ومركباته.

اكتب الصيغ الكيميائية للمواد من (أ) إلى (د)



(ب) يوضح الشكل المقابل:

عملية تصنيع كربونات الصوديوم.

ومع ذلك، تم حذف الماء من الشكل.

أجب عن الأسئلة التالية:

(i) ما اسم عملية التصنيع هذه؟

(ii) حدد الصيغة الكيميائية للمادة A

(iii) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الذي يحدث في الخطوة B.

الشرح

(أ) اذكر مركب الصوديوم (Na) الناتج في كل تفاعل:

(i) يتفاعل الصوديوم مع الكلور وفقًا للمعادلة الآتية :

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

الإجابة: NaCl

(ii) يتفاعل الصوديوم مع الماء وفقًا للمعادلة الآتية :

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

الإجابة: NaOH

(iii) يتفاعل كلوريد الصوديوم مع الماء، والأمونيا، وثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة الآتية:

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

الناتج: $(NaHCO_3)$

(iv) تخضع كربونات الصوديوم الهيدروجينية للتحلل الحراري وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

الناتج: (Na_2CO_3)

(ب) (i) عملية سولفاي

(ii) كما هو موضح في أسفل الشكل، يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع كلوريد الأمونيوم وفقًا للمعادلة الآتية:

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O + 2NH_3$$

يتكون الأمونيا (NH_3)

(iii) $NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات:

يريد مهندس كيميائي زيادة استدامة أحد مصانع كربونات الصوديوم.

المشكلة

كيف يمكن تقليل النفايات مع المحافظة على معدل الإنتاج؟

خطط للاستقصاء

١. ما المواد التي يمكن استرجاعها وإعادة استخدامها؟ .....

٢. ما المتغير المستقل؟ .....

٣. ما المتغير التابع؟ .....

٤. ما المتغيرات التي يجب ضبطها لضمان عدالة المقارنة؟ .....

نشاط تفسير البيانات: تحليل البيانات التجريبية

التفاعل الأول	كمية (CO_2) المستخدمة (kg)	كمية ثاني أكسيد الكربون المعاد تدويرها (kg)
التفاعل الأول	100	–
التحلل الحراري لهيدروجين كربونات الصوديوم	–	42
التسخين الحراري للحجر الجيري	–	51

فكّر كعالم كيمياء:

١. لماذا يعاد تدوير ثاني أكسيد الكربون بدلًا من التخلص منه؟ .....

٢. أي تفاعل يمد العملية بكمية إضافية من ثاني أكسيد الكربون؟ .....

٣. كيف تؤدي إعادة التدوير إلى تحسين الكفاءة الصناعية؟ .....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. أي من العبارات التالية المتعلقة بالفلزات القلوية صحيحة؟

(أ) تعطي مركبات بعض الفلزات القلوية ألوانًا مميزة في اختبار اللهب.

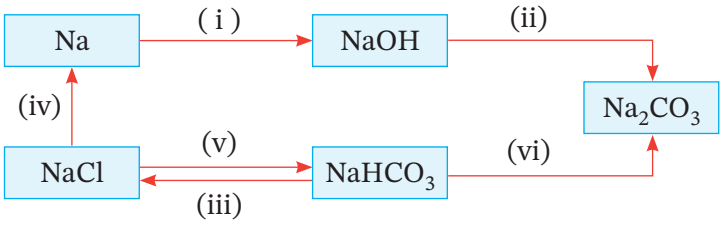
(ب) تتميز الفلزات القلوية عمومًا بارتفاع درجات انصهارها وانخفاض كثافتها.

(جـ) لا تتفاعل الفلزات القلوية مع الماء البارد، لكنها تتفاعل مع الماء الساخن.

(د) يُحفظ الصوديوم تحت سطح الكيروسين لعزله عن الهواء والرطوبة.

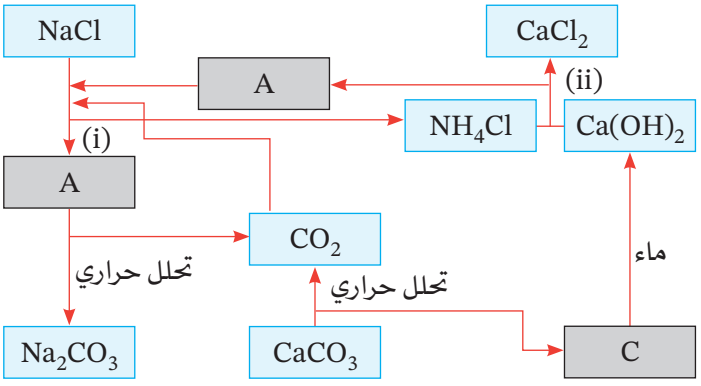
(هـ) هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم مادتان صلبتان بيضاوان.

٢. يوضح الشكل التالي المركبات التي تم الحصول عليها من الصوديوم. اختر العمليات المناسبة للأرقام من (i) إلى (vi) من **A** إلى **F** أدناه.



A. امتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2)
B. إضافة حمض الهيدروكلوريك (HCl)
C. تسخين المادة الصلبة
D. التحليل الكهربائي للملح المنصهر
E. إضافة (NH_3 , H_2O , CO_2)
F. إضافة الماء

٣. يتم تصنيع كربونات الصوديوم صناعيًّا كما هو موضح في الشكل التالي.



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اذكر العملية الصناعية المستخدمة في تصنيع كربونات الصوديوم.

.....

(ب) اكتب الصيغ الكيميائية للمواد (A) و(B) و(C) في الشكل.

.....

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية لـ (i) و(ii) في الشكل.

.....

التحديات الكبرى:

تخطط إحدى الشركات لإنشاء مصنع جديد لإنتاج كربونات الصوديوم، واقترح تصميمان:

المصنع (أ)

يطلق ثاني أكسيد الكربون الناتج في الغلاف الجوي، ولا يسترجع الأمونيا.

المصنع (ب)

يسترجع ثاني أكسيد الكربون والأمونيا ويعيد استخدامهما في العملية.

قيّم التصميمين:

١. أي المصنعين أكثر استدامة؟ .....

٢. أيهما ينتج كمية أقل من النفايات والانبعاثات؟ .....

استخدم الأدلة العلمية لتبرير استنتاجك. .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا يُحفظ فلز الصوديوم تحت سطح الكيروسين؟

(أ) لرفع درجة انصهاره.
(ب) لمنع تفاعله مع أكسجين الهواء ورطوبته.
(جـ) لزيادة توصيله للكهرباء.
(د) لتقليل كثافته.

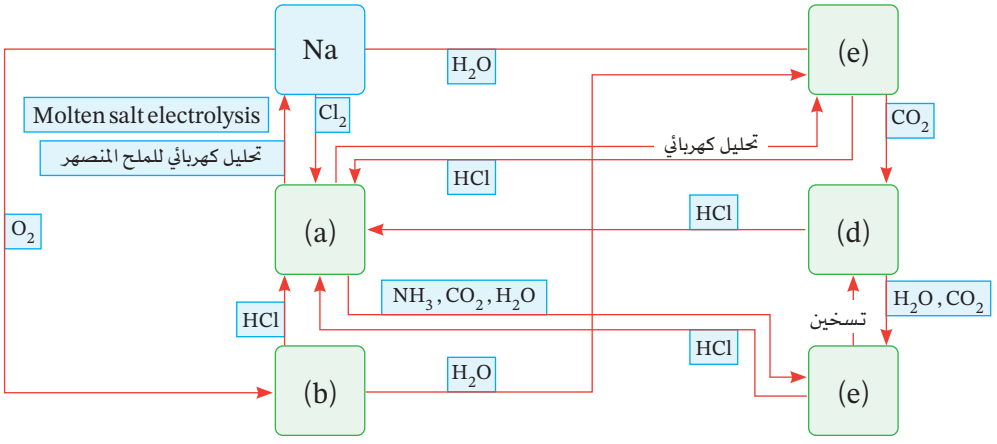
٢. أي المواد الآتية يعاد تدويرها في طريقة سولفاي؟

(أ) الأمونيا فقط.
(ب) ثاني أكسيد الكربون فقط.
(جـ) الأمونيا وثاني أكسيد الكربون.
(د) كلوريد الكالسيوم والهيدروجين.

٣. أي من العبارات التالية المتعلقة بالفلزات القلوية صحيحة؟

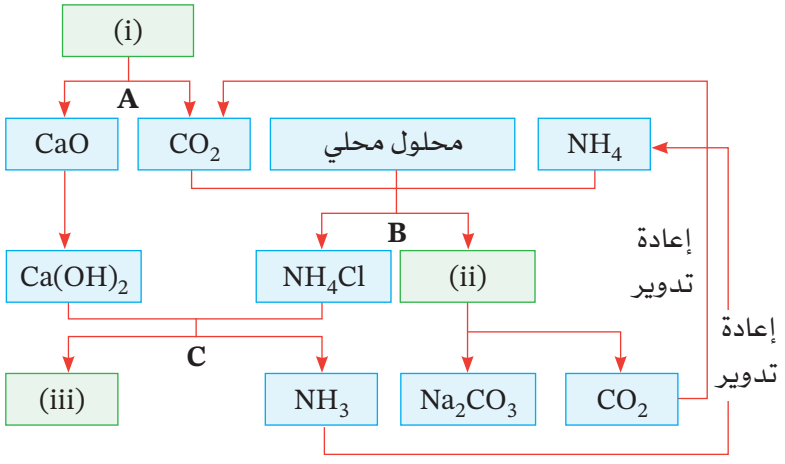
(أ) تتميز معظم الفلزات القلوية بارتفاع درجات انصهارها وكثافتها.
(ب) تُحفظ الفلزات القلوية تحت الماء لمنع تفاعلها مع الأكسجين.
(جـ) هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية ومادة متميعة.
(د) يسمى هيدروجين كربونات الصوديوم صودا الخَبز، ويُستخدم في بعض المخبوزات.

٤. يوضح الشكل المقابل العلاقة بين الصوديوم ومركباته. حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (a) إلى (e)



٥. يوضح الشكل التالي مسار عملية تصنيع كربونات الصوديوم. في ضوء الشكل التالي.

أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) ما اسم هذه العملية الصناعية؟

(ب) حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (i) إلى (iii).

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعلات التي تحدث في الخطوات (A) و(B) و(C).

٧-٣ — الفلزات القلوية الأرضية ومركباتها

مقدمة

تأمل كهفًا جيريًّا تتدلى من سقفه الهوابط وترتفع من أرضيته الصواعد، وقد استغرق تكوّنها آلاف السنين. ثم تخيل عمالًا في موقع بناء يضيفون الماء إلى الجير الحي لإعداد بعض مواد البناء.

تبدو الحالتان مختلفتين، لكنهما ترتبطان بكيمياء مركبات الكالسيوم.

فمن الكهوف والأصداف إلى الأسمنت ومياه الشرب والزراعة وحماية البيئة، تؤدي مركبات الكالسيوم أدوارًا مهمة في الطبيعة والمجتمع.

سوف تكتشف كيف تؤدي تفاعلات كيميائية بسيطة إلى تكوين مناظر طبيعية مميزة، وتدعم صناعات وتقنيات متعددة في حياتنا اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف تفسر كيمياء الكالسيوم تكوّن الكهوف الجيرية، وإنتاج بعض المواد المستخدمة في البناء؟

الاستكشاف

الأدوات والمواد

- محلول هيدروكسيد الكالسيوم الرائق (ماء الجير)
- مصدر آمن لغاز ثاني أكسيد الكربون.
- أنبوبتا اختبار.
- ساعة إيقاف.

خطوات العمل

١. ضع حجمًان متساويًان من ماء الجير في أنبوبتي الاختبار.

٢. مرّر الهواء الجوي في الأنبوبة الأولى مدة 30 ثانية.

٣. مرّر هواء غني بثاني أكسيد الكربون (ناتج من الزفير) في الأنبوبة الثانية بنفس السرعة.

٤. استمر في تمرير الغاز في الأنبوبة الثانية مدة إضافية.

٥. قارن مظهر المحلولين.

ما ملاحظتك؟

.....

ما استنتاجك؟

.....

تعلم

١. الفلزات القلوية الأرضية

(أ) تقع الفلزات القلوية الأرضية في المجموعة الثانية من الجدول الدوري، وتشمل:

(Be)، (Mg)، (Ca)، (Sr) السترونشيوم، (Ba) الباريوم، (Ra) الراديوم

(ب) خواص الفلزات القلوية الأرضية:

(i) فلزات ذات بريق فضي.

(ii) روابطها الفلزية أقوى عمومًا من روابط الفلزات القلوية الواقعة في نفس الدورة ولذلك فهي أكثر صلابة وأعلى في درجة الانصهار وأعلى كثافة.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- ينتمي الماغنيسيوم والكالسيوم إلى المجموعة الثانية من الجدول الدوري.
- تكوّن فلزات المجموعة الثانية غالبًا أيونات موجبة ثنائية الشحنة.
- تتحول مركبات الكالسيوم في الطبيعة بين صور صلبة وأخرى ذائبة.

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات القلوية الأرضية
- الأيونات ثنائية الشحنة
- دورة الكالسيوم
- ماء الجير
- الجير الحي
- الجير المطفأ
- الكربونات
- هيدروجين الكربونات
- الذوبانية
- الماء العسر

(iii) خواص الماغنسيوم (Mg):

- لا يتفاعل بسهولة مع الماء البارد؛ **يتفاعل ببطء مع الماء** الساخن مكونًا هيدروكسيد الماغنيسيوم **(قلوي ضعيف)**.
- كربونات الماغنيسيوم **شحيحة الذوبان في الماء**. وتذوب في حمض الهيدروكلوريك:

$$MgCO_3 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O + CO_2$$

- لا يعطي الماغنيسيوم لونًا مميزًا يمكن الاعتماد عليه في اختبار اللهب المعتاد.

(iv) خواص الكالسيوم (Ca):

- يتفاعل مع الماء في درجة حرارة الغرفة مكونًا هيدروكسيد الكالسيوم (قلوي قوي) وغاز الهيدروجين:

$$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

- تعطي مركبات الكالسيوم لونًا أحمر قرميديًا (أحمر طوبي) في اختبار اللهب.

٢. مركبات الكالسيوم:

(أ) أكسيد الكالسيوم (CaO):

أكسيد الكالسيوم: $2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$

- مادة صلبة **بيضاء**، يسمى الجير الحي.
- يُنتج صناعيًا بالتسخين الشديد للحجر الجيري ($CaCO_3$)

(ب) هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$:

- مسحوق **أبيض**، يسمى الجير المطفأ.
- يتكون عند إضافة الماء إلى أكسيد الكالسيوم: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- **شحيح الذوبان في الماء**، محلوله المائي المشبع **قاعدي**.
- يسمى **محلوله الرائق المشبع ماء الجير**. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

(جـ) كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$):

- يتواجد بكثرة في الطبيعة باعتباره المكون الرئيسي للحجر الجيري والرخام والأصداف البحرية، .....إلخ.
- يتكون على شكل راسب أبيض عند إمرار ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير الرائق لفترة قصيرة، مسببا تعكر ماء الجير عند استمرار تمرير ثاني أكسيد الكربون، يتفاعل مع كربونات الكالسيوم والماء **مكونًا هيدروجين كربونات الكالسيوم الذائبة** $Ca(HCO_3)_2$، ولذلك يختفي الراسب ويصبح المحلول رائقًا مرة أخرى.
- في الطبيعة، تعمل المياه التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون على إذابة $CaCO_3$ — مثل الحجر الجيري — مما يؤدي أحيانًا إلى تكوين كهوف الحجر الجيري.

– وعلى العكس من ذلك، عندما ينطلق ثاني أكسيد الكربون من محلول مائي يحتوي على $Ca(HCO_3)_2$، يترسب $CaCO_3$. ومن خلال تكرار هذه العملية، تتشكل الهوابط والركائز في كهوف الحجر الجيري.

(د) كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$):

توجد في الطبيعة في عدة صور، منها كبريتات **الكالسيوم ثنائية الماء** $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ وتسمى الجبس.

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ ماء الجير والحجر الجيري هما المادة نفسها.

التصحيح:

✓ ماء الجير الرائق هو محلول هيدروكسيد الكالسيوم. الحجر الجيري هو كربونات الكالسيوم الصلبة.

الكيمياء من أجل الاستدامة

تسهم مركبات لكالسيوم في التنمية المستدامة من خلال:
– معالجة مياه الشرب.
– معادلة التربة الحمضية.
– دعم مواد البناء الصديقة للبيئة.

(هـ) مسحوق التبييض $CaCl(OCl)\cdot H_2O$:

- يتم الحصول عليه عن طريق تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم الصلب $(Ca(OH)_2)$ مع غاز الكلور (Cl_2).
- يعمل كعامل مؤكسد.

تطبيقات حياتية:

المركب	بعض الاستخدامات
أكسيد الكالسيوم	صناعة الأسمنت ومعالجة بعض المواد.
هيدروكسيد الكالسيوم	معالجة المياه ومعادلة التربة الحمضية.
كربونات الكالسيوم	أحجار البناء والطباشير ومعجون الأسنان.
الجبس	الجبائر الطبية وألواح البناء.
مسحوق التبييض	التطهير والتبييض

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

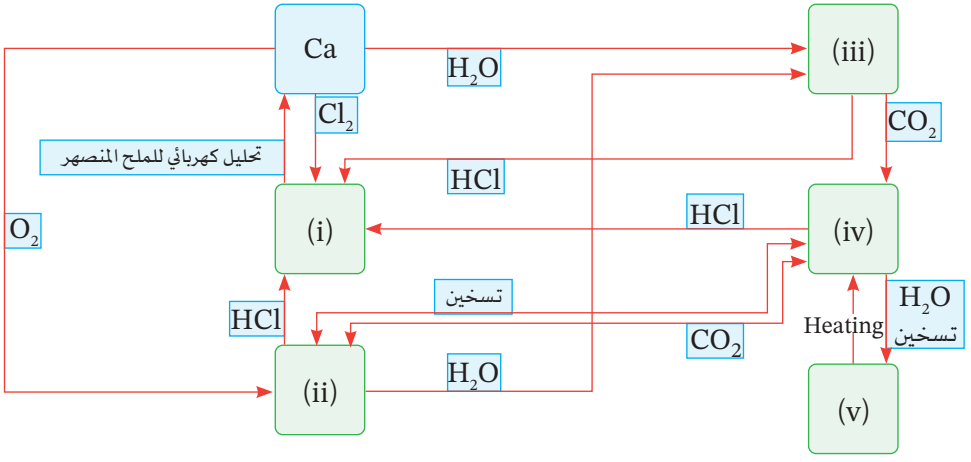
(أ) بالنسبة لكل خاصية من الخصائص التالية، حدد ما إذا كانت تنطبق على الكالسيوم فقط (A)، أو على الماغنيسيوم فقط (B)، أو على كليهما (C).

(i) المحلول المائي لهيدروكسيد هذا العنصر قاعدي قوي.

(ii) كربونات هذا العنصر تذوب في حمض الهيدروكلوريك.

(iii) يتحول الي كاتيونات ثنائية التكافؤ بسهولة.

(ب) حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (i) إلى (v) الموضحة في الشكل التالي:



الشرح

(أ) (i) يتفاعل الماغنيسيوم مع الماء الساخن لتكوين هيدروكسيد قاعدي ضعيف. (A)

(ii) يتفاعل كل من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وكربونات الماغنيسيوم $MgCO_3$ مع الأحماض القوية مثل حمض الهيدروكلوريك، حيث يذوبان وينتجان ثاني أكسيد الكربون. (C)

(iii) يُعد كل من الكالسيوم والماغنيسيوم من الفلزات القلوية الأرضية. وتقع الفلزات القلوية الأرضية في المجموعة 2 من الجدول الدوري، ولها إلكترونان تكافؤ، وتكون بسهولة كاتيونات ثنائية التكافؤ.

(ب) حدد مركب الكالسيوم Ca الناتج في كل تفاعل.

(i) يتفاعل الكالسيوم مع الكلور وفقًا للمعادلة التالية:

$$Ca + Cl_2 \rightarrow CaCl_2$$

الإجابة: $CaCl_2$

(ii) يتفاعل الكالسيوم مع الأكسجين وفقًا للمعادلة التالية:

$$2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$$

الإجابة: CaO

(iii) يتفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء وفقًا للمعادلة التالية:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

الإجابة: $Ca(OH)_2$

(iv) يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة التالية:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

الإجابة: $CaCO_3$

(v) يتفاعل كربونات الكالسيوم مع الماء وثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة التالية:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

الإجابة: $Ca(HCO_3)_2$

نشاط: تفسير النتائج التجريبية:

الإجراء	الملاحظة
إمرار كمية مناسبة من (CO_2) في ماء الجير	يتكون راسب أبيض
أستمرار إمرار (CO_2)	يختفي الراسب ويصبح المحلول رائقًا

فكّر كعالم كيمياء

١. لماذا ظهر الراسب الأبيض أولًا؟

.....

٢. لماذا اختفى عند استمرار تمرير الغاز؟

.....

٣. ما المركب الذائب الذي تكوّن؟

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. ما المركب الذي يسمى الجير الحي؟

(أ) $CaCO_3$ (ب) CaO

(جـ) $Ca(OH)_2$ (د) $Ca(HCO_3)_2$

٢. ما المركب الذي يسبب تعكر ماء الجير؟

(أ) $Ca(HCO_3)_2$ (ب) $CaCO_3$

(جـ) $Ca(OH)_2$ (د) $CaCl_2$

٣. أي العبارات الآتية تنطبق على الماغنيسيوم ولا تنطبق على الكالسيوم؟

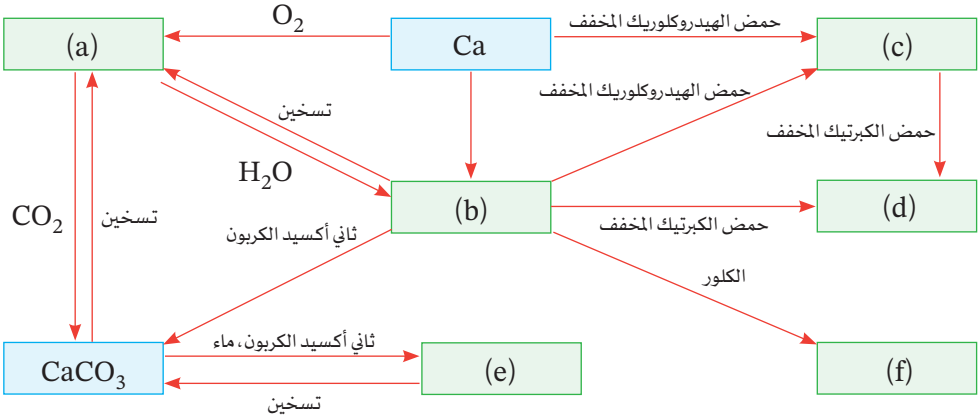
(أ) كربوناته شديدة الذوبان في الماء.

(ب) لا تعطي مركباته لونًا مميزًا في اختبار اللهب المعتاد.

(جـ) يتفاعل بسهولة مع الماء البارد.

(د) هيدروكسيده شديد الذوبان في الماء

٤. يوضح المخطط التالي عنصر الكالسيوم ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والأسماء الكيميائية للمركبات من (a) إلى (f).

(ب) أي اثنين من العبارات التالية (1 إلى 6) المتعلقة بالمركبات من (a) إلى (f) غير صحيحتين؟

(i) المركب (a) هو مادة صلبة بيضاء تُسمى الجير الحي.

(ii) يُسمى المركب (b) الجير المطفأ، ومحلوله المائي قاعدي ضعيف.

(iii) (C) هو الملح الناتج عن تعادل المحلول المائي لـ (b) مع حمض الهيدروكلوريك.

(iv) يوجد ثنائي هيدرات (d) في الطبيعة على شكل الجبس.

(v) يتكون محلول مائي لـ (e) أثناء عملية تكوين الكهوف الجيرية.

(vi) يعمل (f) كعامل مختزل.

التحدي الكبير:

تخطط مدينة لترميم أثر قديم مصنوع من الحجر الجيري، وقد تعرض للتلف نتيجة الأمطار الحمضية.

أجب بوصفك متخصصًا في كيمياء المواد:

١. اشرح سبب تضرر الحجر الجيري بفعل الأمطار الحمضية.

.....

٢. اقترح مركبًا من الكالسيوم يمكن أن يساعد في إصلاح أو حماية هذا النصب.

.....

٣. لماذا يُعد فهم كيمياء الكالسيوم مهمًا لحماية التراث الثقافي؟

.....

٤. ادعم إجاباتك بأدلة علمية.

.....

تدرب:

١. بالنسبة لكل خاصية من الخصائص التالية، حدد ما إذا كانت تنطبق فقط على الماغنيسيوم (A)، أو فقط على الكالسيوم (B)، أو على كليهما (C)

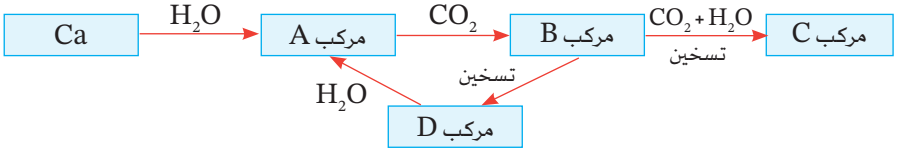
(أ) يشكل بسهولة كاتيونات ثنائية التكافؤ.

(ب) لا يتفاعل مع الماء في درجة حرارة الغرفة، لكنه يتفاعل مع الماء الساخن.

(جـ) كربونات هذا العنصر شحيحة الذوبان في الماء.

(د) يذوب هيدروكسيدها في الماء، ومحلولها المائي قاعدة قوية

٢. يوضح المخطط التالي عنصر الكالسيوم ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والأسماء الكيميائية للمركبات من «A» إلى «D»

(ب) أي من العبارات التالية (i) إلى (iv) المتعلقة بالمركبات من «A» إلى «D» غير صحيحة؟

(i) المركب «A» قليل الذوبان في الماء، ومحلوله المائي قاعدي ضعيف.

(ii) المركب «B» موجود على نطاق واسع في الطبيعة باعتباره المكون الرئيسي للحجر الجيري والرخام.

(iii) في كهف من الحجر الجيري، يترسب المركب (B) من المحلول المائي للمركب (C)، فتنمو التكوينات الجيرية.

(iv) يُسمى المركب (D) الجير الحي، ونظرًا لأنه يولد حرارة عند تفاعله مع الماء، فإنه يُستخدم كعامل تسخين.

٨-٣ – الفلزات الممثلة بخلاف المجموعتين ١ و ٢

مقدمة

نشرب المشروبات من عبوات الألومنيوم، ونستخدم الزنك لحماية الحديد من الصدأ، وتعتمد بطاريات السيارات التقليدية على الرصاص ومركباته.

وتتميز بعض هذه الفلزات بسلوك كيميائي غير مألوف؛ إذ تتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية معًا. كما تكوّن أيوناتها أنواعًا كيميائية تسمى الأيونات المعقدة، يستفاد منها في التحليل الكيميائي والصناعة ومعالجة المياه.

سوف تكتشف لماذا توصف بعض الفلزات بأنها مترددة أو أمفوتيرية، وكيف يستفيد الكيميائيون من تفاعلاتها في حل مشكلات واقعية.

سؤال توجيهي: لماذا تتفاعل بعض الفلزات ومركباتها مع الأحماض والقواعد القوية، بينما لا تسلك معظم الفلزات السلوك نفسه؟

الاستكشاف

أُضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم تدريجيًّا إلى محلول كلوريد الألومنيوم:

- تكوّن أولًا راسب أبيض جيلاتيني.
- وعند إضافة مزيد من هيدروكسيد الصوديوم، اختفى الراسب وأصبح المحلول رائقًا.

وتحدث ظاهرة مشابهة مع أيونات الزنك.

ناقش قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تكوّن الراسب في البداية؟ .....

٢. لماذا اختفى عند إضافة وفرة من هيدروكسيد الصوديوم؟ .....

٣. إلى أي نوع كيميائي تحول الراسب؟ .....

تعلم

١. الأيونات المعقدة (أيون متراكب):

أيون يتكون من جزيئات أو أنيونات ترتبط بروابط تناسقية مع أيون فلزي يُعبَّر عن الصيغة الكيميائية لهذا الأيون [ ]

مثال: أيون سداسي سيانيدوفيرات $[Fe(CN)_6]^{4-}$

← أيون مركب يتكون من أيون الحديد $Fe^{+2}(II)$ وأيونات السيانيد CN^-

المعقد (أيون متراكب) نوع كيميائي يتكون من أيون فلزي مركزي تحيط به جزيئات أو أيونات تسمى ليجندات، وترتبط به بروابط تناسقية.

تُكتب صيغة الأيون المعقد بين قوسين مربعين:

$$[M(L)_n]^q$$

مثال:

$$[Fe(CN)_6]^{4-}$$

ويسمى أيون ، ويتكون من أيون حديد (II) مركزي تحيط به ستة أيونات سيانيد.

يرد المثال هنا لشرح الصيغة والبناء فقط؛ فمركبات السيانيد قد تكون شديدة السمية، ولا تُستخدم في أنشطة طلابية مفتوحة.

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

يعتمد السلوك الكيميائي للفلزات على تركيبها الإلكتروني وقدرتها على تكوين روابط تناسقية ومتراكبات

المفاهيم الأساسية:

- الأيون المعقد
- الرابطة التناسقية
- الليجند
- الفلز المتردد
- الأكسيد المتردد
- الهيدروكسيد المتردد
- الترسيب
- الذوبان في وفرة من الكاشف.

التصورات الخطأ:

✗ مفهوم خاطئ:

الأيون المتراكب مجرد مخلوط من عدة أيونات.

✓ التصحيح:

الأيون المتراكب نوع كيميائي متميز، يتكون عندما ترتبط الليجندات بالأيون الفلزي المركزي بروابط تناسقية.

✗ مفهوم خاطئ:

يتصرف الألومنيوم مثل جميع الفلزات الأخرى.

✓ التصحيح:

الألومنيوم فلز متردد؛ إذ يتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية. كما أن أكسيده وهيدروكسيده المتردد.

١. الألومنيوم (Al):

(أ) عنصر الألومنيوم:

- ينتمي إلى المجموعة 13 من الجدول الدوري تحتوي ذرته على ثلاث إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.
- صناعيًا، يتم إنتاجه عن **طريق التحليل الكهربائي للملح المنصهر** من أكسيد الألومنيوم المنقي من **البوكسيت**.
- الألومنيوم فلز **متردد**؛ إذ يتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية مطلقًا الهيدروجين.

مثال: تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$$

تفاعله مع هيدروكسيد الصوديوم

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$$

ويتكون في المحلول أيون رباعي هيدروكسيدوألومينات $[Al(OH)_4]^-$:

ملاحظة: يُطلق على الفلز الذي يتفاعل مع كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم «فلز متردد».

(ب) مركبات الألومنيوم:

(i) أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3):

- مادة صلبة بيضاء، يتكون على سطح الألومنيوم عند تعرضه للأكسجين.
- أكسيد أمفوتيري؛ يذوب في الأحماض والقواعد القوية.

ملاحظة: يُطلق على أكسيد الفلز الذي يتفاعل مع كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم «أكسيد متردد».

(ii) هيدروكسيد الألومنيوم ($Al(OH)_3$):

- يتكون في صورة راسب أبيض جيلاتيني عند إضافة كمية مناسبة من قاعدة إلى محلول يحتوي على أيونات الألومنيوم Al^{+3}.
- هيدروكسيد أمفوتيري؛ إذ يذوب في الحمض وفي وفرة من القاعدة القوية.
- **مثال:** ذوبانه في الحمض

$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$$

- التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم

$$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$$

← عند إضافة كمية زائدة من المحلول المائي لهيدروكسيد الصوديوم، تتكون أيونات رباعي هيدروكسيد الألومينات $[Al(OH)_4]^-$.

ملاحظة: يُطلق على الهيدروكسيد القابل للذوبان في كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم الهيدروكسيد متردد.

٣. الزنك Zn:

(أ) تفاعلات الزنك:

الزنك فلز أمفوتيري

- يتفاعل مع محاليل الأحماض المخففة والقواعد القوية وينطلق **غاز الهيدروجين** .....
- يحترق في الأكسجين مكونًا **أكسيد الزنك** ZnO

(ب) تفاعلات أيون الزنك (Zn^{2+})

مع كمية قليلة من هيدروكسيد الصوديوم أو محلول الأمونيا يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد الزنك: $Zn(OH)_2$

مع وفرة من هيدروكسيد الصوديوم يذوب الراسب ويتكون أيون رباعي هيدروكسيدوزنكات II $[Zn(OH)_4]^{2-}$

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$$

مع وفرة من محلول الأمونيا يذوب الراسب ويتكون أيون رباعي أمين الزنك (II) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

$$Zn(OH)_2 + 4NH_3 \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$$

عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين خلاله. يتكون راسب أبيض من كبريتيد الزنك ZnS

٤. القصدير Sn والرصاص Pb

(أ) عنصري القصدير و الزنك:

- ينتميان إلى المجموعة 14 من الجدول الدوري وتحتوي ذرة كل منهما على أربعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.
- يتفاعل الفلزان في ظروف مناسبة مع الأحماض والقواعد القوية.

(ب) بعض مركبات القصدير والرصاص:

- كلوريد القصدير II ($SnCl_2$): عامل مختزل قوي.
- أكسيد الرصاص IV (PbO_2): عامل مؤكسد، ويشارك في تفاعلات القطب الموجب في بطارية الرصاص الحمضية أثناء التفريغ.
- تفاعل الرصاص بطيئًا أو محدودًا مع حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك المخفف؛ بسبب تكوّن طبقة شحيحة الذوبان على سطحه من كلوريد الرصاص II ($PbCl_2$) و كبريتات الرصاص II ($PbSO_4$) على الترتيب تعزل الطبقة المتكونة سطح الفلز جزئيًا عن الحمض.

(جـ) تفاعلات أيون الرصاص (II):

أيون الرصاص II (Pb^{2+}) تكون رواسب مع عدد من الأيونات السالبة ومن مركبات الرصاص القابلة للذوبان نسبيًا:

- نترات الرصاص (II) $Pb(NO_3)_2$
- خلات الرصاص (II) $Pb(CH_3COO)_2$

أما كلوريد الرصاص (II)، ($PbCl_2$) شحيح الذوبان في الماء البارد وتزداد ذوبانيته في الماء الساخن.

تفاعلات التسريب، وألوان أيونات الرصاص الثنائي (Pb^{2+})

+ Kl	+ K_2CrO_4	+ H_2SO_4	كمية قلقلة NaOH**	+ NH_3	+ H_2S	+ HCl	
PbI_2 (أصفر)	$PbCrO_4$ (أصفر)	$PbSo_4$ (أبيض)	$Pb(OH)_4$ (أبيض)	$Pb(OH)_4$ (أبيض)	PbS (أسود)	$PbCl_2$ (أبيض)	Pb^{2+} (محلول عديم اللون)

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

لماذا تُعتبر أواني الطهي المصنوعة من الألومنيوم آمنة؟

يتفاعل الألومنيوم بسهولة مع الأحماض والقلويات.

فلماذا لا يتلف إناء الطهي الخاص بك؟

لأن الألومنيوم يُشكّل فورًا طبقة رقيقة من أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) تحمي المعدن الموجود أسفلها.

تُعزى هذه الطبقة الواقية من الأكسيد إلى:

✓ مقاومة التآكل

✓ خفة وزن الطائرات

✓ علب الطعام

✓ الهواتف الذكية

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الأرقام أو الكلمات المناسبة للأقواس (A) و (F)، والصيغ الكيميائية للأقواس المربعة [B و C و D و E] في النص التالي.

الألومنيوم عنصر من العناصر الرئيسية ينتمي إلى المجموعة (A) في الجدول الدوري، ويتفاعل هذا العنصر مع حمض الهيدروكلوريك، مولِّداً الهيدروجين ومذاباً ليكون [B]. وعند إضافة محلول الأمونيا المائي إلى محلول [B]، يتكون راسب من [C]. وعند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى [C]، يذوب ليصبح [D]. كما أنه عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى [C]، يذوب ليصبح [E]. يُسمى الهيدروكسيد الذي يذوب في كل من الأحماض والقواعد القوية، مثل [C]، بـ (F).

(ب) حدد الصيغ الكيميائية لـ (A) و(B) و(C) في النص التالي.

يتفاعل الزنك العنصري Zn مع الأحماض والقواعد القوية على حد سواء لتكوين (A). وعند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الزنك Zn^{2+}، يتكون راسب أبيض من (B). علاوة على ذلك، عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون أيون مركب يمثله (C).

(جـ) حدد الأرقام أو المصطلحات المناسبة لـ (A) إلى (E) في النص التالي.

اذكر أسماء المواد المحددة لـ (د) و(هـ).

القصدير والرصاص عنصران ينتميان إلى المجموعة (أ) من الجدول الدوري، ولهما (ب) إلكترونات تكافؤ. تتفاعل العناصر (جـ) في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية، ولكن في حالة الرصاص، يصعب إذابته لأنه يشكل أملاحًا ضعيفة الذوبان

(د) حدد الأرقام أو المصطلحات المناسبة لـ (أ) إلى (هـ) في المقطع التالي.

اذكر أسماء مواد محددة لـ (D) و(E).

القصدير والرصاص عنصران ينتميان إلى المجموعة (A) من الجدول الدوري، ولهما (B) إلكترونات تكافؤ. تتفاعل العناصر (C) في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية، ولكن في حالة الرصاص، يصعب إذابته لأنه يشكل أملاحًا ضعيفة الذوبان من (D) في حمض الهيدروكلوريك و(E) في حمض الكبريتيك المخفف

الشرح

(أ) A: 13

B: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

الإجابة: كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$

C: عند إضافة الأمونيا إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الألومنيوم (مثل $AlCl_3$)، يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد الألومنيوم.

الإجابة: $Al(OH)_3$

D: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل هيدروكسيد الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2$$

الإجابة: $AlCl_3$ (Al^{3+})

E: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل هيدروكسيد الألومنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم.

الإجابة: $Na[Al(OH)_4]$ ($[Al(OH)_4]^-$)

F : هيدروكسيد أمفوتيري

(ب) C: $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ B: $Zn(OH)_2$ A: H_2

(جـ) A: 14 B: 4 C: تذوب D: كلوريد الرصاص II E: كبريتات الرصاص II

فكّر كعالم كيمياء:

يحتوي ماء صرف صناعي على أيونات الألومنيوم. أضاف الفني هيدروكسيد الصوديوم، فتكون راسب أبيض، لكنه أضاف كمية كبيرة منه دون قصد، فاختفى الراسب.

١. لماذا اختفى الراسب؟

.....

٢. ما الأيون المعقد الذي تكوّن؟

.....

٣. لماذا يجب ضبط كمية هيدروكسيد الصوديوم في معالجة المياه؟

.....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

عندما يخضع المركب النقي (A)، الذي يتم الحصول عليه عن طريق المعالجة الكيميائية لـ(B)، وهو خام للألومنيوم، بعملية التحليل الكهربائي للملح المنصهر، يتم الحصول على عنصر الألومنيوم. وعندما يتفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك، فإنه يذوب ويتصاعد (C) ويتكون محلولًا مائيًّا من (D) كذلك، عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم تدريجيًّا إلى محلول مائي يحتوي على Al^{3+}، يتكون أولًا راسب جيلاتيني أبيض من (E)، ولكن عند إضافة وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، يذوب هذا الراسب نتيجة لتكون (F)، مما ينتج عنه محلول مائي عديم اللون وشفاف.

(أ) حدد المصطلحات المناسبة لـ(A) إلى (D)، والصيغ الكيميائية لـ(E) و(F).

(ب) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الموضح في الجزء الذي تحته خط.

(ج) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين (E) وحمض الهيدروكلوريك.

(د) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين (E) وهيدروكسيد الصوديوم.

٢. حدد المصطلح المناسب لـ(A) والصيغ الكيميائية لـ[B] و[ج] في النص التالي.

عند إضافة كمية صغيرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الزنك Zn^{2+}، يتكون راسب من $Zn(OH)_2$ بلون (A)، ولكن عند إضافته بكمية زائدة، فإنه يذوب ويتكون الأيونالمتراكب [B]. كذلك، عند إضافة محلول مائي من الأمونيا إلى $Zn(OH)_2$، فإنه يذوب و يتكون الأيون المتراكب [C].

٣. حدد المصطلح المناسب لـ(A) والصيغ الكيميائية لـ[B] و[C] لإكمال النص التالي.

الرصاص فلز (A) يذوب في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية ولكن الفلز الصلب ضعيف الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف وحمض الهيدروكلوريك المخفف. ويرجع ذلك إلى أن المواد ضعيفة الذوبان المتمثلة في [B] في حمض الكبريتيك المخفف و[C] في حمض الهيدروكلوريك المخفف تتكون على سطح العنصر.

التحديات الكبرى:

المخلفات الإلكترونية على الألومنيوم والزنك والنحاس والذهب وفلزات أخرى.

صمم تصورًا كيميائيًّا أوليًّا لفصل الألومنيوم مستفيدًا من سلوكه الأمفوتيري.

فكر في:

١. ما الكاشف الذي يمكن استخدامه لإذابة الألومنيوم في صورة ألومينات؟

٢. لماذا قد يذوب الألومنيوم بينما تبقى بعض الفلزات الأخرى؟

٣. كيف يمكن استرجاع هيدروكسيد الألومنيوم من المحلول؟

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. عند معالجة هيدروكسيد الألومنيوم بوفرة من هيدروكسيد الصوديوم، أي الأيونات يتكون؟

(أ) Al^{3+} (ب) Al_2O_3 (جـ) $[Al(OH)_4]^-$ (د) $AlCl_3$

٢. يختفي الراسب الأبيض عند إضافة وفرة من الأمونيا إلى محلول يحتوي على أيونات الزنك. ما الأيون المعقد الناتج؟

(أ) $[Zn(OH)_4]^{2-}$ (ب) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ (جـ) $ZnCl_2$ (د) ZnO

٣. قرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة أدناه:

يُستخلص الألومنيوم عن طريق التحليل الكهربي (A) الأكسيد المستخلص من الخام (B)، وهو فلز (C) متردد يذوب في المحاليل المائية لكل من الأحماض والقواعد القوية، منتجاً غاز الهيدروجين. وعند إضافة كمية قليلة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الألومنيوم Al^{3+}، يتكون راسب أبيض (I)، ولكن عند إضافته بزيادة، يذوب هذا الراسب ويتكون محلولاً عديم اللون (II).

(أ) حدد المصطلحات المناسبة للفراغات من (A) إلى (C)

(ب) اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات التالية:

(i) تفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(ii) تفاعل الألومنيوم مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

(جـ) اكتب الصيغة الكيميائية للمادة الموجودة في الجزء الذي تحته خط (I)

(د) اكتب الصيغة الكيميائية للأنيون الموجود في محلول الجزء الذي تحته خط (II)

٤. حدد المصطلحات أو الأرقام المناسبة للفراغين (i) و (iii)، والصيغ الكيميائية للفراغات (ii) و (iv) و (v) لتكملة النص التالي:

يُعد الخارصين (الزنك) عنصراً ينتمي إلى المجموعة (i) في الجدول الدوري. وعند احتراق الخارصين في الهواء، ينتج (ii) ويُعد هذا العنصر فلزاً (iii) ، حيث يذوب في كل من حمض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي منتجاً غاز الهيدروجين. وعند إضافة محلول النشادر (الأمونيا) إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الخارصين، يتكون راسب أبيض من (iv) علاوة على ذلك، عند إضافة المزيد من محلول النشادر، يذوب الراسب ويتكون أيون متراكب (v)

٥. اختر العبارتين غير الصحيحتين:

(أ) يعمل كلوريد القصدير (II) عاملًا مختزلًا.

(ب) كبريتات الرصاص (II) شديدة الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف.

(جـ) يعمل أكسيد الرصاص (IV) عاملًا مؤكسدًا.

(د) القصدير والرصاص من العناصر الانتقالية.

٩-٣ – العناصر الانتقالية ومركباتها (١):
الحديد والنحاس والفضة

مقدمة

إذا تُركت دراجة في الهواء الرطب عدة أسابيع، يتحول سطح الحديد اللامع تدريجيًّا إلى طبقة بنية محمرة من الصدأ. وفي المختبر، يستطيع الكيميائي إضافة كواشف محددة إلى محلول مجهول، ثم الاستدلال من لون المحلول أو الراسب على الأيون الفلزي الموجود فيه.

وعلى الرغم من أن الحديد والنحاس والفضة فلزات، فإن لكل منها سلوكًا مختلفًا يرتبط بتركيبه الإلكتروني وحالات تأكسده وخواص مركباته.

سوف تستكشف كيف يستخدم الكيميائيون تغيرات اللون، وتفاعلات الترسيب، وتكوين الأيونات المعقدة للكشف عن بعض أيونات الفلزات، وكيف ترتبط هذه الفلزات بالهندسة والطب والتحليل البيئي.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تعطي أيونات العناصر الانتقالية المختلفة ألوانًا وتفاعلات مميزة؟

الاستكشاف

تأمل الملاحظات اليومية الآتية:

- يتكون على بوابة حديدية قديمة صدأ بني محمر.
- تتكون على بعض الأسطح النحاسية طبقة خضراء بمرور الزمن.
- تتحول بعض المشغولات الفضية تدريجيًّا إلى اللون الأسود.

ناقش قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تتغير ألوان الفلزات بطرائق مختلفة؟

.....

٢. لماذا لا تتآكل جميع الفلزات بالمعدل نفسه أو بالطريقة نفسها؟

.....

٣. كيف يستطيع الكيميائي الكشف عن أيونات هذه الفلزات في المحاليل؟

.....

تعلم

١. الحديد Fe:

(أ) أيونات الحديد: أيون الحديد II (Fe^{2+}) وأيون الحديد III (Fe^{3+})

– يتأكسد أيون الحديد II (Fe^{2+}) إلى أيون الحديد III (Fe^{3+})

(ب) تفاعلات أيونات الحديد في المحاليل المائية: تختلف التفاعلات بين (Fe^{2+}) و (Fe^{3+})

(إضافة محلول مائي وتغير اللون)

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تمتلك كثير من العناصر الانتقالية أكثر من حالة تأكسد.
- كثير من أيونات العناصر الانتقالية ومركباتها ملونة.
- تساعد ألوان الرواسب ومحاليل المتراكبات على الكشف النوعي عن الأيونات.
- قد يؤدي تغير حالة التأكسد أو الليجندات المحيطة بالأيون إلى تغيير اللون.

المفاهيم الأساسية:

- العناصر الانتقالية
- حالات التأكسد
- الأكسدة والاختزال
- الروابط التناسقية
- الأيونات المعقدة
- الترسيب
- التحليل النوعي

تفاعلات أيونات الحديد في المحاليل:

الكواشف المضافة	$NaOH, NH_3$	H_2S	$K_4[Fe(CN)_6]$	$K_3[Fe(CN)_6]$	(KSCN)
محلول مائي يحتوي على Fe^{2+}	راسب أبيض مخضر	راسب أسود	رأسب أبيض مزرق	رأسب أزرق داكن	لا يحدث تغيير
محلول مائي يحتوي على Fe^{3+}	راسب بني محمر	راسب أسود	رأسب أزرق داكن	محلول بني	محلول أحمر دموي

- عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو محلول مائي من الأمونيا NH_3 إلى محلول مائي يحتوي على Fe^{2+}، يتكون راسب من هيدروكسيد الحديد II $Fe(OH)_2$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow .$$

- عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو محلول مائي من الأمونيا NH_3 إلى محلول مائي يحتوي على Fe^{3+}، يتكون راسب من هيدروكسيد الحديد III

لا يمكن تمثيل هيدروكسيد الحديد (III) بصيغة كيميائية واحدة.

تنبأ:

بدون إجراء التجربة، تنبأ بما سيحدث. يضيف كيميائي محلول هيدروكسيد الصوديم بشكل منفصل إلى:

- محلول Fe^{2+} • محلول Fe^{3+} • محلول Cu^{2+} • محلول Ag^+

أكمل الجدول:

التنبؤ	أيون الفلز
.....	Fe^{2+}
.....	Fe^{3+}
.....	Cu^{2+}
.....	Ag^+

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ ماء الجير والحجر الجيري هما المادة نفسها.

التصحيح:

✓ ماء الجير الرائق هو محلول هيدروكسيد الكالسيوم. الحجر الجيري هو كربونات الكالسيوم الصلبة.

الكيمياء من أجل الاستدامة

تسهم مركبات لكالسيوم في التنمية المستدامة من خلال:
- معالجة مياه الشرب.
- معادلة التربة الحمضية.
- دعم مواد البناء الصديقة للبيئة.

٢. النحاس (Cu):

(أ) تفاعلات النحاس Cu:

- يؤدي تسخين النحاس في الهواء إلى تكوين **أكسيد النحاس (II) الأسود (CuO)**
- يؤدي إذابة النحاس في حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى تكوين **كبريتات النحاس II (CuSO4)**

(ب) تفاعلات أيون النحاس Cu^{2+} II

- تؤدي إضافة محلول مائي قاعدي إلى تكوين راسب أبيض مائل إلى الزرقة من **هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$**.

$$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$$

- يؤدي إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول إلى تكوين **كبريتيد النحاس II (CuS)**

(جـ) تفاعلات هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$(II)

- عند إضافة وفرة من محلول مائي للأمونيا: تتكون أيونات رباعي أمين النحاس $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$(II)، مما ينتج عنه محلول مائي أزرق غامق.

$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$$

- التسخين: يتحلل $Cu(OH)_2$ لينتج أكسيد النحاس (II) الأسود (CuO)
- الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الهيدروكلوريك: تتكون أيونات النحاس Cu^{2+}II

فكّر كمهندس:

تُستخدم أنابيب النحاس في بعض شبكات المياه؛ لأنها قد تقاوم التآكل أكثر من الحديد في ظروف معينة.

قيّم مدى صلاحية النحاس باستخدام المعايير الآتية:

- طبيعة ماء الشرب ودرجة حموضته.
- معدل التآكل.
- احتمال انتقال أيونات النحاس إلى الماء.
- العمر التشغيلي.
- تكلفة التركيب والصيانة.
- توافر البدائل.

٣. الفضة (Ag):

(أ) تفاعل أيون الفضة Ag^+:

- **إضافة محلول مائي قاعدي:** يتكون راسب بني اللون من **أكسيد الفضة Ag_2O**.

$$2Ag^+ + 2OH^- \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$$

عند إضافة المزيد من محلول الأمونيا :يذوب أكسيد الفضة ويتكون أيون ثنائي أمين الفضة (I) عديم اللون:

$$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightleftharpoons 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 2OH^-$$

- عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة Ag_2S

يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة:

$$2Ag^+ + S^{2-} \rightarrow Ag_2S\downarrow$$

(ب) هاليدات الفضة: مركبات الفضة والهالوجينات (I، Br، Cl). تتكون عن طريق تفاعل أيونات الفضة مع أيونات الهاليد.

المركب	الصيغة	اللون
كلوريد الفضة	(AgCl)	أبيض
بروميد الفضة	(AgBr)	كريمي أو أصفر باهت
يوديد الفضة	(AgI)	أصفر

(الجدول 3-9-1)

تتحلل هاليدات الفضة عند تعرضها للضوء، ويتكون فلز الفضة.

مثال: $2AgBr \xrightarrow{light} 2Ag + Br_2$

تطبيق حياتي: التصوير الفوتوغرافي:

استُخدمت هاليدات الفضة الحساسة للضوء في الأفلام الفوتوغرافية؛ إذ يؤدي تعرضها للضوء إلى تكوّن صورة كامنة، ثم تظهر الصورة خلال عمليات الإظهار والتثبيت الكيميائي.

وعلى الرغم من انتشار التصوير الرقمي، لا تزال هذه التفاعلات مثالًا مهمًّا للكيمياء الضوئية، كما تُستخدم في تطبيقات تصوير متخصصة.

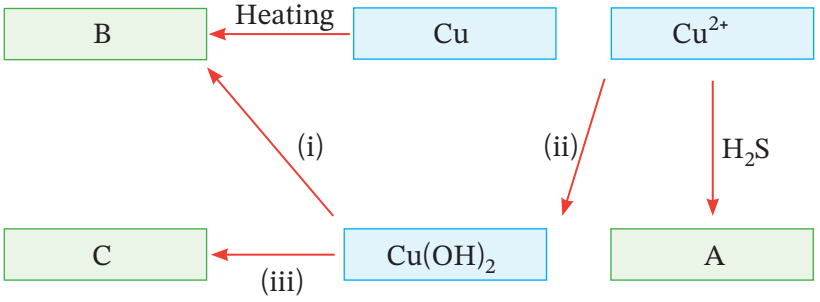
مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الصيغ الكيميائية الصحيحة لـ (A)، و(B)، و(C) في النص التالي:

عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الحديد، يذوب الحديد مع غاز الهيدروجين، مما ينتج عنه كاتيون يرمز له بـ (A). يتأكسد هذا الأيون بفعل فوق أكسيد الهيدروجين ليصبح أيونًا يرمز له بـ (B). ويمكن التأكد من تكوّن (B) من خلال تحول لون المحلول المائي إلى اللون الأحمر الداكن عند إضافة محلول مائي من (C) إليه.

(ب) أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى الشكل الذي يوضح تفاعلات النحاس ومركباته.



(I) حدد الصيغ الكيميائية للمواد A و B و C. لاحظ أن C هو أيون متراكب.

(II) اختر المادة الكيميائية أو الإجراء الأنسب من (أ) إلى (هـ) من الخيارات أدناه. يمكن استخدام كل خيار مرة واحدة فقط.

(أ) التسخين (ب) O_2 (جـ) H2 (د) NH_3 (هـ) NaOH

الشرح

(أ) A: Fe^{2+} B: Fe^{3+} C: KSCN

(ب) (I) A: عند إمرار كبريتيد الهيدروجين عبر محلول مائي يحتوي على أيونات النحاس (II)، يتكون راسب من كبريتيد النحاس (II). الإجابة: CuS

B: يؤدي تسخين النحاس إلى تكوين أكسيد النحاس (II). الإجابة: CuO

C: الأيون المتراكب الناتج عن التفاعل مع هيدروكسيد النحاس (II) هو أيون النحاس (II) رباعي الأمين. الإجابة: $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$

(i) (II): يؤدي تسخين هيدروكسيد النحاس (II) إلى تكوين أكسيد النحاس (II).

(ii): تؤدي إضافة محلول قاعدي مائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات النحاس (II) إلى تكوين راسب من هيدروكسيد النحاس (II).

(iii): تؤدي إضافة كمية زائدة من محلول الأمونيا المائي إلى هيدروكسيد النحاس (II) إلى تكوين أيونات رباعي أمين النحاس (II). وبالتالي، وبما أن محلول الأمونيا المائي NH_3 يتوافق مع (iii)، فإن NaOH، وهو محلول القاعدة المائي المتبقي، يتوافق مع (ii).

بناءً على ما سبق، (i): أ (ii): هـ (iii): د

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول يحتوي على (Fe^{2+})، ما هي المشاهدة المتوقعة؟

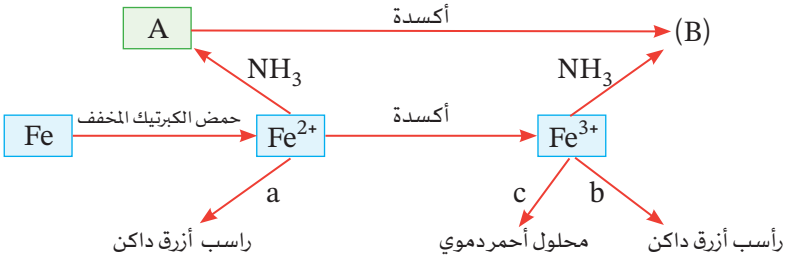
(أ) يتكون راسب أخضر. (ب) يتكون محلول أزرق داكن.

(جـ) يتكون محلول بني. (د) لا يحدث تغير مرئي.

٢. أعطى محلول لونًا أحمر دمويًا عند إضافة ثيوسيانات البوتاسيوم. أي الأيونات التالية يوجد في المحلول؟

(أ) (Fe^{2+}) (ب) (Fe^{3+}) (جـ) (Cu^{2+}) (د) (Ag^{+})

٣. أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى المخطط التوضيحي الذي يوضح تفاعلات الحديد ومركباته.



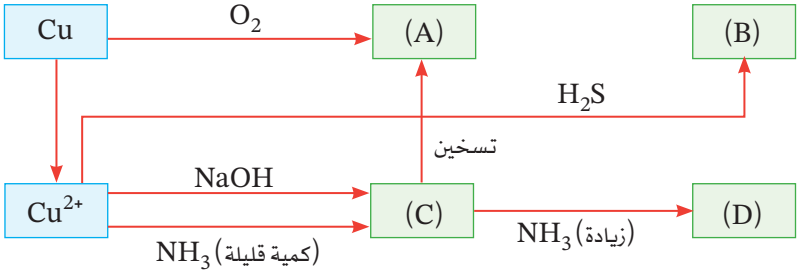
(أ) حدد الصيغة الكيميائية ولون المادة «A».

(ب) حدد لون المادة «B».

(جـ) اختر الكاشف المناسب للخطوات (A) و(B) و(C) من القائمة (i) إلى (v):

$K_4[Fe(CN)_6]$ (v) $K_3[Fe(CN)_6]$ (iv) NaOH (iii) KSCN (ii) KCl (i)

4. أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى المخطط التوضيحي التالي:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية للمركبات من (A) إلى (C).

(ب) حدد اسم الصيغة الكيميائية للأيون المتراكب الموجود في المحلول (D).

5. حدد الصيغ الكيميائية والألوان للمواد (A) و(B) و(C) بناءً على التجارب التالية:

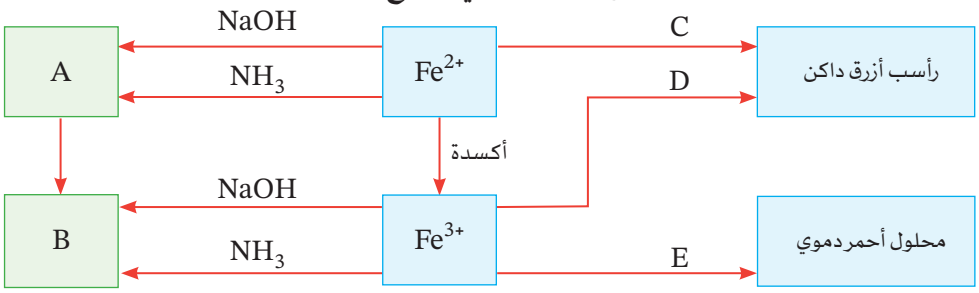
التجربة الأولى: عند إضافة محلول مائي من كلوريد الصوديوم إلى محلول مائي من نترات الفضة، نتج الراسب (A).

التجربة الثانية: عند تعريض الراسب (A) للضوء، تحلل لينتج جزيئات دقيقة من (B).

التجربة الثالثة: عند إضافة كمية كبيرة من محلول الأمونيا المائي إلى الراسب (A)، نتج الأيون المركب (C).

تدرب:

1. أجب عن الأسئلة التالية بناءً على المخطط الذي يوضح تفاعلات الحديد ومركباته:



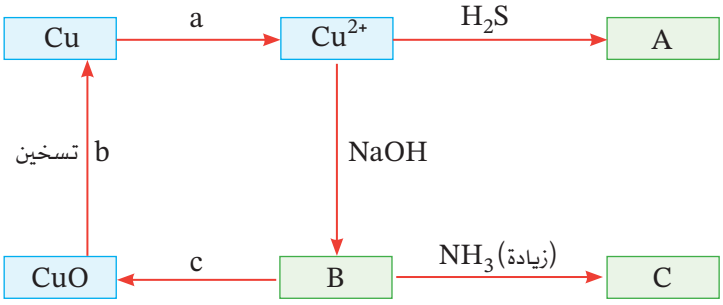
(أ) اذكر الصيغة الكيميائية ولون الراسب «A».

(ب) اذكر اسم ولون الراسب «B».

(جـ) اختر الكاشف المناسب للخطوات «C» و«D» و«E» من الخيارات التالية (i) إلى (iv)

$K_3[Fe(CN)_6]$ (iv) KCl (iii) $K_4[Fe(CN)_6]$ (ii) KSCN (i)

2. يوضح المخطط التالي تفاعلات النحاس ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية للمواد «A» و«B» و«C». لاحظ أن «C» هو أيون متراكب.

(ب) اختر الكاشف أو العملية المناسبة للخطوات (A) و(B) و(C) من بين الخيارات التالية (i) إلى (v).

Heating (v) HNO_3 (iv) HCl (iii) O_2 (ii) H_2 (i)

٣. عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم، وحمض الهيدروكلوريك المخفف، ومحلول مائي من بروميد البوتاسيوم، ومحلول مائي من كبريتيد الهيدروجين إلى محلول مائي من نترات الفضة، نتجت الرواسب A و B و C و D على التوالي. حدد الصيغ الكيميائية وألوان الرواسب A و B و C و D.

تحدَّ تفكيرك:

عثر خبير أدلة جنائية على محلول عديم اللون يُحتمل أن يحتوي على أيونات الكلوريد. وعند إضافة نترات الفضة تكوّن راسب أبيض، ثم أصبح الراسب داكنًا بعد تعرضه لضوء الشمس.

١. ما مركب الفضة الذي تكوّن على الأرجح؟

.....

٢. لماذا أصبح لون الراسب داكنًا بعد تعرضه للضوء؟

.....

٣. ما الخاصية التي جعلت هاليدات الفضة مناسبة للتصوير الفوتوغرافي التقليدي؟

.....

٣-١٠ — العناصر الانتقالية ومركباتها (٢):
(الذهب والكروم والمنجنيز)

مقدمة

ارتبط الذهب بالحضارة المصرية منذ آلاف السنين، وتشهد على ذلك كنوز مصر القديمة، ومنها قناع الملك توت عنخ آمون الذي ما زال محتفظًا ببريقه. وفي العصر الحديث، يُستخدم الذهب بكميات دقيقة في الموصلات الإلكترونية داخل الهواتف وأجهزة الحاسوب؛ لما يتميز به من توصيل جيد ومقاومة كبيرة للتآكل.

أما مركبات الكروم والمنجنيز، فتتميز كثير منها بألوان واضحة تتغير أثناء التفاعلات الكيميائية؛ ولذلك يمكن الاستفادة منها في التحليل الكيميائي وبعض التطبيقات الصناعية والبيئية.

سوف تستكشف كيف تحدد خواص الذهب والكروم والمنجنيز استخداماتها، وكيف تكشف تغيرات اللون عن تغير حالات التأكسد والاتزان الكيميائي.

سؤال توجيهي: كيف يستخدم الكيميائيون تغيرات اللون والتفاعلات الكيميائية للكشف عن المواد وتفسير سلوكها؟

الاستكشاف

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا لا يصدأ الذهب بالطريقة التي يصدأ بها الحديد؟

.....

٢. لماذا تتغير ألوان بعض مركبات الكروم والمنجنيز عند حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال؟

.....

٣. ما المعلومات التي يمكن أن يقدمها تغير لون المحلول أثناء التفاعل؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- كثير من مركبات العناصر النتقالية لها ألوان مميزة.
- قد يتغير لون المركب بتغير حالة تأكسد العنصر

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات النبيلة
- الأكسدة والاختزال
- حالة التأكسد
- الاتزان الكيميائي
- العوامل المؤكسدة
- الأيونات المتراكبة
- العناصر الانتقالية

تعلم

ترتبط مصر، البلد الذي تعيش فيه، ارتباطًا وثيقًا بالذهب يعود إلى العصور القديمة.

بدءًا من القناع الذهبي لتوت عنخ آمون، الذي لا يزال يحتفظ بلمعانه بعد آلاف السنين، ما هي الخصائص المميزة التي يتمتع بها الذهب؟

١. الذهب (Au):

اكتشافه وخصائصه الفيزيائية:

يوجد الذهب (Au) في حالته العنصرية، غير مرتبط بعناصر أخرى، كما هو الحال في الذهب الغريني (غبار الذهب).

- **الليونة والمرونة:** يتمتع بأعلى درجة من الليونة (القدرة على التمدد لتشكيل صفائح رقيقة) والمرونة (القدرة على سحبه لتشكيل أسلاك دقيقة) بين جميع المعادن. ونظرًا لهذه القابلية العالية جدًّا للتشكيل، فإنه يُستخدم على نطاق واسع، بدءًا من الحلي القديمة وصولًا إلى تكنولوجيا النانو الحديثة.
- **الموصلية:** وهو موصِّل ممتاز للكهرباء والحرارة.

• **اللمعان والتطبيقات:** يتمتع بلمعان ذهبي جميل وهو مقاوم جدًّا للأكسدة (أي أنه لا يصدأ)، مما يجعله مفيدًا للغاية. وبسبب هذه الخصائص الفائقة، يُعد الذهب معدنًا لا غنى عنه في صناعة الإكسسوارات والحلي بالإضافة إلى كونه مادة تُستخدم في الأجهزة الإلكترونية الدقيقة مثل الهواتف المحمولة وأجهزة الكمبيوتر.

الاستقرار الكيميائي (معدن نبيل)

•يتميز الذهب بتفاعل كيميائي منخفض جدًّا، مما يجعله مستقرًا كيميائيًّا. ولهذا السبب، فإنه لا يذوب في الأحماض شديدة القوة مثل حمض النيتريك أو حمض الكبريتيك المركز الساخن.

• ومع ذلك، فإنه يذوب في خليط خاص من حمض النيتريك المركز وحمض الهيدروكلوريك المركز يُسمى «الماء الملكي» (Aqua Regia). في «الماء الملكي»، يتأكسد الذهب ويشكل أيونًا مركبًا مستقرًا، مما يسمح لهذا الخليط بإذابة الذهب، على الرغم من أن الذهب يعد أحد أكثر المعادن استقرارًا.

2. الكروم (Cr):

(أ) مركبات الكروم

١. كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4

• عند إذابته في الماء، ينتج **أيونات الكرومات الصفراء** $\mathbf{CrO_4^{2-}}$.

٢. ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$

• عند إذابته في الماء، تنتج أيونات ثنائي الكرومات **ذات اللون الأحمر المائل إلى البرتقالي** $Cr_2O_7^{2-}$.

تنبأ:

أضيفت قطرات من حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول أصفر من كرومات البوتاسيوم.

ما الملاحظة المتوقعة؟

• يبقى المحلول أصفر.

• يتحول المحلول إلى اللون البرتقالي.

• يتكون راسب.

فسّر توقعك.

.....

(ب) أيون الكرومات CrO_4^{2-} وأيون ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$:

• تتفاعل أيونات الكرومات مع أيونات الفضة Ag^+، وأيونات الرصاص Pb^{2+} (II)، وأيونات الباريوم Ba^{2+} لتكوين رواسب ملونة في جميع الحالات.

اسم الراسب	اللون
كرومات الفضة (Ag_2CrO_4)	أحمر آجري أو بني محمر
كرومات الرصاص (II) ($PbCrO_4$)	أصفر
كرومات الباريوم ($BaCrO_4$)	أصفر

الجدول 3-10-1 (الرواسب الناتجة عن أيونات الكرومات)

• عندما يتم تحمض محلول مائي يحتوي على أيونات الكرومات، تتكون أيونات ثنائي الكرومات. وعندما يصبح المحلول قاعديًّا، تعود هذه الأيونات إلى أيونات الكرومات

• تعمل أيونات ثنائي كرومات كعوامل مؤكسدة قوية في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج عنه أيونات الكروم (III) ذات اللون الأخضر الداكن Cr^{3+}.

$$\underset{\text{(أصفر)}}{CrO_4^{2-}} \underset{OH^-}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(برتقالي محمرّ)}}{Cr_2O_7^{2-}}$$

استقصاء:

استقصاء أثر تغير درجة حموضة الوسط في الاتزان بين أيونات الكرومات وثنائي الكرومات.

الأدوات:

• محلول كرومات البوتاسيوم

• حمض الكبريتيك المخفف

• محلول هيدروكسيد الصوديوم

• أنبوبان تجريبيان

• قطارة

الخطوات:

١. اسكب محلول كرومات البوتاسيوم في أنبوب اختبار.

٢. أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف.

٣. راقب اللون.

٤. أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم.

٥. راقب اللون مرة أخرى.

الملاحظة: .....

الاستنتاج: .....

٣. مركبات المنجنيز:

(أ) أكسيد المنجنيز (IV) MnO_2

• مسحوق أسود.

• يعمل كعامل مؤكسد في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج عنه أيونات المنجنيز Mn^{2+}(II)

(ب) برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$

• بلورات سوداء-أرجوانية.

• عند ذوبانه في الماء، تتكون أيونات البرمنجانات MnO_4^- ذات اللون الأحمر-الأرجواني.

• يعمل كعامل مؤكسد قوي ذو لون وردي باهت في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج أيونات المنجنيز Mn^{2+}(II)

مثال:

أختر العبارة غير الصحيحة من العبارات التالية:

(أ) عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب بني محمر.

(ب) عند إضافة محلول مائي من أسيتات الرصاص (II) إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب أصفر.

(جـ) عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتحول لون المحلول المائي إلى البرتقالي المائل إلى الأحمر.

(د) أكسيد المنجنيز(IV) هو مسحوق أسود ويتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المركز ينتج عنه الكلور.

(هـ) يذوب برمنجنات البوتاسيوم في الماء ليشكل محلولًا مائيًا أحمر-أرجواني، ويعمل كعامل اختزال قوي في المحاليل المائية الحمضية.

الشرح

(أ) توجد أيونات الكرومات CrO_4^{2-} في المحلول المائي لكرومات البوتاسيوم، وتوجد أيونات الفضة Ag^+ في المحلول المائي لنترات الفضة. تتفاعل هذه الأيونات لتنتج راسبًا بنيًّا مائلًا إلى الاحمرار من كرومات الفضة.

(ب) توجد أيونات الرصاص (II) Pb^{2+} في المحلول المائي لأسيتات الرصاص (II). تتفاعل أيونات الكرومات وأيونات الرصاص (II) لتنتج راسبًا أصفر اللون من كرومات الرصاص (II) $PbCrO_4$

(جـ) عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يصبح المحلول المائي حمضيًا. ونتيجة لذلك، تتكون أيونات ثنائي كرومات، وبالتالي يتحول لون المحلول المائي إلى البرتقالي المائل إلى الأحمر.

(د) يعمل أكسيد المنجنيز(IV) — وهو مسحوق أسود — كعامل مؤكسد في المعادلة الحمضية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(هـ) يعمل برمنجنات البوتاسيوم كعامل مؤكسد قوي في المحاليل المائية الحمضية.

لذلك، الإجابة هي هـ.

فكّر ككيميائي بيئي:

قد تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات للكروم.

فسّر أهمية قياس تركيز مركبات الكروم ومعالجتها قبل تصريف المياه، في ضوء:

- صحة الإنسان.
- الكائنات الحية في النظام البيئي.
- سلامة مصادر مياه الشرب.
- اختلاف خطورة حالات تأكسد الكروم.

.....

المواطنة العالمية

يدخل الذهب والكروم والمنجنيز في صناعات وتقنيات متعددة، لكن استخرج خاماتها ومعالجتها وتقنيات متعددة، لكن استخراج خامتها ومعالجتها قد يسببان أثارًا بيئية واجتماعية.

ويتطلب الاستخدام المسئول لهذه الموارد:

- رفع كفاءة الاستخراج والتصنيع.
- تقليل المخلفات السامة.
- معالجة مياه الصرف.
- تدوير الأجهزة والبطاريات.
- حماية العمال والمجتمعات القريبة من مواقع التعدين.
- تقليل الاعتماد على الأصباغ والمواد المحتوية على الكروم (Vi) والرصاص.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

أي من العبارات التالية من (i) إلى (iv) الخاصة بالكروم والمنجنيز غير صحيحة؟

(i) يُعد كل من الكروم والمنجنيز من العناصر الانتقالية.

(ii) عند تفاعل أيونات الكرومات مع أيونات الرصاص (II)، يتكون راسب بني محمر.

(iii) تظهر أيونات البرمنجانات لونًا أحمر-أرجواني في المحاليل المائية.

(iv) ينخفض أيونات البرمنجانات بفعل فوق أكسيد الهيدروجين في المحاليل المائية الحمضية.

.....

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لاحظ أخصائي مختبر أن محلولًا أرجواني اللون أصبح عديم اللون أثناء إجراء تجربة. ما المركب الذي يُرجح استخدامه؟

(أ) كرومات البوتاسيوم (ب) ثنائي كرومات البوتاسيوم

(جـ) برمنجنات البوتاسيوم (د) نترات الفضة

٢. أثناء تفاعل الأكسدة والاختزال، تتحول أيونات ثنائي كرومات البرتقالية إلى أيونات الكروم (III) الخضراء.

يشير هذا التغير في اللون إلى أن أيونات ثنائي كرومات:

(أ) اكتسبت إلكترونات. (ب) فقدت إلكترونات.

(جـ) تبخرت. (د) تحولت إلى غازات.

3. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

في المحاليل المائية الحمضية، يعمل كل من ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)، أحد مركبات الكروم و برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)، أحد مركبات المنجنيز كعوامل (I) قوية.

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المائي (A)، ثم إضافة نترات الباريوم المائية، نتج مادة راسبة (B).

(أ) حدد المصطلح المناسب للفراغ (I).

(ب) صف التغير في لون المحلول المائي الذي يحدث في الخطوة (A).

(جـ) اكتب المعادلة الأيونية الصافية للتفاعل الذي يحدث في الخطوة (A).

(د) حدد الصيغة الكيميائية ولون الراسب المتكون في الخطوة (B).

تحدَّ تفكيرك:

اختُبر محلولان عديمَا اللون باستخدام محلول ثنائي الكرومات البرتقالي في وسط حمضي:

- حوّل المحلول A اللون البرتقالي إلى الأخضر.
- لم يُحدث المحلول B تغيرًا ملحوظًا.

١. أي المحلولين يُحتمل أن يحتوي على عامل مختزل؟

.....

٢. ما الدليل المرئي الذي يدعم استنتاجك؟

.....

٣. ما التغير الذي حدث في حالة تأكسد الكروم؟

.....

٣-١١ — تفاعلات الترسيب وفصل أيونات الفلزات

مقدمة

تسلّم أحد معامل تحليل مياه الشرب عينة قد تحتوي على عدة أيونات فلزية ذائبة. وعلى الرغم من أن العينة تبدو رائقة، إلا أنه يستطيع الكيميائي الكشف عن هذه الأيونات وفصلها بإضافة كواشف مختارة؛ فتظهر تباعًا رواسب بيضاء وسوداء وصفراء وبنية محمرة.

سوف تكتشف في هذا الدرس كيف تُستخدم تفاعلات الترسيب في الكشف عن المواد المجهولة وفصل أيونات الفلزات في المعامل البيئية والصناعية والطبية.

سؤال توجيهي: كيف يمكن الكشف عن أيونات فلزية ذائبة لا نراها، وفصلها باستخدام تفاعلات كيميائية يمكن ملاحظة نتائجها؟

الاستكشاف

خُلط محلولان رائقان، فتكوّنت بعد ثوانٍ مادة صلبة صفراء.

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تكوّنت مادة صلبة، مع أن المحلولين كانا رائقين؟

.....

٢. ما المعلومات التي يمكن أن يقدمها لون الراسب؟

.....

٣. هل يكفي لون الراسب وحده لتحديد هوية الأيون؟ ولماذا؟

.....

تعلم

تفاعلات الترسيب وفصل أيونات المعادن:

(أ) تفاعلات الترسيب:

الصيغ الكيميائية وألوان الرواسب المتكونة من أيونات وأنيونات معدنية مختلفة

(تشير علامة × إلى عدم تكوّن أي راسب)

الأيون	(Cl^-) مع	مع الكبريتيد في وسط حمضي	مع الكبريتيد في وسط قاعدي	(OH^-) مع
(Ag^+)	أبيض ($AgCl$)	أسود (Ag_2S)	أسود (Ag_2S)	بني (Ag_2O)
(Pb^{2+})	أبيض ($PbCl_2$)	أسود (PbS)	أسود (PbS)	أبيض ($Pb(OH)_2$)
(Cu^{2+})	×	أسود (CuS)	أسود (CuS)	أزرق ($Cu(OH)_2$)
(Fe^{2+})	×	×	أسود (FeS)	أخضر ($Fe(OH)_2$)
(Fe^{3+})	×	×	أسود (FeS)	راسب بني محمر من هيدروكسيد (III)
(Al^{3+})	×	×	أبيض ($Al(OH)_3$)	أبيض ($Al(OH)_3$)
(Zn^{2+})	×	×	أبيض (ZnS)	أبيض ($Zn(OH)_2$)

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- أيونات المعادن المختلفة تنتج رواسب مميزة الألوان عندما تتفاعل مع محددة الأنيونات.
- تشكل أيونات الكلوريد رواسب بيضاء مع Ag^+ و Pb^{2+}.
- شكل أيونات الكبريتيد رواسب سوداء مع Cu^{2+} و Fe^{2+} و Fe^{3+}، والأبيض يترسب مع Zn^{2+}

المفاهيم الأساسية:

- الترسيب الانتقائي
- تكوين الأيونات المعقدة
- الذوبان
- تكاثف الأيونات المعقدة

(ب) تفاعلات الترسيب مع الأنيونات الأخرى

(i) الترسيب باستخدام أيون الكرومات CrO_4^{2-}

- يعطي مع أيون Ag^+ راسب بني محمر من كرومات الفضة Ag_2CrO_4
- يعطي مع Pb^{2+} راسبًا أصفر من كرومات الرصاص **$PbCrO_4$(II)**

(ii) التفاعل مع أيون الفيروسيانات $[Fe(CN)_6]^{4-}$

- يتفاعل مع Fe^{3+} و يعطي راسب أزرق داكن.

توقع:

أضيف محلول نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيونات الكلوريد.

التوقع .....

الدليل الذي يؤكد التوقع .....

(جـ) خواص الرواسب

(i) رواسب الكلوريدات:

كلوريد الرصاص ($PbCl_2$): يذوب في الماء الساخن

كلوريد الفضة (AgCl): يذوب في وفرة من محلول الأمونيا نتيجة تكوّن أيون ثنائي أمين الفضة $[Ag(NH_3)_2]^+$(I)

(ii) رواسب الهيدروكسيدات:

- هيدروكسيد الرصاص **$Pb(OH)_2$** (II)، هيدروكسيد الألومنيوم **$Al(OH)_3$**، هيدروكسيد الزنك **$Zn(OH)_2$**: تذوب في وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم أكسيد الفضة **Ag_2O**، هيدروكسيد النحاس **$Zn(OH)_2$**، **$Cu(OH)_2$** هيدروكسيد الزنك : تذوب في وفرة من محلول الأمونيا.

(د) الفصل الانتقائي لأيونات الفلزات:

من خلال استخدام تفاعلات ترسيب أيونات الفلزات، يمكن فصل أيونات فلزية معينة من محلول مائي يحتوي على أيونات فلزية متعددة.

الجدول 3-11-1 (الإجراءات والمترسبات المستخدمة في فصل أيونات الفلزات)

المرحلة	الإجراء	الأيونات التي يمكن فصلها	الرواسب
1	إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف	(Ag^+, Pb^{2+})	أبيض **($PbCl_2$)** أبيض **(AgCl)**
2	مرر غاز كبريتيد الهيدروجين عبر المحلول.	(**Cu^{2+}**, Cd^{2+})	أسود **(CdS)** أسود **(CuS)**
3	إضافة فائض الأمونيا بعد المعالجة المناسبة	**(Fe^{3+}, Al^{3+})**	راسب الحديد بنى حمر **($Fe(OH)_3$)**، أبيض **($Al(OH)_3$)**
4	مرر غاز كبريتيد الهيدروجين عبر المحلول	(**Zn^{2+}**, Mn^{2+})	وردي باهت (MnS) أبيض (ZnS)
5	إضافة كربونات الأمونيوم المائية	**(Ca^{2+}, Ba^{2+})**	أبيض ($BaCO_3$) أبيض ($CaCO_3$)

فكر بشكل نقدي:

الفرض: لا يكفي تكوّن راسب أبيض للتعرف على الأيون الفلزي.

الدليل: يمكن أن تظهر المركبات الآتية جميعها في صورة رواسب بيضاء:

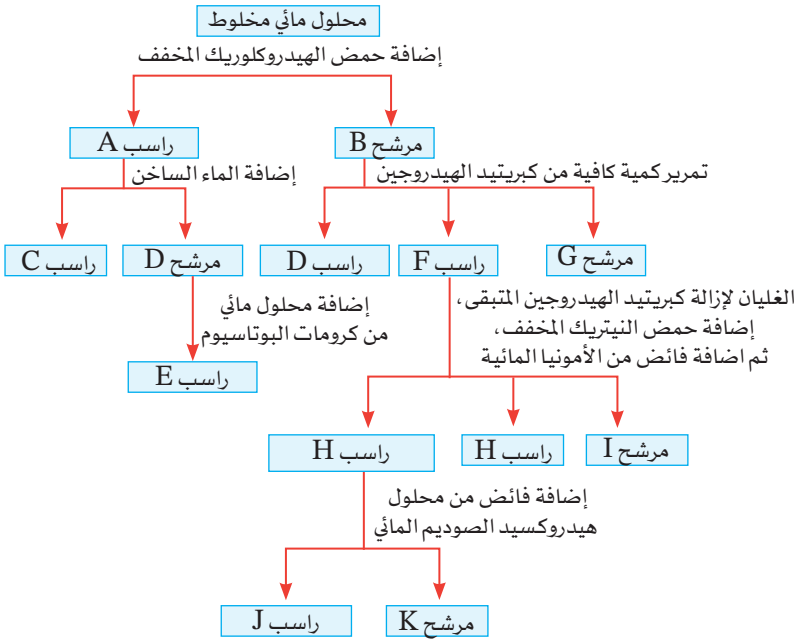
- $(AgCl)$ ، $(PbCl_2)$ ، $(Al(OH)_3)$ ، $(Zn(OH)_2)$

الاستدلال: استخدم المعلومات الواردة في هذا الدرس لتوضيح سبب ضرورة إجراء اختبارات كيميائية إضافية قبل تحديد أيون مجهول.

.....

مثال:

اعتمادًا على مخطط سير العمليات الذي يوضح عملية فصل ستة أيونات فلزية (Zn^{2+} , Pb^{2} ، Fe^{3+} ، Cu^{2+} ، Al^{3+} ، Ag^{+}) من محلول مائي مختلط، أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والألوان للرواسب C و E و F. حدد اسم ولون الراسب J.

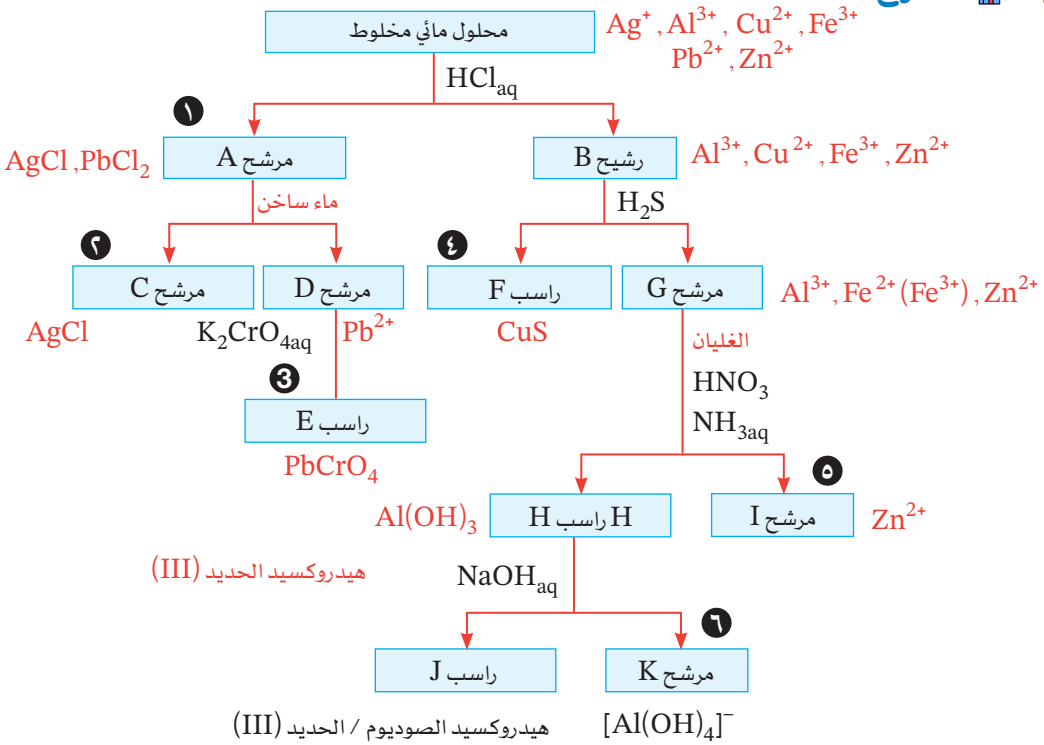
(ب) حدد الصيغ الكيميائية للأيونات المركبة التي تتكون عندما تتفاعل أيونات الفلزات في الراسب C والمرشح I مع الأمونيا.

(جـ) اشرح الغرض من العملية الموضوعة تحتها خط في مخطط الفصل مرر كمية كافية من كبريتيد الهيدروجين عبره.

الراسب C المرشح D الراسب F يقوم بغلي المزيج لإزالة ما تبقى من كبريتيد الهيدروجين، ثم يضاف حمض النيتريك المخفف، الراسب H يضاف المزيد من محلول الصوديوم المائي الراسب

(د) اشرح المشكلة التي قد تحدث إذا تم عن طريق الخطأ امرار غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) عبر المحلول المائي المختلط قبل إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl).

الشرح



تحقق من التفاعلات واحدًا تلو الآخر.

١ عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف، فإن الأيونات التي تترسب هي Ag^+ و Pb^{2+}، والصيغ الكيميائية للرواسب هي AgCl و $PbCl_2$

٢ من ١، المادة التي لا تذوب في الماء الساخن هي AgCl.

٣ عند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم إلى المحلول المائي من $PbCl_2$ في الماء الساخن، تتفاعل أيونات Pb^{2+} وأيونات الكرومات CrO_4^{2-} الموجودة في المحلول المائي لتكوين راسب أصفر من كرومات الرصاص II $PbCrO_4$.

٤ الأيونات الموجودة في المرشح B هي Al^{3+}، Cu^{2+}، Fe^{3+}، Zn^{2+} كما أن المحلول المائي حمضي، وذلك بسبب إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف في الخطوة ١. وعند تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين في هذه المرحلة، فإن أيون Cu^{2+} هو الذي ينتج راسبًا، والصيغة الكيميائية للراسب هي CuS.

٥ الأيونات الموجودة في المرشح G هي Al^{3+}، Fe^{2+} (Fe^{3+})، وZn^{2+} وعند إضافة محلول قاعدي مائي إلى هذه الأيونات، فإنها تنتج رواسب من $Al(OH)_3$، وهيدروكسيد الحديد (III)، $Zn(OH)_2$ على التوالي. ومن بين هذه الرواسب، فإن المركب الذي يذوب في الزيادة من الأمونيا المائية هو $Zn(OH)_2$.

٦ يذوب $Al(OH)_3$ في زيادة من محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم، في حين أن هيدروكسيد الحديد(III) لا يذوب.

(أ) (C): الصيغة الكيميائية AgCl واللون: أبيض، (E): الصيغة الكيميائية $PbCrO_4$ واللون: أصفر، (F): الصيغة الكيميائية: CuS و اللون: أسود، (J): اسم المادة: هيدروكسيد الحديد(III)، اللون: بني محمر.

(ب) C: بما أن الأيون الموجود في الراسب C هو Ag^+ فإن الأيون المتراكب المتكون مع الأمونيا هو $[Ag(NH_3)_2]^+$.

I: بما أن الأيون الموجود في المرشح I هو Zn^{2+}، فإن الأيون المتراكب المتكون مع الأمونيا هو $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

الكيمياء من أجل الاستدامة

- تحتوي العديد من الأجهزة الإلكترونية على معادن ثمينة مثل الفضة والنحاس.
- بدلاً من استخراج معادن جديدة، يمكن للصناعات استخلاص هذه المعادن من النفايات الإلكترونية باستخدام تفاعلات الترسيب.
- يساعد استخلاص المعادن على:
- تقليل نفايات التعدين
- الحفاظ على الموارد ا لطبيعية
- الحد من التلوث البيئي
- دعم الاقتصاد الدائري

(جـ) بفعل كبريتيد الهيدروجين المضاف في ❹، تم اختزال Fe^{3+} إلى Fe^{2+}. ولإعادته إلى Fe^{3+}، يُضاف حمض النيتريك المخفف. مثال: لأكسدة Fe^{2+} إلى Fe^{3+}.

(د) سيرسب كل من Ag^{+} و Pb^{2+} على شكل كبريتيدات، مما يمنع فصلهما عن أيونات معدنية مثل Cu^{2+} ونتيجة لذلك، ستصبح الإجراءات التحليلية اللاحقة — مثل ذوبان Pb^{2+} في الماء الساخن وكشفه باستخدام الكرومات (CrO_4^{-2}) — مستحيلة.

فكّر كمهندس:

غالبًا ما يقوم المهندسون الكيميائيون بتصميم أنظمة آلية تعمل على الفصل المستمر لأيونات المعادن المذابة أثناء معالجة المياه وعمليات التعدين.

ما هي الخاصية الأكثر أهمية في الرواسب عند تصميم مثل هذا النظام؟ اشرح إجابتك.

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. ما هي الخاصية التي تميز أيون Zn^{2+} عن أيون Fe^{3+} أثناء عملية الفصل؟

(أ) يذوب $Zn(OH)_2$ في الزيادة من الأمونيا

(ب) ينتج أيون Zn^{2+} راسبًا أحمر اللون.

(جـ) يذوب أيون Fe^{3+} في الأمونيا.

(د) لا ينتج أيون Fe^{3+} أي راسب.

٢. يتكون راسب أبيض بعد إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف. لماذا يُضاف الماء الساخن بعد ذلك؟

(أ) لإذابة AgCl (ب) لإذابة $PbCl_2$.

(جـ) لإذابة CuS (د) لإزالة Zn^{2+}

٣. حدد أيونات المعادن المناسبة من القائمة الموضحة (A إلى G). لكل سؤال من الأسئلة التالية:

A Ag^{+} B Cu^{2+} C Fe^{3+} D Fe^{2+}

E Al^{3+} F Pb^{2+} G Zn^{2+}

(أ) أي من أيونات الفلزات ينتج راسبًا عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف؟

(اختر كل ما يناسب)

(ب) اختر جميع أيونات الفلزات التي تنتج راسبًا عند إضافة كمية صغيرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، وأجب بحروفها.

(جـ) من بين المترسبات المتكونة في (ب)، اختر كل ما يذوب عند إضافة مزيد من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، وأجب بحروفها.

(د) من بين الرواسب المتكونة في (ب)، اختر كل ما يذوب عند إضافة مزيد من محلول الأمونيا المائي، وأجب بحروفها.

٤. أي من الأيونات التالية (A إلى G) يحقق التفاعلات المذكورة في (a) إلى (e)؟

(أ) عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض مائل إلى الزرقة، وعند إضافة المزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب ويتكون محلول مائي أزرق غامق.

(ب) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف، يتكون راسب أبيض. وعندما يتعرض هذا الراسب للضوء، يتحول لونه إلى الأسود.

(جـ) عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة المزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب لتكوين محلول مائي عديم اللون.

(د) عند إضافة محلول مائي من هيكساسيانيدوفيرات البوتاسيوم (II)، يتكون راسب أزرق داكن.

(هـ) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب أصفر.

A Ag^{+} B Al^{3+} C Cu^{2+} D Fe^{2+} E Fe^{3+} F Pb^{2+} G Zn^{2+}

٥. أُجريت العمليات (i) إلى (v) الموضحة في الشكل التالي على محلول يحتوي خليط من ست أيونات معدنية:

Al^{3+} ، Cu^{2+} ، Zn^{2+} ، Ca^{2+} ، Ag^{+} ، K^{+}

اكتب الصيغ الكيميائية للرواسب المتكونة في كل خطوة من (a) إلى (e) وللأيونات الموجودة في المرشح النهائي (f).

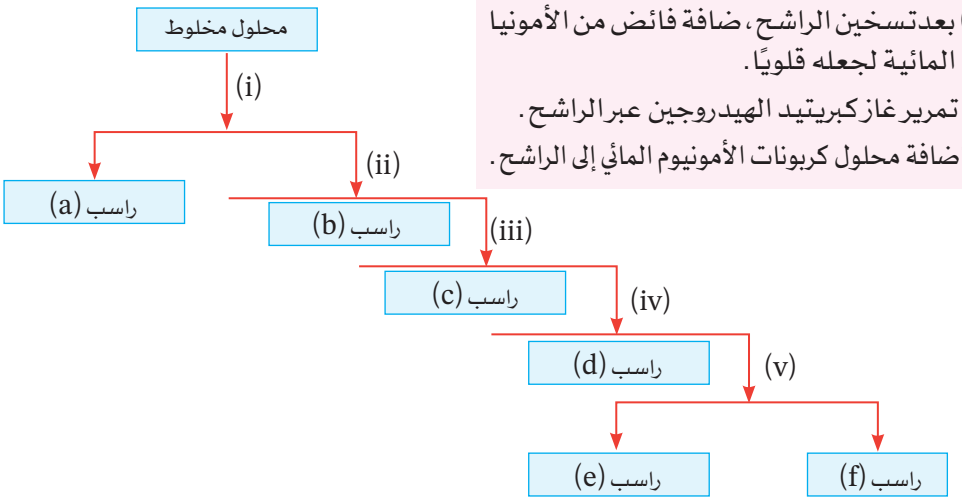
(i) إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(ii) تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين عبر الراشح.

(iii) بعد تسخين الراشح، ضافة فائض من الأمونيا المائية لجعله قلويًا.

(iv) تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين عبر الراشح.

(v) إضافة محلول كربونات الأمونيوم المائي إلى الراشح.



تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. حدّد صيغة الراسب ولونه، أو اكتب (X):

الكاشف	(Ag^{+})	(Pb^{2+})	(Cu^{2+})	(Al^{3+})	(Zn^{2+})
حمض الهيدروكلوريك المخفف	$(AgCl)$ أبيض	A	B	C	×
الكبريتيد في وسط حمضي	D	E	F	×	G
كمية قليلة من الأمونيا	H	I	$(Cu(OH)_2)$ أزرق	$(Al(OH)_3)$ أبيض	j
كمية قليلة من $(NaOH)$	K	$(Pb(OH)_2)$ أبيض	L	M	N

٢. حدد الكاتيون من A إلى H الذي يتوافق مع كل ملاحظة من الملاحظات التالية: (أ) إلى (هـ).

(أ) عند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض مائل إلى الزرقة، وعند إضافة مزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب لتكوين محلول مائي أزرق غامق.

(ب) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب بني محمر.

(جـ) عند إضافة محلول مائي من سداسي سيانيد فيرات البوتاسيوم (II)، يتكون راسب أزرق داكن.

(د) عند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض.

وحتى إذا أُضيفت كمية زائدة من محلول الأمونيا المائي إلى هذا الراسب، فإنه لا يذوب، ولكن إذا أُضيفت كمية زائدة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، فإن الراسب يذوب.

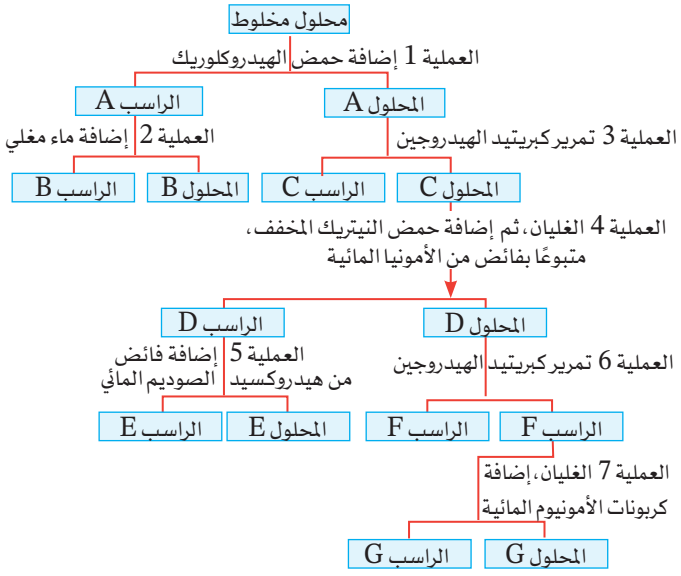
(هـ) ينتج لهبًا أحمر-أرجواني في اختبار اللهب.

A Ag^+ B Cu^{2+} C Fe^{3+} D Fe^{2+}

E Zn^{2+} F Pb^{2+} G Zn^{2+} H K^+

٣. يحتوي محلول على Pb^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Ba^{2+}, K^+, Ag^+, Al^{3+}

تم إجراء سلسلة من العمليات الموضحة في الشكل لفصل كل أيون وتحديد نوعه. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد اسم الراسب «B» وصيغته الكيميائية.

(ب) اشرح سبب إضافة حمض النيتريك المخفف في الخطوة 4.

(جـ) اكتب الصيغة الكيميائية للأيون المتراكب الموجود في المحلول «E».

(د) من بين الأيونات الفلزية الثمانية الأولى، حدد الأيونات الموجودة في المحلول «G».

واكتب صيغتها الكيميائية.

تحدَّ تفكيرك:

يحتوي محلول على: Ag^+, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}

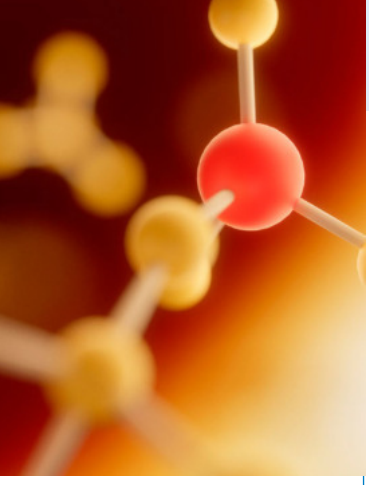
صمم أقصر تسلسل مناسب من الكواشف لفصل الأيونات الأربعة.

ينبغي أن يتضمن تصورك:

.....

الفصل الرابع

المركبات العضوية



١-٤ — الروابط التساهمية

مقدمة

تخيّل أنك تشاهد غازين غير مرئيين: الهيدروجين والأكسجين. الهيدروجين منفردًا شديد الاشتعال، أما الأكسجين فيساعد على الاحتراق. ومع ذلك، عندما يتفاعلان معًا يتكوّن الماء، وهو سائل يمكنه إطفاء الحريق.

إن كل نَفَس تتنفسه، وكل قطرة ماء تشربها، وكل جزيء في جسمك، يوجد لأن الذرات تتشارك الإلكترونات بطريقة مدهشة.

ستكتشف في هذا الدرس كيف يفسر الكيميائيون الروابط غير المرئية التي تحافظ على تماسك المادة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يسمح تشارك الإلكترونات للذرات بتكوين جزيئات مستقرة لها خواص تختلف اختلافًا تامًّا عن خواص الذرات المنفردة؟

الاستكشاف

يبني طالب في الكيمياء أربعة نماذج جزيئية:

- يكون الهيدروجين رابطة واحدة.
- يكون الأكسجين رابطتين.
- يكون النيتروجين ثلاث روابط.
- يكون الكربون أربع روابط.

الملاحظة

صِف العلاقة بين عدد الإلكترونات المفردة وعدد الروابط المتكوّنة.

.....

الاستنتاج

لماذا تكوّن العناصر المختلفة أعدادًا مختلفة من الروابط التساهمية؟

استخدم التوزيعات الإلكترونية لتبرير إجابتك.

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تتكوّن الروابط التساهمية عن طريق تشارك الإلكترونات.
- تتكوّن الجزيئات من ذرات مرتبطة بروابط تساهمية.
- تكوّن أزواج الإلكترونات المشتركة روابط تساهمية.
- لا تشارك أزواج الإلكترونات الحرة في تكوين الروابط.

المفاهيم الأساسية:

- الرابطة التساهمية
- أزواج الإلكترونات الحرة
- أزواج الإلكترونات الرابطة
- الصيغ البنائية.

تعلم

١. الروابط التساهمية:

(أ) **الرابطة التساهمية:** رابطة تتكوّن نتيجة مشاركة إلكترونات التكافؤ بين الذرات.

(ب) **الجزيء:** جسيم يتكوّن من ذرتين أو أكثر ترتبط بروابط تساهمية.

٢. تراكيب لويس (مخططات النقاط الإلكترونية):

(أ) **رمز لويس:** طريقة تُوضع فيها نقاط حول رمز العنصر لتمثيل إلكترونات التكافؤ الخاصة به.

- من بين إلكترونات التكافؤ، يُسمى الإلكترونان المزدوجان معًا زوجًا حرًّا (زوج إلكتروني)، بينما يُسمى الإلكترون المفرد غير المرتبط بإلكترون آخر إلكترونًا غير مزدوج (مفرد).

المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
رمز لويس	$\cdot \dot{Li}$	$\cdot \dot{Be} \cdot$	$\cdot \dot{B} \cdot$	$\cdot \dot{C} \cdot$	$\cdot \dot{N} \cdot$	$:\dot{O} \cdot$	$:\dot{F} \cdot$	$:\dot{Ne}:$
عدد الإلكترونات غير المزدوجة	1	2	3	4	3	2	1	0

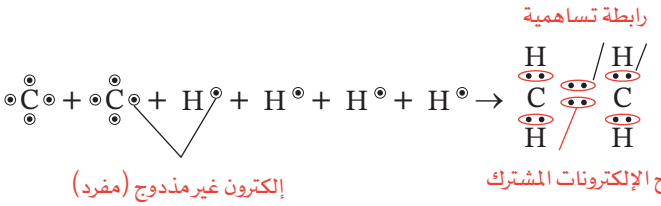
(ب) تراكيب لويس للجزيئات:

- تتكوّن الرابطة التساهمية عندما يتزاوج إلكترون غير مزدوج في ذرة مع إلكترون غير مزدوج في ذرة أخرى.

يُسمّى زوج الإلكترونات الذي تتشاركه الذرات لتكوين رابطة تساهمية **«زوج الإلكترونات المشترك»** أو «زوج إلكترونات الرابط».

بينما يُسمى الزوج الإلكتروني غير المشارك بين الذرات «زوج الإلكترونات الحر».

مثال: جزيء الإيثيلين C_2H_4:



- تُسمى الرابطة التساهمية الناتجة عن تشارك زوج الكترونات واحد **رابطة أحادية**. أما الروابط الناتجة عن تشارك زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات فتُسمى على الترتيب **رابطة ثنائية ورابطة ثلاثية**.

٣. الصيغ البنائية:

(أ) **الصيغة البنائية:** صيغة كيميائية تمثّل الروابط التساهمية داخل الجزيء باستخدام خطوط (روابط).

(ب) تراكيب لويس والصيغ البنائية لأهم الجزيئات:

المجموعة	بنية لويس	الصيغة البنائية
الهيدروجين H_2	H : H	H — H
الماء H_2O	H : O : H	H — O — H
الأمونيا NH_3	H : N : H (H)	H — N — H (H)
الميثان CH_4	H : C : H (H)	H — C — H (H)

يمكن رسم الصيغة البنائية عن طريق استبدال زوج واحد من الإلكترونات المشتركة في تركيب لويس بخط واحد

تطبيق حياتي:

تركيب الحمض النووي (DNA)

يتماسك كل جزيء من الحمض النووي بفضل ملايين الروابط التساهمية التي تربط الذرات في سلاسل طويلة. فبدون الروابط التساهمية، ما كان يمكن تخزين المعلومات الوراثية.

كيمياء الغذاء

تتكوّن البروتينات والكربوهيدرات والدهون جميعها من ذرات مرتبطة بروابط تساهمية. ويؤدي كسر هذه الروابط وتكوينها إلى إطلاق الطاقة أثناء عمليات الأيض.

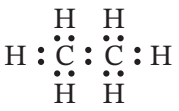
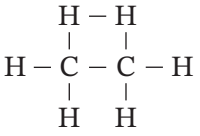
مثال:

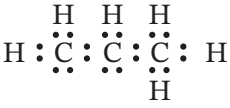
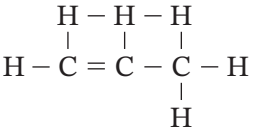
اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

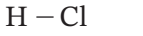
(i) C_2H_6 (ii) C_3H_6 (iii) HCl

الشرح

تذكّر أن تُضمّن الأزواج الحرة من الإلكترونات في تراكيب لويس.

(i) C_2H_6: تركيب لويس  ، الصيغة البنائية: 

(ii) C_3H_6 تركيب لويس  ، الصيغة البنائية: 

(iii) HCl: تركيب لويس ، الصيغة البنائية: 

التفكير النقدي:

السيناريو

تعمل شركة أدوية على تطوير دواء جديد. ويكتشف فريق البحث أن ذرة كربون واحدة قد رُسمت خطأً بخمس روابط تساهمية.

بصفتك الكيميائي المسؤول عن ضبط الجودة:

- حدّد الخطأ. .....
- اشرح لماذا هذا التركيب مستحيل كيميائيًا. .....
- ارسم تركيب لويس الصحيح بعد التصحيح. .....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. أي زوج من الإلكترونات يُكوّن رابطة تساهمية؟

(أ) زوج حر (ب) زوج إلكتروني مشارَك

(جـ) إلكترونات المستوى الداخلي. (د) إلكترونات الأغلفة الداخلية.

٢. أي من الجزيئات التالية يحتوي على رابطة ثلاثية؟

(أ) H_2O (ب) NH_3

(جـ) C_2H_2 (د) CH_4

٣. اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

(i) HCN ..... (ii) C_3H_8 .....

(iii) C_2H_4 ..... (iv) C_2H_2 .....

الكيمياء تُشكّل المواد

الألماس مقابل الجرافيت: يتكوّن كلاهما بالكامل من ذرات الكربون. لكن اختلاف ترتيب الروابط التساهمية يمنحهما خصائص مختلفة تمامًا.

- الألماس ← أصلب مادة طبيعية.
- الجرافيت ← ليّن وموصّل للكهرباء.

التحدي الكبير:

يستطيع العلماء اليوم تصميم جزيئات جديدة كليًا لم توجد في الطبيعة من قبل.

لو كان بإمكانك تصميم جزيء تساهمي جديد، فما المشكلة التي سيحلّها؟

أمثلة:

- بلاستيك قابل للتحلل الحيوي .....
- دواء أكثر فعالية .....
- احتجاز ثاني أكسيد الكربون .....
- تخزين طاقة نظيفة .....

برّر تصميمك علميًا .....

كن مواطنًا عالميًا

يعتمد المجتمع الحديث على مواد صناعية مصنوعة من مركبات تساهمية. تُحسّن هذه المواد الرعاية الصحية والنقل والاتصالات. ومع ذلك، فإن كثيرًا من البلاستيك المصنوع من البوليمرات التساهمية يبقى في البيئة لقرون.

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

(i) CCl_4 .....

(ii) CH_4 .....

(iii) HCN .....

(iv) C_2H_2 .....

(v) C_2H_4 .....

٤-٢ — خصائص وتراكيب المركبات العضوية

مقدمة

تخيل أنك تدخل إلى سوبر ماركت وترى مئات المنتجات التي تبدو مختلفة تمامًا: زجاجات بلاستيكية للماء، أدوية، عطور، زيت طهي، شوكولاتة، أقمشة صناعية، بنزين، وحتى الفيتامينات.

للوهلة الأولى، يبدو أن هذه المواد لا تشترك في شيء. لكن العلماء يعرفون أنها جميعًا مصنوعة من العنصر المذهل نفسه – الكربون.

في هذا الدرس، ستستقصي كيف تُنشئ قدرة الكربون الفريدة على تكوين الروابط تنوعًا هائلًا من الجزيئات التي تدعم الحياة، والتكنولوجيا الحديثة، والطب، والزراعة، والصناعة.

سؤال توجيهي: كيف يمكن لتغيير ترتيب ذرات الكربون أن يُنتج مواد ذات خصائص واستخدامات مختلفة تمامًا؟

الاستكشاف

أي من هذه المواد تعتقد أنها تمتلك أكثر التراكيب الكيميائية تشابهًا؟ فسّر أسباب اختيارك.

- الجلوكوز (السكر)
- زجاجة بلاستيكية
- البنزين
- الأسبرين
- شمع الشموع

تعلم

١. المركبات العضوية:

(أ) **المركبات العضوية:** مركبات ذات هيكل من ذرات **الكربون**.

(ب) **خصائص المركبات العضوية:**

(i) عدد أنواع العناصر المكوّنة قليل، لكن عدد أنواع المركبات **كبير جدًا**.

(ii) معظمها قابل للاحتراق، وعند احتراقه الكامل، يُنتج بشكل رئيسي ثاني أكسيد الكربون والماء.

(iii) تتكوّن من **جزيئات**، ولها **درجات انصهار وغليان منخفضة**.

(iv) معظمها **شحيح الذوبان** في الماء، لكنه **قابل للذوبان في المذيبات العضوية** مثل الكحولات (وهي مركبات عضوية سائلة تعمل كمذيبات).

٢. تصنيف المركبات العضوية:

(أ) **الهيدروكربونات:** مركبات عضوية تتكوّن من الكربون والهيدروجين فقط.

(i) الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة (الهيدروكربونات الأليفاتية): هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون في سلسلة.

- **الألكان:** هيدروكربون مفتوح السلسلة ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط أحادية فقط. الصيغة العامة C_nH_{2n+2}.
- **الألكين:** هيدروكربون مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n}.
- **الألكاين:** هيدروكربون مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة ثلاثية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- تُبنى المركبات العضوية حول هيكل من ذرات الكربون.
- تحتوي معظم المركبات العضوية على الكربون والهيدروجين، ويحتوي كثير منها أيضًا على الأكسجين أو النيتروجين.
- تحدد المجموعات الوظيفية الخواص الكيميائية للمركبات العضوية.

المفاهيم الأساسية:

- المركبات العضوية
- الهيدروكربونات
- المجموعات الوظيفية
- التركيب الجزيئي.

(ii) الهيدروكربونات الحلقية: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون في حلقة.

- **الألكان الحلقي:** هيدروكربون حلقي ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط أحادية فقط. الصيغة العامة C_nH_{2n}.
- **الألكين الحلقي:** هيدروكربون حلقي يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

(ب) **المجموعة الوظيفية:** مجموعة من الذرات تُحدّد خصائص المركب.

تصنيف المركبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية

اسم المركب	الصيغة البنائية	اسم المجموعة الوظيفية
حمض كربوكسيلي	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	مجموعة الكربوكسيل
إستر	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	رابطة الإستر
مركب نيترو	$-NO_2$	مجموعة النيترو
أمين	$-NH_2$	مجموعة الأمنيو
حمض سلفونيك	$-SO_3H$	مجموعة السلفو

اسم المركب	الصيغة البنائية	اسم المجموعة الوظيفية
الكحول، الفينولات	$-OH$	مجموعة الهيدروكسيل
إيثر	$-O-$	مجموعة الإيثر
كيتون	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	مجموعة الكربونيل (مجموعة الكيتون)
ألدهيد	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد)

جدول 4 – 2 – 1

(ج) **مجموعة الهيدروكربون:** الجزء المكوّن من الكربون والهيدروجين فقط، بخلاف المجموعة الوظيفية، ويُرمز له بالرمز R–.

مثال: تُمثَّل الكحولات بالصيغة R–OH

(د) **الصيغة البنائية المكثّفة:** صيغة شبه بنائية تُظهر فيها الزمرة الوظيفية بوضوح، بينما تُكتب بقية الذرات بشكل مكثّف (مجمّع).

مثال: يُكتب الإيثانول بالصيغة C_2H_5OH بدلًا من الصيغة الجزيئية C_2H_6O

التفكير النقدي:

الفرض:

عادةً ما تكون درجات انصهار وغليان المركبات العضوية أقل من كثير من المركبات غير العضوية.

الدليل:

تتكوّن معظم المركبات العضوية من جزيئات تترابط بقوى بين–جزيئية ضعيفة نسبيًا.

التعليل:

استخدم الأدلة الواردة في الدرس لتشرح لماذا تؤدي القوى البين–جزيئية الأضعف إلى درجات انصهار وغليان أقل.

.....

٣. المتشابهات الجزيئية (الإيزومرات):

الأيزومرات (المتشابهات الجزيئية): مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف في التراكيب.

(i) **الأيزومرات البنائية:** أيزومرات تختلف فيها ترتيب ارتباط الذرات.

(ii) **الأيزومرات الفراغية:** أيزومرات لها نفس ترتيب ارتباط الذرات ولكنها تختلف في تراكيبها الثلاثية الأبعاد.

- **الأيزومرات الهندسية (أيزومرات السيس-ترانس):** أيزومرات فراغية تنشأ نتيجة وجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.
- **الأيزومرات الضوئية (الإينانتيومرات):** أيزومرات فراغية تنشأ نتيجة احتواء الجزيء على ذرة كربون مرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة ذرة الكربون غير المتماثلة (ذرة كربون كيرالية).

تطبيق حياتي:

مستحضرات التجميل

تعتمد العطور والصابون والشامبو ومستحضرات العناية بالبشرة على جزيئات عضوية تحتوي على كحولات وإسترات ومركبات أروماتية.

الزراعة

الأسمدة والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب هي مركبات عضوية مصمَّمة بعناية لزيادة الإنتاج الزراعي.

كن مواطنًا عالميًا

الكيمياء العضوية المستدامة

تعد الكيمياء العضوية أساسيةً لتطوير:

- البلاستيك القابل للتحلل الحيوي.
- الوقود الحيوي المتجدد.
- المذيبات الصديقة للبيئة.
- الأسمدة المستدامة.
- الأدوية الصديقة للبيئة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) من بين الخواص التالية عن المركبات العضوية، اخترجميع الخواص الصحيحة.

(i) تتكوّن المركبات العضوية من جزيئات، وكثير منها قابل للذوبان في الماء لكنه قليل الذوبان في المذيبات العضوية.

(ii) قد توجد مواد لها الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في طريقة ارتباط الذرات وفي تراكيبها.

(iii) توجد أنواع كثيرة من المركبات العضوية لأنها تتكوّن من أنواع كثيرة من العناصر.

(iv) لها درجات انصهار وغليان منخفضة.

(v) ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات الصوديوم مركبات عضوية.

(ب) اذكر اسم المجموعة الوظيفية التي تحتها خط المركبات العضوية التالية.

(i) $\underline{HCHO}$ (ii) $\underline{HCOOH}$

(جـ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

تشمل الأيزومرات: الأيزومرات (A) التي يختلف فيها ترتيب ارتباط الذرات، وايزمرات فراغية يختلف فيها الترتيب ثلاثي الأبعاد للذرات أو مجموعات الذرات في الجزيء. وتشمل الايزومرات الفراغية كذلك الأيزومرات (B) التي تعتمد على الروابط الثنائية بين ذرات الكربون، و(C) التي تنشأ بسبب وجود ذرة كربون كيرالية.

الشرح [Explanation]

(أ) (i) كثير من المركبات العضوية قليل الذوبان في الماء وقابل للذوبان في المذيبات العضوية.

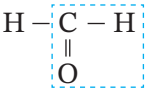
(ii) تُسمى المركبات ذات الصيغة الجزيئية نفسها لكن التراكيب المختلفة أيزومرات.

(iii) توجد أنواع كثيرة من المركبات العضوية، لكن أنواع العناصر المكوّنة لها قليلة.

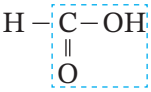
(iv) لأن المركبات العضوية تتكوّن من جزيئات، فإن درجات انصهارها وغليانها أقل من المركبات غير العضوية (وذلك بسبب أن القوى البين-جزيئية بين الجزيئات العضوية ضعيفة).

(v) يحتوي ثاني أكسيد الكربون CO_2 وبيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ على ذرات كربون، لكنهما يُعاملان كموادّ غير عضوية. لذا فالإجابة الصحيحة هي (iv)، (ii).

(ب) (i) المجموعة الوظيفية المكوّنة من C وH وO هي مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد).



(ii) المجموعة الوظيفية المكوّنة من C وO وO وH هي مجموعة الكربوكسيلية.



(جـ) A: بنائية B: سيس-ترانس C: أنانتيومر (صورة ضوئية)

فكّر كمهندس:

السيناريو

يحتاج المهندسون غالبًا إلى مواد قوية، مرنة، خفيفة الوزن، أو قابلة للتحلل الحيوي. إن فهم التركيب الجزيئي والزمر الوظيفية يُمكّن المهندسين من تصميم البلاستيك والألياف الصناعية والمواد اللاصقة والمواد الطبية بخصائص محدّدة.

ما الخاصية الأهم عند تصميم عبوة غذاء قابلة للتحلل الحيوي؟ اشرح إجابتك.

.....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. اقرأ النص الآتي، ثم أجب:

أنواع العناصر المكوِّنة للمركبات العضوية (A)، لكن أنواع المركبات (B) للغاية، ولها تراكيب (C) أو تراكيب حلقية. وتُسمّى مجموعة الذرات التي تحدد خصائص المركب العضوي (D). وتوجد أيضًا ايزومرات تُقسَّم إلى ايزومرات بنائية و(E). وتشمل (E): (F) التي تنشأ بسبب رابطة ثنائية، و(G) التي تنشأ بسبب ذرة كربون غير متناظرة.

(أ) اكتب الكلمات المناسبة للفراغات من (A) إلى (G).

(ب) أكتب اسم الهيدروكربونات الآتية:

(i) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n} ويحتوي على رابطة ثنائية واحدة بين ذرتي كربون.

(ii) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n} ولا يحتوي على روابط ثنائية وله تركيب حلقي.

(iii) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n-2} ويحتوي على رابطة ثلاثية واحدة بين ذرتي كربون.

(جـ) اختر جميع الخواص الصحيحة لخصائص المركبات العضوية، واكتب الحروف المقابلة.

A. كثير منها قليل الذوبان في الماء لكنه قابل للذوبان في المذيبات العضوية.

B. كثير منها يتكوّن من روابط تساهمية وهي إلكتروليتات.

C. كثير منها يتكوّن من جزيئات وله درجات انصهار وغليان مرتفعة نسبيًا.

D. كثير منها مركبات قابلة للاحتراق، وغالبًا ما تُنتج الماء وثاني أكسيد الكربون عند الاحتراق.

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات أدناه.

(أ) $CH_3\underline{CHO}$ (ب) $CH_3\underline{CO}CH_3$ (جـ) $C_2H_5\underline{COOH}$

(د) $C_2H_5\underline{OH}$ (هـ) $C_6H_5\underline{NO_2}$ (و) $CH_3\underline{NH_2}$

(ز) اكتب اسم المجموعة الوظيفية التي تحتها خط في كل مركب.

(ح) ما نوع كل مركب عضوي بناءً على مجموعته الوظيفية؟ اكتب اسم العائلة التي ينتمي اليها كل منهم. (مع ملاحظة أن د ليس فينولًا).

3. أي من الأوصاف التالية عن زوج من الأنانتيومرات غير صحيح؟

(أ) الخصائص مثل درجتي الانصهار والغليان متماثلة.

(ب) لهما نفس الصيغة الجزيئية .

(جـ) يختلف تركيبهما ثلاثي الأبعاد.

(د) يحتويان داخل الجزيء على رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.

تحدَّ تفكيرك:

مركبين الصيغة الجزيئية نفسها C_3H_6O.

أحدهما له رائحة عطرة ويُستخدم في العطور.

والآخر مذيب صناعي مهم.

التحدي

دون تغيير الصيغة الجزيئية، اشرح كيف يمكن لتغيير ترتيب الذرات فقط أن يُنتج مواد مختلفة تمامًا.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد كيميائي إنتاج مركب يمتزج جيدًا بالماء: أي مجموعة وظيفية ستكون الأنسب؟

(أ) سلسلة هيدروكربونية (ب) المجموعة الهيدروكسيلية ($-OH$)

(جـ) سلسلة كربونية فقط (د) رابطة ثلاثية بين كربونين

٢. أي من الخواص التالية تُحدَّد بشكل رئيسي من المجموعة الوظيفية؟

(أ) عدد النيوترونات (ب) النشاط الكيميائي

(جـ) عدد البروتونات (د) الكتلة الذرية

٣. املأ الفراغات بالكلمات أو الصيغ المناسبة. ملاحظة: استخدم n لتمثيل عدد ذرات الكربون عند كتابة الصيغ العامة.

المركبات العضوية هي مركبات ذات هيكل من ذرات (i). أنواع العناصر المكوّنة (ii)، وأنواع المركبات (iii).

عمومًا، تتكوّن من (iv)، ودرجات انصهارها وغليانها (v). كثير من المركبات العضوية (vi) في الماء، لكنها (vii) في المذيبات العضوية.

تُسمى الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة التي تحتوي على رابطة ثنائية واحدة بين ذرتي كربون (viii)، وتُمثَّل صيغتها العامة بـ $(n \geq 2)$ (ix). أما الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة التي تُمثَّل بالصيغة العامة C_nH_{2n-2} $(n \geq 2)$ وتحتوي على رابطة (x) واحدة بين ذرتي كربون فتُسمى (xi).

4. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمجموعات الوظيفية التالية:

(أ) مجموعة الهيدروكسيل (ب) مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد).

(جـ) مجموعة الكربوكسيل. (د) الرابطة الإيثرية. (هـ) الرابطة الإسترية.

(و) مجموعة النيترو (ز) مجموعة السلفو. (ح) مجموعة الأمينو.

(i) اكتب المجموعات الوظيفية من (أ) إلى (ح) كما في المثال.

(مثال: مجموعة الكربونيل) $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$

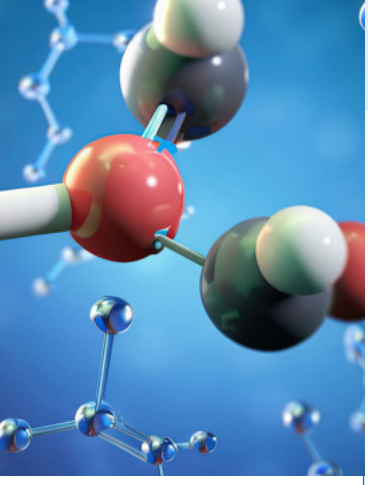
(ii) ما اسماء المركبات التي تحتوي على المجموعة الوظيفية من (أ) إلى (ح)؟

٥. أقرأ العبارات التالية من (أ) إلى (جـ)، ثم اكتب A إذا كانت تنطبق عندما يكون المركبان ايزوميران سيس-ترانس، B إذا كانا أنانتيومرين، C إذا كانت تنطبق في الحالتين، D إذا كانت لا تنطبق علي أي منهما.

(أ) الصيغ الجزيئية مختلفة.

(ب) التراكيب ثلاثية الأبعاد للجزيئات مختلفة.

(جـ) توجد رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.



٣-٤ — تحديد الصيغ البنائية للمركبات العضوية

مقدمة

يكتشف مختبر أدلة جنائية مركبًا عضويًا مجهولًا. ورغم أن العلماء يعرفون أنه يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين، إلا أنهم لا يعرفون هويته. ومن خلال حرق عيّنة صغيرة منه وقياس النواتج المتكوّنة بدقة، يمكنهم الكشف تدريجيًا عن التركيب الجزيئي للمركب.

في هذا الدرس، ستكتشف كيف يتعرّف الكيميائيون على المركبات المجهولة باستخدام الأدلة العلمية والاستدلال المنطقي.

سؤال توجيهي: كيف تحدّد حركة الجسيمات والقوى البين-جزيئية ما إذا كان السائل يتبخر أو يتكثف أو يغلي؟

تعلم

١. تحديد الصيغ البنائية:

(أ) **التحليل العنصري:** إجراء يُستخدم لتحديد نسبة كل عنصر موجود في المركب.

(ب) خطوات تحديد الصيغة البنائية تُحدَّد الصيغة البنائية للمركب العضوي وفق الخطوات التالية:

استخلاص عيّنة نقية ← تحديد العناصر المكوِّنة ← إجراء التحليل العنصري

← تحديد الصيغة الأولية ← تحديد الصيغة الجزيئية ← تحديد الصيغة البنائية.

(جـ) الصيغة الأولية: صيغة كيميائية تُظهر عدد الذرات المكوِّنة للمادة بأبسط نسبة عددية صحيحة.

(كيفية إيجاد الصيغة الأولية)

تساوي نسبة أعداد الذرات نسبة كتلة كل عنصر مقسومة على كتلته الذرية النسبية. لذلك، إذا كانت الصيغة الأولية للمركب $C_xH_YO_Z$، فإن:

$$X : Y : Z = \frac{\text{كتلة الـ C}}{\text{الذرية النسبية للـ C}} : \frac{\text{كتلة الـ H}}{\text{الكتلة الذرية النسبية للـ H}} : \frac{\text{كتلة الـ O}}{\text{الكتلة الذرية النسبية للـ O}}$$

محقق البيانات:

يحتوي أحد المركبات على الكربون والهيدروجين والأكسجين.

ويُعطي التحليل العنصري له الكتل التالية:

- الكربون = 24 g
- الهيدروجين = 4 g
- الأكسجين = 32 g

دون إجراء الحل الكامل، توقّع:

- أي عنصر له أكبر عدد من الذرات؟

.....

- ما المعلومة الإضافية التي تحتاجها لتحديد الصيغة الجزيئية؟

.....

(د) **الصيغة الجزيئية:** صيغة تُمثّل أنواع العناصر المكوِّنة وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء.

(العلاقة بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية)

الصيغة الجزيئية هي الصيغة الأولية مضروبة في n (عدد صحيح). والعلاقة الرياضية هي:

الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية × n. وتُحسب قيمة n من الكتلة الجزيئية النسبية للمركب.

$$n = \frac{\text{الكتلة الجزيئية النسبية}}{\text{كتلة صيغة الوحدة الأولية}}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- يحدد التحليل العنصري العناصر الموجودة في المركب.
- توضح الصيغة الأولية أبسط نسبة بين أعداد الذرات.
- توضح الصيغة الجزيئية العدد الفعلي لذرات كل عنصر.

المفاهيم الأساسية:

- الصيغة الأولية.
- الصيغة الجزيئية.
- الصيغة البنائية.

(هـ) **تحديد الصيغة البنائية:** تحديد التركيب الصحيح من بين الأيزومرات المحتملة بمعرفة المجموعة الوظيفية والخصائص الفيزيائية، مثل درجتي الانصهار والغليان.

التفكير النقدي:

الادّعاء:

لا يمكن تحديد الصيغة الجزيئية لمركب عضوي بالاعتماد فقط على النسب المئوية للعناصر.

الدليل

ما الدليل الذي يدعم هذا الادّعاء؟

.....

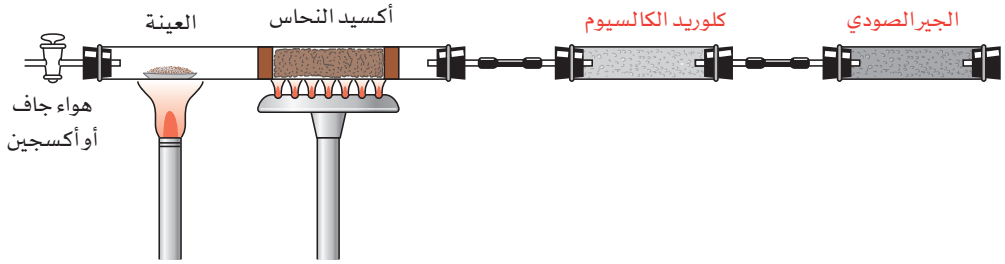
التعليل:

اشرح لماذا تكون الكتلة الجزيئية النسبية مطلوبة أيضًا.

.....

٢. قياس كتل الكربون والهيدروجين والأكسجين:

(خطوات التحليل العنصري لمركب مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين)



١ تسخين وحرق العينة:

- يُضاف أكسيد النحاس (II). السبب: لضمان احتراق العينة احتراقًا كاملًا.
- يتحول الكربون C إلى CO_2، ويتحول الهيدروجين H إلى H_2O.

٢ امتصاص النواتج المتكوّنة:

- أولًا، يُمتص H_2O في أنبوب كلوريد الكالسيوم.
- ثم يُمتص CO_2 في أنبوب الجير الصودي.

ملاحظة: لا يمكن عكس ترتيب الأنبوبين.

السبب: الجير الصودي يمتص كلًا من الماء وثاني أكسيد الكربون معًا، مما يجعل من المستحيل تحديد كتلتي الكربون والهيدروجين كلٍّ على حدة.

٣ حساب كتلتي الكربون والهيدروجين من مقدار الزيادة في كتلة كل أنبوب.

٤ إيجاد كتلة الأكسجين O.

كتلة الاكسجين = كتلة العينة − (كتلة الكربون + كتلة الهيدروجين)

تطبيق حياتي:

فحص جودة الغذاء

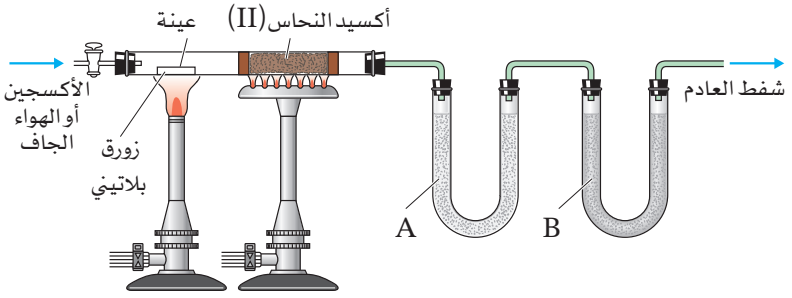
يحدّد علماء الأغذية محتوى الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين في الأطعمة لقياس القيمة الغذائية والتحقق من جودة المنتج.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

عند إجراء احتراق كامل لعيّنة مقدارها 30.8 g من مركب عضوي X مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين باستخدام الجهاز الموضّح، زادت كتلة الأنبوب A مقدار 25.2 mg، و كتلة الأنبوب B بمقدار 61.6 mg. كما أن الكتلة الجزيئية النسبية لهذا المركب 88. أجب عن الأسئلة التالية:

(H = 1.0, C = 12, O = 16)



(أ) ما دور أكسيد النحاس (II) في الجهاز الموضّح؟ أجب باختصار.

(ب) ما المادة التي يجب وضعها في الأنبوب A والأنبوب B على الترتيب؟

(جـ) أوجد كتلة C وكتلة H وكتلة O في المركب العضوي X، مع كتابة الوحدات المناسبة.

(د) اكتب الصيغة الجزيئية للمركب العضوي X.

(هـ) اكتب صيغتين بنائيتين محتملتين لحمض كربوكسيلي للمركب العضوي X.

الشرح

(أ) لضمان احتراق العينة احتراقًا كاملًا.

(ب) A: كلوريد الكالسيوم B: الجير الصودي

(جـ) كتلة C: يُمتص CO_2 في الأنبوب B. وبما أن كتلة الأنبوب B زادت بمقدار 61.6 g:

$$61.6\ \text{mg} \times \frac{12}{44} = 16.8\ \text{mg}$$

$$\text{كتلة الكربون} = \text{كتلة } CO_2 \times \frac{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ C}}{\text{الكتلة الجزيئية النسبية لـ } CO_2}$$

كتلة H: يُمتص H_2O في الأنبوب A. وبما أن كتلة الأنبوب A زادت بمقدار 25.2 g:

$$25.2\ \text{mg} \times \frac{2.0}{18} = 2.80\ \text{mg}$$

$$\text{كتلة الهيدروجين} = \text{كتلة } H_2O \times \frac{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ H}}{\text{الكتلة الجزيئية النسبية لـ } H_2O}$$

كتلة O: باستخدام كتلة الأكسجين = كتلة العينة – (كتلة الكربون + كتلة الهيدروجين):

$$30.8 - (16.8 + 2.80) = 11.2\ \text{mg}$$

وبناءً على ما سبق: كتلة (C) = 16.8 mg، كتلة (H) = 2.80 mg، كتلة (O) = 11.2 mg

(د) أولًا، نوجد الصيغة الأولية للمركب. بافتراض أن الصيغة الأولية هي $C_xH_YO_Z$، من الفقرة (جـ):

$$X : Y : Z = \frac{16.8}{12} : \frac{2.8}{1.0} : \frac{11.2}{16}$$

$$= 1.4 : 2.8 : 0.7$$

$$= 2 : 4 : 1$$

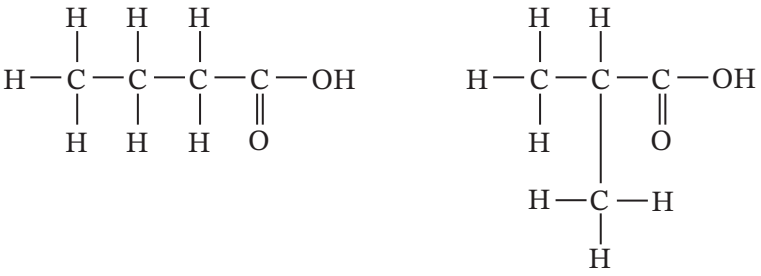
لذلك فإن الصيغة الأولية لهذا المركب هي C_2H_4O.

بعد ذلك، باستخدام العلاقة: الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية × n، وبما أن وزن صيغة C_2H_4O يساوي 44 والكتلة الجزيئية النسبية تساوي 88: $(n = 88 \div 44 = 2)$

لذلك فإن الصيغة الجزيئية المطلوبة هي ضعف C_2H_4O ، أي $C_4H_8O_2$

(هـ) بما أن الأحماض الكربوكسيلية تحتوي على المجموعة الوظيفية الكربوكسيلية $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$، فإن هناك صيغتين بنائيتين محتملتين لـ $C_4H_8O_2$:

بالنسبة إلى ذرات الكربون الثلاث، عدا ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل، يمكن أن



فكّر كمهندس:

يستخدم المهندسون الكيميائيون تحليل الاحتراق للتحقق من هوية ونقاء المواد المستخدمة في الأدوية والأغذية والمواد الكيميائية الصناعية.

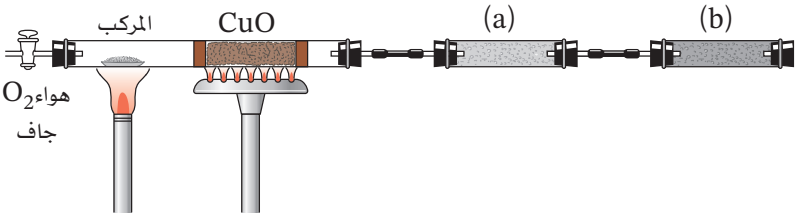
كيف يُحسّن التحليل الكيميائي الدقيق جودة المنتج والسلامة العامة؟

.....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة الآتية:

١. باستخدام الجهاز الموضّح، حدّد الصيغة البنائية لمركب عضوي مجهول. عند احتراق 1.02 g من مركب عضوي مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 2.2 g من ثاني أكسيد الكربون و0.90 g من الماء. أجب عن الأسئلة التالية. $(H = 1.0, C = 12, O = 16)$



(i) ما دور CuO؟ اختر أفضل إجابة من (أ) إلى (د):

(أ) لمنع الاحتراق غير الكامل للعينة. (ب) لزيادة الاحتفاظ بالحرارة داخل الأنبوب الزجاجي.

(جـ) لتسريع التفاعل. (د) للحفاظ على جفاف داخل الأنبوب الزجاجي.

(ii) لتحديد كتلة ثاني أكسيد الكربون الناتج، أي أنبوب — (a) أو (b) — يجب مقارنته قبل التفاعل وبعده؟

(iii) ماذا يجب أن يوضع في (a) و(b) على الترتيب؟ اختر واحدًا لكل منهما من بين الخيارات التالية:

(أ) ثاني أكسيد السيليكون (ب) هيدروكسيد الكالسيوم

(جـ) الحجر الجيري (د) بيكربونات الصوديوم

(هـ) كلوريد الكالسيوم (و) الجير الصودي

(iv) هل يمكن إجراء هذه التجربة إذا عُكس ترتيب (a) و(b)؟ فسر اجابتك بناءً على خصائص المواد الموجودة في الأنبوبين.

(v) أوجد الصيغة الأولية لهذا المركب العضوي.

(vi) بافتراض أن الكتلة الجزيئية النسبية لهذا المركب العضوي هي 102، أوجد صيغته الجزيئية.

(vii) من بين ايزومرات هذا المركب العضوي، اكتب واحدًا يحتوي على مجموعة كربوكسيلية.

٢. عند احتراق 30.0 g من المركب A المكوَّن فقط من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 66.0 g من ثاني أكسيد الكربون و 36.0 g من الماء. أجب عن الأسئلة التالية.

$(H = 1.0, C = 12, O = 16)$

(أ) ما كتلة الكربون الموجودة في 30.0 g من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(ب) ما كتلة الهيدروجين الموجودة في 30.0 g من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(جـ) ما كتلة الأكسجين الموجودة في 30.0 جم من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(د) اكتب الصيغة الأولية للمركب A.

(هـ) أوجد الصيغة الجزيئية للمركب A. بافتراض أن الكتلة الجزيئية النسبية للمركب A تساوي 180.

تحدَّ تفكيرك:

افترض أن مركبًا مجهولًا آخر أنتج:

- 44 mg من CO_2 و 18 mg من H_2O

دون إتمام كل الحسابات: توقّع ما إذا كان هذا المركب يحتوي على كربون أكثر أم أكسجين أكثر مقارنةً بالعيّنة السابقة.

.....

برّر توقّعك.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أثناء تحليل الاحتراق، لماذا يُضاف أكسيد النحاس (II)؟

(أ) لامتصاص ثاني أكسيد الكربون.

(ب) لامتصاص بخار الماء.

(جـ) لضمان الاحتراق الكامل.

(د) لتبريد الغازات.

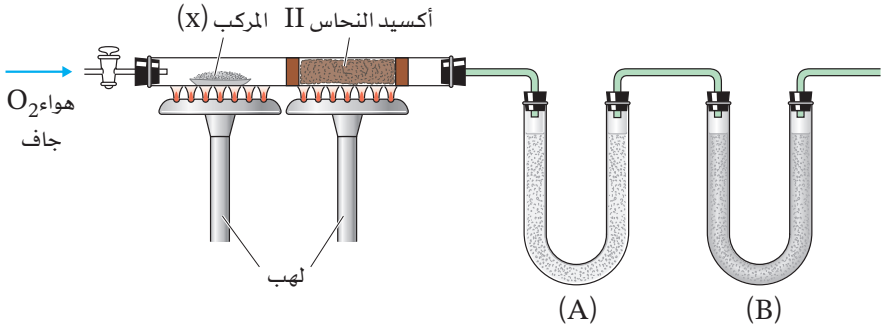
٢. أي من المواد التالية يستخدم ليجمع الماء الناتج أثناء الاحتراق؟

(أ) الجير الصودي (ب) كلوريد الكالسيوم

(جـ) أكسيد النحاس (د) محفز البلاتين

٣. مركب عضوي X مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين فقط. أُجري تحليل عنصري للمركب X باستخدام الجهاز الموضّح في الشكل أدناه. أجب عن الأسئلة التالية.

$(H = 1.0, C = 12, O = 16)$



(i) ما دور أكسيد النحاس (II)؟ اختر أفضل إجابة مما يلي.

(أ) عامل مختزل لاختزال X اختزالًا كاملًا

(ب) عامل مؤكسد لأكسدة X أكسدة كاملة

(ii) أي من المواد التالية يجب وضعها في الأنبوب A؟ اختر الحرف المناسب مما يلي.

(أ) الجير الصودي (ب) كلوريد الصوديوم

(جـ) كلوريد الكالسيوم (د) كربونات الكالسيوم

(iii) أي من المواد التالية التي تمتص في الأنبوب B؟

(أ) ثاني أكسيد الكربون (ب) الأمونيا

(جـ) بخار الماء (الماء) (د) الأكسجين

(iv) عند احتراق 72 mg من المركب X احتراقًا كاملًا، زادت كتلة أنبوب الامتصاص A بمقدار 72 mg وزادت كتلة أنبوب الامتصاص B بمقدار 176 mg. ما الصيغة الأولية للمركب X؟ اختر واحدة مما يلي وحدِّد الحرف المناسب.

(أ) C_4H_8O (ب) $C_8H_{16}O_2$ (جـ) $C_4H_8O_2$

(د) C_6H_2O (هـ) $C_{12}H_4O_2$

٤. بناءً على النتائج في كل من (I) و(II) أدناه، أجب عن الأسئلة التالية. $(H = 1.0, C = 12, O = 16)$

(I) عند احتراق 6.0 mg من المركب العضوي A المكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 13.2 mg من ثاني أكسيد الكربون و7.2 mg من الماء.

(II) عند تسخين 6.0 mg من المركب العضوي A في وعاء سعته 300 mL عند 27°C وضغط $3. \times 10^5$ pa حتى تحوّل إلى غاز، بحساب الكتلة الجزيئية النسبية باستخدام قانون الغاز المثالي وجدت 60.

(أ) أوجد الصيغة الأولية للمركب العضوي A.

(ب) أوجد الصيغة الجزيئية للمركب العضوي A.

(جـ) اكتب صيغة بنائية محتملة واحدة لكحول للمركب العضوي A.

٤-٤ — الهيدروكربونات المشبعة

مقدمة

تخيل رحلتَي تخييم.

في إحدى الرحلتين، يُشعل أحد المخيّمين موقدًا محمولًا يعمل بالغاز، فيحترق الوقود بلهب أزرق نظيف يُسخّن الماء خلال دقائق.

وفي الرحلة الأخرى، يسكب شخص ما البنزين على الأرض عن طريق الخطأ. فيتبخر الوقود بسرعة، مما يُشكّل خطر حريق كبيرًا.

ورغم أن كلا الوقودين من عائلة الألكانات، إلا أنهما يتصرفان بشكل مختلف تبعًا لتراكيبهما الجزيئية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لتركيب الألكان أن يُفسّر خصائصه الفيزيائية وتفاعلاته الكيميائية واستخداماته العملية في الحياة اليومية؟

الاستكشاف

لاحظ المركبين التاليين:

المركب A:

هيدروكربون يحتوي على خمس ذرات كربون مرتبطة في سلسلة مستقيمة، حيث ترتبط كل ذرة كربون بالذرة التالية ف تتابع المستمر.

المركب B:

هيدروكربون له الصيغة الجزيئية نفسها (C_5H_{12})، لكن ذرات الكربون فيه مرتبة في سلسلة متفرعة، مكوّنةً نمطًا بنائيًا مختلفًا.

بناءً على ملاحظاتك، فكّر في الأسئلة التالية:

١. ما أوجه التشابه التي تلاحظها بين المركبين A وB؟ .....

٢. كيف يختلف ترتيب ذرات الكربون في كل مركب؟ .....

تعلم

١. الألكان:

(أ) الهيدروكربونات المشبعة: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون بروابط أحادية فقط.

عدد ذرات الكربون	اسماء العناصر	الصيغة الجزيئية
1	الميثان	CH_4
2	الإيثان	C_2H_6
3	البروبان	C_3H_8
4	البيوتان	C_4H_{10}
5	البنتان	C_5H_{12}
6	الهكسان	C_6H_{14}

جدول 1-4-4: الألكانات مفتوحة السلسلة (المستقيمة)

(ب) الألكان: هيدروكربونات مشبعة مفتوحة السلسلة.

الصيغة العامة هي C_nH_{2n+2}. (انظر الجدول السابق)

(ج) مجموعة الألكيل: مجموعة هيدروكربونية تتكوّن بنزع ذرة هيدروجين واحدة من جزيء ألكان. (انظر الجدول أدناه)

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- الألكانات هيدروكربونات مشبعة.
- تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط.
- تدخل في تفاعلات إحلال مع الهالوجينات.

المفاهيم الأساسية:

- الألكان.
- الهيدروكربونات المشبعة.
- مجموعة الألكيل.
- الألكان الحلقي.
- تفاعل الاستبدال.
- المجموعة المستبدِلة.

جدول 2-4-4 أمثلة على مجموعات الألكيل

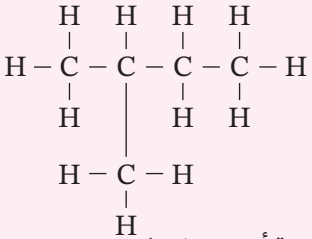
الاسم	التركيب
مجموعة الميثيل	CH_3-
مجموعة الإيثيل	CH_3CH_2-
مجموعة البروبيل	$CH_3CH_2CH_2-$
مجموعة الإيزوبروبيل	$(CH_3)_2CH-$

(د) **تسمية الألكانات:** في الألكانات المتفرعة، تُسمى أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون بالسلسلة الرئيسية، وتُسمى التفرعات بالسلاسل الجانبية.

• يُبنى اسم الألكان المتفرع كالتالي:

رقم موضع السلسلة الجانبية + اسم السلسلة الجانبية + اسم السلسلة الرئيسية

مثال: بالنسبة إلى الألكان الموضّح في الشكل الأصلي:



• موضع السلسلة الجانبية هو 2.

• السلسلة الجانبية هي مجموعة الميثيل.

• السلسلة الرئيسية هي البيوتان.

← الاسم هو 2-ميثيل بيوتان.

• رقِّم السلسلة بحيث يكون رقم موضع السلسلة الجانبية أصغر ما يمكن.

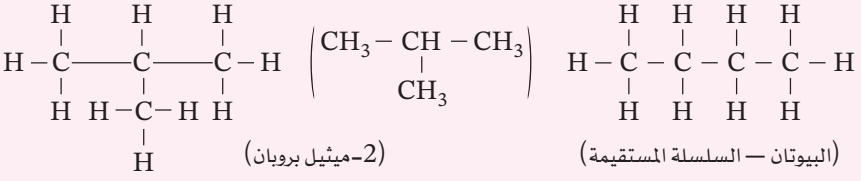
• عند وجود عدة سلاسل جانبية متماثلة، استخدم البادئات ثنائي- (2)، ثلاثي- (3)، أو رباعي- (4) قبل اسم السلسلة الجانبية.

ترقم السلسله الريسيه بحيث تاخذ السلسله الجانبيه اقل رقم ممكن اذا كان هناك اكثر من سلسله الجانبيه متماثله استخدم البدات
Di=2
tri=3
tetra-4
لسلسله الجانبيه قبل

(هـ) **تركيب الألكانات:**

• الألكانات التي تحتوي على 4 ذرات كربون أو أكثر لها ايزومرات بنائية.

مثال: يوجد ايزوميران بنائيان لألكان مكوَّن من 4 ذرات كربون.



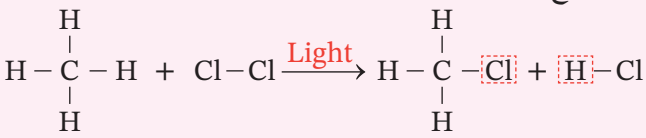
تُكتب الصيغة البنائية أحيانًا بطريقة مبسطة كالتالي:
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$

(و) **تفاعلات الألكانات:**

• عند الاحتراق الكامل، تُنتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

• عندما يُعرَّض خليط من ألكان وهالوجين للضوء، تُستبدل ذرات الهيدروجين في جزيء الألكان بذرات الهالوجين.

مثال: تفاعل الميثان مع الكلور.



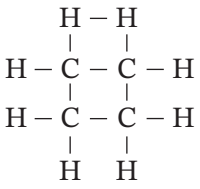
ملاحظة: يُسمى التفاعل الذي تُستبدَل فيه ذرة أو مجموعة ذرات في الجزيء بذرة أو مجموعة ذرات أخرى بهذه الطريقة تفاعل استبدال (إحلال)، وتُسمى الذرة أو مجموعة الذرات التي تحل محل الذرة أو المجموعة الأصلية مستبدِلًا (مجموعة مستبدِلة). وتُسمى الذرة أو المجموعة المُستبدَلة (بالمجموعة المغادرة).

(ز) الألكان الحلقي:

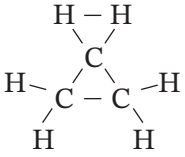
هيدروكربونات مشبعة حلقية. الصيغة العامة هي C_nH_{2n} $(n \geq 3)$.

أمثلة على الألكانات الحلقية:

سيكلوبيوتان (حلقة من 4 ذرات كربون)



سيكلوبروبان (حلقة من 3 ذرات كربون)



تطبيق حياتي:

تحتوي أنواع الوقود المختلفة على ألكانات مختلفة.

- يُستخدم الميثان في المنازل لأنه يحترق بشكل نظيف.
- يُستخدم البروبان في تشغيل المواقد المحمولة ومعدات التخييم.
- يُستخدم البنزين في تشغيل السيارات.
- يحتوي الديزل على هيدروكربونات ذات سلاسل أطول للمركبات الثقيلة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب اسم المادة الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

$$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$$

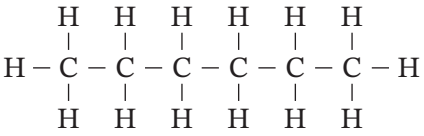
(ب) اكتب جميع الصيغ البنائية والأسماء للايزوميرات البنائية للألكان الذي له الصيغة الجزيئية C_6H_{14}.

الشرح

(أ) بما أنه ألكان مستقيم السلسلة مكوَّن من 4 ذرات كربون، فهو البيوتان.

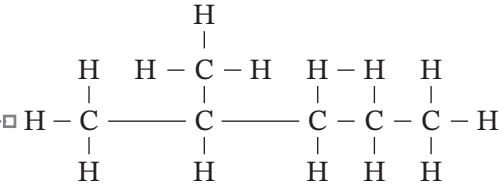
(ب) يوجد 5 ايزوميرات للألكان المكوَّن من 6 ذرات كربون.

الصيغة البنائية:



(سلسلة مستقيمة) الاسم: الهكسان

الصيغة البنائية:



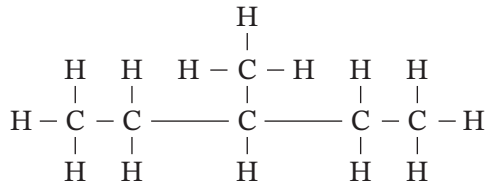
الاسم: 2-ميثيل بنتان

السلسلة الرئيسية 5 ذرات كربون، والسلسلة الجانبية متصلة بالذرة الثانية

كن مواطنًا عالميًا

يؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون الذي يساهم في تغيّر المناخ. ويعمل العلماء والمهندسون على تطوير أنواع وقود أنظف مثل الوقود الحيوي، والهيدروجين الأخضر، والهيدروكربونات الاصطناعية للحد من الآثار البيئية.

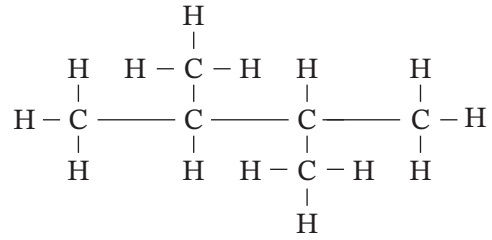
الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 5 ذرات كربون، والسلسلة الجانبية متصلة بالذرة الثالثة

الاسم: 3-ميثيل بنتان

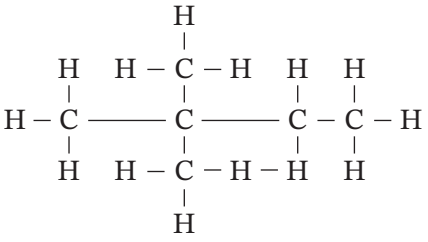
الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 4 ذرات كربون، والسلستان الجانبيتان متصلتان بذرتين

الاسم: 3،2-ثنائي ميثيل بيوتان

الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 4 ذرات كربون، والسلستان الجانبيتان متصلتان بالذرة

الاسم: 2،2-ثنائي ميثيل بيوتان

توقع:

يتفاعل الميثان مع الكلور ببطء شديد في الظلام.

توقَّع ماذا سيحدث إذا تعرَّض الخليط للأشعة فوق البنفسجية.

اشرح تعليلك قبل قراءة التفاعل.

حاول بنفسك:

أجب:

١. أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

في الهيدروكربونات المستقيمة السلسلة، تُسمى حسب عدد ذرات الكربون، فمثلًا CH_4 هو الميثان، و C_2H_6 هو (i)، و C_3H_8 هو البروبان، و C_4H_{10} هو (ii)، وهو ما يشكّل أساس تسمية المركبات العضوية.

(ب) لكل فراغ في الجمل التالية، اختر إجابة واحدة من A إلى D.

(i) عندما يُخلط الألكان بالكلور أو البروم و( )، يحدث تفاعل استبدال.

(أ) تسخين بطيء. (ب) تعريض للضوء.

(جـ) تسخين بدرجة حرارة عالية. (د) ترك في الظل.

(ii) بالنسبة للألكان الممثَّل بالصيغة C_5H_{12}، يوجد ( ) من الأيزومرات البنائية.

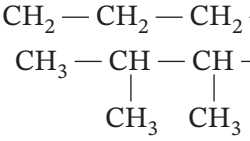
(أ) 2 (ب) 3 (جـ) 4 (د) 5

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

(أ) سمِّ المادة الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(ii)



(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية. إذا كان هناك أكثر من احتمال، ارسمها جميعًا.

(i) السيكلوبنتان (ii) الألكان الممثَّل بالصيغة C_4H_{10}

تحدَّ تفكيرك:

يمكن أن تشترك الألكانات الحلقية والألكانات المستقيمة السلسلة في الصيغة الجزيئية نفسها.

على سبيل المثال:

السيكلوبيوتان ← C_4H_8 البيوتين ← C_4H_8

لماذا يُصنَّف أحدهما ضمن الهيدروكربونات المشبعة بينما يُصنَّف الآخر ضمن الهيدروكربونات غير المشبعة؟

.....

اشرح إجابتك بالاستناد إلى الترابط والتركيب الجزيئي.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. هيدروكربون له الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. ما الذي يفسّر امتلاكه ثلاثة تراكيب مختلفة؟

(أ) اختلاف الكتل الجزيئية. (ب) اختلاف المجموعات الوظيفية.

(جـ) اختلاف ترتيب ذرات الكربون. (د) اختلاف أعداد ذرات الهيدروجين.

٢. يُعرِّض كيميائي خليطًا من الميثان والكلور لأشعة الشمس. أي نوع من التفاعلات يحدث؟

(أ) إضافة (ب) احتراق

(جـ) إحلال (د) تعادل

أجب عن السؤال التالي:

٣. املأ الفراغات بالكلمات أو الصيغ الكيميائية أو الأرقام المناسبة للصيغة العامة، استخدم n لتمثيل عدد ذرات الكربون.

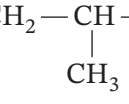
تُسمى الهيدروكربونات غير الحلقية التي لا تحتوي علي روابط غير المشبعة (الثنائية أو الثلاثية) (i)، وتُمثَّل بالصيغة العامة (ii). وعند ترتيب أفراد السلسلة المستقيمة منها تصاعديًّا حسب عدد ذرات الكربون هي (iii)، الإيثان، (iv)، البيوتان، (v)، وهكذا. وتوجد ايزوميرات بنائية لـ (i) التي تحتوي على (vi) ذرات كربون أو أكثر؛ فمثلًا، للبيوتان ايزوميران ، ولـ (v) يوجد (vii) من الايزوميرات. وهذه المركبات شديدة القابلية للاشتعال، ويُنتج احتراقها الكامل (viii) و (ix) (بأي ترتيب).

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

(أ) اكتب أسماء المواد الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(ii)



(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية. إذا كان هناك أكثر من احتمال، اكتبها جميعًا.

(i) السيكلوبروبان (ii) الألكان الممثَّل بالصيغة C_5H_{12}

الكيمياء عبر التخصصات

يدرس المهندسون الألكانات عند تصميم أنواع وقود عالية الكفاءة.

يراقب علماء البيئة انبعاثات الهيدروكربونات.

ويبحث الجيولوجيون في الهيدروكربونات أثناء استكشاف النفط.

٥-٤ — الهيدروكربونات غير المشبعة (١) (الألكينات)

مقدمة

تُصنَّع يوميًا ملايين الأكياس والزجاجات والأنابيب وعلب الطعام البلاستيكية من غاز بسيط يُسمى الإيثيلين. كما يساعد هذا الجزيء الفاكهة على النضج طبيعيًا على الأشجار وفي منشآت التخزين. كيف يمكن لجزيء صغير واحد أن يؤدي أدوارًا مختلفة إلى هذا الحد؟

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يمنح وجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون الألكينات خصائص مميزة، ويفسر تفاعلاتها الكيميائية، ويجعلها ذات قيمة في كل من الأنظمة البيولوجية والتطبيقات الصناعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لوجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون أن يغير من خصائص المركبات العضوية وتفاعلاتها وتطبيقاتها؟

الاستكشاف

انظر إلى الأشياء اليومية التالية:

- موزة خضراء
- موزة ناضجة
- كيس بلاستيكي للتسوق
- زجاجة بلاستيكية

رغم اختلافها الظاهري التام، إلا أنها ترتبط جميعًا بجزيء بسيط واحد: الإيثين (الإيثيلين).

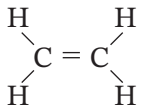
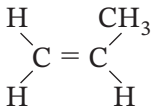
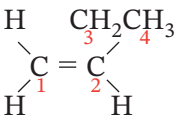
فكّر في:

- ما الذي يتغيّر أثناء نضج الموزة؟ .....
- لماذا تُصنع الكثير من المنتجات البلاستيكية اليومية من الإيثين؟ .....
- ما الخصائص التي تجعل هذا الجزيء مفيدًا للكائنات الحية وفي الصناعة؟ .....

تعلم

١. الألكين:

(أ) الهيدروكربونات غير المشبعة: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون بروابط ثنائية.

عدد ذرات الكربون	الاسم	الصيغة الجزيئية
2	الإيثين (الإيثيلين)	
3	البروين (البروبيلين)	
4	1-بيوتين	

الجدول 4-5-1 (أمثلة على الألكينات)

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تُعد الرابطة الثنائية بين ذرتي الكربون من أكثر المواضع نشاطًا في الكيمياء العضوية؛ لأنها تحتوي على منطقة مرتفعة الكثافة الإلكترونية يمكنها المشاركة بسهولة في التفاعلات.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربونات غير المشبعة.
- ايزوميرات سيس/ترانس
- الألكين الحلقي
- تفاعل الإضافة
- بلمرة بالإضافة.

(ب) **الألكين:** هيدروكربون غير مشبع مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة **ثنائية واحدة**.

وله الصيغة العامة هي C_nH_{2n}.

(جـ) **تسمية الألكينات:** (كما بالجدول السابق)

- يُشتق اسم الألكين بتغيير نهاية اسم الألكان الذي له **العدد نفسه** من ذرات الكربون من «ـان» إلى «ـين».
- في الألكينات التي تحتوي على أربع ذرات كربون أو أكثر، يُحدَّد موضع ذرة الكربون التي تبدأ عندها الرابطة الثنائية برقم، مع اختيار أصغر رقم ممكن.

(د) **خواص الألكينات:**

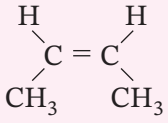
- تقع ذرتا الكربون المكوّنتان للرابطة الثنائية C=C والذرات الأربع المرتبطة بهما مباشرة في **المستوى نفسه** (مستوية).

(هـ) **الأيزوميرات سيس-ترانس (الأيزوميرات الهندسية):**

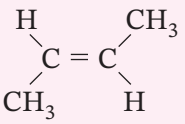
(i) الأيزومير سيس: ايزوميرات تكون فيها الذرات أو المجموعات المتماثلة على **الجانب نفسه** من الرابطة الثنائية.

(ii) الأيزومير ترانس: ايزوميرات تكون فيها الذرات أو المجموعات المتماثلة على **جانبين متقابلين** من الرابطة الثنائية.

مثال: الأيزوميرات سيس-ترانس لـ2-بيوتين



الأيزومير سيس (سيس-2-بيوتين)



الأيزومير ترانس (ترانس-2-بيوتين)

(و) **الألكين الحلقي:** هيدروكربون حلقي غير مشبع يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة لها C_nH_{2n-2} (حيث $n \geq 3$).

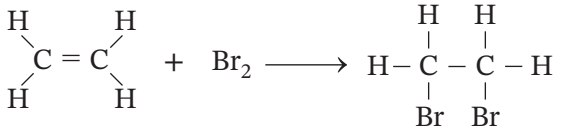
٢. تفاعلات الإيثيلين C_2H_4:

(أ) عملية تصنيع الإيثيلين: يُنتج الإيثيلين بتسخين مزيج من الإيثانول وحمض الكبريتيك المركّز إلى درجة حرارة 160°-170°م. ◻

يُنزع الماء من الإيثانول C_2H_5OH

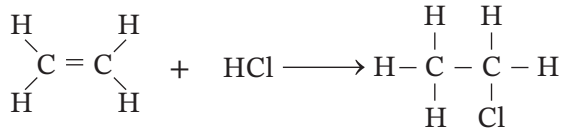
(ب) تفاعل الإضافة: تفاعل تضاف فيه ذرات أو مجموعات ذرات أخرى إلى رابطة غير مشبعة مثل الرابطة الثنائية، بتفاعل الإضافة، تتحول الرابطة الثنائية إلى رابطة أحادية.

- **تفاعل إضافة البروم:**



ايثيلين — بروم — 1،2- ثنائي بروموإيثان

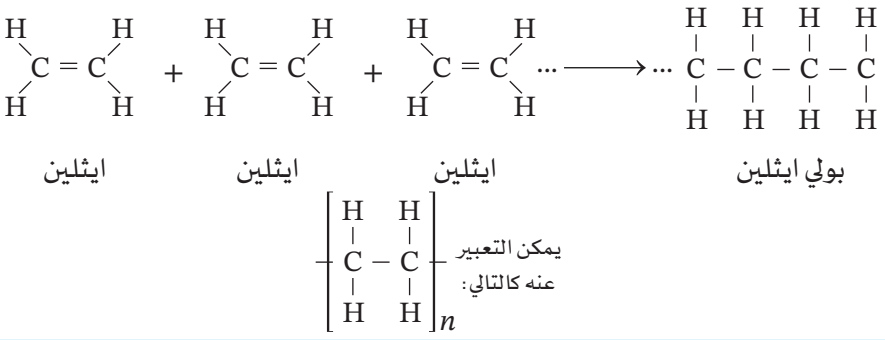
- **تفاعل إضافة كلوريد الهيدروجين:**



الايثيلين — كلوريد الهيدروجين — كلورو ايثان

(جـ) **بلمرة الإضافة:** تفاعل تخضع فيه جزيئات عديدة لتفاعلات إضافة متتالية لتكوين بوليمر طويل السلسلة.

• **إنتاج البولي إيثيلين:**



تطبيق حياتي:

تُطلق الفواكه مثل الموز والتفاح والطماطم غاز الإيثيلين أثناء نضجها.

تتحكم منشآت تخزين الفاكهة التجارية بعناية في تركيز الإيثيلين لتأخير النضج أثناء النقل أو تسريعه قبل وصول المنتجات إلى الأسواق.

مثال:

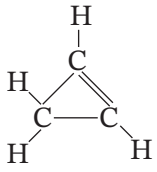
أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن السؤالين (i) و(ii).

(i) اكتب أسماء المركبات الممثَّلة بالصيغ البنائية التالية:

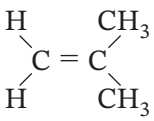
١. $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$

٢.

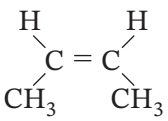


(ii) اخترمن التراكيب من A إلى C التركيب الذي له ايزوميران سيس–ترانس:

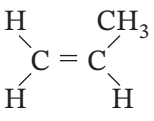
(١)



(٢)



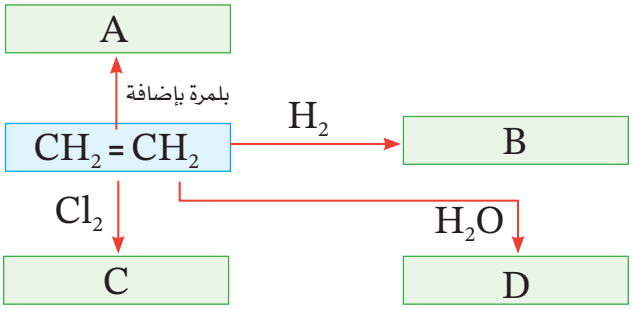
(٣)



(ب) أجب عن الأسئلة التالية من الشكل الموضح والذي يبين تفاعلات الإيثيلين.

(i) اكتب الصيغ البنائية للمواد من A إلى C.

(ii) اكتب أسماء المواد من A إلى D.



الشرح

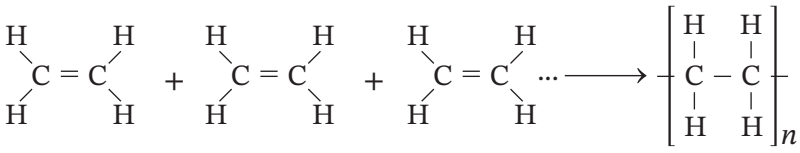
(أ)(i) A: غيّر المقطع "-ان" في البنتان، وهو ألكان يحتوي على 5 ذرات كربون، إلى "-ين" لتحصل على البنتين. وبما أن الرابطة الثنائية عند ذرة الكربون الأولى، فإنه يُسمى 1- بنتين.

(يُحسب موضع الرابطة الثنائية من الاتجاه الذي يعطي الرقم الأصغر).

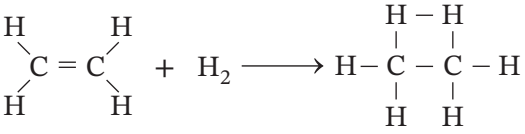
B: بما أنه ألكين حلقي يحتوي على 3 ذرات كربون، فإنه يُسمى السيكلوبروبين.

(ii) إذا كانت الذرات أو المجموعات المرتبطة بذرتي الكربون المكوّنتين للرابطة الثنائية C=C متماثلة، فلا توجد ايزوميرات سيس /ترانس في A، ترتبط الذرات أو المجموعات نفسها بكلتا ذرتي الكربون، وفي C، الذرات المرتبطة بإحدى ذرتي الكربون متماثلة، لذا لا توجد ايزوميرات سيس /ترانس، لذلك، الإجابة هي B.

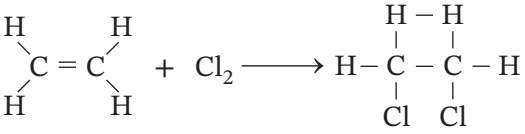
(ب)(i) A: عند خضوع الإيثيلين لبلمرة الإضافة فهو يتفاعل كما يلي:



B: عند تفاعل الإيثيلين مع الهيدروجين يحدث تفاعل الإضافة كالتالي:



C: عند تفاعل الإيثيلين مع الكلور Cl_2 تفاعل الإضافة التالي:



(ii) A: البولي إيثيلين ، B: الإيثان ، C: 1,2-2 يحدث ثنائي كلورو إيثان

(إضافة الماء)
الإيثيلين ⇆ الإثانول - H_2O (نزع الماء)

D: عند نزع الماء من الإيثانول، يُنتَج الإيثيلين. وعلى العكس، عند إضافة الماء H_2O إلى الإيثيلين، يُنتَج الإيثانول.

فكر بشكل نقدي:

سيناريو:

اكتشف علماء نوعين من الهيدروكربونات لهما الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_8.

أحدهما يتفاعل بسرعة مع ماء البروم، والآخر يتفاعل ببطء أكبر بكثير.

دون إجراء أي اختبارات إضافية، ماذا يمكن أن تستنتج بخصوص بنيتيهما الجزيئيتين؟ اشرح تفكيرك.

.....

كن مواطنًا عالميًا

تُنتَج كل عام ملايين الأطنان من البولي إيثيلين المصنع من الإيثيلين. ورغم أن البلاستيك يحسّن الحياة الحديثة، فإن التخلص غير السليم منه يسهم في التلوث العالمي. يعمل علماء حول العالم على تطوير بلاستيك قابل للتحلل وتقنيات إعادة تدوير متقدمة لخلق مستقبل أكثر استدامة.

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) ما اسم التفاعل الذي تضاف فيه ذرات أو مجموعات ذرات إلى رابطة غير مشبعة مثل الرابطة الثنائية أو الثلاثية؟

(ب) ما اسم التفاعل الذي تخضع فيه جزيئات عديدة للتفاعل في (أ) بشكل متتالٍ لتكوين بوليمر طويل السلسلة؟

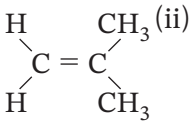
(جـ) اكتب الصيغة البنائية واسم المادة الناتجة عن تفاعل $CH_2=CH_2$ في (ب).

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

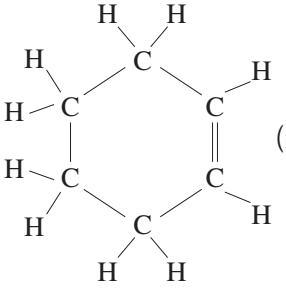
(أ) اكتب أسماء المواد الممثَّلة بالصيغ البنائية التالية:

(i) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$

(ii)

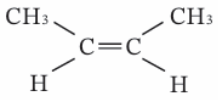


(iii)

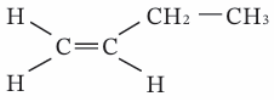


(ب) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالصيغ البنائية (A) إلى (G):

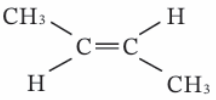
(A)



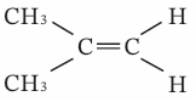
(B)



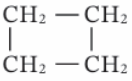
(C)



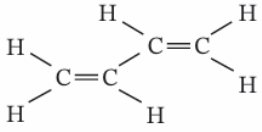
(D)



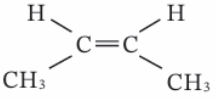
(E)



(F)



(G)

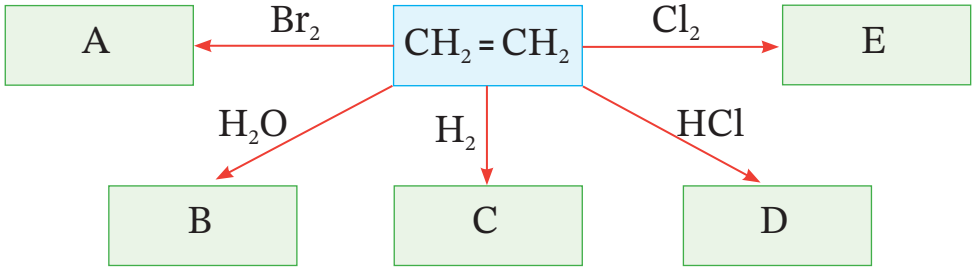


(i) اخترجميع المواد التي تُعد ايزوميرات بنائية للمادة (A) من بين (B) إلى (G).

(ii) اخترجميع المواد التي تُعد ايزوميرات سيس–ترانس للمادة (A) من بين (B) إلى (G).

٣. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالشكل الذي يوضح تفاعلات $CH_2 = CH_2$

(مع Br_2 و Cl_2 و H_2O و H_2 و HCl لإنتاج A إلى E)



(أ) اكتب أسماء المواد من (A) إلى (E).

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد من (A) إلى (E).

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد أحد الكيميائيين إنتاج البولي إيثيلين. ما التفاعل الذي ينبغي استخدامه؟

(أ) الاحتراق (ب) الإحلال

(جـ) إحلال (د) بلمرة الإضافة

٢. أي مما يلي يعبر عن ملاحظة تجريبية تقدّم دليلًا على أن مركبًا مجهولًا غير مشبع؟

(أ) يذوب في الماء (ب) له درجة غليان منخفضة

(جـ) يحترق بلهب أزرق (د) يزيل لون ماء البروم

٣. اختر الكلمات أو الصيغ الكيميائية المناسبة للفراغات في الجمل التالية من A إلى D، واختر الحرف المناسب.

(i) الألكينات لها نفس الصيغة العامة لـ( ) بنفس عدد ذرات الكربون.

(أ) الألكانات (ب) الألكاينات

(جـ) الألكانات الحلقية (د) الأحماض الكربوكسيلية

(ii) ( ) له ايزوميران من النوع سيس–ترانس

(أ) $CH_2 = CH_2$ (ب) $CH_3CH = CH_2$

(جـ) $CH_2 = CHCH_3$ (د) $CH_3CH = CHCH_3$

(iii) في ( )، تقع جميع الذرات في المستوى نفسه.

(أ) الميثان (ب) الإيثان

(جـ) الإيثيلين (د) السيكلوبروبان

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

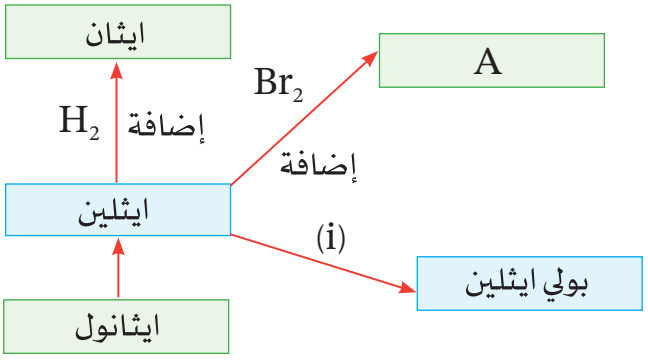
(أ) اكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH = C(CH_3) - CH_3$ (ii) $H_2C = C(CH_3)H$

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات من (i) إلى (iv) والتي تحقق الشروط التالية:

- (i) إلى (iv) جميعها ألكينات ممثَّلة بالصيغة الجزيئية C_4H_8.
- اسم المادة ذات الصيغة البنائية (i) هو 1–بيوتين.
- (i) و(ii) و(iii) ايزوميرات بنائية لبعضها البعض.
- (iii) و(iv) ايزوميران سيس–ترانس لبعضهما البعض، و(iii) هو الأيزوميرسيس.

٥. يوضح الشكل العلاقة المتبادلة بين تفاعلات المركبات العضوية. أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) يُنتَج الإيثيلين بنزع الماء من جزيء الإيثانول. اختر العملية الصحيحة لذلك.

A. اضافة حمض الهيدروكلوريك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 130–140°م.

B. اضافة حمض الكبريتيك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 130–140°م.

C. أضف حمض الهيدروكلوريك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 160–170°م.

D. أضف حمض الكبريتيك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 160–170°م.

(ب) ما اسم المركب A.

(جـ) ما اسم التفاعل (i)؟ اختر إجابة واحدة من A إلى E.

(أ) التعادل (ب) التكامل (جـ) نزع الماء (د) البلمرة (هـ) الاختزال

تحدَّ تفكيرك:

يتكوّن البولي إيثيلين بالكامل من الكربون والهيدروجين. لماذا لا يتصرف مثل الإيثيلين؟ .....

اشرح كيف يغيّر تغيّر حجم الجزيء خصائص المادة. .....

الكيمياء عبر التخصصات

- يصمم المهندسون بلاستيكًا أقوى باستخدام كيمياء البوليمرات.
- يستخدم علماء الزراعة الإيثيلين للتحكم في نضج الفاكهة.
- يبحث علماء البيئة في البوليمرات القابلة للتحلل.
- يطوّر المهندسون الطبيون الحيويون مفاصل صناعية ومواد تعويضية من البوليمرات.

٦-٤ — الهيدروكربونات غير المشبعة (٢) (الألكاينات)

مقدمة

تخيّل مشاهدة لحّام يُصلح جسرًا باستخدام لهب شديد الحرارة يمكنه إذابة الفولاذ خلال ثوانٍ. والمثير أن الوقود المسؤول عن هذا اللهب القوي هو هيدروكربون بسيط يُسمى الأسيتيلين. ويُستخدم الجزيء نفسه أيضًا في تصنيع البلاستيك والألياف الصناعية والعديد من المواد الكيميائية الصناعية المهمة.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تمنح الرابطة الثلاثية الفريدة بين ذرتي كربون الألكاينات بنيتها المميزة وتفاعليتها العالية ونطاقها الواسع من التطبيقات الصناعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يغيّر استبدال الرابطة الثنائية برابطة ثلاثية خصائص الهيدروكربون وسلوكه الكيميائي؟

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تتكوّن الرابطة الثلاثية بين ذرتي الكربون من رابطة سيجما (σ) واحدة ورابطتي باي (π)، مما يجعل الألكاينات أكثر تفاعلية من الألكانات وملائمة للعديد من تفاعلات الإضافة.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربونات غير المشبعة
- الألكاينات

الاستكشاف

يُستخدم الأسيتيلين في اللحام لأن اللهب الناتج عن احتراقه يمكن أن يصل إلى درجات حرارة تفوق 3000°C ، مما يجعله ساخنًا بما يكفي لقطع المعادن ولحامها.

وفي الوقت نفسه، يستخدم الكيميائيون الأسيتيلين كمادة أولية لإنتاج البلاستيك والمطاط الصناعي والأدوية ومواد كيميائية قيّمة أخرى.

فكّر في:

- لماذا يمكن لجزيء صغير واحد أن يطلق هذا القدر من الطاقة؟

.....

- ما السمة التركيبية التي تجعله أكثر نشاطا من العديد من الهيدروكربونات الأخرى؟

.....

تعلم

١. الألكاينات:

(أ) **الألكاين:** هيدروكربون غير مشبع مفتوح السلسلة يحتوي على **رابطة ثلاثية واحدة**. وله الصيغة العامة C_nH_{2n-2}

(ب) **تسمية الألكاينات:** بتغيير المقطع "-ان" في اسم الألكان المماثل له في عدد ذرات الكربون إلى "-اين".

(جـ) **تركيب الألكاينات:** تقع ذرتا الكربون المكوّنتان للرابطة الثلاثية $C \equiv C$ والذرتان المرتبطتان بهما مباشرة على خط مستقيم واحد (خطية). الألكاينات ليس لها ايزوميرات سيس-ترانس.

طبيعة العلم: التنبؤ

يتفاعل الأسيتيلين مع البروم أسرع بكثير من الميثان.

تنبّأ: لماذا يتفاعل هيدروكربون واحد على الفور بينما لا يُظهر آخر أي تفاعل يُذكر تحت الظروف نفسها؟

٢. تفاعلات الأسيتيلين C_2H_2:

الصيغة البنائية للأسيتيلين هي $CH \equiv CH$.

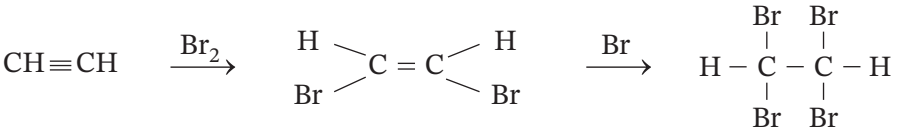
(أ) **عملية تصنيع الأسيتيلين:** يتم انتاج الأسيتيلين بإضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم (CaC_2).

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

(ب) تفاعلات الإضافة:

(i) إضافة جزيئات الهيدروجين: بإضافة جزيء واحد من الهيدروجين ينتج الإيثيلين، بإضافة جزيئين ينتج الإيثان.

(ii) إضافة الهالوجينات: يضاف جزيئان من الهالوجين إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.



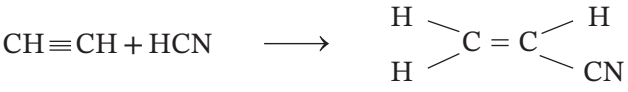
رباعي بروموايثان –1,1,2,2 ثنائي بروموايثان 1, 2–

(iii) إضافة مواد أخرى:

- **إضافة كلوريد الهيدروجين HCl:** ينتج كلوريد الفينيل $CH_2 \equiv CHCl$.

(كلوريد الفينيل)

- **إضافة سيانيد الهيدروجين HCN:** ينتج الأكريلونيتريل $CH_2=CHCN$.

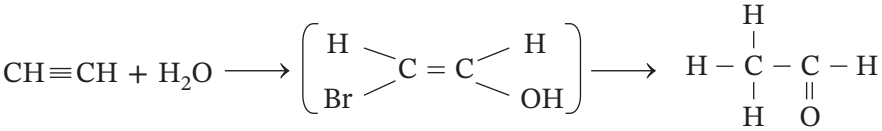


(الأكريلونيتريل)

- إضافة حمض الأسيتيك CH_3COOH: ينتج أسيتات الفينيل $CH_2=CHOCOCH_3$.

(أسيتات الفينيل)

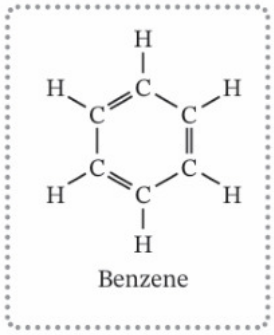
- **إضافة الماء H_2O:** ينتج الأسيتالدهيد CH_3CHO مرورا بكحول الفينيل غير المستقر.



(كلوريد الفينيل) الأسيتالدهيد

(iv) البلمرة الثلاثية (بلمرة 3 جزيئات):

تتحد 3 جزيئات من الأسيتيلين حلقيًا لتكوين البنزين C_6H_6.



تطبيق حياتي: أواني الضغط:

يُستخدم الأكريلونيتريل في تصنيع:

- ألياف الكربون للطائرات
- خوذات الحماية
- المعدات الرياضية
- المنسوجات الصناعية
- مكونات السيارات.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) ما اسم المادتين (i) و(ii)؟

(i) $CH \equiv C-CH_3$ (ii) $CH_3 - C \equiv C - CH_3$

(ب) اكتب الصيغة البنائية واسم المادة الناتجة من إضافة المواد من (i) إلى (iv) إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.

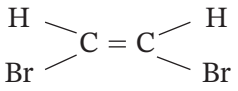
(i) جزيء واحد من الهيدروجين (ii) جزيئان من الهيدروجين

(iii) جزيئان من البروم (iv) جزيء واحد من الماء

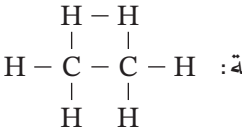
الشرح

(أ) (i) غيّر المقطع "-ان" في البروبان، وهو ألكان يحتوي على 3 ذرات كربون، إلى "-اين". البروباين.

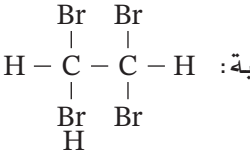
(ii) غيّر المقطع "-ان" في البيوتان، وهو ألكان يحتوي على 4 ذرات كربون، إلى "-اين" لتحصل على البيوتاين. وبما أن الرابطة الثلاثية عند ذرة الكربون الثانية، فإنه يُسمى 2-بيوتاين. (يُحسب موضع الرابطة الثلاثية من الاتجاه الذي يعطي الرقم الأصغر).

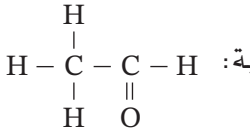
(ب) (i) الصيغة البنائية:  الاسم: الإيثيلين (الإيثين)

$$CH \equiv CH + H_2 \longrightarrow \begin{matrix} H & & H \\ & C = C & \\ H & & H \end{matrix}$$

(ii) الصيغة البنائية:  الاسم: الإيثان

$$CH \equiv CH + 2H_2 \longrightarrow \begin{matrix} H-H \\ | \\ H-C-C-H \\ | \quad | \\ H \quad H \end{matrix}$$

(iii) الصيغة البنائية:  الاسم: 1،1،2،2-رباعي بروموإيثان

(iv) الصيغة البنائية:  الاسم: الأسيتالدهيد

(عند إضافة جزيء ماء واحد، يتحول أولًا إلى كحول الفينيل $CH_2 = CHOH$، ولكن نظرًا لعدم استقراره، يتحول إلى الأسيتالدهيد.)

حاول بنفسك:

1. اجب عن الأسئلة الآتية:

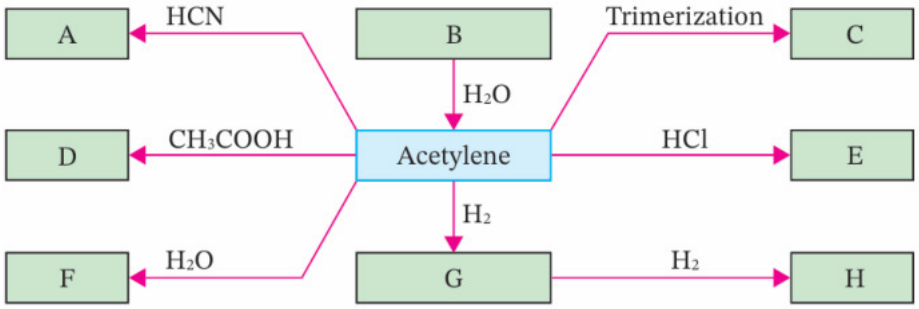
(أ) أكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH \equiv CH$ (ii) $CHBr_2-CHBr_2$

(ب) اكتب الصيغ البنائية لـ 1-بيوتاين و2-بيوتاين، وهما ايزوميران بنائيان لبعضهما البعض.

2. يوضح الشكل التالي مسارات تحضير مركبات مرتبطة بالأسيتيلين:

(بإضافة HCN و H_2O و CH_3COOH و HCl و H_2 والبلمرة الثلاثية لإنتاج المواد من A إلى H).



(أ) اكتب اسماء المواد من A إلى H.

(ب) أي من العبارات التالية عن المادة G صحيحة؟ اختر واحدة من I إلى IV.

(i) يمكن للرابطة بين ذرتي الكربون أن تدور.

(ii) عند إضافة جزيء واحد من الكلور Cl_2، ينتج 1،1-ثنائي كلورو إيثان.

(iii) جميع الذرات المكوّنة له موجودة في نفس المستوى.

(iv) يتفاعل بالإحلال بسهولة.

(جـ) اكتب الصيغة البنائية للمادة الناتجة عند إضافة جزيئين من البروم Br_2 إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.

تحدَّ تفكيرك:

تتحد ثلاثة جزيئات من الأسيتيلين لتكوين البنزين.

كيف يمكن لعدة جزيئات صغيرة أن تتحد لإنتاج مركب مختلف تمامًا بخصائص جديدة؟

.....

ما المزايا التي قد يوفرها هذا التحول في التصنيع الكيميائي؟

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي مما يلي يعد تطبيق صناعي يعتمد مباشرة على درجة حرارة احتراق الأسيتيلين العالية؟

(أ) تنقية المياه (ب) حفظ الأغذية

(جـ) لحام المعادن (د) إنتاج الأسمدة

كن مواطنًا عالميًا

كلوريد الفينيل هو المادة الأولية لـ PVC (بولي كلوريد الفينيل)، أحد أكثر أنواع البلاستيك استخدامًا في العالم.

يُستخدم PVC في:

- أنابيب مياه الشرب
- العزل الكهربائي
- الأنابيب الطبية
- إطارات النوافذ.

٢. أي من المنتجات التالية يمكن الحصول عليه بالبلمرة الثلاثية للأستيلين ؟

(أ)الإيثان (ب)السيكلوهكسان

(جـ) البولي إيثيلين (د)البنزين

٣. أجب عن الأسئلة التالية :

(أ) أكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH \equiv C-CH_3$

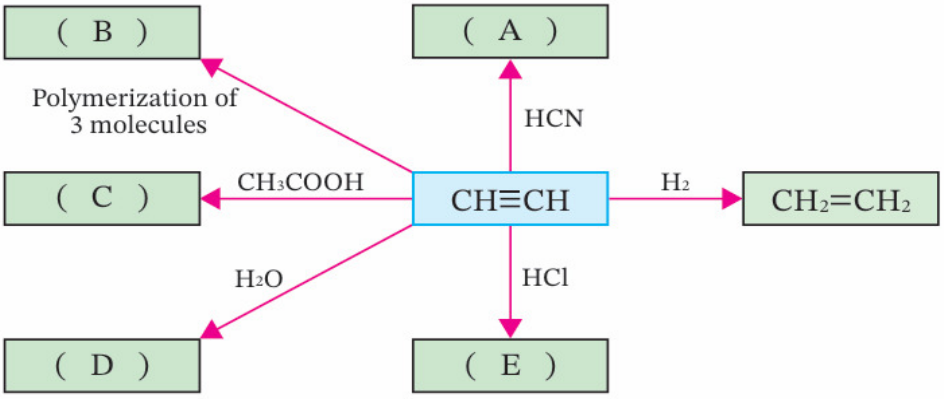
(ii) $CH \equiv C-CH_2-CH_3$

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية: 2

(ii) 2. بيوتاين (ii) 2,2,1,1 رباعي بروموإيثان

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالشكل الذي يوضح تفاعلات $CH \equiv CH$

(مع HCN و CH_3COOH و H_2O و HCl و H_2 والبلمرة الثلاثية لإنتاج من A إلى E، بحيث ينتج عن الإضافة أحادية H_2 الإيثيلين $CH_2=CH_2$).



(أ) اكتب الصيغ البنائية وأسماء المواد من (A) إلى (E).

(ب) اختر عملية التصنيع المعملية لـ $CH \equiv CH$ من I إلى IV مما يلي.

(I) إضافة الإيثانول إلى حمض الكبريتيك المركز عند 170–160°C .

(II) إضافة الإيثانول إلى حمض الكبريتيك المركز عند حوالي 130°C .

(III) إضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم CaC_2.

(IV) تسخين مخلوط من أسيتات الصوديوم CH_3COONa وهيدروكسيد الصوديوم

٧-٤ — الكحولات والإيثرات

مقدمة

تخيّل أنك تدخل مستشفى وتلاحظ رائحة معقم اليدين القوية. وبعد ذلك، ترى سيارة سباق تعمل بالإيثانول الحيوي، وفي المنزل يستخدم أحدهم الكحول الطبي لتطهير جرح.

تنتمي هذه المنتجات المختلفة تمامًا جميعها إلى العائلة نفسها من المركبات العضوية — الكحولات — إلا أنها تتصرف بشكل مختلف بسبب اختلافات صغيرة في تركيبها الجزيئي.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تحدد بنية الكحولات والإيثرات خصائصها الفيزيائية وتفاعلاتها الكيميائية وتطبيقاتها العديدة في الطب والصناعة والنقل والحياة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يغيّر تغيير بنية الكحول أو الإيثر خصائصه الفيزيائية وسلوكه الكيميائي وتطبيقاته العملية؟

الاستكشاف

فكّر في:

- معقم اليدين
- العطور
- الوقود الحيوي للمحركات
- المطهر الطبي
- المذيب المعملي

ناقش مع زميل:

- أي المنتجات قد تحتوي على كحول؟

.....

- لماذا تمتزج بعض السوائل بسهولة مع الماء بينما لا تمتزج أخرى؟

.....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تحتوي الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل (–OH)، بينما تحتوي الإيثرات على ذرة أكسجين مرتبطة بمجموعتي هيدروكربون (R–O–R′).

تخضع الكحولات الأولية والثانوية والثالثية لتفاعلات أكسدة مختلفة.

المفاهيم الأساسية:

- المجموعات الوظيفية
- تصنيف الكحولات
- الروابط الهيدروجينية
- نمط الأكسدة
- نزع الماء من الإيثانول
- الكحولات

تعلم

١. الكحولات:

(أ) **الكحولات:** مركبات يُستبدل فيها ذرة هيدروجين من هيدروكربون بمجموعة هيدروكسيل OH – ، الصيغة العامة لها R–OH.

(ب) **تسمية الكحولات:** بإضافة المقطع "–ول" إلى اسم الألكان المماثل له في عدد ذرات الكربون.

الاسم	الصيغة البنائية المكثفة
الميثانول	CH_3OH
الإيثانول	C_2H_5OH
1–بروبانول	$CH_3CH_2CH_2OH$
1–بيوتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

الجدول 4–7–1 (أمثلة على الكحولات)

(جـ) تصنيف الكحولات:

(i) الكحول الذي يحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة OH - يُسمى كحول أحادي الهيدروكسيل، والذي يحتوي على مجموعتين يُسمى كحول ثنائي الهيدروكسيل، والذي يحتوي على ثلاث مجموعات يُسمى كحول ثلاثي الهيدروكسيل.

التصنيف	مثال	الصيغة البنائية
أحادي الهيدروكسيل	الميثانول	CH_3-OH
أحادي الهيدروكسيل	الإيثانول	CH_3-CH_2-OH
ثنائي الهيدروكسيل	إيثيلين جليكول	$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ \vert \\ CH_2-OH \end{array}$
ثلاثي الهيدروكسيل	الجلسرين (الجليسرول)	$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ \vert \\ CH-OH \\ \vert \\ CH_2-OH \end{array}$

الجدول 4-7-2 (تصنيف الكحولات وأمثلة على المواد)

(ii) الكحول الأولي: به مجموعة هيدروكربونية أخرى واحدة مرتبطة بذرة الكربون التي تحمل مجموعة OH-؛ والكحول الثانوي: به مجموعتان؛ والكحول الثالثي: به ثلاث مجموعات.

كحول ثالثي	كحول ثانوي	كحول أولي
$\begin{array}{l} R^2 \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ R^3 \end{array}$	$\begin{array}{l} R^2 \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ H \end{array}$	$\begin{array}{l} H \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ H \end{array}$

فكّر بعمق:

سيناريو:

تريد شركة تطوير مطهر يتبخر بسرعة دون ترك بقايا.

هل توصي بـ: الإيثانول، أو الجليسرول، أم إيثر ثنائي الإيثيل؟

اشرح تفكيرك باستخدام البنية الجزيئية.

(د) تفاعلات الكحولات:

(i) **الذوبان في الماء:** نظرًا لأن مجموعة الهيدروكسيل ترتبط بسهولة بجزيئات الماء، فإن الكحولات ذات العدد القليل من ذرات الكربون تذوب بدرجة عالية في الماء.

(ii) **التفاعل مع الصوديوم:** عند إضافة الصوديوم إلى كحول، يتصاعد غاز الهيدروجين.

مثال: تفاعل الايثانول مع فلز الصوديوم :

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

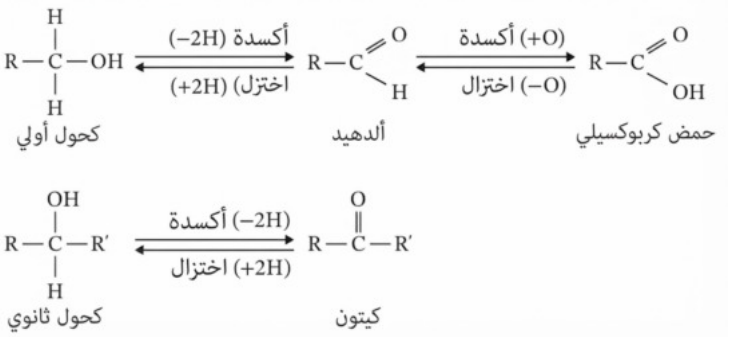
(إيثانوات الصوديوم)

(iii) **الأكسدة بعوامل مؤكسدة:**

الكحولات الأولية: تتأكسد إلى الألدهيدات ، ومع استمرار الأكسدة تُعطي الأحماض الكربوكسيلية.

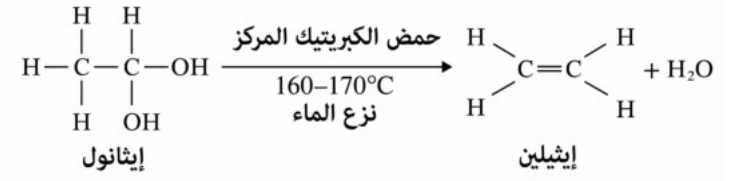
الكحولات الثانوية: تتأكسد إلى الكيتونات.

الكحولات الثالثية: تقاوم الأكسدة بالعوامل المؤكسد المعتادة

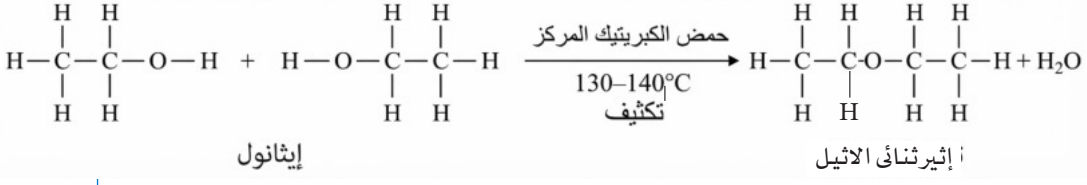


(iv) تفاعلات نزع الماء:

• عند تسخين خليط من الإيثانول وحمض الكبريتيك المركّز إلى 160°C – 170، ينتج الإيثيلين.



• عند التسخين إلى 130°C – 140 ينتج إيثرثنائي الإيثيل.



طبيعة العلم:

ملاحظة:

عند معالجة ثلاث عينات من الكحول بنفس العامل المؤكسد.

• العينة A تُكوّن ألدهيد.

• العينة B تُكوّن كيتون.

• العينة C لا تُظهر أي تفاعل يُذكر.

الاستنتاج: ما نوع الكحول في كل عينة؟

التنبؤ: ما المنتجات التي ستتكون إذا استمرت الأكسدة؟

٢. الإيثرات:

(أ) الإيثرات:

مركبات يُستبدل فيها ذرة هيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل OH- لكحول بمجموعة هيدروكربونية. الصيغة العامة هي $R^2 - O - R^2$.

(ب) خواص الإيثرات:

• تعتبر ايزوميرات بنائية لبعض الكحولات.

• درجات غليانها أقل مقارنةً بالكحولات الأيزومرية المماثلة لها.

• شحيحة الذوبان في الماء، ولا تتفاعل مع فلز الصوديوم.

(جـ) إيثرثنائي الإيثيل $C_2H_5OC_2H_5$:

• سائل عديم اللون، متطاير، له تأثير مخدر.

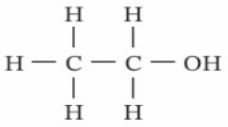
• مذيب للعديد من المركبات العضوية.

مثال:

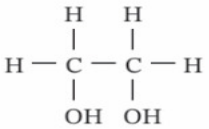
أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمواد A إلى D.

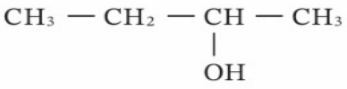
A



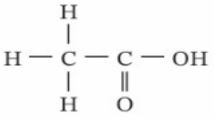
B



C



D



(i) أي من A إلى D كحول ثانوي؟ اختر الحرف المناسب.

(ii) أي من A إلى D كحول ثنائي الهيدروكسيل؟ اختر الحرف المناسب.

(ب) العبارات التالية من (i) إلى (iii) تصف الإيثانول أو إيثر ثنائي الإيثيل. اختر جميع العبارات التي تصف إيثر ثنائي الإيثيل.

(i) يولّد هيدروجين عند إضافة الصوديوم.

(ii) مذيب للعديد من المركبات العضوية.

(iii) ضعيف الذوبان في الماء.

(جـ) يحتوي أنبوبا اختبار على الإيثانول وإيثر ثنائي الميثيل، وكلاهما له الصيغة الجزيئية C_2H_6O. للتمييز بينهما، أُضيف فلز الصوديوم إلى كل أنبوب.

(i) اذكر الاختلاف في المشاهدة في كل أنبوب.

(ii) اشرح سبب حدوث هذا الاختلاف.

الشرح

(أ) (i) تُصنَّف الكحولات إلى أولية وثانوية وثالثية بناءً على عدد المجموعات الهيدروكربونية الأخرى المرتبطة بذرة الكربون التي ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل OH–.

في A و B، توجد مجموعة هيدروكربونية أخرى واحدة مرتبطة بذرة الكربون التي ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل، لذا فهما كحولان أوليان. في C، توجد مجموعتان، لذا فهو كحول ثانوي. D ليس كحول بل حمض كربوكسيلي يحتوي على مجموعة كربوكسيل COOH –. لذلك، الإجابة هي C.

(ii) تُصنَّف الكحولات إلى أحادية وثنائية وثلاثية الهيدروكسيل بناءً على عدد مجموعات الهيدروكسيل OH–.

A و C كلاهما يحتوي علي مجموعة هيدروكسيل واحدة، لذا فهما كحولات أحادية الهيدروكسيل. B يحتوي علي مجموعتين هيدروكسيل، لذا فهو كحول ثنائي الهيدروكسيل. لذلك، الإجابة هي B.

(ب) الإيثانول كحول، وإيثر ثنائي الإيثيل إيثر.

(i) الإيثانول كحول يتفاعل مع الصوديوم.

(ii) يذيب إيثر ثنائي الإيثيل العديد من المركبات العضوية ويُستخدم كمذيب عضوي.

(iii) الإيثانول شره الذوبان في الماء، لكن إيثر ثنائي الإيثيل ضعيف الذوبان في الماء. لذلك، الإجابة: (ii)، (iii).

(جـ) (i) الإيثانول: يُلاحظ فوران (غاز الهيدروجين) عند ذوبان الصوديوم.
إيثرثنائي الميثيل: لا يحدث أي تفاعل.
(ii) **مثال:** يحتوي الإيثانول على مجموعة هيدروكسيل، بينما يحتوي إيثرثنائي الميثيل على رابطة إيثرية ولا يحتوي علي مجموعة الهيدروكسيل.

فكّر كمهندس:

للمهندسين الكيميائيين يمكنهم إنتاج إما: الإيثيلين أو إيثرثنائي الإيثيل، من الإيثانول وذلك بتغيير درجة حرارة التفاعل فقط.

التحدي:

صمّم عملية لتعظيم إنتاج الإيثيلين مع تقليل تكوّن الإيثر إلى أدنى حد. ما درجة حرارة التشغيل التي تختارها؟ اشرح قرارك. .....

حاول بنفسك:

1. اختر كحول ثنائي الهيدروكسيل وكحول ثالثي من الكحولات التالية من A إلى E، واختر الحرف المناسب:

A $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$

B $HO - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$

C
$$HO - CH_2 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - OH$$

D
$$CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

E
$$CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}} - CH_3$$

2. املأ الفراغات بالكلمات أو الأرقام المناسبة في النص التالي:

تُصنَّف الكحولات بحسب عدد ذرات (A) المرتبطة بذرة الكربون التي تحمل مجموعة OH –. عندما (B) كحول باستخدام ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمّض بحمض الكبريتيك، تتحول الكحولات الأولية إلى (D) ثم إلى (C) بعد ذلك، بينما تُنتج الكحولات الثانوية (E)، لكن الكحولات الثالثية لا (B). كما تُصنَّف الكحولات بحسب عدد مجموعات (F) في الجزيء. الميثانول كحول أحادي الهيدروكسيل، والإيثيلين جليكول كحول ثنائي الهيدروكسيل، والجليسرين كحول ثلاثي الهيدروكسيل.

3. أي من العبارات التالية (i) إلى (vi) تصف الإيثانول؟ اختر كل ما ينطبق:

(i) ضعيف الذوبان في الماء.
(ii) يتفاعل مع فلز الصوديوم وينتج غاز الهيدروجين.
(iii) سائل عديم اللون، متطاير، له تأثير مخدر.
(iv) هو كحول أولي.

نشاط البيانات:

الأسئلة

- عند أي درجة حرارة يصل إنتاج الإيثر إلى أقصى مستوياته؟
- عند أي درجة حرارة يُفضَّل إنتاج الألكين؟
- اشرح باستخدام نظرية التصادم ومسارات التفاعل.

درجة الحرارة (°C)	الناتج الرئيسي
130	إيثرثنائي الإيثيل
140	إيثرثنائي الإيثيل غالبًا
150	مزيج
160	إيثيلين غالبًا
170	إيثيلين

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الكحولات التالية يتأكسد إلي كيتون؟

(أ) الميثانول (ب) الإيثانول (جـ) 2-بروبانول (د) بيوتانول- ثالثي

٢. يريد مهندس زيادة إنتاج الإيثيلين من الإيثانول. أي من الشروط التالية هو الأنسب لذلك؟

(أ) 120°C (ب) 135°C (جـ) 165°C (د) درجة حرارة الغرفة

٣. صنّف الكحولات التالية إلى كحولات أولية وثانوية وثالثية.

A $CH_3 - CH_2 - OH$

B $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$

C $CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3$

D $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - OH$

E $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - OH$

F $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - OH$

٤. املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات أو الصيغ الكيميائية المناسبة في النص التالي.

تُسمى المركبات التي تحل فيها مجموعات الهيدروكسيل محل ذرات الهيدروجين في هيدروكربون بشكل جماعي بالكحولات. اسم الكحول ذي البنية الأبسط هو الميثانول، وصيغته الجزيئية هي (A)، وصيغته البنائية المكثفة هي (B). اسم الكحول الذي يحتوي على ذرتي كربون هو (C)، ويُصنَّع صناعيًا بإضافة الماء إلى (D) باستخدام حمض الفوسفوريك أو ما شابه كعامل حفاز.

هناك نوعان من البنى التي تُستبدل فيها ذرة هيدروجين من البروبان بمجموعة هيدروكسيل: الكحول الأولي (E) والكحول الثانوي (F). عند أكسدة كحول أولي بعامل مؤكسد، يتحول أولًا إلى (G)، وعند مزيد من الأكسدة يُنتج (H).

٥. بالنسبة للعبارات التالية من I إلى V، اكتب A إذا كانت تعبر عن الإيثانول، وB إذا كانت تعبر عن إيثر ثنائي الإيثيل، وC إذا كانت تعبر عن كليهما، وD إذا كانت لا تعبر عن أي منهما.

(i) شديد الذوبان في الماء.

(ii) سائل شديد الاشتعال، متطاير، له تأثير مخدر.

(iii) يعمل كعامل مؤكسد.

(iv) سائل عديم اللون في درجة حرارة الغرفة.

(v) لا يتفاعل مع فلز الصوديوم.

تحدَّ تفكيرك:

مركب مجهول له الصيغة الجزيئية C_2H_6O.

الملاحظات التجريبية:

- يمتزج تمامًا مع الماء.
- يتفاعل مع الصوديوم، منتجًا فقاعات.
- لا يتصرف كإيثر.

حدد المركب. ادعم إجابتك بأدلة بنائية.

٨-٤ — الألدهيدات والكيتونات

مقدمة

تخيل كيميائيًا يعمل في مختبر مراقبة الجودة يستلم زجاجتين متطابقتين تحتويان على سوائل عديمة اللون. تُستخدم إحداهما لحفظ العينات البيولوجية، بينما تُوجد الأخرى عادةً في مزيل طلاء الأظافر. ورغم أنهما يبدوان متطابقين تقريبًا، تكشف اختبارات كيميائية بسيطة أنهما يتصرفان بشكل مختلف تمامًا. تُكوّن إحداهما مرآة فضية لامعة داخل أنبوب الاختبار، بينما لا تتفاعل الأخرى إطلاقًا.

كيف يمكن للكيميائيين التمييز بين مركبات تبدو متشابهة إلى هذا الحد؟ وماذا تكشف بنيتها الجزيئية عن سلوكها الكيميائي؟

دعونا نستكشف كيف تحدد بنية الألدهيدات والكيتونات خصائصها وتفاعلاتها وطرق التعرف عليها مخبريًا وتطبيقاتها الواقعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يميّز الكيميائيون بين الألدهيدات والكيتونات باستخدام تفاعلاتها الكيميائية؟

الاستكشاف

ايتلم مختبر زجاجتين غير بهما سوائل عديمة اللون غير معلومة .

الزجاجة A بها مادة تكون مرآة فضية عند تسخينها بكاشف تولنز. بينما مادة الزجاجة B لا تظهر تغيّر ملحوظ.

ناقش:

- هل السائلان مركب واحد؟ .....
- ما الدليل الذي يساعد في تحديد كل مادة؟ .....
- لماذا قد تتفاعل إحداهما بينما لا تتفاعل الأخرى؟ .....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

رغم أن الألدهيدات والكيتونات تحتوي كلاهما على مجموعة الكربونيل (C=O)، فإن موضع هذه المجموعة يحدد سلوكها الكيميائي.

المفاهيم الأساسية:

- الألدهيدات.
- محلول فهلنج.
- الكيتونات.
- تفاعل اليودوفورم

تعلم

١. الألدهيدات

(أ) **الألدهيدات:** مركبات تحتوي على مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد) $-C(=O)-H$ — الصيغة العامة لها هي $R-CHO$

(ب) **خواص الألدهيدات:**

- تنتج من أكسدة الكحولات الأولية، وباستمرار الأكسدة تتحول إلى أحماض كربوكسيلية.
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة ولذلك لها خصائص اختزالية.

(i) **اختبار المرآة الفضية:** عند إضافة ألدهيد إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية والتسخين، تُختزل أيونات الفضة Ag^+ ويترسب معدن الفضة.

(ii) **اختزال محلول فهلنج:** عند إضافة ألدهيد إلى محلول فهلنج وتسخينه، تُختزل أيونات النحاس II (Cu^{2+})، راسب أحمر من أكسيد النحاس $Cu_2O(I)$

يحتوي محلول فهلنج على Cu^{2+}

(ج) **أنواع مختلفة من الألدهيدات:**

(i) **الفورمالدهيد HCHO**

$H-C(=O)-H$

- غاز عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة.
- شديد الذوبان في الماء.
- يمكن تحضيره بأكسدة الميثانول في الهواء.
- يُسمى المحلول المائي الذي يحتوي على حوالي 37% فورمالدهيد بالفورمالين، ويُستخدم كمحلول لحفظ العينات التشريحية وغيرها.

(ii) **الأسيتالدهيد CH_3CHO**

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$$

- سائل عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة.
- يمكن تحضيره بأكسدة الإيثانول بمحلول مائي ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض حمض الكبريتيك.

فكّر كمهندس:

مطلوب من مهندسي مراقبة الجودة في شركة أدوية التحقق من تمام تأكسد الكحول أثناء الإنتاج.

أي اختبار معملي توصي به؟

- اختبار المرآة الفضية
- اختبار فهلنج
- اختبار اليودوفورم

بَرِّر توصيتك باستخدام أدلة كيميائية.

.....

٢. الكيتونات:

(أ) **الكيتونات:** مركبات ترتبط فيها مجموعتان هيدروكربونيتان بمجموعة الكربونيل.

والصيغة العامة لها هي: R^1-CO-R^2.

(ب) خواص الكيتونات:

- يمكن تحضيرها بأكسدة الكحولات الثانوية.
- لا تتأكسد بسهولة ولا تُظهر خصائص اختزالية.
- توجد ألدهيدات تُعد ايزوميرات بنائية لها.

(جـ) الأسيتون CH_3COCH_3:

- سائل عديم اللون، له رائحة لطيفة.
- يذوب في الماء بأي نسبة.
- يمكن تحضيره معمليا من أكسدة 2-بروبانول أو التحلل الحراري لأسيتات الكالسيوم.

(د) تفاعل اليودوفورم:

يحدث تفاعل اليودوفورم عند تسخين مركب عضوي له تركيب محدد مع اليود (I_2) في محلول مائي قاعدي، ويكون راسب **أصفر من اليودوفورم** (CHI_3) له رائحة مميزة.

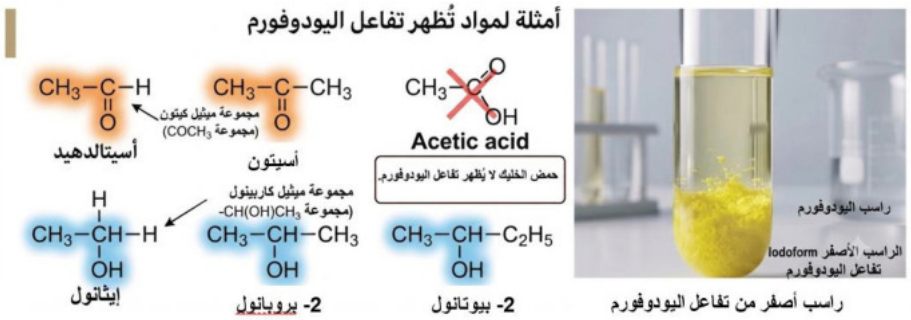
المتطلبات البنائية (التركيبية):

يحدث هذا التفاعل مع المركبات التي تحتوي جزيئاتها على إحدى الوحدات التركيبية التالية (حيث R هي ذرة هيدروجين (H) أو مجموعة هيدروكربونية):

(i) مركبات لها التركيب CH_3-CO-R (مثل الأسيتالدهيد، الأسيتون، إلخ.)

(ii) مركبات لها التركيب $CH_3-CH(OH)-R$ (مثل الإيثانول، بروبان-2-ول، إلخ.)

ملاحظة: تتأكسد المركبات التي لها التركيب (ii) بواسطة اليود أثناء التفاعل، فتتحول إلى مركبات لها التركيب (i). ونتيجة لذلك، تُعطي تفاعل اليودوفورم.



التفكير النقدي:

الادعاء: الألدهيدات عوامل مختزلة، أما الكيتونات فليست كذلك.

الدليل: استخدم نتائج كلا الاختبارين المعمليين.

التفسير: اشرح كيف تفسر الحالة التأكسدية والتركيب الجزيئي الاختلافات التي تم ملاحظاتها.

.....

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالإجراءات والنتائج التجريبية (I إلى III) الخاصة بالميثانول.

I. ضع حوالي 7mL من الميثانول في أنبوب اختبار وسخّنه في حمام مائي.

II. عند تقريب سلك نحاسي مسخّن حتى تحول إلى أكسيد نحاس (II) من سطح سائل الميثانول، تحول الجزء الأسود من السلك النحاسي إلى اللون الأحمر.

III. للتأكد من الناتج في التجربة II، عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، غُطي الجدار الداخلي لأنبوب الاختبار بمادة فضية بيضاء.

(i) في التجربة II، إلى ماذا تحول أكسيد النحاس (II)؟

(ii) في التجربة II، إلى ماذا تحول الميثانول؟ سمِّ المادة واكتب صيغتها البنائية.

(iii) ما خصائص المركبات العضوية التي يمكن أن تكشفها العملية التي تم أجراؤها في التجربة III؟

(ب) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات الممثَّلة بالصيغة الجزيئية C_3H_8O.

(i) من بين هذه المركبات، اكتب اسم المادة التي تتحول إلى ألدهيد عند الأكسدة الجزئية، وإلى حمض كربوكسيلي عند تمام الأكسدة.

(ii) اكتب الصيغ البنائية للألدهيد والحمض الكربوكسيلي الناتجين في (i).

(iii) من بين هذه المركبات، اكتب اسم المادة التي تتحول إلى كيتون بالأكسدة.

(iv) هل يعطي المركب في (iii) اختبار اليودوفورم؟

الشرح

(أ) (i) بما أن أكسيد النحاس (II) تحول إلى اللون الأحمر، يدل علي أنه تحول إلى نحاس. الإجابة: النحاس.

(ii) من (i)، بما أن أكسيد النحاس (II) اختُزل وتحول إلى نحاس، فإن الميثانول تأكسد. الناتج من أكسدة الميثانول هو الفورمالدهيد. لذلك، الاسم: الفورمالدهيد، الصيغة البنائية: $H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$

(iii) التفاعل الذي حدث في التجربة III هو اختبار المرآة الفضية، حيث تُختزل أيونات Ag^+ في المحلول المائي ويترسب معدن الفضة Ag. اختبار المرآة الفضية تفاعل ناتج عن الخاصية الاختزالية للألدهيد، وتُسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة فورميل الألدهيدات.

وبذلك، يكشف اختبار المرآة الفضية عن: المركبات العضوية المحتوية على مجموعة فورميل (مجموعة الألدهيد).

(ب) (i) ما يتحول إلى حمض كربوكسيلي عبر ألدهيد عند الأكسدة الغير تامة هو كحول أولي. في الكحول الأولي، ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون الطرفية. لذلك، المادة هي: 1-بروبانول. $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$

(ii) الألدهيد: $CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$ الحمض الكربوكسيلي: $CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH$

(iii) ما يتحول إلى كيتون عند الأكسدة هو كحول ثانوي. في الكحول الثانوي، ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون المركزية. لذلك، المادة هي: 2-بروبانول.

(iv) يعطي التفاعل.

تفسير البيانات – يحلل الطلاب النتائج التالية:

ناتج الأكسدة	فهلنج	المرآة الفضية	المركب
الميثانال	نعم	نعم	حمض الميثانويك
الإيثانال	نعم	نعم	حمض الإيثانويك
البروبانون	لا	لا	لا تفاعل

الأسئلة:

١. أي المركبات ألدهيدات؟ .....

٢. أي مركب كيتون؟ .....

٣. أي مركب هو الأسهل أكسدة؟ .....

٤. اشرح التركيب .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. وضع حوالي 5.0 mL من الميثانول في أنبوب اختبار وسخّن في حمام مائي إلي درجة 50°C. بعد التسخين، قُرِّب سلك نحاسي حلزوني مسخّن في الهواء باستخدام موقد غاز من سطح سائل الميثانول وهو ساخن، كما هو موضح في الشكل، وتكررت هذه العملية 5 إلى 6 مرات. أجب عن الأسئلة التالية.

كن مواطنًا عالميًا

الفورمالدهيد يستخدم في حفظ المواد البيولوجية، لكن التعرض المطول قد يؤثر على صحة الإنسان. ينظم العلماء والحكومات استخدامه في المدارس والمستشفيات وأماكن العمل.

(أ) إلى ماذا يتحول الميثانول نتيجة هذه العملية؟ اكتب الصيغة البنائية المكثفة واكتب اسم الناتج.

(ب) للتأكد من الناتج في (أ)، أُضيف محلول مائي من نترات الفضة النشادري. أي نوع من التغيّر يحدث؟ وما اسم الاختبار؟

(جـ) يُستخدم محلول مائي بتركيز حوالي 37٪ من المادة الناتجة في التجربة لحفظ العينات البيولوجية. ما اسم هذا المحلول المائي؟

٢. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

الألدهيدات مركبات تحتوي على مجموعة (CHO– (i ، و(ii) مركبات تحتوي على مجموعة كربونيل. كتجربة للتأكد من خصائص الألدهيد، هناك تجربة يُضاف فيها محلول مائي من نترات الفضة النشادرية إلى الألدهيد ويُسخَّن. يُسمى هذا اختبار (iii). أحد الألدهيدات هو (iv)، الذي يمكن تحضيره من أكسدة الإيثانول بمحلول مائي من ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك.

الأسيتون من الكيتونات وعند إضافة اليود إلى محلول مائي قاعدي يذوب فيه الأسيتون ويتفاعل، ينتج راسب أصفر ذو رائحة مميزة. يُسمى هذا التفاعل اختبار (v).

(ب) من الخواص التالية، اكتب A إذا كانت تنطبق على الأسيتالدهيد، وB إذا كانت تنطبق على الأسيتون.

I – ينتج من أكسدة كحول أولي.

II – ينتج من أكسدة كحول ثانوي.

III – يتحول إلى حمض كربوكسيلي عند الأكسدة.

IV – له خواص اختزالية.

٣. المركبات A و B و C مركبات عضوية لها الصيغة الجزيئية C_3H_8O. يتفاعل A و B مع فلز الصوديوم وينتج غاز، لكن C لا يتفاعل. كما أنه عند الأكسدة الغير تامة لـ A و B، يتم الحصول على المركب D من A، والمركب E من B. عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة النشادرية إلى D و E، يستجيب E فقط للاختبار. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب الصيغ البنائية لـ A إلى E.

(ب) من بين A إلى E، أي من هذه المركبات يُنتج راسبًا أصفر عند إضافة اليود وهيدروكسيد الصوديوم المائي؟ اخترجميع الحروف المناسبة.

(جـ) من بين A إلى E، أي من هذه المركبات يُنتج راسبًا أحمر عند إضافة محلول فهلنج والتسخين؟ اخترجميع الحروف المناسبة.

تحدَّ تفكيرك:

يُجري كيميائي الاختبارات التالية على مركب مجهول.

- اختبار تولنز إيجابي
- اختبار فهلنج إيجابي
- اختبار اليودوفورم سلبي

تنبَّأ:

- ما المجموعة الوظيفية الموجودة في المركب؟
- اقترح مركبًا محتملًا واحدًا.
- اشرح تفكيرك باستخدام الأدلة.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد كيميائي التمييز بين ألدهيد وكيتون باستخدام اختبار معملي بسيط. أي من الكواشف التالية يمكنه استخدامه؟

(أ) ماء البروم (ب) محلول نترات الفضة النشادري

(جـ) ألدهيد (د) حمض كربوكسيلي

٢. عند أكسدة كحول أولي أكسدة غير تامة. أي مما يلي يعبر عن الناتج؟

(أ) كيتون (ب) ألكين

(جـ) يحترق بلهب أزرق (د) يزيل لون ماء البروم

٣. بعد تسخين سلك نحاسي بشدة باستخدام موقد غاز، قُرِّب فورًا من سطح سائل الميثانول في أنبوب اختبار، وعاد السلك النحاسي إلى لونه الأصلي. بتكرار هذه العملية، تكوّن المركب A ذو الرائحة النفاذة. يمتلك A خاصية (i أكسدة/اختزال)، وعند إضافة محلول مائي يحتوي على A إلى محلول فهلنج وتسخينه، يتكوّن راسب (ii أحمر/أصفر) من (Cu_2O / CHI_3 iii). كما أنه عند إضافته إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية وتدفئته، يعطي اختبار (iv). أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اختر الكلمات أو الصيغ الكيميائية المناسبة للفراغات (i) إلى (iii) في النص من الخيارات الموجودة بين قوسين.

(ب) اذكر الكلمة المقابلة لـ (iv). (جـ) الألكانات الحلقية

(د) الأحماض الكربوكسيلية

(ii) ( ) له ايزوميران من النوع سيس-ترانس

(أ) $CH_2 = CH_2$ (ب) $CH_3CH = CH_2$

(جـ) في الجزء الذي تحته خط، لماذا عاد السلك النحاسي إلى لونه الأصلي؟ اشرح باستخدام جميع الكلمات التالية. [مجموعة الكلمات: الاختزال، أكسيد النحاس (II)، النحاس، الميثانول]

٤. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات المناسبة في النص التالي:

عند أكسدة كحول أولي بعامل مؤكسد، يتحول أولًا إلى (i)، وعند استمرار الأكسدة، ينتج (ii). كما أنه عند أكسدة كحول ثانوي، يتحول إلى (iii). على سبيل المثال، بأكسدة 2-بروبانول بعامل مؤكسد، يتحول إلى (iv)، وهو نوع من (iii).

(ب) اكتب A إذا كانت الخصائص التالية (i) إلى (v) تنطبق فقط على الفورمالدهيد، وB إذا كانت تنطبق فقط على الأسيتون، وC إذا كانت تنطبق على كليهما معًا.

(i) به التركيب –OC– (ii) يختزل محلول فهلنج.

(iii) يستجيب لاختبار اليودوفورم. (iv) يتحول إلى حمض كربوكسيلي بالأكسدة.

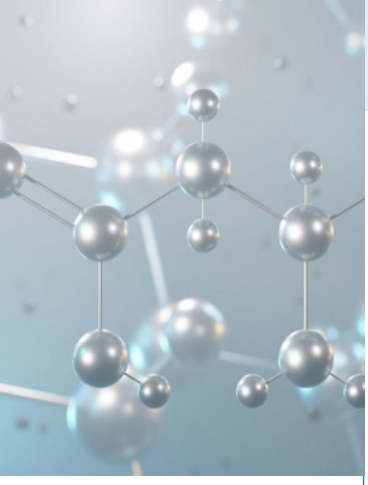
(v) يتحول إلى كحول ثانوي بالاختزال.

٥. اعتبر 3 أنواع من المركبات، A إلى C، لها الصيغة الجزيئية C_3H_8O. A و B كحولات، وC ايزومير لـ A و B. يمكن تحضير D من أكسدة A، أو من التحلل الحراري لأسيتات الكالسيوم بمعزل عن الهواء. E له خاصية اختزالية ويمكن تحضيره من أكسدة B، لكن بالأكسدة التامة لـ E، يتحول إلى F، وهو حمض ضعيف. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب اسم المركبات A و B و D.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبين C و E.

(جـ) من بين المركبات A إلى F، كم عدد المركبات التي تستجيب لاختبار اليودوفورم؟



٩-٤ — الأحماض الكربوكسيلية

مقدمة

فكر في الرائحة النفاذة للخل في مطبخك. لماذا مذاقه حامض، بينما للكحول مذاق وسلوك مختلفان تمامًا، رغم أن كليهما يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين؟

تخيل الآن أن دواءين يحتويان على الذرات نفسها مرتبة بطريقة متشابهة تقريبًا، إلا أن أحدهما يعمل بفعالية في جسم الإنسان بينما للآخر تأثير بيولوجي مختلف تمامًا.

في هذا الدرس، دعونا نستكشف كيف تحدد بنية الأحماض الكربوكسيلية والترتيب ثلاثي الأبعاد للجزيئات تفاعلاتها الكيميائية وأهميتها في علم الأحياء والطب والحياة اليومية.

سؤال توجيهي: توجيهي كيف تحدد البنية الجزيئية الخصائص الكيميائية والنشاط البيولوجي والتطبيقات العملية للأحماض الكربوكسيلية وأيزوميراتها؟

تعلم

١. الأحماض الكربوكسيلية

(أ) **الأحماض الكربوكسيلية:** مركبات تحتوي على مجموعة كربوكسيل COOH–، لها الصيغة العامة R–COOH .

(ب) **تصنيف الأحماض الكربوكسيلية:** الحمض الكربوكسيلي الذي يحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة COOH – يُسمى حمض أحادي الكربوكسيل، والذي يحتوي على 2 يُسمى حمض ثنائي الكربوكسيل.

(جـ) **الأحماض الدهنية:** أحماض أحادية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة.

- الأحماض الدهنية طويلة السلسلة: الأحماض دهنية التي تحتوي على أعداد كبير من ذرات الكربون.
- الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة: الأحماض الدهنية التي تحتوي على أعداد قليلة من ذرات الكربون.

(د) **خصائص الأحماض الكربوكسيلية:**

- يمكن الحصول عليها من أكسدة الكحولات الأولية والألدهيدات.
- محاليلها المائية حمضية ضعيفة.
- أقوي حامضية من حمض الكربونيك، وتتفاعل مع بيكربونات الصوديوم و ينتج ثاني أكسيد الكربون.

مثال:

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

التعلم القائم على الاستقصاء

طالب لديه سائلان عديما اللون: الخل، والإيثانول. وكلاهما سائل عديم اللون.

كيف يمكنك تحديد أيهما الحمض الكربوكسيلي باستخدام بيكربونات الصوديوم فقط؟

.....

تنبَّأ بملاحظاتك قبل قراءة الشرح.

.....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

الأحماض الكربوكسيلية هي مركبات عضوية بتحتوي على مجموعة الكربوكسيل (COOH–).
الإيناتوميرات هي ايزومرات هنائية وهي صور مرايا لبعضها البعض وملهاش نسخة مطابقة.
الأحماض الدهنية هي أحماض مونوكربوكسيلية بسلاسل مفتوحة.

المفاهيم الأساسية:

- الأحماض الدهنية
- المجموعات الوظيفية
- الأحماض الكربوكسيلية
- الأحماض
- الهيدروكسيلية
- الايزميرات الهندسية (cis–trans)
- الايزميرات الفراغية

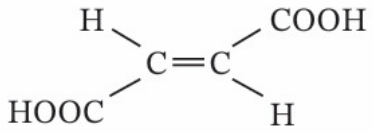
(هـ) أمثلة لأنواع مختلفة من الأحماض الكربوكسيلية:

(i) حمض الفورميك $HCOOH$: سائل عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة. و يحتوي في تركيبه علي مجموعة الفورميل.

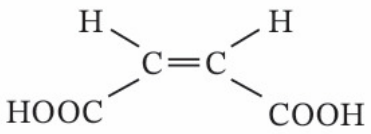
(ii) حمض الأسيتيك CH_3COOH: سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة. موجود في الخل بنسبة 4:5%

(iii) حمض الماليك، حمض الفوماريك: أحماض ثنائية الكربوكسيل تعتبر ايزوميرات هندسية (سيس–ترانس) لبعضها البعض.

- حمض الماليك (Maleic acid): ينزع منه الماء عند تسخينه.
- حمض الفوماريك (Fumaric acid): يَصعب نزع الماء منه.



حمض الفوماريك (ايزومير–ترانس)



حمض الماليك (ايزومير–سيس)

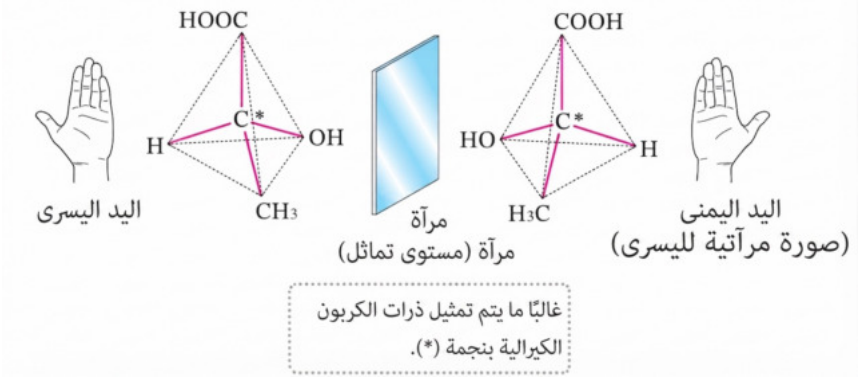
(iv) أحماض الهيدروكسيلية: أحماض كربوكسيلية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل – OH ولها خصائص الكحولات والأحماض الكربوكسيلية معًا. مثال: حمض اللاكتيك $CH_3CH(OH)COOH$.

٢. الإيزومرات الضوئية (الأيزوميرات البصرية):

(أ) ذرة الكربون الكيرالية (ذرة الكربون غير المتماثلة): ذرة كربون ترتبط بها 4 أنواع مختلفة من الذرات أو مجموعات الذرات.

(ب) الأيزوميرات الضوئية: ايزوميرات فراغية تنشأ بسبب وجود ذرة كربون كيرالية. لها علاقة الصورة الحقيقية بالصورة المرآتية، مثل اليد اليسرى واليد اليمنى.

ايزوميرات حمض اللاكتيك المرآتية (الإنانتيومرات):



التفكير النقدي:

الادعاء: يمكن أن يكون الأيزوميرات الضوئية خصائص فيزيائية متماثلة لكن تأثيرات بيولوجية مختلفة.

الدليل:

- نفس درجة الانصهار
- نفس الكثافة
- نشاط ضوئي مختلف
- استجابات فسيولوجية مختلفة

التفسير: المستقبلات البيولوجية ثلاثية الأبعاد وتتعرف على شكل الجزيء وليس صيغته الجزيئية.

(جـ) خصائص الايزمرات الضوئيه:

- تتساوي في درجة الانصهار والكثافة متماثلة.
- تختلف في النشاط الضوئي (دوران الضوء المستقطب المستوي) والتأثيرات الفسيولوجية مثل الطعم.

لأن المستقبلات الحيوية ثلاثية الأبعاد تتعرف شكل الجزيء و ليس صيغته الجزيئية فقط.

تطبيق حياتي:

لماذا يزيل الخل الترسبات الجيرية؟

يحتوي الخل على حمض الأسيتيك، وهو حمض ضعيف يتفاعل مع رواسب كربونات الكالسيوم (الترسبات الجيرية)، منتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون وأملاحًا ذائبة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اختر حرف الكلمة الأنسب لكل فراغ (ما بين القوسين):

(i) ( ) يتفاعل مع بيكربونات الصوديوم و يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون.

(أ) حمض الفورميك (ب) الأسيتون

(جـ) الإيثانول (د) إيثر إيثيل ميثيل

(ii) يمكن تحضير الأحماض الكربوكسيلية من أكسدة ( ).

(أ) كحول ثانوي (ب) كيتون

(جـ) ألدهيد (د) استر

(iii) الحمض ثنائي الكربوكسيل الذي ينزع منه الماء عند تسخينه هو ( ).

(أ) حمض الأسيتيك (ب) حمض الماليك

(جـ) حمض اللاكتيك (د) حمض الفوماريك

(ب) من A إلى C، اختر الصيغة البنائية التي تحتوي على ذرة كربون كيرالية (ولها أيزوميرات ضوئية).

A $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ **B** $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ **C** $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

الشرح

(أ) (i) الأحماض الكربوكسيلية هي التي تتفاعل مع بيكربونات الصوديوم لتوليد ثاني أكسيد الكربون. من بين الخيارات، حمض الفورميك فقط حمض كربوكسيلي. الإجابة: (أ) .

(ii) (جـ) (iii) (ب)

(ب) في ذرة الكربون الكيرالية، تكون الروابط الأربع لذرة الكربون (C) جميعها مرتبطة بذرات أو مجموعات مختلفة.

A $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_3$ B $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ C $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_3$

A : ترتبط بمجموعتين ($-CH_3$) (متكررتان)، وفي B : تحتوي على رابطة ثنائية، لذا لا ترتبط بها 4 أنواع مختلفة ، وفي C : ترتبط 4 مجموعات مختلفة ($-C_2H_5$ ، $-CH_3$ ، $-OH$ ، H) ، لذلك الإجابة : C

تفسير البيانات:

افترض أنه تم تسجيل الملاحظات التجريبية التالية.

يفقد ماء عند التسخين؟	المركب
نعم	حمض الماليك
لا	حمض الفوماريك

الأسئلة: ما الاستنتاج الذي يمكنك التوصل إليه حول تأثير ترتيب الجزيء على التفاعلات الكيميائية؟

حاول بنفسك:

1. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة أدناه:

(i) هو المكوّن الرئيسي للخل، وينتج من أكسدة (ii) الذي يحتوي على مجموعة فورميل. (i) سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة، ومحلوله المائي (iii)، وقوته (iv) من حمض الكربونيك.

(أ) املأ الفراغات بأسماء المواد والكلمات المناسبة في النص.

(ب) في أي من الظروف التالية يُلاحَظ تغيّر كيميائي؟ اختر الحرف المناسب، واذكر اسم الغاز الناتج.

A – إضافة أسيتات الصوديوم إلى ماء مكربن.

B – إضافة حمض الأسيتيك إلى محلول بيكربونات الصوديوم المائي.

2. املأ الفراغات من (i) إلى (iv) بالكلمات المناسبة. اختر المركبات A إلى E من بنك الكلمات واكتب صيغها البنائية:

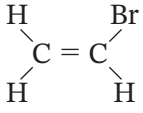
A ، B ، C أحماض (i) أحادية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة. يستجيب A لتفاعل المرآة الفضية، لكن B و C لا تستجيب. كما يحتوي C على مجموعة كربوكسيل ومجموعة (ii) في جزيئه، وهو حمض (iii) يوجد في الزبادي وغيره. ويحتوي C أيضا على ذرة كربون كيرالية واحدة في جزيئه، وله ايزوميرات (iv). من ناحية أخرى، D وE أحماض (v) ثنائية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة. D وE ايزوميران (vi) لبعضهما، وعند تسخين D يفقد ماء و ينتج أنهيدريد حمضي، و لا يحدث ذلك في حالة E.

[بنك الكلمات]

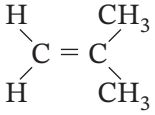
(حمض الفورميك، حمض الماليك، حمض الأسيتيك، حمض الفوماريك، حمض اللاكتيك)

3. من المركبات من (أ) إلى (د) التالية، اختر المركبات التي تعطي ناتجًا يحتوي ذرتي كربون كيراليتين عند إضافة اليود I_2.

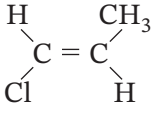
(أ)



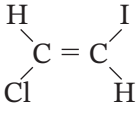
(ب)



(جـ)



(د)



تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. اضاف طالب بيكربونات الصوديوم إلى سائل مجهول. فتكونت فقاعات غاز علي الفور.
أي من المجموعات التالية توجد في هذه المادة؟

(أ) مجموعة هيدروكسيل (ب) مجموعة كربوكسيل

(جـ) مجموعة كربونيل (د) رابطة إيثرية

٢. أي من الأحماض التالية يعتبر المسؤول الرئيسي عن حامضية الخل؟

(أ) حمض الفورميك (ب) حمض الأسيتيك

(جـ) حمض اللاكتيك (د) حمض الفوماريك

٣. اختر الكلمات المناسبة للفراغات من (i) إلى (v) في النص التالي:

المركب الذي يحتوي على ((i) CHO / –COOH–) في الجزيء يُسمى حمض كربوكسيلي. حمض الأسيتيك نوع من الأحماض الكربوكسيلية، ومحلوله المائي له خواص ((ii) قاعدية/حمضية)، وقوته ((iii) أقوى/أضعف) من محلول ثاني أكسيد الكربون المائي (حمض الكربونيك). لذلك، عند إضافة ((iv) بيكربونات الصوديوم/الصوديوم) إلى حمض الأسيتيك، يتصاعد غاز ((v) الأكسجين/ ثاني أكسيد الكربون).

٤. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

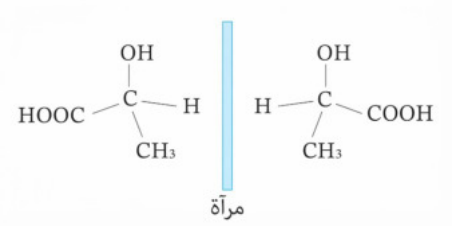
بما أن A يحتوي على مجموعة (i) بالإضافة إلى مجموعة كربوكسيل، فإن له خاصية (ii). لهذا السبب، عند إضافة A إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية يترسب (iii).

كما أنه من بين الأحماض ثنائية الكربوكسيل غير المشبعة ذات 4 ذرات كربون، يوجد (iv) كأيزومير–سيس و(v) ايزومير–ترانس، وهما ايزوميران (سيس–ترانس) لبعضهما.

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات A و(iv) و(v).

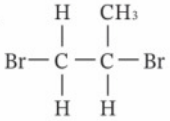
٥. يوضح الشكل ايزوميران لحمض اللاكتيك. اقرأ النص التالي عن حمض اللاكتيك وأجب عن الأسئلة التي تليه.

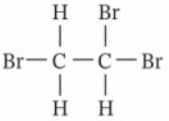


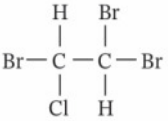
عندما ترتبط ذرة كربون بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة، كما في حمض اللاكتيك، تُسمى (i)، ويوجد زوج من الأيزوميرات (ii). تتماثل هذه الأيزوميرات (ii) في درجات انصهار والكثافة والخصائص الكيميائية عامة تقريبًا، لكنها تختلف في نشاطها الضوئي.

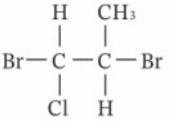
(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة.

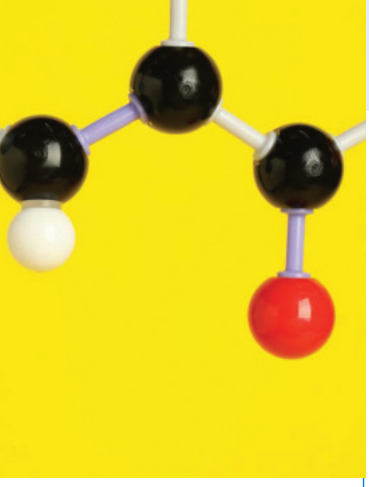
(ب) من بين A إلى D التالية، حدد الجزيئات التي تحتوي على صفر أو واحد أو اثنين من ذرات الكربون الكيرالية.

A 

B 

C 

D 



١٠-٤ — الإسترات

مقدمة

تخيل أنك تدخل مخبزًا وتلاحظ الرائحة اللطيفة للمعجنات الطازجة. وفي وقت لاحق من ذلك اليوم، تُقشِّر برتقالة وتستمتع برائحتها المنعشة. من المثير أن كثيرًا من هذه الروائح المألوفة يأتي من العائلة نفسها من المركبات — الاسترات.

لا تكون هذه المركبات مسؤولة فقط عن روائح الفواكه والزهور، بل تُستخدم أيضًا في العطور والدهانات والأدوية وحتى نكهات الطعام.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تتكوّن الإسترات، ولماذا لها خصائص فريدة، وكيف يستخدمها الكيميائيون في الحياة اليومية والصناعة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لنوع واحد من التفاعل الكيميائي أن يُنتج موادًا مفيدة في الغذاء والدواء والعطور والتصنيع؟

الاستكشاف

تأمل المنتجات التالية:

- العطور
- نكهة الموز
- مزيل طلاء الأظافر
- مخفف الدهان

ناقش مع زميل:

- ما المشترك بين هذه المنتجات؟ .....
- لماذا تأتي الكثير من الروائح الطيبة من أنواع متشابهة من الجزيئات؟ .....
- كيف يمكن للكيميائيين تصميم مركبات بروائح مختلفة؟ .....

تعلم

١. الإسترات

(أ) **الإستر:** مركب يحتوي على رابطة إسترية

$$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$$

(ب) **خصائص الإسترات:**

- معظمها شحيح الذوبان في الماء وتذوب في المذيبات العضوية.
- الإسترات ذات الأوزان الجزيئية الصغيرة لها رائحة الفاكهة.
- تُستخدم في صناعة العطور والمذيبات.

(جـ) **الأسترة:** تفاعل يُنزع فيه جزيء ماء من حمض كربوكسيلي وكحول لتكوين إستر.

بنية العلم

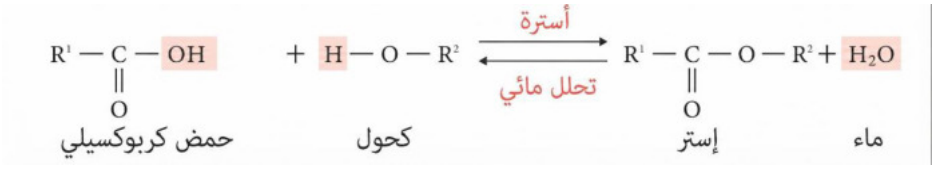
الحقائق الأساسية:

- الاسترات مسؤولة عن العديد من روائح الفاكهة الطبيعية.
- معظم الاسترات ضعيفة الذوبان في الماء.
- الأسترة تفاعل قابل للانعكاس.

المفاهيم الأساسية:

- رابطة الأستر.
- تفاعل التكاثف.
- التحلل المائي.
- التصبن.
- التخليق العضوي.

(د) **التحلل المائي:** هو التفاعل العكسي للأسترة. عند تسخين إستر مع حمض هيدروكلوريك مخفف أو حمض كبريتيك مخفف، وينتج حمض كربوكسيلي وكحول.



فكّر كعالم كيميائي:

تنبَّأ بما سيحدث إذا:

- أُضيف وفرة من الماء. .....
- عدم اضافة حمض الكبريتيك المركّز. .....
- سُخِّن المزيج لفترة أطول. .....

اشرح السبب...

.....

(هـ) ميكانيكية تفاعل الأسترة (آلية الأسترة):

أُجريت الأسترة باستخدام حمض كربوكسيلي (R^1-COOH) وكحول ($R^2-{}^{18}OH$) يحتوي على نظير الأكسجين ^{18}O (العدد الكتلي 18). و بتحليل الإستر الناتج وجد أنه لا يحتوي علي ^{18}O. تشير هذه النتيجة إلى أن مجموعة OH تنتزع من الحمض الكربوكسيلي وذرة H تنتزع من الكحول لتكوين الماء (H_2O).

(و) أنواع مختلفة من الإسترات:

(i) **أسيتات الميثيل** CH_3COOCH_3

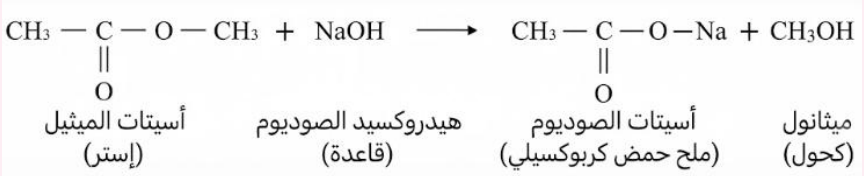
- يُنتَج من أسترة حمض الأسيتيك **والميثانول**.
- سائل عديم اللون، **ضعيف الذوبان** في الماء.

(ii) **أسيتات الإيثيل** $CH_3COOC_2H_5$

- يُنتَج من أسترة حمض الأسيتيك **والإيثانول**.
- سائل عديم اللون، **ضعيف الذوبان** في الماء.
- يُستخدم كمذيب للدهانات وكعطر.

(ز) **التصبن:** التحلل المائي لإستر في وجود قاعدة قوية. لينتج ملح حمض كربوكسيلي وكحول.

مثال: عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى أسيتات الميثيل والتسخين ينتج أسيتات الصوديوم والميثانول.



تطبيق حياتي:

يصمم الكيميائيون إسترات صناعية لها صيغ بنائية مختلفة للتحكم في :-

يصمم الكيميائيون إسترات صناعية ببنى جزيئية مختلفة للتحكم في:

• شدة الرائحة • معدل التبخر • الثبات • التكلفة

لذلك تدخل في العطور ومستحضرات التجميل والشامبو ومعطرات الجو غالبًا على إسترات مصممة خصيصًا.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

أجب عن الأسئلة التالية عن الإسترات A و B و C والتي لها الصيغة الجزيئية $C_4H_8O_2$.

(أ) عند التحلل المائي للإستر A، تم الحصول على كحول درجة غليانه 78°C وحمض الأسيتيك.

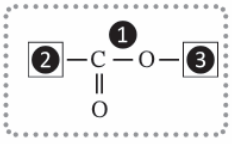
اكتب الصيغة البنائية واسم الإستر A.

(ب) عند إضافة الحمض الكربوكسيلي الناتج من التحلل المائي للإستر B إلى أنبوب اختبار يحتوي على محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، ترسبت الفضة على الجدار الداخلي لأنبوب الاختبار.

كما أنه عند أكسدة الكحول الناتج من B، تكوّن كيتون. اكتب الصيغة البنائية للإستر B.

(جـ) عند أكسدة الكحول الناتج من التحلل المائي للإستر C، يتكوّن الفورمالدهيد. كما أنه عند إضافة الحمض الكربوكسيلي الناتج إلى أنبوب اختبار يحتوي على محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، لم تترسب الفضة. اكتب الصيغة البنائية للإستر C.

الشرح

(أ) **١.** أكتب رابطة الإستر 

٢. بما أن الحمض الكربوكسيلي هو حمض الأسيتيك CH_3COOH، فإن تركيبة يحتوي على المجموعة CH_3 بالإضافة إلي مجموعة الكربوكسيل

٣. الكحول الذي له درجة الغليان 78°C هو الإيثانول (C_2H_5OH).

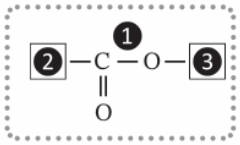
لذلك، الصيغة البنائية: $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5$

يتم إنتاج أسيتات الإيثيل عن طريق أسترة الإيثانول وحمض الاسيتيك

وما يُنتج الإيثانول وحمض الأسيتيك عند التحلل المائي هو أسيتات الإيثيل.

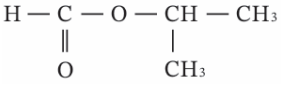
الاسم: أسيتات الإيثيل.

(ب) ١. أكتب رابطة الإستر

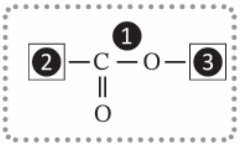


٢. بما أن الحمض الكربوكسيلي الناتج من التحلل المائي يعطي تفاعل المرآة الفضية، مما يعني أنه يحتوي على مجموعة فورميل.

٣. بما أن الصيغة الجزيئية هي $C_4H_8O_2$، فإن ما يتصل بذرة الأكسجين مجموعة C_3H_7. وبما أن الكحول الناتج من B يعطي كيتون بالأكسدة، هذا يدل علي أنه كحول ثانوي، وترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون المركزية. لذلك، الصيغة البنائية المطلوبة هي:



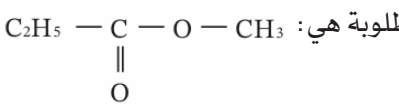
(جـ) ١. أكتب رابطة الإستر



٢. بما أن أكسدة الكحول الناتج من التحلل المائي تعطي الفورمالدهيد، يدل ذلك علي أنه الميثانول CH_3OH.

٣. بما أن الصيغة الجزيئية هي $C_4H_8O_2$، فإن ما يتصل بذرة الكربون هو C_2H_5.

لذلك، الصيغة البنائية المطلوبة هي:



.

تفسير البيانات – يحلل الطلاب النتائج التالية:

المركب	الذوبان في الماء	رائحة الفاكهة	التفاعل مع NaOH
الإيثانول	عالٍ	لا	لا
أسيتات الإيثيل	منخفض	نعم	نعم
حمض الأسيتيك	عالٍ	لا	نعم

الأسئلة:

أي المركبات السابقة يمكن أن يكون إستر؟ اشرح إجابتك باستخدام البيانات.

.....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

يُسمى المركب الناتج من نزع جزئ (a) من مجموعة (b) لحمض كربوكسيلي ومجموعة (c) لكحول بـ(d). على سبيل المثال، عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المركّز إلى خليط من حمض الأسيتيك والإيثانول والتسخين الهين، يُنتَج (d) يُسمى (e). يُسمى هذا التفاعل (f). مركبات (d) ذات الوزن الجزيئي المنخفض سوائل متطايرة ذات رائحة تشبه (g)، وتذوب بدرجة عالية في (الماء • المذيبات العضوية).

(i) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المواد المناسبة في النص. كما اختر الإجابة الصحيحة لـ ( )

(ii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط.

(iii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى (e) وتسخينه.

٢. عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الإستر A و الذي له الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}O_2$ وتسخينه، ثم إضافة حمض لمعادلته، تم الحصول على الحمض الكربوكسيلي B والكحول C. الكحول C لا يتأكسد بسهولة. الحمض الكربوكسيلي B سائل عديم اللون وأظهر تفاعلًا مع محلول مائي من نترات الفضة النشادرية. اكتب الصيغة البنائية لـ A، والصيغ البنائية والأسماء لـ B و C.

التفكير النقدي:

الفرض: ذرة الأكسجين في الإستر تأتي من الكحول.

الدليل: اكتُشف نظير الأكسجين-18 في ناتج إستر.

التفسير: تفسيرك هو .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي مما يلي يفسر اعتبار تفاعل الأسترة تفاعل تكاثف؟

(أ) انتاج الأكسجين (ب) نزع الماء.

(جـ) تُكوّن ثاني أكسيد الكربون (د) كسر الروابط الثنائية

٢. أي تفاعل مما يلي يعتبر عكس الأسترة؟

(أ) الاحتراق (ب) الأكسدة

(جـ) التحلل المائي (د) البلمرة

٣. عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المركّز إلى خليط من حمض الأسيتيك والميثانول والتسخين الهين، يُنتَج (a). يُسمى هذا التفاعل (b)، وذرة الأكسجين في الماء الناتج من التفاعل مصدرها حمض الأسيتيك. (a) أخف من الماء، سائل (c) في الماء، وله رائحة عطرية.

(i) املأ الفراغات من (a) إلى (C) بالكلمات المناسبة في النص.

(ii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط.

(iii) ما اسم جميع المواد الناتجة عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى (a) وتسخينه. وما اسم هذا التفاعل.

(iv) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى (a) وتسخينه. واذكر اسم هذا التفاعل.

٤. اعتبر الإسترات من A إلى C والتي لها الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}O_2$. و بالتحلل المائي لكل منها، A: يعطي حمض البروبيونيك والإيثانول، B : يعطي حمض الأسيتيك والكحول D وعند إضافة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المائي إلى الكحول D تكوّن كيتون، C : يعطي 2- بيوتانول والحمض الكربوكسيلي E الذي يتفاعل مع محلول مائي من نترات الفضة النشادرية. أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اكتب الصيغ البنائية للمركبات A إلى E.

(ب) أي من المركبات A إلى D له خصائص اختزالية؟ اختر جميع الحروف المناسبة.

(جـ) أي من المركبات A إلى E يحتوي على ذرة كربون كيرالية؟ اختر جميع الحروف المناسبة.

٤-١١ — الدهون والزيوت / الصابون

مقدمة

تخيل غسل أطباق دهنية بالماء فقط. مهما تم غسلها بالماء ، يبقى الدهن ملتصقًا بالسطح. لكن، بمجرد إضافة كمية صغيرة من سائل غسيل الأطباق، يختفي الدهن فجأة.

فكر الآن في ملاحظة يومية أخرى. لماذا يكون زيت الزيتون سائلًا في درجة حرارة الغرفة بينما يبقى الزبد صلبًا، رغم أن كليهما مصنوع من الدهون؟

في هذا الدرس، سنستكشف كيمياء الدهون والزيوت والصابون، ونكتشف كيف تحدد البنية الجزيئية خصائصها واستخداماتها وأهميتها في الحياة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدد البنية الجزيئية للدهون والزيوت والصابون خصائصها الفيزيائية وأدوارها البيولوجية وتطبيقاتها الصناعية؟

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

- كل جزيء دهن يحتوي على ثلاث روابط إسترية.
- الدهون المشبعة لا تحتوي على أي روابط C=C
- الدهون غير المشبعة تحتوي على رابط أو أكثر من روابط C=C

المفاهيم الأساسية:

- ثلاثي الجليسريد
- رابطة الإسترة
- حمض دهني مشبع
- حمض دهني غير مشبع
- الهدرجة
- قيمة التصبن
- قيمة اليود

الاستكشاف

ضع قطرة من زيت الطهي في كوب ماء. مهما انتظرت، لا يختلط بالماء ويُكوّن الزيت طبقة منفصلة.

أضف الآن بضع قطرات من الصابون السائل وحرّك برفق. ينقسم الزيت إلى قُطيرات صغيرة وينتشر في جميع أنحاء الماء.

- لماذا ينجح الصابون ويفشل الماء؟ .....
- ماذا يحدث على المستوى الجزيئي؟ .....

تعلم

١. الدهون والزيوت:

(أ) **الدهون والزيوت:** إسترات لأحماض دهنية طويلة السلسلة والجليسرين.

(ب) **تصنيف الدهون والزيوت:**

(i) **الدهن:** صلبة في درجة حرارة الغرفة.

(ii) **الزيت الدهني:** دهون وزيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة.

- **الزيت المُجفِّف:** زيوت دهنية تتأكسد بسهولة وتتصلب في الهواء.
- **الزيت المُصلَّب (الزيت المهدرج):** زيوت دهنية تُصلَّب بإضافة الهيدروجين

(جـ) تركيب الدهون والزيوت ووزنها الجزيئي:

- يحتوي جزيء واحد من الدهن أو الزيت على 3 روابط إسترية.
- الوزن الجزيئي للدهن/الزيت = مجموع الأوزان الجزيئية لـ 3 أحماض دهنية طويلة السلسلة + 38 حيث يمثل العدد 38 الوزن الجزيئي لجزيئات الجليسرول $-3H_2O$

(تركيب الدهون والزيوت)

روابط إسترية

$$R^1-COO-CH_2$$
$$|$$
$$R^2-COO-CH$$
$$|$$
$$R^3-COO-CH_2$$

فكّر كمهندس:

غالبًا ما يقوم مصنّعو الأغذية بهدرجة الزيوت النباتية لتحسين مدة الصلاحية.

ما المزايا الهندسية التي توفرها الهدرجة؟

ما الآثار الصحية التي ينبغي على المهندسين مراعاتها؟

.....

(د) قيمة التصبن وقيمة اليود:

(i) قيمة التصبن: القيمة العددية لكتلة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH [gm] (الوزن الجزيئي له 56) اللازمة لتصبن 1g من الدهن أو الزيت.

– كمية هيدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازمة لتصبين 1 mol من الدهن أو الزيت هي 3 mol.

يلزم KOH واحد لكل رابطة إسترية واحدة.

– باعتبار أن متوسط الوزن الجزيئي للدهن أو الزيت هو (M) فإن رقم التصبن يمكن حسابه من العلاقة :

$$\frac{1}{M} \times 3 \times 56 \times 10^3$$

استقصاء تجريبي:

ابحث عن زيوت الطهي المختلفة المتوفرة في المنزل.

البحث:

- أيها يحتوي في الغالب على دهون مشبعة ؟
- أيها يحتوي على دهون غير مشبعة ؟
- أيها مهدرج ؟

تنبَّأ بأي منها ستكون له أعلى قيمة يود.

.....

(ii) قيمة اليود: القيمة العددية لكتلة اليود I_2 [gm] (الوزن الجزيئي لليود 254) التي يمكن إضافتها إلى 100 g من الدهن أو الزيت.

يمكن إضافة اليود I_2 بمقدار عدد الروابط الثنائية بين ذرات الكربون.

– باعتبار أن متوسط الوزن الجزيئي للدهن أو الزيت هو (M) وعدد الروابط المزدوجة لكل جزئ (n) فإن رقم اليود يمكن حسابه من العلاقة:

$$\frac{1}{M} \times n \times 254$$

تركيب الأحماض الدهنية	أحماض دهنيج غير مشبعة			أحماض دهنية مشبعة	
	حمض اللينولينلك	حمض اللينوليك	حمض الأوليك	حمض الاستياريك	حمض البالمتيك
الصيغة الكيميائية	$C_{15}H_{31}-COOH$	$C_{17}H_{35}-COOH$	$C_{17}H_{33}-COOH$	$C_{17}H_{31}-COOH$	$C_{17}H_{29}-COOH$
درجة الأنصهار	−11°C	−5°C	13°C	71°C	63°C
عدد روابط الكربون المزدوجة (C = C)	3	2	1	0	0
زيت عباد الشمس (زيت ذهبي)	0.3	66.9	20.2	4.2	6.2
زيت الصويا (زيت دهني)	6.1	50	22	4	9.9
شحم البقر (دهن)	0.2	3.3	41	14	23

نشاط تفسير البيانات:

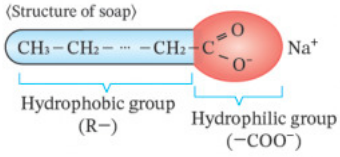
ادرس جدول تركيب الأحماض الدهنية. أي زيت تتوقع أن يكون له:

- أعلى قيمة يود؟
- أدنى درجة انصهار؟
- أكبر مقاومة للأكسدة؟

ادعم استنتاجاتك باستخدام البيانات.

٢. الصابون

(أ) **الصابون:** ملح صوديوم لحمض دهني طويل السلسلة، RCOONa، يُحضَّل من تصبين الدهون والزيوت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.



(ب) **تركيب الصابون:** يتكون من مجموعة كارهة للماء (محبة للدهون)، وهي مجموعة هيدروكربونية R–، ومجموعة محبة للماء، –COO–.

(جـ) **الفاعل بالسطح (المادة الفعالة سطحياً) (Surfactant):**

مادة تحتوي على مجموعة كارهة للماء ومجموعة محبة للماء معاً، مثل الصابون. تترتب هذه المواد على سطح الماء وتقلل من توتره السطحي.

(د) **الفعل الاستحلابي (Emulsifying action):**

الفعل الذي يحيط فيه الجزء الكاره للماء من الصابون بالزيت ويعمل على تشتيته في الماء.

(هـ) **خصائص الصابون:**

- محلوله المائي قاعدي ضعيف.
- عندما يتجاوز التركيز في المحلول المائي مستوى معينًا، تتجمع الأيونات لتكوين جسيمات غروية. تُسمى هذه الجسيمات الغروية بالميسيلات.
- في الماء العسر الذي يحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} و Mg^{2+}، يُكوّن أملاحًا ضعيفة الذوبان ويفقد قدرته التنظيفية.

(و) **المنظف الصناعي:** فاعل بالسطح مُصنَّع اصطناعيًا. محلوله المائي متعادل، ويحافظ على قدرته التنظيفية حتى في الماء العسر.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بدهن/زيت يتكوّن من جزيئين من حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ (الكتلة الجزيئية النسبية 282) وجزيء واحدة من حمض البالمتيك $C_{15}H_{31}COOH$ (الكتلة الجزيئية النسبية 256) لكل جزيء من الدهن/الزيت. ($I_2 = 254$، $KOH = 56$)

(i) احسب قيمة التصبن لأقرب عدد صحيح.

(ii) احسب قيمة اليود لثلاثة أرقام عشرية.

(ب) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الدهن/الزيت وتسخينه، يحدث (A)، منتجًا (B) وملح صوديوم لحمض دهني طويل السلسلة. يُسمى هذا الملح الصوديومي (C). يتكون (C) من مجموعة هيدروكربونية كارهة للماء ومجموعة محبة للماء من الذرات. عندما يذوب (C) في الماء، يُكوّن جسيمات غروية بالجزء الكاره للماء على الجانب (D) والجزء المحب للماء على الجانب (E). يُسمى هذا (F). عند إضافة الزيت وماء (C) والرج جيدًا، يتحول الزيت إلى قُطيرات دقيقة وينتشر في الماء، مُكوّنًا مستحلبًا. يُسمى هذا الفعل لـ(C) بفعل (G)، ولهذا السبب تُزال بقع الزيت. ولأن (C) ملح حمض ضعيف وقاعدة قوية، فإنه يتحلل جزئيًا في المحلول المائي، ويكون المحلول المائي (H).

(جـ) عند استخدام الصابون في الماء العسر، لا يُكوّن رغوة جيدة وتنخفض فعاليته التنظيفية. اشرح السبب باختصار.

الشرح

(أ) (i) بما أن الكتلة الجزيئية النسبية للدهن/الزيت = مجموع الكتل الجزيئية النسبية لـ 3 أحماض دهنية طويلة السلسلة + 38، فإن الكتلة الجزيئية النسبية هي:

بما أن قيمة التصبن ، فإن قيمة التصبن هي: $282 \times 2 + 256 + 38 = 858$

الإجابة: $858 \times 3 \times 56 \times 10^3 = 195.8$

الكتلة الجزئية لـ(M): $\frac{1}{M} \times 3 \times 56 \times 10^3$

(ii) قيمة اليود: عدد الروابط المزدوجة (n): متوسط الكتلة الجزيئية (n): $\frac{100}{M} \times n \times 254$

عندما يحتوي الجذر الكربوني (R) في الحمض الدهني طويل السلسلة (R – COOH) على روابط أحادية فقط، يُمثّل بالصيغة $C_nH_{2n+1}COOH$ فبالنسبة لـ 15 ذرة كربون، تكون الصيغة $C_{15}H_{31}COOH$ ، ولذلك فإن حمض البالمتيك لا يحتوي على روابط مزدوجة. أما بالنسبة لـ 17 ذرة كربون، فتكون الصيغة المشبعة $C_{17}H_{35}COOH$ ، وحمض الأوليك يقل عنه بذرتي هيدروجين، مما يعني احتواءه على رابطة مزدوجة واحدة. وبناءً على ذلك، وبتحديد عدد الرابط المزدوجة في جزيء الدهن أو الزيت، يمكن حساب رقم اليود (Iodine Value) والذي يعبر عن كتلة اليود (gm) التي تتفاعل مع 100g من الزيت أو الدهن لتحديد درجة عدم التشبع. لذلك، قيمة اليود هي:

الإجابة: $\frac{100}{858} \times 2 \times 254 = 59.20$

(ب) A: التصبن B: الجليسرين C: الصابون D: الداخل

E: الخارج F: الميسيل G: الاستحلاب H: قاعدي ضعيف

(جـ) يتفاعل الصابون مع أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) وأيونات الماغنيسيوم (Mg^{2+}) الموجودة في الماء العسر لتكوين راسب غير ذائب يُسمى "الرغوة الصلبة" (الصابون المعدني). ولأن جزيئات الصابون تُستهلك لتكوين هذا الراسب، فإنها لا تستطيع القيام بوظيفتها في خفض التوتر السطحي وإزالة الأوساخ، مما يؤدي إلى ضعف الرغوة وانخفاض القدرة التنظيفية.

التصورات الخطأ:
زيادة الصابون لا تعني دائمًا تنظيفًا أفضل.
في المياه العسرة، يتفاعل الكثير من الصابون مع أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم قبل أن يتمكن من إزالة الدهون.

حاول بنفسك:

اجب عما يأتي:

١. تُسمى كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم [g] اللازمة لتصبن 1g من الدهن/الزيت بقيمة التصبن، وتُسمى كتلة اليود [g] التي تُضاف إلى 100g من الدهن/الزيت بقيمة اليود.

$(C = 12، H = 1.0، O = 16، K = 39، I = 127)$

(أ) دهن/زيت معين يتكون الجزئ منه نتيجة أسترة جزئ من كل من حمض الستياريك $C_{17}H_{35}COOH$ وحمض اللينوليك $C_{17}H_{31}COOH$ وحمض اللينولينيك $C_{17}H_{29}COOH$ مع جزئ من الجليسرين. أوجد الوزن الجزيئي لهذا الدهن/الزيت.

(ب) احسب قيمة التصبن لهذا الدهن/الزيت لأقرب عدد صحيح.

(جـ) احسب قيمة اليود لهذا الدهن/الزيت لثلاثة أرقام عشرية.

(د) اكتب صيغة بنائية واحدة محتملة لهذا الدهن/الزيت.

٢. **املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي.**

عند تصبن الدهن/الزيت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، ينتج ملح صوديومي لحمض دهني طويل السلسلة. هذا هو (A)، ومحلوله المائي (B) ضعيف بسبب التحلل المائي. يحتوي (A) على مجموعة هيدروكربونية (C) ومجموعة محبة للماء –COO–، ويتجمع في المحلول المائي مع المجموعات الهيدروكربونية على الجانب (D). يُؤخذ الزيت الملتصق بالألياف إلى هذا الجانب

(D) ويصبح من الأسهل انتشاره في الماء. يُسمى هذا فعل (E). لكن، في الماء (F) الذي يحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} أو Mg^{2+}، ينتج أملاح ضعيفة الذوبان، وتنخفض القدرة التنظيفية. لذلك، في المنظفات الصناعية، تُستخدم أملاح تتكون من أحماض قوية وقواعد قوية، مثل ألكيل بنزين سلفونات الصوديوم. كما أن هذا المحلول المائي (G).

كن مواطنًا عالميًّا:

يطوّر مصنعو المنظفات مواد فعالة سطحيًّا قابلة للتحلل الحيوي، تتحلل بسهولة أكبر في البيئة، فتقلل تلوث المياه وتحمي النظم البيئية المائية. وتهدف الكيمياء الخضراء إلى تصميم منظفات فعالة وصديقة للبيئة.

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الدهون التالية دهن له أعلى قيمة يود؟

(أ) دهن يحتوي على أحماض دهنية مشبعة فقط (ب) دهن يحتوي على رابطة ثنائية واحدة

(جـ) دهن يحتوي على عدة روابط ثنائية (د) دهن مهدرج

٢. أي من العبارات التالية يعد صحيحا عن قيمة التصبن ؟

(أ) تزداد مع زيادة الكتلة الجزيئية. (ب) تعتمد فقط على عدد الروابط الثنائية.

(ج) تكون أعلى للدهون ذات الكتلة الجزيئية الأقل. (د) تقيس حموضة الدهون.

٣. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بدهن/زيت يكون حمضه الدهني المكوّن هو حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ فقط (الكتلة الجزيئية النسبية 282) ($I_2 = 254$، $KOH = 56$)

(أ) احسب قيمة التصبن لأقرب عدد صحيح.

(ب) احسب قيمة اليود لثلاثة أرقام عشرية.

(جـ) اكتب الصيغة البنائية المحتملة لهذا الدهن/الزيت.

٤. اقرأ النص التالي، واختر الكلمات المناسبة للفراغات من (i) إلى (viii) من الخيارات A إلى L التي تليه.

الدهون والزيوت مهمة كمكونات غذائية، وتُسمى مع الكربوهيدرات والبروتينات بالمغذيات الكبرى الثلاث. من بين الدهون والزيوت، تُسمى تلك الصلبة في درجة حرارة الغرفة (i)، وتُسمى تلك السائلة زيوتًا دهنية. من بين الزيوت الدهنية، تُسمى تلك المحتوية على العديد من الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تتصلب بسهولة عند تركها في الهواء (ii). كما تُسمى الزيوت الدهنية المُصلَّبة بإضافة الهيدروجين تحت حفاز نيكل (iii)، وتُستخدم كمواد خام للسمن الصناعي.

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الدهون والزيوت وتسخينها، تتصبَّن لتُنتج (iv) وأملاح صوديوم للأحماض الدهنية. يُسمى الملح الصوديومي لحمض دهني صابونًا. ولأن الصابون يحتوي على مجموعتين أحدهما محبة الماء والأخرى كارهه الماء، فإن له خاصية خفض التوتر السطحي للماء. تُسمى مادة تعمل بهذه الطريقة (v). في الماء، تُرتِّب جزيئات الصابون أجزاءها الكارهة للماء في الداخل وأجزاءها المحبة للماء في الخارج لتكوين جسيمات غروية كروية تُسمى (vi). عند مزج كمية صغيرة من الزيت في ماء صابوني ورجه بقوة، يُحاط الزيت بالصابون وينتشر في الماء، ويُسمى هذا فعل (vii). لكن، في (viii) التي تحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} أو Mg^{2+}، تُنتَج أملاح ضعيفة الذوبان، وتنخفض القدرة التنظيفية.

A. الميسيل	B. الزيت المتصلَّب	C. الزيت المُجفِّف	D. فعل الاستحلاب
E. الفاعل بالسطح	F. التشتت	G. الدهن	H. الجليسرين
I. إيثيلين جليكول	J. الماء اليسر	K. الماء العسر	L. الماء النقي

فكّر كمهندس:

نوعين من الزيت لهما نفس الكتلة الجزيئية.

الزيت A يحتوي علي 3 روابط C=C. الزيت B يحتوي علي رابطة C=C واحدة.

دون حساب، أيهما له قيمة يود أعلى؟ اشرح.

.....

١٢-٤ — الهيدروكربونات الأروماتية

مقدمة

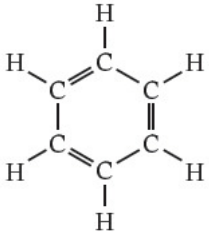
عند السير في أحد شوارع المدينة، ستجد مواد تشترك جميعها في شيء واحد. فالوقود المستخدم في السيارات، والأجزاء البلاستيكية في الأجهزة الإلكترونية، والأصباغ في الملابس، والعديد من الأدوية، والعطور، وحتى الأسبرين، كلها تحتوي على مركبات مبنية حول التركيب الجزيئي المميز نفسه: حلقة البنزين.

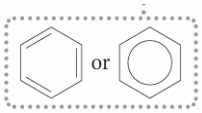
في هذا الدرس، سنستكشف كيف يمنح التركيب الفريد للهيدروكربونات الأروماتية استقرارها الملحوظ، وتفاعلاتها، وتطبيقاتها العديدة في العلوم والتكنولوجيا والصناعة.

سؤال توجيهي: لماذا تتميز حلقة البنزين باستقرار استثنائي، وكيف يؤثر هذا الاستقرار على تفاعلاتها وأهميتها الصناعية؟

تعلم

١. الهيدروكربونات الأروماتية:





(أ) **البنزين:** مادة ذات تركيب تتمركز فيه 6 ذرات كربون عند أركان سداسي منتظم، وترتبط بكل ذرة كربون ذرة هيدروجين واحدة. الصيغة الجزيئية هي C_6H_6.

- يُسمى الهيكل الكربوني السداسي المنتظم للبنزين حلقة البنزين.
- غالبًا ما تُكتب الصيغة البنائية للبنزين بشكل مختصر.

(ب) الهيدروكربونات الأروماتية: هيدروكربونات تحتوي على حلقة بنزين.

ظاهرة طبيعية

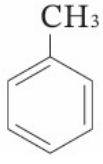
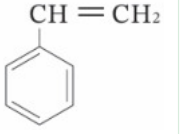
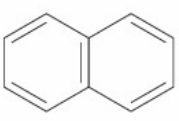
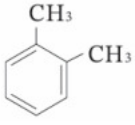
تنتج العديد من النباتات بشكل طبيعي مركبات أروماتية مسؤولة عن روائحها المميزة. ومن الأمثلة على ذلك:

- الفانيليا
- القرفة
- القرنفل
- الونترجرين (من نبات الشاي الكندي)

تساعد هذه المركبات الأروماتية الطبيعية النباتات على جذب الملقّحات أو الدفاع عن نفسها ضد الحشرات.

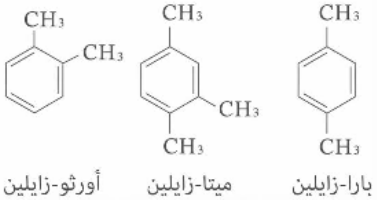
(ج) أمثلة على الهيدروكربونات الأروماتية غير البنزين:

جدول (4-12-1): أمثلة على الهيدروكربونات العطرية بخلاف البنزين

الاسم	التولوين	الستيرين	النفثالين	أورثو-زيلين
الصيغة البنائية				

عندما يوجد مجموعتا استبدال على حلقة البنزين، كما في حالة الزيلين، توجد 3 أنواع من الأيزومرات البنائية: أورثو (o-)، وميتا (m-)، وبارا (p-)، وذلك حسب مواضع مجموعات الاستبدال (الشكل 1-12-4)

ايزومرات الزيلين



بارا-زايلين | ميتا-زايلين | أورثو-زايلين

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- كل ذرة كربون في البنزين مهجّنة sp^2.
- جميع روابط C–C متساوية الطول.
- يحتوي البنزين على إلكترونات π غير موضعية.
- تفضّل المركبات الأروماتية تفاعلات الاستبدال على تفاعلات الإضافة.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربون الأروماتي
- حلقة البنزين
- الإلكترونات غير الموضعية
- الاستقرار الأروماتي
- تفاعل الاستبدال
- تفاعل الإضافة
- الحفاز

٢. تفاعلات البنزين

(أ) **تفاعلات الاستبدال:** بما أن حلقة البنزين مستقرة، تحدث بسهولة تفاعلات الاستبدال التي يُستبدل فيها هيدروجين بذرات أو مجموعات أخرى.

(i) **الهلجنة:**

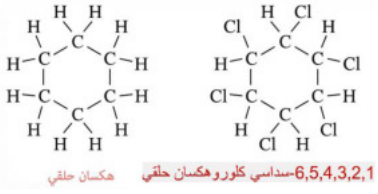
- **الكلورة:** عند تفاعل الكلور Cl_2 مع البنزين باستخدام برادة الحديد كحفاز، ينتج كلوروبنزين C_6H_5Cl.
- **البرومة:** عند تفاعل البروم Br_2 مع البنزين باستخدام برادة الحديد كحفاز، يُنتج بروموبنزين C_6H_5Br.

(ii) **السلفنة:** عند إضافة حمض الكبريتيك المركّز إلى البنزين وتسخينه، يُنتج حمض البنزين سلفونيك $C_6H_5SO_3H$.

(iii) **النيترة:** عند إضافة خليط من حمض الكبريتيك المركّز وحمض النيتريك المركّز إلى البنزين وتسخينه، يُنتج نيتروبنزين C_6H5NO_2.

(ب) تفاعلات الإضافة:

- عند تفاعل الهيدروجين H_2 تحت ضغط عالٍ مع البنزين باستخدام النيكل أو البلاتين كحفاز، يُنتج سيكلوهكسان C_6H_{12}.



- عندما يُعرَّض خليط من البنزين والكلور للأشعة فوق البنفسجية، يُنتج 1،2،3،4،5،6-سداسي كلورو سيكلوهكسان $C_6H_6Cl_6$.

(جـ) تفاعل الأكسدة: عندما يُسخَّن البنزين إلى درجة حرارة مرتفعة ويتفاعل في وجود أكسيد الفاناديوم (V) V_2O_5 عاملًا حفازًا، يتكوّن أنهيدريد الماليك.

تطبيق حياتي:

تحتوي العديد من الأدوية — بما في ذلك الأسبرين وبعض المضادات الحيوية — على حلقات أروماتية، لأن تركيبها المستقر يتيح لها التفاعل بفعالية مع الجزيئات الحيوية.

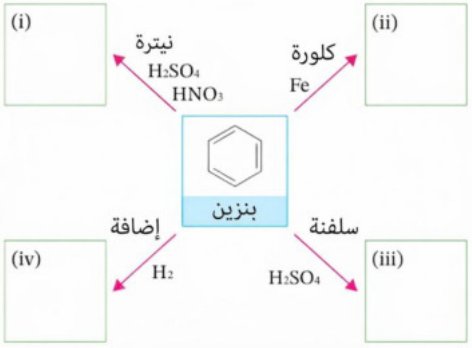
مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) حدد عدد الأيزوميرات للمركبات الأروماتية التي لها الصيغ الجزيئية التالية:

(i) $C_6H_4Cl_2$ (ii) C_8H_{10}

(ب) اكتب الأسماء والصيغ البنائية المقابلة لـ (i) إلى (iv) في الشكل التالي الذي يوضح تفاعلات البنزين الأربعة:

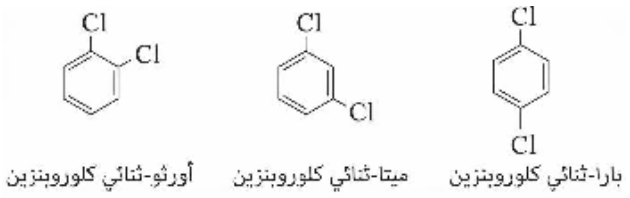


كن مواطنًا عالميًا

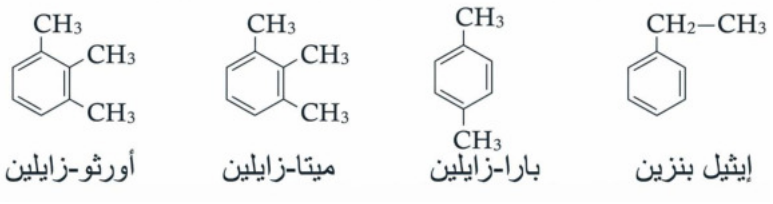
تسهم المركبات الأروماتية في تقدّم الطب والتكنولوجيا، لكن بعضها، مثل البنزين، يُعد من الملوثات الخطرة. الإنتاج المسؤول والتعامل الآمن ضروريان لحماية صحة الإنسان والبيئة.

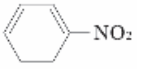
الشرح

(a)(i)

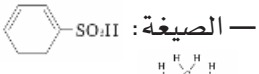


(ii) بالإضافة إلى مواضع الأورثو والميتا والبارا للزيلين، يوجد ايزومير رابع يحتوي على مجموعة إيثيل $-CH_3CH_2$ وهو الإيثيل بنزين. لذلك، يوجد 4 أيزومرات:



(b)(i) الاسم: نيتروبنزين — الصيغة: 

(ii) الاسم: كلوروبنزين — الصيغة:

(iii) الاسم: حمض البنزين سلفونيك — الصيغة: 

(iv) الاسم: سيكلوهكسان — الصيغة:

التفكير النقدي:

يقول أحد الطلاب: "الأورثو والميتا والبارا-زيلين مركبات مختلفة."

قيّم هذا الفرض:

- هل هذا التفسير دقيق تمامًا؟ .....
- ما الأدلة التي تدعمه أو تتحداه؟ .....
- ما المنطق الذي يدعم هذا الدليل؟ .....

الاستدامة

تعمل الصناعات الكيميائية الحديثة على تطوير عمليات حفازة أكثر مراعاة للبيئة، تقلل من استهلاك الطاقة والنفايات أثناء إنتاج المركبات الأروماتية.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي زوج مما يلي يمثّل أيزوميرات موضعية؟

(أ) البنزين والسيكلوهكسان

(ب) الإيثان والإيثين

(جـ) أورثو-زيلين وبارا-زيلين

(د) البنزين والتولوين

٢. أي عبارة تفسّر استقرار البنزين بأفضل شكل؟

(أ) يحتوي على روابط أحادية فقط.

(ب) إلكترونات π فيه غير موضعية حول الحلقة.

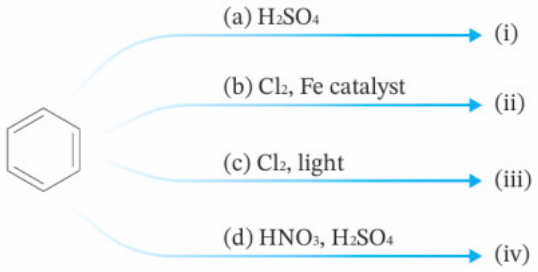
(جـ) يحتوي على روابط ثلاثية.

(د) يحتوي على ست روابط ثنائية منفصلة.

٣. اكتب جميع الصيغ البنائية للمركبات الأروماتية التي لها الصيغة الجزيئية $C_6H_4Br_2$.

.....

٤. من الشكل التالي . أجب عن الأسئلة :



(أ) اكتب الصيغ البنائية وأسماء المركبات من (i) إلى (iv) في الشكل.

(ب) اكتب اسم التفاعلات من (a) إلى (d) في الشكل.

تحدَّ تفكيرك:

ابحث عن المنتجات الشائعة في المنزل التي تحتوي على مركبات أروماتية. قد تشمل الأمثلة :

- العطور
- المنظفات
- الأدوية
- البلاستيك
- النكهات الغذائية

صنِّف كل منتج حسب المركب الأروماتي الذي يحتويه، إن أمكن.

.....

تدرب:

١. اكتب جميع الصيغ البنائية لأيزوميرات الهيدروكربون الأروماتي الممثَّل بالصيغة الجزيئية C_8H_{10}.

٢. اكتب أسماء وصيغ المركبات العضوية الناتجة عند إجراء العمليات (a) إلى (d) التالية على البنزين. واختر اسم التفاعل من A إلى E التي تليه، واختر الحرف المناسب.

(أ) تفاعل البنزين مع الكلور باستخدام مسحوق الحديد كحفاز.

(ب) إضافة خليط من حمض النيتريك المركّز وحمض الكبريتيك المركّز والتسخين.

(جـ) تفاعل البنزين مع فائض من الهيدروجين باستخدام حفاز النيكل.

(د) إضافة حمض الكبريتيك المركّز والتسخين.

A	B	C	D	E
الهلجنة	النيترة	السلفنة	الأكسدة	تفاعل الإضافة

١٣-٤ — الفينولات والأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

مقدمة

كل يوم، يتناول ملايين الأشخاص الأدوية لتخفيف الألم أو خفض الحمّى أو علاج الالتهاب. يبدأ أحد أكثر الأدوية استخدامًا في العالم — الأسبرين — قصته بمركب أروماتي بسيط يُسمى الفينول.

والمثير للدهشة أن تغييرًا بسيطًا في تركيب الفينول يحوّله من مادة أكّالة إلى مركبات تحسّن صحة الإنسان وتُستخدم في الطب ومستحضرات التجميل والصناعة.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تُظهر الفينولات وأحماض الكربوكسيل الأروماتية العلاقة القوية بين التركيب الجزيئي والتفاعلات الكيميائية والتطبيقات الواقعية.

سؤال توجيهي: لماذا تتصرّف الفينولات بشكل مختلف عن الكحولات رغم احتواء كليهما على مجموعة هيدروكسيل (HO -)؟

تعلم

١. الفينولات:

(أ) **الفينولات:** مركبات ترتبط فيها مجموعة الهيدروكسيل OH– مباشرة بذرة كربون في حلقة بنزين.

(ب) الفينول والكحولات: يحتوي الفينول على مجموعة هيدروكسيل، لكنه يُظهر **خصائص مختلفة عن الكحولات.**

(i) أوجه التشابه مع الكحولات

- يتفاعل مع الصوديوم لينتج الهيدروجين.
- يتفاعل مع أنهيدريد الخل لينتج إستر.

ظاهرة طبيعية

يحتوي لحاء أشجار الصفصاف بشكل طبيعي على مركبات مرتبطة بحمض الساليسيليك. ولعدة قرون، استخدم الناس لحاء الصفصاف لتخفيف الألم قبل أن يفهم العلماء تركيبه الكيميائي.

(ii) الاختلافات عن الكحولات:

- يتأيّن جزئيًا في المحلول المائي لينتج H^+، ويُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.
- يتعادل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي ليصبح فينوكسيد الصوديوم.

مثال:

- يعطي لون بنفسجي عند إضافة محلول مائي من كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$

التفكير النقدي:

الادّعاء: تختلف الفينولات كيميائيًا عن الكحولات، رغم احتواء كليهما على مجموعة هيدروكسيل.

استخدم ملاحظتين على الأقل من الدرس:

1. ..... 2. .....

التفسير: اشرح كيف تغيّر حلقة البنزين سلوك الفينولات مقارنة بالكحولات.

.....

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

- تحتوي الفينولات على مجموعة OH– مرتبطة مباشرة بحلقة بنزين.
- الفينولات أكثر حموضة من الكحولات.
- تتفاعل الفينولات مع NaOH، بينما لا تتفاعل الكحولات.
- يُستخدم محلول كلوريد الحديد III للتعرّف على المركبات الفينولية.

المفاهيم الأساسية:

- الفينول
- الكحول الأروماتي
- اختبار كلوريد الحديد
- حمض الكربوكسيل الأروماتي
- المجموعة الوظيفية

تنبيه لتصحيح المفاهيم الخاطئة

✗ مفهوم خاطئ:

أن الفينول يحتوي على مجموعة هيدروكسيل. (OH–)، فإنه يسلك تمامًا مثل الكحول.

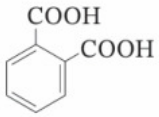
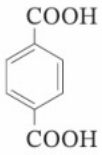
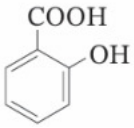
✓ التصحيح:

تغيّر حلقة البنزين البيئة الإلكترونية لمجموعة الهيدروكسيل، مما يجعل الفينول حمض ضعيف، ويمنحه تفاعلات فريدة، مثل التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم ويعطي لون بنفسجي مع محلول كلوريد الحديد (III).

٢. الكربوكسيل الأروماتية:

(أ) أحماض الكربوكسيل الأروماتية: مركبات ترتبط فيها مجموعة الكربوكسيل COOH – بذرة كربون في حلقة بنزين. يُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.

(ب) أنواع مختلفة من أحماض الكربوكسيل الأروماتية:

الاسم	حمض البنزويك	حمض الفثاليك	حمض التيرفثاليك	حمض الساليسيليك
الصيغة				
عملية التصنيع	أكسدة التولوين بمحلول برمنجنات البوتاسيوم المائي	أكسدة أورثو-زيلين	أكسدة بارا-زيلين	معالجة ساليسيلات الصوديوم (الناتجة من تفاعل فينوكسيد الصوديوم مع CO_2) بحمض الكبريتيك المخفف

فكّر كمهندس:

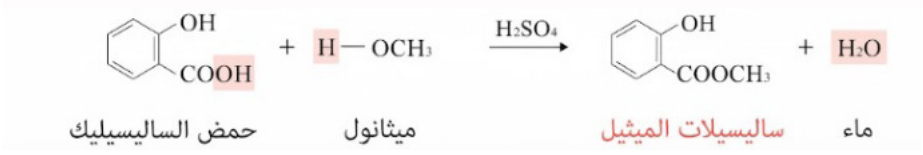
يجب على المهندسين الذين يختارون المواد للمستشفيات أو المختبرات مراعاة الفعالية الكيميائية والسلامة معًا.

لماذا يُعد فهم حموضة الفينولات وتفاعليتها مهمًا عند تصميم المطهرات ومنتجات التعقيم؟

.....

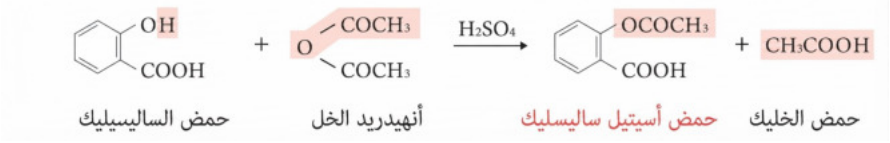
(جـ) تفاعلات حمض الساليسيليك:

(i) ساليسيلات الميثيل: تنتج من تفاعل الميثانول وحمض الكبريتيك المركّز مع حمض الساليسيليك.



- يُستخدم كمسكّن مضاد للالتهاب.
- يعطي لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي

(ii) حمض أسيتيل الساليسيليك: ينتج من تفاعل أنهيدريد الخل وحمض الكبريتيك المركّز مع حمض الساليسيليك.



ملاحظة: يُسمى التفاعل الذي تُدخَل فيه مجموعة الأسيتيل – CH_3CO بهذه الطريقة الاستاله.

- يُستخدم كمسكّن وخافض للحرارة.
- لا يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي..... لأنه لا يحتوي علي مجموعة OH– فينولية.

تقدير العلماء

حوّل العلماء حمض الساليسيليك الطبيعي إلى حمض أسيتيل الساليسيليك (الأسبرين)، مما قلّل من تهيّج المعدة مع الحفاظ على خصائصه المسكّنة للألم. يُعد هذا الاكتشاف أحد أعظم إنجازات الكيمياء الطبية.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اخترجميع الخصائص التي تنطبق علي الفينول و الايثانول من A إلى D ، واخترالأحرف المناسبة .

(i) يتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

(ii) المحلول المائي متعادل.

(iii) يُظهرتفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي.

(iv) يُنتج ألدهيد عند الأكسدة.

(ب) اكتب الاسم والصيغة البنائية للحمض الكربوكسيلي الناتج من أكسدة التولوين.

(جـ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بحمض الساليسيليك.

(i) املأ الفراغات من (A) إلى (C) بالكلمات المناسبة في النص التالي:

الفينول مادة ذات خاصية (A)، وتذوب في محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي لتكوّن (B). وعندما يتفاعل هذا مع (C) بالتسخين والضغط، يُنتج ساليسيلات الصوديوم، وعندما يتفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف، يتحرر حمض الساليسيليك.

(ii) اكتب الأسماء والصيغ البنائية للمركبين A وB الناتجين عن التفاعلين التاليين:

(iii) أي من المركبين A أو B يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي؟ اذكر اسم المادة واشرح سبب اختيارك.

الشرح

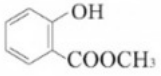
(أ) **الفينول:** يتعادل الفينول بمحلول قاعدي مثل هيدروكسيد الصوديوم ليكوّن ملحًا. كما أنه عند إضافة محلول كلوريد الحديد(III) المائي، يُظهر تفاعل لون بنفسجي. لذلك: A، C.

الإيثانول: الإيثانول كحول أوّلي، يذوب في الماء ليعطي محلول متعادل، ويتحوّل إلى ألدهيد عند الأكسدة. لذلك: B، D.

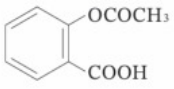
(ب) الاسم: حمض البنزويك – الصيغة:

(جـ) (i) A : حمض ضعيف B: فينوكسيد الصوديوم C: ثاني أكسيد الكربون

(ii) A الاسم: ساليسيلات الميثيل — الصيغة:



B الاسم: حمض أسيتيل الساليسيليك — الصيغة:



(iii) تفاعل اللون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي هو اختبار يُستخدم للكشف عن المركبات الفينولية (التي ترتبط فيها مجموعة الهيدروكسيل مباشرة بحلقة البنزين). تُظهر ساليسيلات الميثيل تفاعل اللون لأنها تحتفظ بمجموعة الهيدروكسيل الفينولية. أما حمض أسيتيل الساليسيليك، فلا يُظهر تفاعل اللون لأن مجموعة الهيدروكسيل الفينولية لحمض الساليسيليك قد تمت أستلتها بواسطة أنهيدريد الاسيتيك، وتحوّلت إلى رابطة إستر

تفسير البيانات:

ادرس الجدول الذي يقارن بين الفينول والإيثانول.

الخاصية	الفينول	الإيثانول
يتفاعل مع NaOH	✓	✗
اختبار $FeCl_3$	بنفسجي	لا يعطي لون
حموضة ضعيفة	✓	✗

الأسئلة:

١. أي مركّب يسلك سلوك الحمض الضعيف؟

٢. أي ملاحظة تؤكد وجود مجموعة فينولية؟

٣. اشرح لماذا يحتوي كلا المركّبين على OH – لكنهما يُظهران سلوكًا كيميائيًا مختلفًا.

.....

حاول بنفسك:

اجب عما يأتي:

١. أمام كل من العبارات التالية من (أ) إلى (و)، اكتب «A» إذا كانت تنطبق على الفينول، و«B» إذا كانت تنطبق على الإيثانول، و«C» إذا كانت تنطبق على كليهما.

(أ) يعطي ألدهيد عند الأكسدة الغير تامة.

(ب) يُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.

(جـ) يتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي ليكوّن ملحًا.

(د) يعطي لون بنفسجي مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي.

(هـ) شديد الذوبان في الماء.

(و) يتفاعل مع الصوديوم وينتج غاز الهيدروجين.

٢. اكتب اسم والصيغة البنائية للحمض الكربوكسيل الأروماتي الناتج عند أكسدة بارا–زيلين.

.....

٣. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه.

عُرف منذ القدم أن لحاء الصفصاف له تأثير خافض للحرارة، لكن في منتصف القرن التاسع عشر، تبيّن أن مادّته الفعّالة هي المركّب A. وفيما بعد، تم تصنيع المركّب B، الذي استُبدلت فيه ذرّة الهيدروجين في مجموعة الهيدروكسيل للمركّب A بمجموعة أسيتيل، فأصبح أول دواء اصطناعي له تأثيرات خافضة للحرارة ومسكّنة.

من ناحية أخرى، يُستخدم المركّب C، الذي أُستُرت فيه مجموعة الكربوكسيل للمركّب A، على نطاق واسع في اللصقات الطبية لآلام العضلات وغيرها.

(أ) يوضح الشكل التالي مسار التفاعل عند تصنيع B وC من A. D وE كواشف ضرورية للتفاعل.

– اكتب الصيغ البنائية لـ A وB، وبالرجوع إلى الصيغة البنائية لـ C. اكتب الصيغة البنائية المكثّفة لـ E.

(ب) أكتب أسماء المركّبات من A إلى C.

(جـ) أي من المركّبات من A إلى C يعطي تفاعل لون عند إضافته إلى محلول كلوريد الحديد(III) المائي؟ اخترجميع الأحرف المناسبة.

التحدّي العالمي:

يتطلّب الطب الحديث أدوية فعّالة بأقل قدر من الآثار الجانبية. لو كنت كيميائيًا صيدلانيًا، كيف يمكنك تعديل تركيب حمض الساليسيليك لتطوير دواء محسّن مع الحفاظ على تأثيره العلاجي؟ ارسم أو صف فكرتك.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من المركبات التالية يُستخدم لتصنيع الأسبرين؟

(أ) الإيثانول (ب) الميثانول (جـ) حمض الساليسيليك (د) الفينول

2. أي من الكواشف التالية يُستخدم بشكل شائع للتعرّف على الفينولات؟

(أ) ماء البروم (ب) كلوريد الصوديوم

(جـ) محلول كلوريد الحديد (III) (د) حمض الهيدروكلوريك

٣. بالنسبة للعبارات من (أ) إلى (ج) التالية، اختر جميع ما ينطبق من الخيارات من A إلى H، واختر الأحرف المناسبة.

(أ) ينطبق على الإيثانول، لكن لا ينطبق على الفينول.

(ب) ينطبق على الفينول، لكن لا ينطبق على الإيثانول.

(جـ) ينطبق على كل من الإيثانول والفينول.

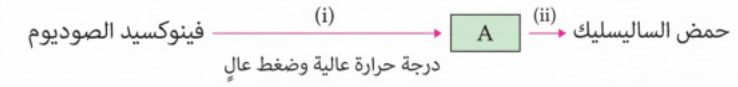
A	B	C	D
شديد الذوبان في الماء	يُنتج ألدهيد عند الأكسدة	يحتوي على OH–	المحلول المائي قاعدي

E	F	G	H
المحلول المائي حمضي	يتفاعل مع قاعدة ليكوّن ملحًا	يكوّن إستر	يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي

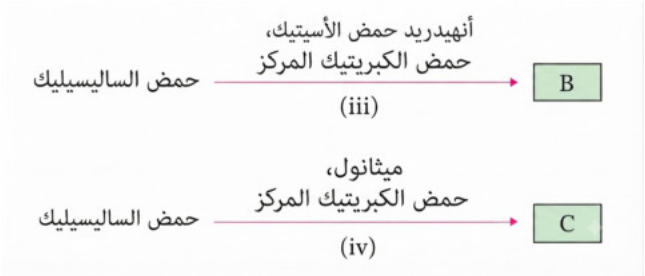
٤. اكتب اسم والصيغة البنائية لحمض الكربوكسيل الأروماتي الناتج عند أكسدة أورثو-زيلين.

٥. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه :

يُصنَّع حمض الساليسيليك كما يلي:



استُخدم حمض الساليسيليك بفعالية كدواء، لكن نظرًا لظهور آثار جانبية عند تناوله، تم تطوير المركّب B. كما يمكن الحصول على المركّب C، المستخدَم للعلاج الموضعي، من حمض الساليسيليك.



(أ) اذكر الصيغ الكيميائية للمواد في (i) و(ii)، واكتب اسماء التفاعلات لـ (iii) و(iv).

(ب) اكتب اسماء المركّبات من A إلى C.

(جـ) اكتب الصيغ البنائية للمركّبات المناسبة لـ B وC.

١٤-٤ — الأمينات الأروماتية ومركبات الآزو

مقدمة

تخيل ارتداء قميص زاهي الألوان، أو الطباعة بأحبار زاهية، أو استخدام شريط اختبار طبي سريع. تعتمد الكثير من هذه التقنيات على مركبات طُوِّرت أولًا من الأنيلين، وهو أمين عطري بسيط.

منذ أكثر من 150 عامًا، أحدث اكتشاف لصبغة مبنية على الأنيلين ثورة في صناعة النسيج وأطلق الصناعة الكيميائية الحديثة. واليوم، تُستخدم المركبات ذات الصلة في الأدوية والبلاستيك وتحليل الأغذية والتشخيص الطبي والمواد المتقدمة.

دعونا نستكشف كيف تتحول الأمينات العطرية إلى بعض من أهم المركبات في الكيمياء الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لجزيء بسيط واحد أن يؤدي إلى أصباغ زاهية وأدوية منقذة للحياة وتقنيات متقدمة؟

الاستكشاف [Exploration]

انظر بعناية إلى المنتجات التالية:

- الأقمشة الملونة
- حبر الطابعة
- الأقلام الدائمة
- شرائط الاختبار الطبية
- صبغة الشعر
- مؤشرات الأس الهيدروجيني المخبرية

فكر:

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

1. أي من هذه المنتجات يعتمد على الكيمياء العضوية؟

.....

2. لماذا تبدو بعض الجزيئات زاهية الألوان بينما تكون أخرى عديمة اللون؟

.....

3. كيف يمكن للكيميائيين تصميم جزيئات بألوان محددة عن قصد؟

.....

تعلم

١. الأمينات العطرية:

(أ) **الأمينات العطرية:** مركبات ترتبط فيها مجموعة أمين $-NH_2$ مباشرةً بحلقة بنزين.

(ب) الأنيلين $C_6H_5NH_2$

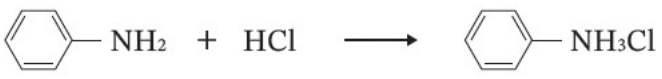
(i) عملية تصنيع الأنيلين: يُنتَج عند اختزال مجموعة النيترو في النيتروبنزين إلى مجموعة أمين.

(ii) خصائص الأنيلين:

- سائل قاعدي ضعيف.
- يعطي لونًا أحمر-أرجواني عند أكسدته بمحلول مسحوق التبييض المائي.
- شحيح الذوبان في الماء، لكنه يذوب في الماء عند معادلته بحمض ليُكوّن ملحًا.

(iii) تفاعلات الأنيلين:

- عند إضافته إلى حمض الهيدروكلوريك، يعطي ينتج هيدروكلوريد الأنيلين ويذوب جيداً.



بنية العلم

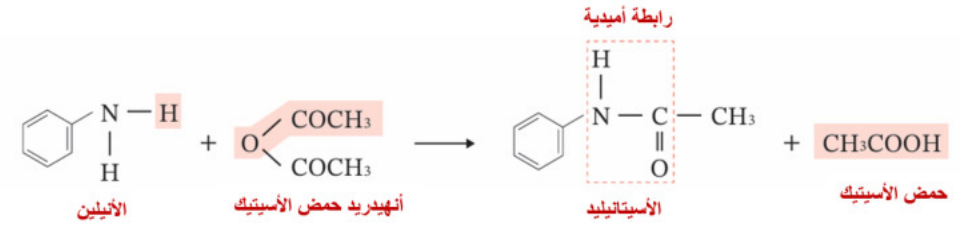
الحقيقة الأساسية:

- تحتوي الأمينات العطرية على مجموعة $-NH_2$ مرتبطة مباشرةً بحلقة بنزين.
- أبسط أمين عطري هو الأنيلين.
- تتصرف الأمينات العطرية كقواعد ضعيفة.

المفاهيم الأساسية:

- الأمينات العطرية
- المجموعة الأمينية
- مركبات الآزو
- أملاح الديازونيوم
- الديازوتة
- اقتران الديازو.

• عندما يتفاعل مع أنهيدريد حمض الأسيتيك، تحدث أستلة، ويُنتج الأسيتانيليد.



استقصاء تجريبي:

يريد كيميائي تصنيع صبغة نسيج برتقالية زاهية. أي تسلسل من التفاعلات سيكون مطلوبًا؟

A. البنزين ← السيكلوهكسان ← الإيثانول

B. النيتروبنزين ← الأنيلين ← ملح الديازونيوم ← صبغة آزو

C. الميثان ← الإيثانول ← حمض الأسيتيك

اشرح السبب:

.....

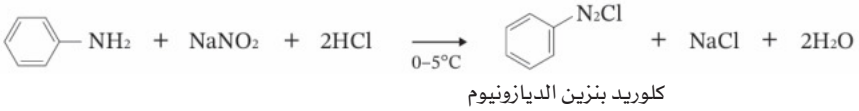
٢. مركبات الآزو:

(أ) **مركبات الآزو:** مركبات تحتوي على مجموعة آزو –N=N– في الجزيء.

(ب) **أملاح الديازونيوم:** أملاح لها البنية $R - N^{+} \equiv N$.

(جـ) **الديأزة:** تفاعل تحضير أملاح الديازونيوم.

• عند إذابة الأنيلين في حمض الهيدروكلوريك ومزجه بمحلول مائي من نتريت الصوديوم $NaNO_2$، يُنتَج كلوريد بنزين الديازونيوم.



كلوريد بنزين الديازونيوم

ملاحظة: يُجرى هذا التفاعل تحت التبريد. لأن كلوريد بنزين الديازونيوم يتحلل بسهولة عند ارتفاع درجة الحرارة.

(د) تفاعل الازدواج الدياذاوي: تفاعل يُنتج مركب آزو من ملح ديازونيوم.

• عند إضافة محلول فينوكسيد الصوديوم المائي إلى محلول كلوريد بنزين الديازونيوم المائي، ينتج بارا–هيدروكسي آزوبنزين (بارا–فينيل آزوفينول) لونه برتقالي محمر.

كلوريد بنزين ديازونيوم — فينوكسيد الصوديوم — *p*-هيدروكسي آزوبنزين (*p*-فينيل آزوفينول)

بارا–هيدروكسي آزوبنزين مركب آزو.

فكّر كمهندس:

تريد شركة صناعية تصنيع الأنيلين بأمان على نطاق واسع.

بصفتك مهندسًا كيميائيًا، اقترح:

- طرقًا للتحكم في درجة الحرارة
- إجراءات تخزين آمنة
- معالجة النفايات
- حماية العمال
- مراقبة بيئية

كيف يقلل تصميمك من المخاطر الصناعية؟

.....

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

تُستخدم الأمينات العطرية على نطاق واسع في:

- تصنيع الأدوية
- إنتاج المطاط
- البلاستيك
- مضادات الأكسدة
- المواد الكيميائية للتصوير
- الأصباغ
- المواد الكيميائية الزراعية

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عند تفاعل أنهيدريد الأسيتيك مع الأنيلين، ينتج الأسيتانيليد. تم الحصول على الأسيتانيليد بتفاعل الأنيلين مع كمية زائدة من أنهيدريد حمص الأسيتيك. أجب عن الأسئلة التالية.

(i) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل بين الأنيلين وأنهيدريد الأسيتيك.

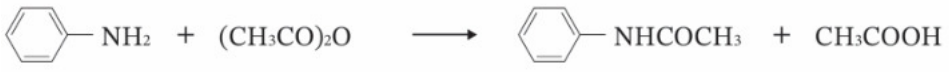
(ii) يحتوي الأسيتانيليد على رابطة –NH–CO–. ما اسم هذه الرابطة.

(ب) ما اسم المادة الناتجة عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم $NaNO_2$ المائي إلى محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف للأنيلين والتبريد بالثلج، واكتب صيغتها البنائية.

(جـ) ما اسم المادة الناتجة عند تفاعل كلوريد بنزين الديازونيوم مع محلول مائي مختلط من الفينول وهيدروكسيد الصوديوم، واكتب صيغتها البنائية.

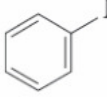
الشرح

(أ)(i)



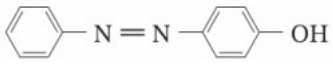
(ii) الرابطة الأميدية

(ب)



(جـ) عند إضافة الفينول إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، يتكوّن فينوكسيد الصوديوم، الذي يتفاعل مع كلوريد بنزين الديازونيوم.

الاسم: بارا-هيدروكسي آزوبنزين (بارا-فينيل آزوفينول) الصيغة البنائية:



تفسير البيانات:

يقيس طالب ثبات كلوريد بنزين الديازونيوم عند درجات حرارة مختلفة:

درجة الحرارة (°C)	الثبات
0	ثابت جدًا
5	ثابت
15	يتحلل ببطء
25	تحلل سريع

الأسئلة:

١. صف الاتجاه؟

٢. لماذا يجب إجراء الديأزة تحت التبريد؟

٣. تنبَّأ بما سيحدث إذا أُجري التفاعل عند 40°C .

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالأنيلين:

يحضر الأنيلين باختزال مجموعة (A) للنيتروبنزين إلى مجموعة (C) باستخدام القصدير وحمض الهيدروكلوريك. الأنيلين مركب (D) وهو (E) في الماء. (I)عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى الأنيلين، يتعادَل ليُكوّن (F)، وهو (G) في الماء. كما أنه (II)عند تفاعل الأنيلين مع أنهيدريد الأسيتيك، يخضع لـ(H) لإنتاج (I)، الذي يحتوي على رابطة (J).

(أ) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات المناسبة في النص.

(ب) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (i).

(جـ) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (ii).

(د) ما اسم المركب الناتج عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم المائي إلى المحلول المائي للجزء (I) أثناء التبريد.

(هـ) ما اسم التفاعل في (د)؟

(و) اكتب الصيغة البنائية للمركب الناتج عند إضافة محلول فينوكسيد الصوديوم المائي إلى ناتج في (د).

تحدَّ تفكيرك:

لماذا تكون مركبات الآزو زاهية الألوان عادةً بينما البنزين نفسه عديم اللون؟

استخدم فهمك لـ:

- الأنظمة المترابطة
- تفرق الإلكترونات
- امتصاص الضوء المرئي

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من التفاعلات التالية يحوّل الأنيلين إلى ملح ديازونيوم؟

(أ) الهدرجة

(ب) الديأزة

(ج) الأسترة

(د) التحلل المائي

2. ينتج اللون الزاهي لمركبات الآزو بشكل رئيسي من

(أ) الرابطة الأيونية

(ب) أنظمة إلكترونات π المترافقة

(جـ) الرابطة الهيدروجينية

(د) السلاسل الكربونية المشبعة

3. يتفاعل الأنيلين مع أنهيدريد الأسيتيك لإنتاج (A)، الذي له تأثير خافض للحرارة. يُسمى هذا التفاعل بـ(I) للأنيلين. كما أنه بعد إذابة الأنيلين في حمض الهيدروكلوريك، (ii)عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم المائي أثناء التبريد بالثلج، يُنتَج (B). يُسمى هذا التفاعل (II). عند إذابة الفينول في محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي وإضافته إلى المحلول المائي لـ(B)، يحدث (III)، ويُنتَج مركب برتقالي محمر (C).

(أ) أذكر أسماء التفاعلات المقابلة للفراغات (I) إلى (III) في النص.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات من A إلى C في النص.

(جـ) في جزيء المركب C، توجد –N=N–. ما اسم هذه المجموعة الوظيفية.

(د) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الذي تحته خط (i).

(هـ) اشرح لماذا يُجرى التفاعل في الذي تحته خط (ii) تحت التبريد.

التحدي الكبير:

يحاول العلماء استبدال أصباغ الآزو التقليدية ببدائل صديقة للبيئة.

صمّم صبغة جديدة:

- زاهية الألوان
- قابلة للتحلل الحيوي
- لا تُطلق أمينات عطرية سامة
- رخيصة التصنيع

ما الخصائص الكيميائية التي سيتطلبها هذا الجزئ؟

١٥-٤ — فصل المركبات الأروماتية

مقدمة

تخيل أنك كيميائي شرعي يحقق في سائل مشبوه تم استرجاعه من مختبر. يُظهر التحليل أنه يحتوي على أربع مركبات عطرية مختلفة ممزوجة معًا. قبل تحديد كل مركب، يجب أن تفصلها أولًا دون تغيير تركيبها الكيميائي.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يستخدم الكيميائيون الفروق في الذوبان وخصائص الحمض–القاعدة لفصل المركبات العطرية بكفاءة ودقة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للكيميائيين فصل مركبات تبدو متشابهة لكن لها خصائص كيميائية مختلفة؟

الاستكشاف

يحتوي خليط على:

- الأنيلين • الفينول • حمض الساليسيليك • النيتروبنزين

دون استخدام الكروماتوجرافيا أو التقطير:

- أي مركب سيذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف؟ .....
- أيها سيتفاعل مع بيكربونات الصوديوم؟ .....
- أيها سيبقى دون تغيير؟ .....
- اكتب توقعاتك قبل دراسة إجراء الفصل؟ .....

تعلم

فصل المركبات العطرية:

(أ) **تجربة الفصل:** باستخدام قمع فصل وتقسيم المزيج إلى طبقة مائية وطبقة مذيب عضوي مثل إيثرثنائي الإيثيل (طبقة الإيثر)، يمكن فصل المركبات.

- المواد شديدة الذوبان في الماء تنتقل إلى الطبقة المائية.
- المواد شديدة الذوبان في المذيبات العضوية تنتقل إلى طبقة الإيثر.

(ب) خصائص المركبات العطرية: تكون شديدة الذوبان في المذيبات العضوية مقارنة بالماء.

(جـ) الفصل بتفاعل التعادل: عندما تتحول إلى أملاح من خلال تفاعل التعادل، تصبح شديدة الذوبان في الماء.

- تتفاعل الأحماض مع قاعدة لتكوين ملح.
- تتفاعل القواعد مع حمض لتكوين ملح.
- المواد المتعادلة لا تتفاعل مع الأحماض أو القواعد.

استقصاء تجريبي:

سؤال البحث: كيف يؤثر تغيير الأس الهيدروجيني على ذوبان المركبات العطرية؟

استقصِ:

- أي المركبات تصبح أملاحًا؟
- أيها يبقى متعادلًا؟
- أي طبقة (مائية أو إيثر) يشغلها كل مركب بعد كل معالجة؟

أنشئ مخطط تدفق للفصل بناءً على ملاحظاتك.

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تذوب المركبات العطرية بشكل عام بصورة أفضل في المذيبات العضوية منها في الماء.
- يمكن لتفاعلات الحمض–القاعدة أن تحوّل الجزيئات المتعادلة إلى أملاح ذائبة في الماء.
- تسمح أقماع الفصل باستخلاص سائل.
- سائل بكفاءة عالية.

المفاهيم الأساسية:

- المذيبات العضوية.
- حمض الهيدروكلوريك.
- المواد المتعادلة.

(د) الفصل بتحرير الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة:

- يتفاعل ملح حمض ضعيف مع حمض أقوى منه لتحرير الحمض الضعيف.

(قوة الأحماض): حمض الهيدروكلوريك، حمض الكبريتيك > أحماض السلفونيك > الأحماض الكربوكسيلية > حمض الكربونيك > الفينولات

- يتفاعل ملح قاعدة ضعيفة مع قاعدة أقوى منها لتحرير القاعدة الضعيفة.

فكّر كمهندس:

يجب على شركة أدوية فصل مركبات عضوية قيّمة عن النفايات الصناعية بأقل تأثير بيئي.

صمّم عملية فصل:

- تُقلل استخدام المذيب
- تسمح بإعادة تدوير المذيب
- تُقلل النفايات الكيميائية
- تزيد من استعادة المنتج

كيف يحسّن تصميمك الاستدامة الصناعية؟

.....

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

يوضح الشكل إجراء فصل كل مركب من محلول إيثر يحتوي على مزيج من الأنيلين وحمض الساليسيليك والنيتروبنزين والفينول.

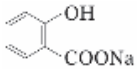
(أ) حدد عدد الأيزوميرات للمركبات العطرية الممثَّلة بالصيغ الجزيئية التالية:

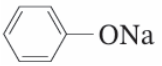
(ب) صف باختصار التغيير الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الطبقة المائية I.

الشرح

بما أن جميع المواد الأربع مركبات عطرية، فإنها تذوب في محلول الإيثر. كما أن خصائصها هي: الأنيلين قاعدي ضعيف، وحمض الساليسيليك حمضي ضعيف، والنيتروبنزين متعادل، والفينول حمضي ضعيف. تحقق من التفاعلات بالترتيب.

الطبقة المائية I: بما أن حمض الهيدروكلوريك المخفف المُضاف في (i) حمضي قوي، فإن الأنيلين القاعدي يُعادَل ليُكوّن ملحًا يذوب في الماء وينتقل إلى الطبقة المائية. لذلك، تحتوي الطبقة المائية I على هيدروكلوريد الأنيلينيوم. الصيغة البنائية: NH_3Cl

الطبقة المائية II: بما أن $NaHCO_3$ المُضاف في (ii) ملح حمض الكربونيك، فإنه يتفاعل مع الأحماض الأقوى. من بين حمض الساليسيليك والفينول، الحمض الأقوى من حمض الكربونيك هو حمض الساليسيليك، وهو حمض كربوكسيلي عطري، لذا يتحول إلى ملح وينتقل إلى الطبقة المائية. لذلك، تحتوي الطبقة المائية II على ساليسيلات الصوديوم 

الطبقة المائية III: بما أن محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH المائي المُضاف في (iii) قاعدي قوي، فإنه يُعادِل الفينول الحمضي المتبقي في طبقة الإيثر من بين النيتروبنزين والفينول ليُنتج ملحًا. لذلك، تحتوي الطبقة المائية III على فينوكسيد الصوديوم 

عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم، وهو قاعدة قوية، إلى كلوريد الأنيلينيوم،وهو ملح لقاعدة ضعيفة، يتحرر الأنيلين. (تحرير قاعدة ضعيفة)

تفسير البيانات:

فكّر كعالم كيميائي:

الخطوة	الكاشف المُضاف	المركب المفصول
I	حمض الهيدروكلوريك المخفف	الأنيلين
II	$NaHCO_3$	حمض الساليسيليك
III	NaOH	الفينول
المتبقي	طبقة الإيثر	النيتروبنزين

الأسئلة:

١. لماذا يُضاف حمض الهيدروكلوريك أولًا؟ .....

٢. لماذا لا تُزيل بيكربونات الصوديوم الفينول؟ .....

٣. لماذا يبقى النيتروبنزين في طبقة الإيثر؟ .....

٤. تنبَّأ بما سيحدث إذا أُضيف NaOH أولًا. .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه.

١. اعتبر محلول إيثر ثنائي الإيثيل يحتوي على الفينول والأنيلين وحمض الساليسيليك والنيتروبنزين مذابة فيه.

العملية I: أضيف محلول بيكربونات الصوديوم المائي بتركيز 5٪ وروج جيدًا للحصول على الطبقة المائية I وطبقة الإيثر I.

العملية II: بعد فصل الطبقة المائية I وطبقة الإيثر I، أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 2mol/L إلى طبقة الإيثر I ورج جيدًا للحصول على الطبقة المائية II وطبقة الإيثر II.

العملية III: بعد فصل الطبقة المائية II وطبقة الإيثر II، أضيف A إلى طبقة الإيثر II ورج جيدًا للحصول على الطبقة المائية III وطبقة الإيثر III.

(أ) اختر كاشفًا مناسبًا واحدًا لـ A من الخيارات أ إلى د التالية.

(أ) محلول كلوريد الصوديوم المائي بتركيز 10٪

(ب) حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L

(جـ) محلول بيكربونات الصوديوم المائي بتركيز 2 mol/L

(د) محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 0.1 mol/L

(ب) اكتب الصيغ البنائية لأملاح المركبات العضوية الذائبة في الطبقات المائية I إلى III.

(جـ) املأ الفراغات (i) إلى (iv) بالصيغ البنائية المناسبة في النص التالي:

عند إضافة كمية كافية من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الطبقة المائية I، ترسب مادة صلبة بيضاء (i). عند تمرير كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون عبر الطبقة المائية II، تم الحصول على (ii). عند إضافة كمية كافية من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الطبقة المائية III، تم الحصول على (iii). عند تبخير طبقة الإيثر III، بقي سائل زيتي (iv).

تحدَّ تفكيرك:

افترض أن الخليط يحتوي أيضًا على حمض البنزويك.

هل سيعمل تسلسل الفصل نفسه؟

إذا لم يعمل، فقد تشمل الأمثلة:

- ما الذي سيتغيّر؟ .....
- أي كاشف ينبغي إضافته أولًا؟ .....
- لماذا؟

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من المركبات التالية يبقى في طبقة الإيثر بعد إضافة بيكربونات الصوديوم؟

(أ) حمض الساليسيليك (ب) كلوريد الأنيلينيوم

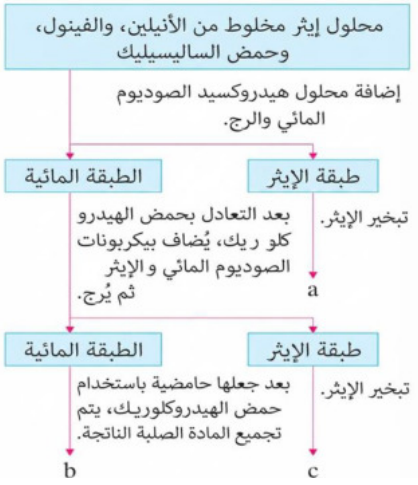
(جـ) النيتروبنزين (د) ساليسيلات الصوديوم

٢. لماذا يُضاف هيدروكسيد الصوديوم بعد بيكربونات الصوديوم؟

(أ) لأنه عامل مؤكسد أقوى. (ب) لأنه يحوّل الفينول إلى ملح ذائب.

(جـ) لأنه يُبخِّر المذيب. (د) لأنه يُعادِل النيتروبنزين.

٣. بفرض أن محلولًا يحتوي على الأنيلين والفينول وحمض الساليسيليك مذابة في إيثر ثنائي الإيثيل. فُصل كل مكوّن من هذا المحلول المختلط بالعمليات الموضحة في الشكل. أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) اكتب الصيغ البنائية للمركبات a إلى c في الشكل.

(ب) اختر الكاشف الذي يتفاعل مع مركب واحد فقط.

من a إلى c من الخيارات A إلى D التالية.

A. محلول فهلنج

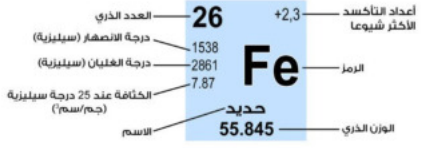
B. مسحوق التبييض

C. محلول كلوريد الحديد (III) المائي

D. اليود ومحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي

(جـ) إذا كان التولوين موجودًا أيضًا في المحلول المختلط الأولي، أين من بين a إلى c في الشكل سيُفصَل التولوين؟ اختر الحرف المناسب

الجـــــــدول الدوري للعنـــــــاصر



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 +1 -259.16 -252.87 0.00008 **H** هيدروجين 1.0080																	2 -272.20 -268.92 0.00016 **He** هيليوم 4.0026
3 +1 180.50 1342 0.53 **Li** ليثيوم 6.94	4 +2 1287 2468 1.85 **Be** بيريليوم 9.0122											5 +3 2077 4000 2.34 **B** بورون 10.81	6 ±4,2 3825 (sub) 3825 (sub) 2.2 (graphite) **C** كربون 12.011	7 ±3,5,4,2 -210.0 -195.79 0.00114 **N** نيتروجين 14.007	8 -2 -218.79 -182.96 0.00130 **O** أكسجين 15.999	9 -1 -219.67 -188.11 0.00155 **F** فلور 18.998	10 -248.59 -246.04 0.00082 **Ne** نيون 20.180
11 +1 97.79 882.94 0.97 **Na** صوديوم 22.990	12 +2 650 1090 1.74 **Mg** مغنيسيوم 24.305											13 +3 660.32 2519 2.70 **Al** ألومنيوم 26.982	14 +4 1414 3265 2.329 **Si** سيليكون 28.085	15 ±3,5,4 44.15 280.5 1.82 (White) **P** فوسفور 30.974	16 ±2,4,6 115.21 444.61 2.07 **S** كبريت 32.06	17 ±1,3,5,7 -101.5 -34.04 0.00289 **Cl** كلور 35.45	18 -189.34 -185.84 0.00163 **Ar** أرجون 39.95
19 +1 63.5 759 0.89 **K** بوتاسيوم 39.098	20 +2 842 1484 1.54 **Ca** كالسيوم 40.078	21 +3 1541 2836 2.99 **Sc** سكانديوم 44.956	22 +4,3 1670 3287 4.50 **Ti** تيتانيوم 47.867	23 +5,4,3,2 1910 3407 6.0 **V** فاناديوم 50.942	24 +6,3,2 1907 2671 7.15 **Cr** كروم 51.996	25 +7,6,4,2,3 1246 2061 7.3 **Mn** منجنيز 54.938	26 +2,3 1538 2861 7.87 **Fe** حديد 55.845	27 +2,3 1495 2927 8.86 **Co** كوبالت 58.933	28 +2,3 1455 2913 8.90 **Ni** نيكل 58.693	29 +2,1 1084.62 2560 8.96 **Cu** نحاس 63.546	30 +2 419.52 907 7.13 **Zn** خارصين 65.38	31 +3 29.76 2229 5.91 **Ga** جاليوم 69.723	32 +4 938.25 2833 5.32 **Ge** جيرمانيوم 72.630	33 ±3,5 616(sub) 616(sub) 5.75 **As** زرنيخ 74.922	34 -2,4,6 220.8 685 4.80 **Se** سيلينيوم 78.971	35 ±1,5 -7.2 58.8 3.102 **Br** بروم 79.904	36 +2 -157.37 -153.41 0.00342 **Kr** كريبتون 83.798
37 +1 39.30 688 1.53 **Rb** روبيديوم 85.468	38 +2 777 1377 2.64 **Sr** سترونشيوم 87.62	39 +3 1522 3345 4.47 **Y** يتريوم 88.906	40 +4 1854 4406 6.52 **Zr** زركونيوم 91.224	41 +5,3 2477 4741 8.57 **Nb** نيوبيوم 92.906	42 +6,5,4,3,2 2622 4639 10.2 **Mo** موليبدينوم 95.95	43 +7 2157 4262 11 **Tc** تكنيشيوم (97)	44 +2,3,4,6,8 2333 4147 12.1 **Ru** روثينيوم 101.07	45 +2,3,4 1983 3695 12.4 **Rh** روديوم 102.91	46 +2,4 1554.8 2963 12.0 **Pd** بالاديوم 106.42	47 +1 961.78 2162 10.5 **Ag** فضة 107.87	48 +2 321.069 767 8.69 **Cd** كادميوم 112.41	49 +3 156.60 2027 7.31 **In** إنديوم 114.82	50 +4,2 231.92 2586 7.28 **Sn** قصدير 118.71	51 ±3,5 630.62 1587 6.68 **Sb** أنتيمون 121.76	52 -2,4,6 449.51 988 6.23 **Te** تيلوريوم 127.60	53 ±1,5,7 113.7 184.4 4.93 **I** يود 126.90	54 +6,4,2 -111.75 -108.09 0.00536 **Xe** زينون 131.29
55 +1 28.5 671 1.87 **Cs** سيزيوم 132.91	56 +2 727 1845 3.62 **Ba** باريوم 137.33	57-71	72 +4 2233 4600 13.3 **Hf** هافنيوم 178.49	73 +5 3017 5455 16.4 **Ta** تنتالوم 180.95	74 +6,5,4,3,2 3414 5555 19.3 **W** تنجستن 183.84	75 +7,6,4,2,-1 3185 5590 20.8 **Re** رينيوم 186.21	76 +2,3,4,6,8 3033 5008 22.58 **Os** أوزميوم 190.23	77 +2,3,4,6 2446 4428 22.56 **Ir** إيريديوم 192.22	78 +2,4 1768.2 3825 21.5 **Pt** بلاتين 195.08	79 +3,1 1064.18 2836 19.3 **Au** ذهب 196.97	80 +2,1 -38.82 356.61 13.5 **Hg** زئبق 200.59	81 +3,1 304 1473 11.8 **Tl** ثاليوم 204.38	82 +4,2 327.46 1749 11.3 **Pb** رصاص 207.2	83 +3,5 271.40 1564 9.79 **Bi** بزموث 208.98	84 +4,2 254 962 9.20 **Po** بولونيوم (209)	85 ±1,3,5,7 300 350 – **At** أستاتين (210)	86 +2 -71 -61.7 0.00907 **Rn** رادون (222)
87 +1 21 650 – **Fr** فرانسيوم (223)	88 +2 696 1500 5 **Ra** راديوم (226)	89-103	104 – – **Rf** رذرفورديوم (267)	105 – – **Db** دوبنيوم (268)	106 – – **Sg** سيبورجيوم (269)	107 – – **Bh** بوريوم (270)	108 – – **Hs** هاسيوم (269)	109 – – **Mt** مايتنريوم (277)	110 – – **Ds** درمستاديوم (281)	111 – – **Rg** رونتجينيوم (282)	112 – – **Cn** كوبرنيسيوم (285)	113 – – **Nh** نيهونيوم (286)	114 – – **Fl** فليروفيوم (290)	115 – – **Mc** موسكوفيوم (290)	116 – – **Lv** ليفرموريوم (293)	117 – – **Ts** تينيسين (294)	118 – – **Og** أوجانيسون (294)

سلسلة اللانثنيدات	57 +3 920 3464 6.15 **La** لانثانوم 138.91	58 +3,4 799 3443 6.77 **Ce** سيريوم 140.12	59 +3,4 931 3520 6.77 **Pr** براسيوديميوم 140.91	60 +3 1016 3074 7.01 **Nd** نيوديميوم 144.24	61 +3 1042 3000 7.26 **Pm** بروميثيوم (145)	62 +3,2 1072 1794 7.52 **Sm** ساماريوم 150.36	63 +3,2 822 1529 5.24 **Eu** يوروبيوم 151.96	64 +3 1313 3273 7.90 **Gd** جادولينيوم 157.25	65 +3,4 1359 3230 8.23 **Tb** تيربيوم 158.93	66 +3 1412 2567 8.55 **Dy** ديسبروسيوم 162.50	67 +3 1472 2700 8.80 **Ho** هولميوم 164.93	68 +3 1529 2868 9.07 **Er** إربيوم 167.26	69 +3,2 1545 1950 9.32 **Tm** ثوليوم 168.93	70 +3,2 824 1196 6.90 **Yb** يتربيوم 173.05	71 +3 1663 3402 9.84 **Lu** لوتيتيوم 174.97
سلسلة الأكتنيدات	89 +3 1050 3200 10 **Ac** أكتينيوم (227)	90 +4 1750 4785 11.7 **Th** ثوريوم 232.04	91 +5,4 1572 4000 15.4 **Pa** بروتكتينيوم 231.04	92 +6,5,4,3 1135 4131 19.1 **U** يورانيوم 238.03	93 +6,5,4,3 644 3902 20.2 **Np** نبتونيوم (237)	94 +6,5,4,3 640 3228 19.7 **Pu** بلوتونيوم (244)	95 +6,5,4,3 1176 2011 12 **Am** أمريشيوم (243)	96 +3 1345 – 13.51 **Cm** كوريوم (247)	97 +4,3 986 – 14.78 **Bk** بيركيليوم (247)	98 +3 900 – 15.1 **Cf** كاليفورنيوم (251)	99 +3 860 – – **Es** أينشتاينيوم (252)	100 +3 1527 – – **Fm** فيرميوم (257)	101 +3 827 – – **Md** مندليفيوم (258)	102 +3,2 827 – – **No** نوبيليوم (259)	103 +3 1627 – – **Lr** لورينسيوم (262)

الفلزات القلوية | الفلزات القلوية الترابية | الفلزات الانتقالية | الفلزات ما بعد الانتقالية | أشباه الفلزات | اللافلزات | الهالوجينات | الغازات النبيلة | اللانثنيدات | الأكتنيدات | العناصر الصلبة | العناصر السائلة | العناصر الغازية | العناصر الصناعية

المؤلفون

Maki Komizo

Takayuki Kobayashi

Asato Tanaka

Koto Yasuda

المراجعون

أ.د. بشرى مسعد عوض

أ.د. محمد أبو ريه

أ.م.د. سالي كمال إبراهيم

د. محمد عارف

د. عزيزة رجب خليفة

د. حنان أبو العباس محمد

أ. سامح منصور

أ. جمال اليمني السيد

الإشراف العام

د. جبريل أنور حميدة

رئيس الادارة المركزية لتطوير المناهج

HO
NH3
O3
OH
الإدارة المركزية لتطوير المناهج
CACD
Central Administration Of Curriculum Development
SPRIX