قـــررت وزارة الـتـعـلـيـم تـــدريس
هـذا الـكـتـاب وطـبـعـه عـلـى نـفـقـتـهـا

المملكة العربية السعودية

الكيمياء 2

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

يُوزع مجّانًا ولا يُباع

طبعة 1445 - 2023

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
كيمياء ٢ – التعليم الثانوي – نظام المسارات – السنة الثانية. /
وزارة التعليم – ط ١٤٤٥ . – الرياض ، ١٤٤٤ هـ .
٥٨١ص ؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١ – الكيمياء – كتب دراسية ٢ – التعليم الثانوي – السعودية
ديوي ٥٤٠,٧١٢ ١٤٤٤/٨٦٩١

رقم الإيداع : ١٤٤٤/٨٦٩١
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.

fb.ien.edu.sa

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الفصل 2

مشتقات المركبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها
Substituted Hydrocarbons and Their Reactions

حمض الفورميك

الفكرة العامة يـؤدي اسـتبدال ذرات الهيدروجين في المركبـات الهيدروكربونية بمجموعـات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

2-2 الكحولات، والإيثرات، والأمينات

الفكرة الرئيسة الأكسـجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.

2-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعـلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

2-5 البوليمرات

الفكرة الرئيسة البوليمـرات الصناعية مركبـات عضوية كبيرة تتكـون من تكرار وحـدات مرتبطة معًـا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

حقائق كيميائية

- تفرز يرقة فراشـة العث Larva نافـورة من حمض الفورميك عندما تتعرض لتهديد.
- تحتوي قرون استشعار الفراشة البالغة على مستقبلات كيميائية للكشف عن المركبات العضوية.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تعد عجينة لزجة؟

تحتوي معظم المركبات العضوية على عناصر أخرى غير الهيدروجين والكربون، تكسبها خواص مميزة. كيف تتغير خواص هذه المركبات عندما تقوم المجموعات الوظيفية بتكوين روابط بين السلاسل؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استعمل **مخبارًا مدرجًا** لقياس 20 mL من محلول **كحول البولي فينيل بتركيز 4%**، ثم ضع المحلول في كأس بلاستيكية، ولاحظ لزوجة المحلول في أثناء تحريكه بساق التحريك.
3. أضف في أثناء التحريك 6 mL من **محلول رابع بورات الصوديوم بتركيز 4%**، إلى محلول كحول البولي فينيل، واستمر في التحريك حتى يبدو المحلول متجانسًا تمامًا.
4. البس القفازين، واسكب المادة الناتجة خارج الكأس، ثم اعجن البوليمر، واسحبه بالطول.

تحليل النتائج

5. **قارن** الخواص الفيزيائية للمادة المتفاعلة والمواد الناتجة.

توجد المواد المتفاعلة في الحاله السائلة . لا تمتلك النواتج خواص المادة الصلبة أو السائلة جميعها.

6. **اشرح** كيف أثرت قوى التجاذب بين السلاسل الجزيئية في لزوجة المحلول.

زاد الترابط التشابكي للسلسلة من لزوجة المحلول.

استقصاء ما النسبة بين محلولي رابع بورات الصوديوم وكحول البولي فينيل؟ ما الذي تحصل عليه لو تغيرت هذه النسبة؟

6 :20؛ مركب مختلف.

المطويات
منظمات الأفكار

المجموعات الوظيفية:
اعمل المطوية الآتية لتنظيم المعلومات حول المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.

الخطوة 1 ضع سبع أوراق على شكل طبقات، كما في الصورة المجاورة.

الخطوة 2 قص الأوراق السبعة أفقيًّا بطول 3 سم، وذلك عند السطر السادس من الجهة العلوية للأوراق.

الخطوة 3 اعمل قَطعًا عموديًّا من أسفل حتى يلتقي مع القطع الأفقي.

الخطوة 4 ضع ورقة صحيحة أسفل الأوراق المقطوعة الأخرى، ثم اضبط قمم وجوانب كافة الأوراق، ودبس المطوية أو ضعها في دفتر الملاحظات، ثم ضع عليها علامات التبويب كما هو مبين في الشكل.

المطويات **استعمل هذه المطوية مع الأقسام 1–2، و2–2، و3–2، و4–2**، وفي أثناء قراءتك لهذه الأقسام لخّص ما تعلمته عن تصنيف المركبات العضوية وتركيبها، واذكر أمثلة على كل منها.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2–1

هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل
Alkyl Halides and Aryl Halides

الأهداف

- **تتعرف** المجموعة الوظيفية، وتعطي أمثلة عليها.
- **تقارن** بين تراكيب هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.
- **تقوّم** درجة غليان الهاليدات العضوية.

مراجعة المفردات

المركب الأليفاتي: مركب هيدروكربوني غير عطري، مثل الألكان، والألكين، والألكاين.

المفردات الجديدة

المجموعة الوظيفية
هاليدات الألكيل
هاليدات الأريل
البلاستيك
تفاعلات الاستبدال
الهلجنة

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.**

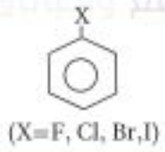
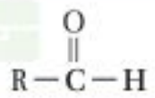
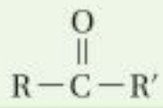
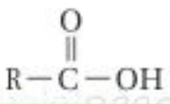
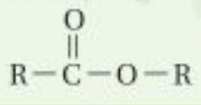
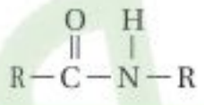
الربط مع الحياة إذا كنت تلعب ضمن فريق، فأي اللاعبين يمكن تغييرهم في أثناء اللعب؟ يمكن على سبيل المثال تغيير اللاعب الذي يشعر بالإرهاق. نلاحظ أن خواص الفريق قد تغيرت بعد عملية الاستبدال.

المجموعات الوظيفية Functional Groups

من المعروف أن ذرات الكربون في الهيدروكربونات ترتبط فقط مع ذرة كربون أخرى أو ذرات هيدروجين. ولكن يمكن لذرة الكربون أيضًا أن تكوّن رابطة تساهمية قوية مع عناصر أخرى، ومن أكثرها شيوعًا الأكسجين والنيتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفوسفور.

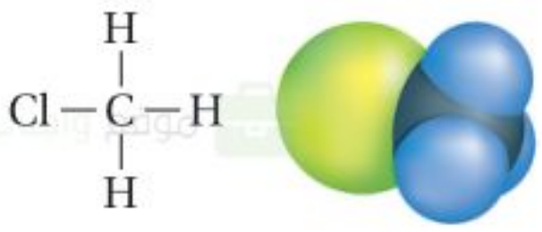
وتوجد ذرات هذه العناصر في المواد العضوية بوصفها جزءًا من المجموعات الوظيفية. **والمجموعة الوظيفية** في المركبات العضوية هي ذرة أو مجموعة من الذرات تكسبه خواص مميزة، وتتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافة المجموعات الوظيفية للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائمًا مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية. والمواد الظاهرة في **الشكل 1–2** – صناعية كانت أم طبيعية – جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً. ويبين **الجدول 1–2** المركبات العضوية التي تحتوي على أكثر من مجموعة وظيفية. ويمثل الرمزان R و R' سلسلة أو حلقة من الكربون مرتبطة مع المجموعة الوظيفية. تذكر أن كلًّا من الرابطتين الثنائية والثلاثية بين ذرات الكربون تعد مجموعات وظيفية، على الرغم من وجود ذرات كربون وهيدروجين فقط. ومن خلال معرفة خواص المجموعة الوظيفية يمكنك توقع خواص المركبات العضوية التى تحتوي عليها، حتى لو لم تكن تعلمتها سابقًا.

الشكل 1–2 جميع هذه المواد تحتوي على نوع واحد – على الأقل – من المجموعات الوظيفية التي ستدرسها في هذا الفصل. فعلى سبيل المثال يكون للفواكه والأزهار رائحة تميزها، ويعزى هذا إلى وجود جزيئات الإستر في هذه المواد.

الجدول 1-2 المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية		
نوع المركب	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية
هاليدات الألكيل	R—X (X = F, Cl, Br, I)	الهالوجين
هاليدات الأريل	 (X=F, Cl, Br,I)	الهالوجين
الكحولات	R—OH	الهيدروكسيل
الإيثرات	R—O—R′	الإيثر
الأمينات	$R—NH_2$	الأمين
الألدهيدات		الكربونيل
الكيتونات		الكربونيل
الأحماض الكربوكسيلية		الكربوكسيل
الإسترات		الإستر
الأميدات		الأميد

مركبات عضوية تحتوي على الهالوجينات
Organic Compounds Containing Halogens

الهالوجينات هي أبسط المجموعات التي يمكن أن تفكر فيها على أنها مجموعات وظيفية مرتبطة مع الهيدروكربونات؛ فإذا حلت ذرة هالوجين محل أي ذرة هيدروجين من الألكان نتج هاليد الألكيل. و**هاليدات الألكيل** مركبات عضوية تحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتوجد الهالوجينات الأربع الأولى – الفلور والكلور والبروم واليود – في العديد من المركبات العضوية. وعلى سبيل المثال، فإن الكلوروميثان هو هاليد ألكيل يتكون عندما تحل ذرة كلور محل ذرة من ذرات الهيدروجين الأربع في الميثان، كما هو موضح في **الشكل 2-2**.



كلوروميثان

الشكل 2–2 الكلوروميثان هو هاليد ألكيل، ويُستعمل في صناعة المواد اللاصقة المعروفة تجاريًّا بالسليكون؛ لتثبيت الأبواب والنوافذ.

هاليدات الأريل مركبات عضوية تتكون من هالوجين مرتبط مع حلقة البنزين أو مجموعة أروماتية أخرى. وتكتب الصيغة البنائية لهاليدات الأريل برسم المركب الأروماتي أولاً، ثم استبدال ذرات الهيدروجين بذرات الهالوجين بشكل محدد، كما في **الشكل 2-3a**.

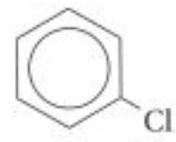
الربط مع **علوم الأرض** تستعمل هاليدات الألكيل على نطاق واسع في المبردات وأنظمة التكييف على شكل كلوروفلوروكربونات CFCs. وقد بقيت كذلك حتى أواخر الثمانينيات. ومعلوم أن CFCs يؤثر في طبقة الأوزون. وقد استبدلت الفلوروكلوروكربون (CFCs) بالهيدروفلوروكربون (HFCs)؛ حيث تحتوي فقط على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع الكربون. ومن أكثر مركبات HFCs شيوعًا 1،1،2،2 – ثلاثي فلوروإيثان.

تسمية هاليدات الألكيل تسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية وفق طريقة IUPAC اعتمادًا على السلسلة الرئيسة للألكان. أما هاليدات الألكيل فيدل المقطع الأول على اسم الهالوجين مع إضافة حرف (و) في نهاية الاسم. لذا يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، والكلور هو كلورو، والبروم هو برومو، واليود هو أيودو، كما هو مبين في **الشكل 2-3b**.

في حالة وجود أكثر من ذرة هالوجين في الجزيء نفسه ترتب أسماء الذرات أبجديًا بحسب ترتيب الأحرف الإنجليزية. ويجب ترقيم السلسلة بحيث يعطى أقل رقم لموقع الذرة المرتبطة بذرة الهالوجين بحسب الترتيب الأبجدي. لاحظ كيفية تسمية هاليدات الألكيل في **الشكل 2-3c**. وبالطريقة نفسها ترقم حلقة البنزين في هاليدات الأريل لإعطاء أقل رقم لكل موقع بحسب الترتيب الأبجدي؛ بحيث يكون أقل رقم للذرة التي تأتي أولًا، كما في **الشكل 2-3d**.

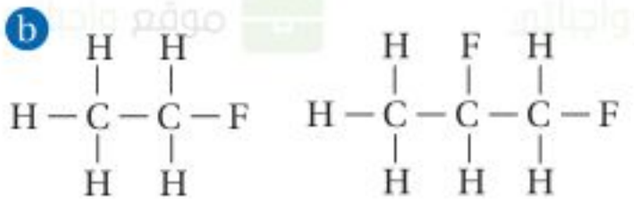
ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يتم وضع أقل قيمة رقمية عند تسمية هاليد الأريل بدلاً من استعمال الترقيم العشوائي؟

a



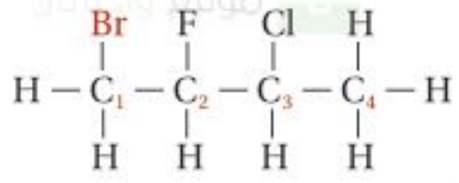
كلورو بنزين

b



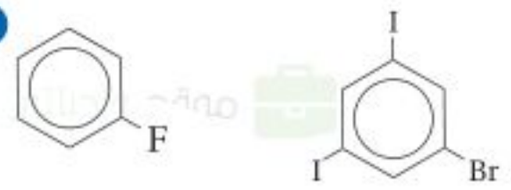
2،1-ثنائي فلورو بروبان — فلورو إيثان

c



1-برومو-3-كلورو-2-فلورو بيوتان

d



1-برومو-5،3-ثنائي أيودو بنزين — فلورو بنزين

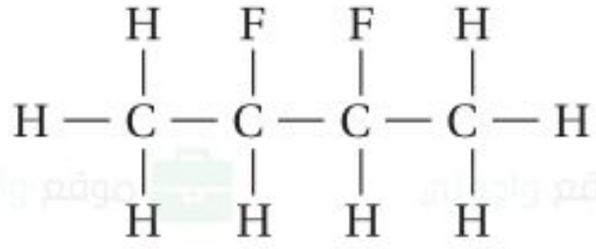
الشكل 3-2 تحتوي الجزيئات العضوية على مجموعات وظيفية، تسمى اعتمادًا على تركيب سلسلة الألكان، ووفق النظام الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

يجب أن تكون تسمية المركبات العضوية موحدة حتى يتمكن الكيميائيون في جميع أنحاء العالم من معرفة أي المركبات يتحدثون عنها.

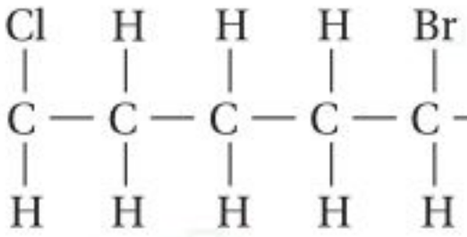
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

سمِّ هاليدات الألكيل أو الأريل التي لها الصيغ البنائية الآتية:

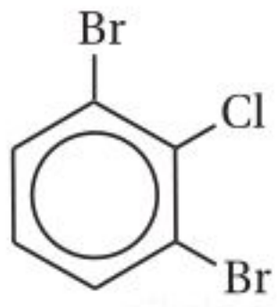
.1



.2



.3



2، 3– ثنائي فلورو بيوتان

1– برومو 5– كلوروبنتان

1، 3– ثنائي برومو–2– كلوروبنزين

موقع واجباتي

الجدول 2-2 مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها

الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/ml) في الحالة السائلة
ميثان	CH_4	−162	0.423 عند 162 °C
كلورو ميثان	CH_3Cl	−24	0.911 عند 25 °C
بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	36	0.626
1-فلورو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2F$	62.8	0.791
1-كلورو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$	108	0.882
1-برومو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Br$	130	1.218
1-أيودو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2I$	155	1.516

زيادة في درجة الغليان ↓

زيادة في الكثافة ↓

خواص واستعمالات هاليدات الألكيل يبين **الجدول 2-2** قائمة ببعض الخواص الفيزيائية لعدد من هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها.

لاحظ أن درجة غليان وكثافة كل كلوريد ألكيل أعلى من درجة غليان وكثافة الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. لاحظ أيضًا أن درجة الغليان والكثافة تزداد عند الانتقال عبر الهالوجينات من الفلور إلى اليود . ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات الخارجية البعيدة عن النواة. وتميل هذه الإلكترونات إلى تغيير مكانها بسهولة، ونتيجة لذلك يزداد ميل هاليدات الألكيل لتكوين مركبات ثنائية القطب مؤقتة. ولأن الأقطاب تتجاذب معًا تزداد الطاقة اللازمة لفصل الجزيئات بعضها عن بعض، وبذلك تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل بازدياد حجم ذرة الهالوجين.

ماذا قرأت؟ اشرح العلاقة بين عدد الإلكترونات في الهالوجين ودرجة الغليان.

كلما زاد عدد الإلكترونات الخارجية في ذرات الهالوجينات، زادت درجة الغليان بسبب زيادة قوة التجاذب الثنائية بين الجسيمات.

على الرغم من أن هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان تحتوي على يوديد عضوي إلا أنه من النادر أن يتم العثور على الهاليدات العضوية في الطبيعة. إن ذرات الهالوجين التي ترتبط بذرات الكربون أكثر نشاطًا من ذرات الهيدروجين المستبدلة. ولهذا السبب، كثيرًا ما تستعمل هاليدات الألكيل موادَّ أولية في الصناعات الكيميائية بوصفها مذيبات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب الجزيئات غير القطبية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر **الشكل 4-2** تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ إذ يتم تصنيع هذا النوع من **البلاستيك** من غاز رابع فلورو إيثين. ويمكن تسخين البلاستيك وتشكيله عندما يكون لينًا. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

ماذا قرأت؟ اشرح لماذا تستعمل هاليدات الألكيل في الصناعات الكيميائية بوصفها مواد أولية بدلاً من الألكانات؟

إن ذرات الهالوجين في هاليدات الألكيل أكثر نشاطًا من ذرات الهيدروجين التي حلت مكانها في الألكانات.

الشكل 4-2 رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE) مكون من مئات الوحدات. ويوفر سطحًا غير لاصق لكثير من أدوات المطبخ، ومن ذلك أدوات الخبز.

الجدول 3-2	تفاعلات الاستبدال
تفاعلات الاستبدال العامة لتكوين هاليدات الألكيل $R{-}CH_3 + X_2 \rightarrow R{-}CH_2X + HX$ حيث X فلور، أو كلور، أو بروم	مثال على تفاعلات الاستبدال (الهلجنة) $C_2H_6 + Cl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + HCl$ إيثان كلورو إيثان
تفاعلات تكوين الكحولات $R{-}X + OH^- \rightarrow R{-}OH + X^-$ كحول هاليد الألكيل	مثال على تفاعلات تكوين الكحولات $CH_3CH_2Cl + OH^- \rightarrow CH_3CH_2OH + Cl^-$ إيثانول كلوروإيثان
تفاعلات تكوين الأمينات $R{-}X + NH_3 \rightarrow R{-}NH_2 + HX$ أمين هاليد الألكيل	مثال على تفاعلات تكوين الأمينات $CH_3(CH_2)_6CH_2Br + NH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_6CH_2NH_2 + HBr$ أوكتيل أمين 1-برومو أوكتان

تفاعلات الاستبدال Substitution Reactions

من أين يأتي التنوع الهائل للمركبات العضوية؟ يعد البترول المصدر الأول لجميع المركبات العضوية الصناعية. ويُظهر **الشكل 5-2** عمال حقول النفط وهم ينقبون عن النفط، وهو أحد أشكال الوقود الأحفوري الذي يتألف مجمله من مواد هيدروكربونية تقريبًا، وبخاصة الألكانات. كيف يمكن تحويل الألكانات إلى مركبات مختلفة مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات؟

من طرائق إدخال المجموعات الوظيفية تفاعلات الاستبدال، كما هو مبين في **الجدول 3-2**. وفي **تفاعلات الاستبدال** تحل ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب. وفي حالة الألكانات، يمكن أن تحل ذرة هالوجين - مثل الكلور أو البروم - محل ذرة هيدروجين في عملية تسمى **الهلجنة**. ويوضح **الجدول 3-2** أحد الأمثلة على عملية الهلجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان. ويبين **الشكل 6-2** نوعًا آخر من الهيدروكربونات المهلجنة يسمى الهالوثان (2- برومو-2 - كلورو- 1،1،1 - ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استعمل أول مرة في التخدير في خمسينيات القرن العشرين. ويبين **الجدول 3-2** المعادلات العامة لتفاعلات الاستبدال. ويمكن أن تكون X في هذا التفاعل الفلور أو الكلور أو البروم، ولكن ليس اليود؛ لأن اليود لا يتفاعل جيدًا مع الألكانات.

ماذا قرأت؟ **ارسم** الصيغة البنائية للهالوثان.

الشكل 5-2 عمال حقول النفط ينقبون عن البترول. و يمكن استخراج ما يزيد على 100 ألف برميل يوميًّا من بئر النفط الواحد.

اشرح العلاقة بين النفط والمركبات العضوية الصناعية.

يحتوي البترول على الألكانات التي يمكن تحويلها إلى مركبات هيدروكربونية أخرى، مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات، وتستعمل في تحضير المركبات العضوية الاصطناعية.

الشكل 6–2 استعمل الهالوثان في الطب في خمسينيات القرن الماضي مخدرًا عامًّا للمرضى عند إجراء العمليات الجراحية.

تفاعلات استبدال أخرى عندما تتم هلجنة الألكانات يصبح هاليد الألكيل الناتج قابلاً للدخول في تفاعل استبدال آخر؛ حيث تحل ذرة أو مجموعة من الذرات محل ذرة الهالوجين. على سبيل المثال، تفاعل هاليد الألكيل مع المحاليل القاعدية، حيث تحل مجموعة OH^- محل ذرة الهالوجين لينتج الكحول. ويبين **الجدول 3–2** المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل.

كما يؤدي تفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا NH_3 إلى أن تحل مجموعة الأمين NH_2– محل ذرة الهالوجين لينتج الألكيل أمين، كما هو مبين في **الجدول 3–2**.

المطويات

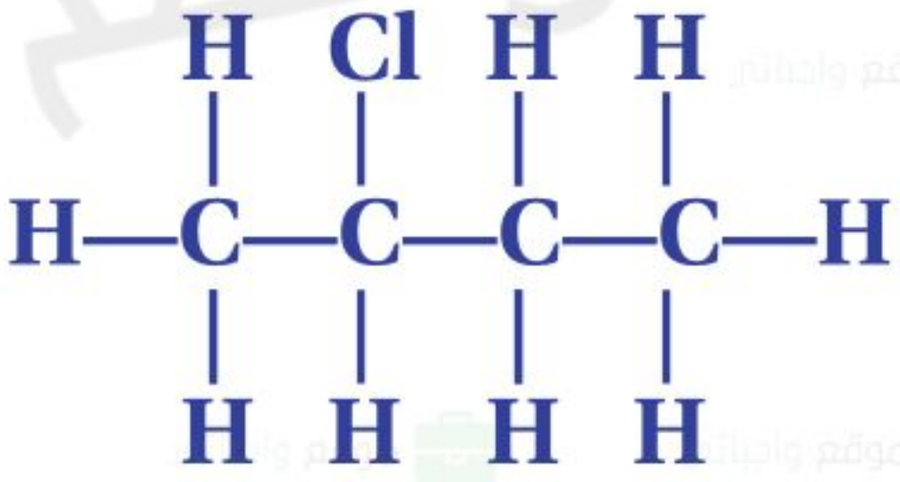
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

4. الفكرة الرئيسة قارن فيم تختلف هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل؟

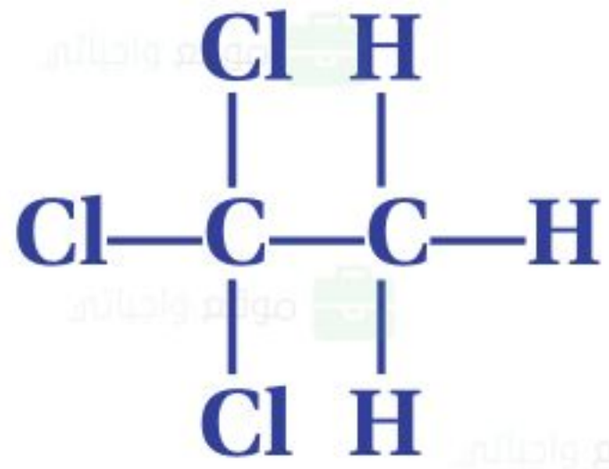
يُعدّ هاليدُ الألكيل أحدَ مشتقّات المركّبات الهيدروكربونية، حيث ترتبط ذرة الهالوجين بروابط تساهمية بذرات الكربون الأليفاتية، في حين يُعدّ هاليدُ الأريل أحدَ مشتقّات المركّبات التي يرتبط فيها ذرة الهالوجين بحلقة بنزين أو مركّبات أروماتية (عطرية) أخرى برابطة تساهمية.

5. ارسم الصيغ البنائية لكل مما يأتي:

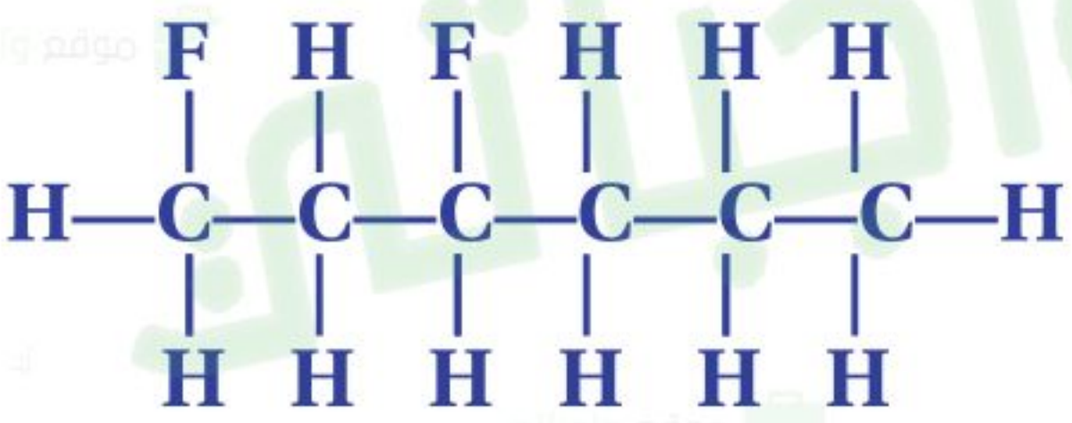
a. 2- كلورو بيوتان



b. 1،1،1- ثلاثي كلورو إيثان



c. 3،1 – ثنائي فلورو هكسان



d. 4 – برومو – 1– كلورو بنزين

موقع واجباتي

التقويم 1-2

6. عرّف المجموعة الوظيفية، وسم المجموعة الوظيفية في كل من الصيغ البنائية الآتية، ثم سّم نوع المركب العضوي لكل منها:

المجموعة الوظيفية هي ذرة أو مجموعة من الذرات تتفاعل بطرائق عدة.

a. $CH_3CH_2CH_2OH$

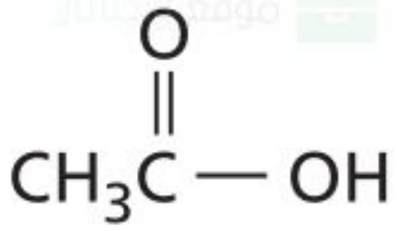
مجموعة الهيدروكسيل؛ كحول

b. CH_3CH_2F

مجموعة الفلور؛ هاليد الألكيل

c. $CH_3CH_2NH_2$

مجموعة الأمينات؛ أمين

d. 

مجموعة الكربوكسيل؛ أحماض كربوكسيلية

7. قوّم كيف يمكن توقع درجة غليان البروبان، و1 – كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسّر إجابتك.

درجة غليان 1– كلوروبروبان أعلى من درجة غليان البروبان؛ لأن جزيئات 1– كلوروبروبان تُشكِّل روابط ثائية القطب أكثر من جزيئات البروبان.

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-2

الكحولات والإيثرات والأمينات
Alcohols, Ethers, and Amines

الأهداف

- **تحدد** المجموعات الوظيفية التي تميز الكحولات، والإيثرات، والأمينات.
- **ترسم** الصيغة البنائية لكل من الكحول والإيثر والأمين.
- **تناقش** خواص واستعمالات الكحولات والإيثرات والأمينات.

مراجعة المفردات

السوائل التامة الامتزاج تصف سائلين يذوب كل منهما في الآخر.

المفردات الجديدة

مجموعة الهيدروكسيل
الكحولات
الإيثرات
الأمينات

الفكرة الرئيسة **الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.**

الربط مع الحياة عندما تلقيت آخر مصل طبي قامت الممرضة بتطهير جلدك بالكحول قبل حقنك. هل تعلم أن الممرضة كانت تستعمل أحد مشتقات الهيدروكربونات؟

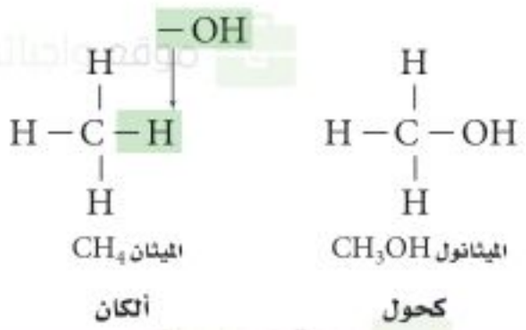
الكحولات Alcohols

كثير من المركبات العضوية تحتوي على ذرة أكسجين ترتبط مع ذرة كربون. ولأن ذرة الأكسجين تحتوي في مدارها الأخير على 6 إلكترونات، يكون لديها القدرة على تكوين رابطتين تساهميتين لتصل إلى نظام الثماني المستقر. كما يمكن لذرة الأكسجين أن ترتبط برابطة ثنائية مع ذرة الكربون لتحل محل ذرتين من الهيدروجين، وقد ترتبط برابطة أحادية مع الكربون ورابطة أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى مجموعة الأكسجين–والهيدروجين التي ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون **مجموعة الهيدروكسيل** (OH–). وتسمى المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين **الكحولات**. ويبين **الجدول 4-2** الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضا العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول.

ويعد الإيثانول وثاني أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب، وعجين الخبز، ويستخدم الإيثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفة مطهّرًا. كما يستعمل لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن، ويمكن إضافته إلى البنزين، كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيدًا.

يبين **الشكل 7-2** نموذجًا لجزيء الإيثانول ونموذجًا لجزيء الماء. وبالمقارنة بين النموذجين ستلاحظ أن زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في جزيء الإيثانول تساوي مقياس الزاوية نفسها في جزيء الماء، ولذلك تكون مجموعة الهيدروكسيل في جزيء الكحول متوسطة القطبية، كما في جزيء الماء، وقادرة على تكوين روابط هيدروجينية مع مجموعة هيدروكسيل في جزيئات كحول أخرى. وبسبب هذه الرابطة فإن درجة غليان الكحول أعلى من درجة غليان المركبات الهيدروكربونية المماثلة لها في الشكل والحجم.

الجدول 4-2

الكحولات	
الصيغة العامة	**أبسط الكحولات وأبسط الألكانات**
ROH R تمثل سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية.	

ويمكـــن أن يمتـــزج الكحول تمامًا مع الماء بســـبب قطبيته ووجـــود الرابطة الهيدروجينية. وفي الحقيقة يصعب فصل الكحول عن الماء بشـــكل كامل بعد مزجهما. ولذلك تســـتعمل عملية التقطير لفصل الكحـــول عن الماء، وعلى الرغـــم من ذلك يبقى حوالي 5% من المـــاء في مزيج الإيثانول والماء بعد نهاية هذه العملية تمامًا، وبســـبب قطبية مجموعة الهيدروكسيل في الكحول فإنه يعد مذيبًا جيدًا للمواد العضوية القطبية. فعلى ســـبيل المثال، يعد الميثانول أبســـط الكحولات، وهو من المذيبات الشائعة الاستعمال في الصناعة، مثل استعماله في بعض الدهانات، كما يستعمل 2- بيوتانول مذيبًا في بعض الأصباغ.

لاحظ أن اســـم الكحولات يعتمد على اســـم الألكانـــات المقابلة لها، مثل هاليدات الألكيل. فعلى سبيل المثال، CH_4 هو الميثان، وCH_3OH الميثانول، و CH_3CH_3 الإيثان، و CH_3CH_2OH الإيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات أساســـًا على عدد ذرات الكربون في الألكان، وتعتمد قواعد التسمية العالمية الأيوباك IUPAC على السلســـلة أو الحلقة الأصليـــة أولاً، ثم إضافة المقطع (ول) إلى نهاية اســـم الألكان ليمثل مجموعة الهيدروكسيل. وفي الكحولات التـــي تتكون من ثلاث ذرات كربون أو أكثر هنـــاك أكثر من موقع لمجموعة الهيدروكســـيل. لذلك يجب الإشـــارة إلى الموقع برقم يضاف إلى الاســـم في البداية، كما هو مبين في الشكلين: **2-8a**، و **الشكل 2-8b**.

ماذا قرأت؟ **فسّـر** لماذا لا تكون الأسماء 3- بيوتانول، و4- بيوتانول أسماء صحيحة للمواد؟

لأن الرقمين 3 و 4 ليســا أقل قيمة رقمية تمثل مواقع المجموعات الوظيفية.

والآن انظر إلى **الشـــكل 2-8c** تتكون حلقة المركب مـــن 6 ذرات كربون مع روابط أحادية، وقد تعلمت من قبل أن اسم المركب هو هكسان حلقي. وبسبب وجود مجموعة $-OH$ مرتبطة مع الكربون يتم إضافة المقطع (ول) في نهاية اسم الألكان لأنه كحول. والترقيم هنـــا ليس ضروريًا لأن جميع ذرات الكربون في الحلقة متكافئة. لذا يســـمى هذا المركب هكســـانول حلقي. وهو مركب سام يستعمل مذيبًا لبعض المواد البلاستيكية ويدخل في صناعة المبيدات الحشرية.

ولتسمية الكحولات في حالة وجود أكثر من مجموعة هيدروكسيل في سلسلة الكربون يضاف المقطع "ثنائي" أو "ثلاثي" أو "رباعي" قبل الاسم ليشير إلى عدد مجموعات الهيدروكســـيل قبل الاسم، ثم يضاف اسم الألكان والمقطع (ول) في نهاية الاسم.

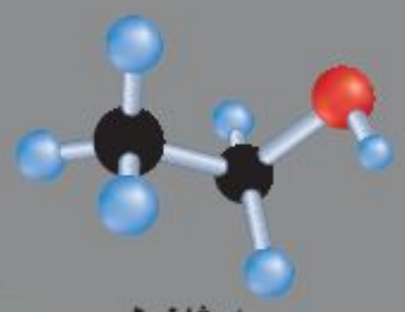
يبـــين **الشـــكل 2-8d** جـــزيء 3،2،1- بروبان ترايول، واســـمه الشـــائع الجليـــسرول. وهـــو كحول يحتـــوي على أكثر مـــن مجموعة هيدروكســـيل. والجليسرول يستعمل غالبًا مانعًا لتجمد الوقود في الطائرات.

ماذا قرأت؟ **فسّر** لماذا لم يتم ترقيم سلسلة ذرات الكربون عند تسمية المركب في **الشكل 2-8c**؟

الترقيم ليـس ضروريـاً لأن ذرات الكربون جميعها في الحلقة متكافئة.

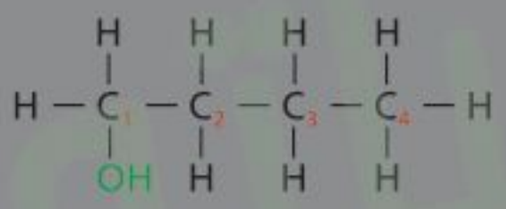
الشكل 2-7 الزاوية بين رابطتي الأكسجين التساهمية لها القياس نفسه تقريبًا في جزيئي الماء والإيثانول.

ماء

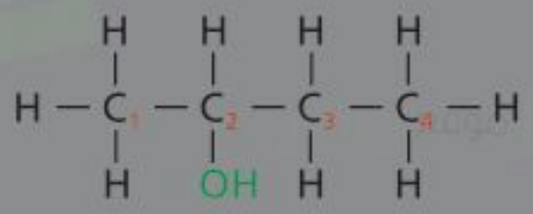


إيثانول

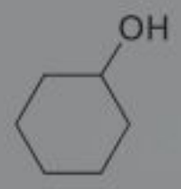
الشكل 2-8 تعتمد تسمية الكحولات على أسماء الألكانات المقابلة لها.



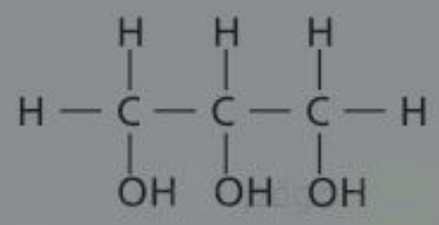
a. 1- بيوتانول



b. 2- بيوتانول



c. هكسانول حلقي



d. 3،2،1- بروبان ترايول (الجليسرول)

الإيثرات Ethers

الإيثرات مركبات عضوية تحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإيثرات هي 'ROR. وأبسط إيثر هو الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين مع مجموعتين من الميثيل. لاحظ التشـــابه بين الميثانول وثنائي ميثيل إيثر، كما هو مبين في **الجدول 5-2**.

استعمل المصطلح إيثر أول مرة في الكيمياء للمركب ثنائي إيثيل إيثر، وهو مادة متطايرة وشديدة الاشتعال، وقد استعملت مادة مخدرة في العمليات الجراحية منذ عام 1842م حتى القرن العشرين. ومع مرور الوقت، اســتعمل المصطلــح إيثر ليدل على المواد العضوية التي لها سلســلتان من الهيدروكربونات المرتبطة مع ذرة أكسجين واحدة.

ولعدم وجود ذرات هيدروجين مرتبطة مع ذرة الأكســجين في الإيثرات، لا تكوّن جزيئاتهــا روابط هيدروجينية بعضها مع بعض. ولذلك فالإيثرات عمومًا شــديدة التطاير؛ لأن درجــات غليانها منخفضة مقارنة بالكحــولات التي لها نفس الحجم والكتلــة الجزيئية. كما أن الإيثرات قليلة الذوبــان في الماء مقارنة بالكحولات لعدم وجــود روابط هيدروجينية بين جزيئاتها والماء، وهــي كذلك أقل قطبية. ومع ذلك يمكن لذرة الأكسجين أن تعمل مستقبلاً لذرات الهيدروجين من جزيئات الماء، وهو ما يفسر ذوبانها بشكل قليل.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا لا يفضل استعمال ثنائي إيثيل إيثر مادةً مخدرة؟

لكونها سريعة الاشتعال.

لتسمية الإيثرات التي لها سلسلتان متطابقتان من الألكيل ترتبط مع الأكسجين، يذكر اسم الألكيل أولاً، ثم يضاف كلمة إيثر. ويبين **الجدول 5-2** أيضًا التراكيب والأسماء لمركبين متماثلين من الإيثرات، هما: بروبيل إيثر، وهكســيل حلقي إيثر. أما إذا كانت مجموعات الألكيل مختلفة فعندها ترتب أبجديًّا بحسب الحروف الإنجليزية، ثم يتبع الاســم بكلمة إيثر. ويحتــوي **الجدول 5-2** كذلك على مثالين مــن الإيثرات، إيثيل بيوتيل إيثر، وإيثيل ميثيل إيثر.

المفردات

المفردات الأكاديمية

الرابطة (Bond)

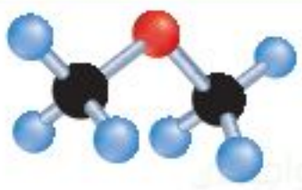
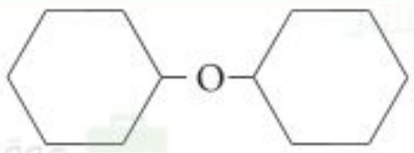
الاتصال، والربط، والضم.

تربــط ذرة الأكســجين ذرتــين من الكربون لتكون الإيثر.

المطويات

ضمِّن مطويتــك معلومات من هذا القسم.

الجدول 5-2 الإيثرات

الصيغة العامة	ثنائي الميثيل إيثر والميثانول
ROR′ حيث تمثل R و R′ سلسلة أو حلقة مرتبطة مع المجموعة الوظيفية	 ثنائي ميثيل إيثر درجة الغليان = −25°C ميثانول درجة الغليان = 65°C
أمثلة على الإيثرات	
$CH_3CH_2CH_2-O-CH_2CH_2CH_3$ بروبيل ايثر $CH_3CH_2-O-CH_3$ ايثيل ميثيل إيثر	 هكسيل حلقي إيثر $CH_3CH_2-O-CH_2CH_2CH_2CH_3$ بيوتيل إيثيل إيثر

الأمينات Amines

تحتوي **الأمينات** على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2، كما هو مبين في **الجدول 6-2**.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا NH_3. وتعد الأمينات أولية وثانوية أو ثالثية اعتمادًا على ما إذا كانت واحدة أو اثنتان أو ثلاث من ذرات الهيدروجين في الأمونيا قد حل محلها مجموعات عضوية.

وعند تسمية الأمينات يشار إلى مجموعة الأمين NH_2– بالمقطع أمينو في بداية الاسم أو أمين في نهاية الاسم. ويشار في بعض الحالات إلى موقع الأمين برقم، كما هو مبين في **الجدول 6-2**. وفي حالة وجود أكثر من مجموعة أمين يستعمل المقطع ثنائي أو ثلاثي أو رباعي ...إلخ في بداية الاسم ليدل على عدد مجموعات الأمين.

يستعمل الأنيلين في إنتاج الأصباغ ذات الظلال العميقة اللون. والاسم الشائع للأنيلين مستمد من النباتات التي عرفت في تلك الفترة التاريخية. كما أن لكل من هكسيل حلقي أمين والإيثيل أمين دورًا مهمًا في صناعة المبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية والأدوية والمطاط المستعمل في صناعة الإطارات.

وتعد رائحة الأمينات المتطايرة غير مقبولة من قبل الإنسان. والأمينات هي المسؤولة عن الكثير من الروائح المميزة للمخلوقات الميتة، والمخلوقات المتحللة. وغالبًا ما تستعمل الكلاب البوليسية المدربة لتحديد مكان الرفات البشري باستعمال هذه الروائح المميزة بعد الكوارث، مثل التسونامي والأعاصير، والزلازل، كما تستعمل الأمينات في تحقيقات الطب الجنائي.

الجدول 6-2 الأمينات

الصيغة العامة
RNH_2 حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية

أمثلة على الأمينات

التقويم 2-2

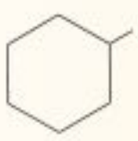
الخلاصة

- تتكون الكحولات، والإيثرات، والأمينات عندما تحل مجموعة وظيفية معينة محل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية.
- الكحولات تكوّن روابط هيدروجينية بسهولة؛ لذلك فإن درجات غليانها تكون كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

8. الفكرة الرئيسة **حدّد** عنصرين يتوافران بشكل كبير في المجموعات الوظيفية.

9. حدّد المجموعة الوظيفية لكل مما يأتي، وسمّ المادة المبينة لكل صيغة بنائية.

a. CH_3CHCH_3 (NH2)

b. 

c. $CH_3-O-CH_2CH_2CH_3$

10. ارسم الصيغة البنائية لكل جزيء مما يأتي:

a. 1- بروبانول

b. 3،1 - دايول بنتان حلقي

c. ثنائي بروبيل إيثر

d. 2،1 - بروبان ثنائي أمين

11. ناقش خواص الكحولات، والإيثرات، والأمينات، ثم اذكر استعمالاً واحدًا لكلٍّ منها.

12. حلل – اعتمادًا على الصيغة البنائية أدناه – أي المركبين أكثر ذوبانية في الماء؟ فسّر إجابتك.

CH_3CH_2 (OH) $\qquad$ CH_3-O-CH_3

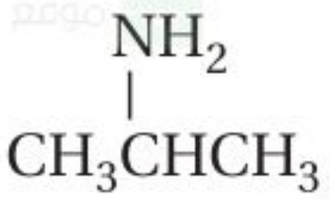
الاجابة في الصفحة التالية

8. الفكرة الرئيسة **حدّد** عنصرين يتوافران بشكل كبير في المجموعات الوظيفية.

الإجابات المحتملة : الأكسجين، النيتروجين، الفلور، الكلور، البروم، اليود، الكبريت، والفوسفور.

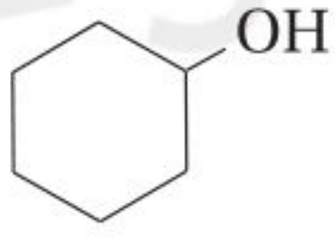
9. **حدّد** المجموعة الوظيفية لكل مما يأتي، وسمّ المادة المبينة لكل صيغة بنائية.

a.



تُمثِّل مجموعة NH_2– مجموعة الأمين الوظيفية؛ أيزوبروبيل أمين، 2–بروبيل أمين، أو 2– أمينو بروبان.

b.



تُمثِّل مجموعة OH مجموعة الهيدروكسيل الوظيفية؛ هكسانول حلقي.

c. $CH_3-O-CH_2CH_2CH_3$

تُمثِّل – O – ذرة الأكسجين في سلسلة الكربون؛ ميثيل بروبيل إيثر.

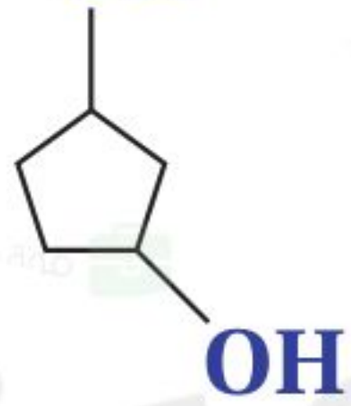
التقويم 2-2

10. ارسم الصيغة البنائية لكل جزيء مما يأتي:

a. 1– بروبانول

$$CH_3CH_2CH_2OH$$

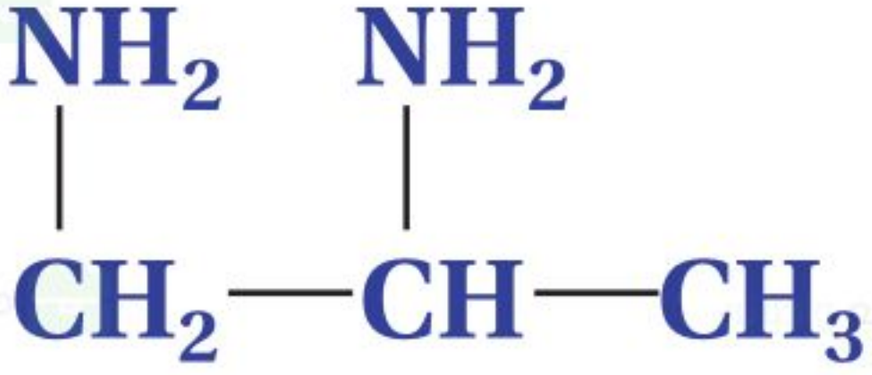
b. 3،1 – دايول بنتان حلقي



c. ثنائي بروبيل إيثر

$$CH_3–CH_2–CH_2–O–CH_2–CH_2–CH_3$$

d. 2،1 – بروبان ثنائي أمين



موقع واجباتي

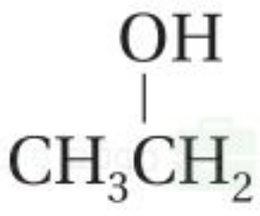
11. ناقش خواص الكحولات، والإيثرات، والأمينات، ثم اذكر استعمالاً واحدًا لكلٍّ منها.

الكحولات: معتدلة القطبية، ويمكن أن تكوِّن روابط هيدروجينية مع جزيئات أخرى؛ درجة غليانها أعلى من الألكانات التي لها نفس الشكل والحجم، مثل الإيثانول.

الإيثرات: غير قادرة على تكوين روابط هيدروجينية؛ وهي مادة متطايرة ذات درجة غليان منخفضة؛ وأقلّ ذوبانًا من الكحولات في الماء؛ ومن أمثلتها: ميثيل الإيثر.

الأمينات: بعض الأمينات لها روائح كريهة منفِّرة للبشر، منها على سبيل المثال هكسيل أمين الحلقي.

12. حلل – اعتمادًا على الصيغة البنائية أدناه – أي المركبين أكثر ذوبانية في الماء؟ فسّر إجابتك.



CH_3CH_2

$CH_3 - O - CH_3$

يُعدّ الإيثانول أكثر ذائبية في الماء من ميثيل الإيثر؛ لأن جزيئاته أكثر قطبية، فالكحولات، على الأغلب، أكثر ذائبية في الماء من الإيثرات.

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2–3

الأهداف

- **تحدد** تركيب المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل مثل الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.
- **تناقش** خواص المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل.

مراجعة المفردات

الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية لذرات العنصر على جذب إلكترونات الرابطة.

المفردات الجديدة

مجموعة الكربونيل
الألدهيدات
الكيتونات
الأحماض الكربوكسيلية
مجموعة الكربوكسيل
الإسترات
الأميدات
تفاعلات التكثف

مركبات الكربونيل
Carbonyl Compounds

الفكرة الرئيسة **تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.**

الربط مع الحياة لعلك أكلت قطعة من الحلوى بنكهة الفاكهة الحقيقية. يحتوي الكثير من الفواكه الطبيعية – ومنها الفراولة – على الكثير من المركبات العضوية التي تعطي نكهة الفواكه المميزة. وتوجد مجموعة الكربونيل في أنواع كثيرة من النكهات الصناعية الشائعة.

المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل
Organic Compounds Containing the Carbonyl Group

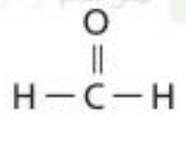
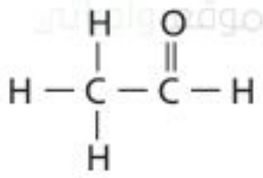
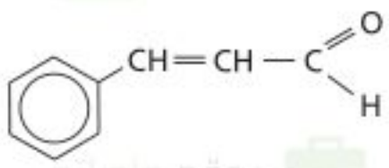
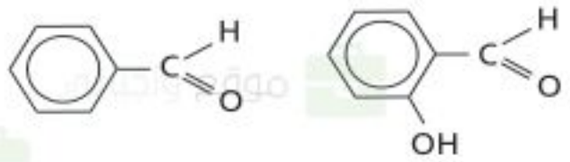
يسمى الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون **مجموعة الكربونيل**. وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكيتونات.

الألدهيدات تعد **الألدهيدات** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين، كما هو مبين في **الجدول 7-2**.

وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال، كما هو مبين في **الجدول 7-2**، على ذرة كربون واحدة. وهذا يعني أن اسم الألدهيد يؤخذ من اسم الألكان المقابل وهو الميثان. ولأن مجموعة الكربونيل ترتبط في الألدهيدات مع ذرة الكربون التي تقع في نهاية السلسلة، لذلك لا نستعمل الترقيم عند تسمية الألدهيدات إلا في حالات التفرعات أو وجود مجموعات وظيفية أخرى. وللميثانال اسم شائع يعرف به هو الفورمالدهيد. أما الاسم الشائع للإيثانال فهو أسيتالدهيد. ويستعمل العلماء غالبًا الأسماء الشائعة للمركبات العضوية؛ لأنها مألوفة للكيميائيين.

الجدول 7-2

الألدهيدات

الصيغة العامة	أمثلة على الألدهيدات	
RCHO حيث R تمثل مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين	 ميثانال (فورمالدهيد)	 إيثانال (أسيتالدهيد)
 مجموعة الكربونيل	 3- فينل، بروب - 2 - إينال (سينامالدهيد)	 2- هيدروكسي بنزالدهيد (ساليسالدهيد) فينل ميثانال (بنزالدهيد)

موقع واجباتي

يحتوي جزيء الألدهيد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل. وكما هو الحال مع الإيثرات، لا تستطيع جزيئات الألدهيدات تكوين روابط هيدروجينية بعضها مع بعض؛ لأن جزيئاتها لا تحتوي على ذرات هيدروجين مرتبطة مباشرة مع ذرة الأكسجين، لذلك تكون درجة غليانها أقل من درجة غليان الكحولات التي لها عدد ذرات الكربون نفسه. ولجزيئات الماء القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الأكسجين الموجود في مجموعة الألدهيد، لذلك تكون أكثر ذوبانية في الماء من الألكانات، ولكن ليس كذوبانية الكحولات والأمينات.

استعمل محلول الفورمالدهيد في عمليات الحفظ عدة سنوات، كما هو مبين في **الشكل 9-2**. وصناعيًّا تستعمل كميات كبيرة من الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لصنع نوع من الشمع المقاوم، والمواد البلاستيكية الصلبة المستعملة في صناعة الأزرار، وقطع غيار السيارات، والأجهزة الكهربائية، فضلًا عن الغراء الذي يعمل على إلصاق طبقات الخشب معًا. ويعد كل من بنزالدهيد وساليسالدهيد، الموضح تركيبهما في **الجدول 7-2** نوعين من المركبات التي تعطي اللوز نكهته الطبيعية. أما رائحة القرفة ومذاقها – وهي نوع من التوابل التي تستخرج من لحاء شجرة استوائية – فيمكن إنتاجها بكميات كبيرة بواسطة السينامالدهيد الموضح تركيبه في **الجدول 7-2**.

ماذا قرأت؟ **حدد** اثنين من استعمالات الألدهيدات.

الإجابات المتوقعة: تستعمل في صنع الأزرار والأجهزة وقطع غيار السيارات.

الشكل 9-2 تم استعمال محلول الفورمالدهيد في الماضي لحفظ العينات البيولوجية. وقد تم تقييد استعمال الفورمالدهيد في السنوات الأخيرة لأن الدراسات تشير إلى أنه قد يسبب السرطان.

الكيتونات يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل مع الكربون في وسط السلسلة بدلا من ارتباطها في نهاية السلسلة. والكيتونات مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة الموضحة في **الجدول 8-2**. وترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل مع ذرات كربون أخرى. إن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعًا هو الأسيتون، الذي ترتبط فيه ذرات الهيدروجين فقط مع ذرات الكربون الطرفية، كما هو مبين في **الجدول 8-2** أيضًا.

ويتم تسمية الكيتونات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليدل على موقع مجموعة الكيتون. ففي المثال السابق تغير اسم الألكان من بروبان إلى بروبانون. ولا يمكن لمجموعة الكربونيل إلا أن تقع في الوسط فقط، ومع ذلك يمكن إضافة الرقم 2- للاسم؛ لمزيد من التوضيح، كما في **الجدول 8-2**.

وتشترك الكيتونات والألدهيدات في الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية لتشابه تركيبيهما. فالكيتونات مركبات قطبية وأقل نشاطًا من الألدهيدات. ولهذا السبب يعد الكيتون مذيبًا شائعًا للمواد القطبية المعتدلة، ومنها الشمع والبلاستيك والطلاء والورنيش والغراء. وكما هو الحال مع الألدهيد، لا تكوّن جزيئات الكيتون روابط هيدروجينة بعضها مع بعض، ولكن يمكن أن تكوّن روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. ولذلك فالكيتونات قابلة للذوبان في الماء إلى حد ما، ولكن الأسيتون قابل للذوبان في الماء بشكل تام.

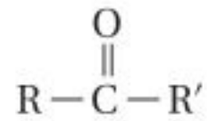
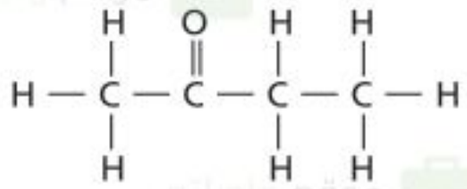
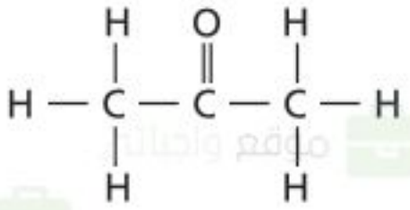
تجربة عملية

خواص الكربوهيدرات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الجدول 8-2

الكيتونات

الصيغة العامة	أمثلة على الكيتونات	
 حيث تمثل R و R′ سلاسل أو حلقات كربون مرتبطة مع مجموعات وظيفية	 2- بيوتانون (ميثيل إيثيل كيتون)	 2- بروبانون (الأسيتون)

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

الاحماض الكربوكسيلية مركبات عضوية تحتوي على **مجموعة الكربوكسيل**. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل. ولذلك تكون الصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية كما في **الجدول 9-2**. ويبين **الجدول 9-2** حمضًا مألوفًا، هو حمض الإيثانويك، وهو الحمض الموجود في الخل. وعلى الرغم من أن الكثير من الأحماض الكربوكسيلية لها أسماء شائعة، إلا أن الاسم بحسب طريقة التسمية الدولية يتكون من إضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان وإضافة كلمة حمض في بداية الاسم. اسم حمض الأسيتيك مثلاً بحسب الطريقة الدولية هو حمض الإيثانويك.

وغالبًا ما تكتب مجموعة الكربوكسيل في صورة COOH – . فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة حمض الإيثانويك في صورة CH_3COOH. ويتكون أبسط الأحماض الكربوكسيلية من مجموعة الكربوكسيل المرتبطة مع ذرة هيدروجين واحدة HCOOH كما في **الجدول 9-2**. واسمه بحسب الطريقة الدولية هو حمض الميثانويك، بينما الاسم الشائع له حمض الفورميك. وتقوم بعض الحشرات بإنتاج حمض الفورميك بوصفه آلية للدفاع عن نفسها، كما في **الشكل 10-2**.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف يشتق اسم حمض الإيثانويك.

الأحماض الكربوكسيلية مركبات قطبية نشطة. وما يذوب منها في الماء يتأين بشكل ضعيف لإنتاج أيون الهيدرونيوم، ويكون أيون الحمض السالب في حاله اتزان مع الماء والحمض غير المتأين. ويتأين حمض الإيثانويك كالآتي:

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

يكون الاسم بحسب النظام الدولي للتسمية بإضافة المقطع (ويك) إلى آخر اسم الألكان، وإضافة كلمة حمض في بداية الاسم.

تتأين الأحماض الكربوكسيلية في المحاليل المائية؛ لأن ذرتي الأكسجين ذات كهروسالبية عالية، وتجذب الإلكترونات بعيدًا عن ذرة الهيدروجين إلى مجموعة OH–. ونتيجة لذلك ينتقل بروتون الهيدروجين إلى ذرة أخرى لديها زوج من الإلكترونات غير المرتبطة، كذرة الأكسجين في جزيء الماء. ولأن الأحماض الكربوكسيلية تتأين في الماء فإنها تعمل على تحويل لون ورقة تباع الشمس الزرقاء إلى حمراء، وتتميز بمذاق حمضي لاذع.

ولبعض الأحماض الكربوكسيلية المهمة – ومنها حمض الأكساليك وحمض الأديبيك – مجموعتا كربوكسيل أو أكثر. مثل هذه الأحماض تسمى ثنائية الحمض. كما قد يحتوي البعض الآخر على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعات الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن. وعادةً تكون هذه الأحماض أكثر قابلية للذوبان في الماء، وأكثر حمضية من الأحماض التي تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة فقط.

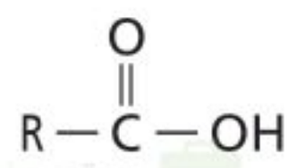
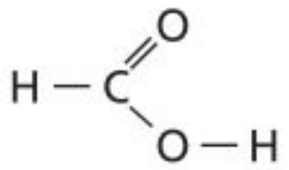
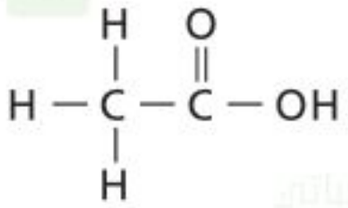
ماذا قرأت؟ قوّم مستعملاً المعلومات أعلاه. فسّر لماذا تصنف الأحماض الكربوكسيلية على أنها أحماض؟

لأنها تعد مانحة للبروتونات في المحلول.

الشكل 10-2 يدافع النمل اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك.

حدد اسمًا آخر لحمض الفورميك.

حمض الميثانويك

الجدول 9-2 الأحماض الكربوكسيلية	
الصيغة العامة	أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية
 R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون	 حمض الميثانويك (حمض الفورميك)
	 حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك)

الجدول 10-2

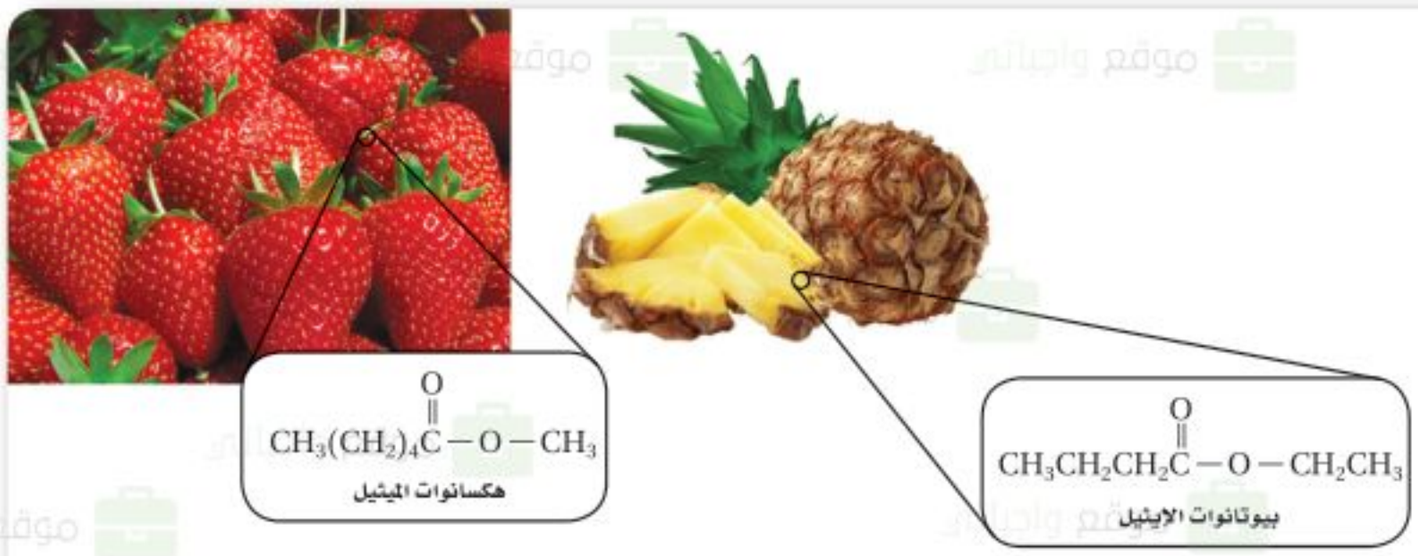
الإسترات	
الصيغة العامة	مثال على الإستر
$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'$ مجموعة إستر	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2CH_2CH_3$ مجموعة إستر: مجموعة إيثانوات + مجموعة بروبيل إيثانوات (أسيتات) البروبيل

مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية
Organic Compounds Derived from Carboxylic Acids

يتألف العديد من أصناف المركبات العضوية من تركيب حمض كربوكسيلي استبدلت فيه ذرة الهيدروجين أو مجموعة الهيدروكسيل بذرات أو مجموعات أخرى. ومن أكثر الفئات شيوعًا الإستر والأميدات.

الإسترات تعدُّ **الإســترات** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلّت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكســيل، كما في الصيغة العامة المبينّة في **الجدول 10-2**. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واســتعمال المقطع (وات) بدل المقطع (ويك) متبوعاً بالألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في **الجدول 10-2**. لاحظ كيف اشتق اسم البروبيل من الصيغة البنائية، وأن الاسم المبين بين القوسين يعتمد على حمض الأسيتيك، وهو الاسم الشائع لحمض الإيثانويك.

والإسترات مركبات قطبية متطايرة ورائحتها عطرة. وتوجد أنواع كثيرة منها في العطور والنكهات الطبيعية وفي الفواكه والأزهار، كما في **الشكل 11-2**. وتنتج النكهات الطبيعية – ومنها نكهة التفاح أو الموز – عن مزيج من جزيئات عضوية مختلفة منها الإسترات. وقد يكون سبب بعض هذه النكهات تركيب إستر واحد فقط. لذا يتم تصنيع الإسترات لاستعمالها في كثير من الأطعمة والنكهات والمشروبات والعطور والشموع العطرية، والمواد المعطرة الأخرى.



الشكل 11-2 تعد الإسترات مصدر روائح وطعم الكثير من الفواكه؛ إذ يعزى طعم الفراولة إلى هكسانوات الميثيل، وطعم الأناناس لمركب بيوتانوات الإيثيل. ويعزى مصدر الروائح الطبيعية إلى خليط من الإسترات والألدهيدات والكحولات.

تحضير الإستر

كيف تُميز الإستر؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. حضّر حمامًا مائيًّا ساخنًا بإضافة 150mL من ماء الصنبور إلى كأس مدرجةٍ سعتها 250mL، وضع الكأس على سخان كهربائي، واضبط حرارته عند منتصف التدريج.
3. زِنْ 1.5g من حمض السلسليك. ثم ضعه في أنبوب اختبار وأضف إليه 3mL ماءً مقطرًا. استعمل مخبارًا مدرجًا سعته 10mL لقياس حجم الماء، ثم أضف 3mL ميثانول. وباستعمال الماصة أضف 3 قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى أنبوب الاختبار. **تحذير: يمكن أن يسبب حمض الكبريتيك المركّز حروقًا، وقد يشتعل الميثانول ويسبب انفجارًا، لذا احفظه بعيدًا عن مصدر اللهب. وتعامل دائمًا مع المواد الكيميائية بحذر.**
4. عندما يسخن الماء وقبل الغليان ضع أنبوب الاختبار في الحمام المائي مدة 5 دقائق. استعمل ماسك الأنابيب لنقل أنبوب الاختبار من الحمام المائي إلى حامل الأنابيب لاستخدامه لاحقًا.
5. ضع كرات قطنية في طبق بتري حتى المنتصف. ثم أفرغ محتويات أنبوب الاختبار فوق الكرات القطنية في طبق بتري، وسجل ملاحظاتك حول الرائحة الناتجة.

التحليل

1. **سمّ** بعض المنتجات التي تعتقد أنها تحتوي على هذا الإستر.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكن قد تتضمن اللبان (العلكة) وحلوى النعناع.

2. **قوّم** فوائد ومضار استعمال الإسترات الصناعية على المستهلك بالمقارنة مع استعمال الإسترات الطبيعية.

ستختلف إجابات الطلاب. الفوائد: تنتج الإسترات الاصطناعية بكفاءة أكثر وتكاليف أقل من الإسترات الطبيعية. أما المضار فهي: روائح الإسترات الاصطناعية تختلف قليلاً عن الإسترات الطبيعية لاحتوائها على مركبات أخرى.

الأميدات تعدُّ الأميدات مركبات عضوية تنتج عن إحلال ذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى محل مجموعة هيدروكسيل OH− في الحمض الكربوكسيلي. ويوضح **الجدول 11-2** الصيغة العامة للأميدات.

تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في **الجدول 11-2** هو إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد، المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

ماذا قرأت؟ سمّ ثلاثة أنواع من الطعام الذي يحتوي على حمض الخل (الإيثانويك).

الإجابات المتوقعة: المخللات، السلطة، الشطائر.

توجد مجموعة الأميد الوظيفية بشكل متكرر في البروتينات الطبيعية وبعض المواد الصناعية. فعلى سبيل المثال، قد تكون استعملت مواد تحتوي على الأسيتامينوفين – غير الأسبرين – لتخفيف الألم. وبالنظر إلى تركيب الأسيتامينوفين الظاهر في **الجدول 11-2**، ستلاحظ في مجموعة الأميد أن (−NH−) تربط مجموعة كربونيل مع مجموعة أروماتية.

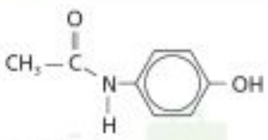
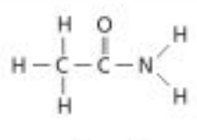
ويسمى أحد الأميدات المهمة كاربامايد NH_2CONH_2، والاسم الأكثر شيوعًا هو اليوريا، ويعرف أيضًا باسم ثنائي أميد حمض الكربونيك. واليوريا هي آخر نواتج عملية هضم البروتينات في الثدييات. وتوجد في الدم، والمرارة الصفراء، والحليب، وعرق الثدييات. عند تحطم البروتينات تنتقل منها مجموعات الأمين NH_2−، ثم تتحول إلى أمونيا NH_3، وهي مادة سامة للجسم، ويقوم الكبد بتحويلها إلى مادة اليوريا غير السامة. ويتم التخلص من اليوريا في الدم بواسطة الكلى وتخرج مع البول.

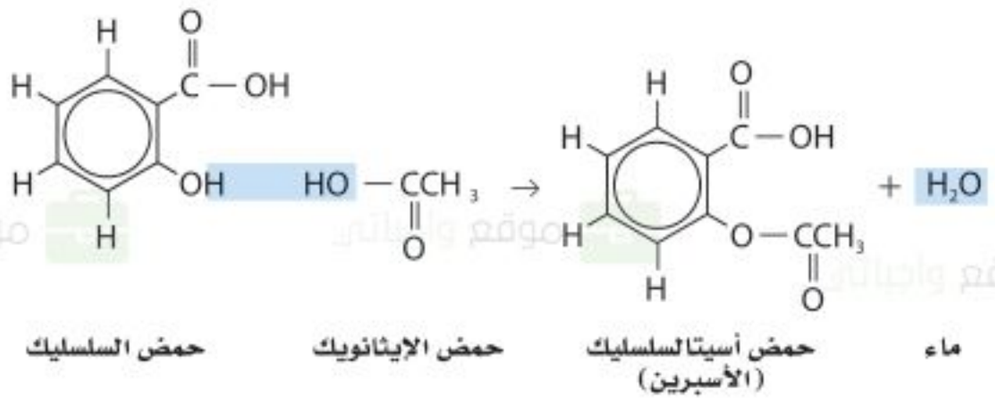
وبسبب احتواء اليوريا على نسبة عالية من النيتروجين وسهولة تحولها إلى أمونيا في التربة فإنها تستعمل في صناعة الأسمدة الزراعية. كما تستعمل اليوريا غذاء للماشية والأغنام؛ إذ تستعملها هذه الحيوانات لإنتاج البروتينات في أجسامها.

ماذا قرأت؟ حدّد أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.

الإجابة المتوقعة: اليوريا.

الجدول 11-2 الأميدات

الصيغة العامة	أمثلة على الأميدات	
 مجموعة الأميد	(أسيتامينوفين)	 الإيثان أميد (أسيتاميد)



الشكل 12–2 لتحضير الأسبرين يتحد جزيئان عضويان من خلال تفاعل التكثف لتكوين جزيء أكبر.

تفاعلات التكثف Condensation Reactions

تتضمن العديد من التحضيرات التي تتم في المختبرات والعمليات الصناعية تفاعل مادتين من المواد المتفاعلة العضوية لتكوين مركب عضوي ضخم؛ مثل الأسبرين، كما هو موضح في **الشكل 12–2**. ويعرف هذا النوع من التفاعل بتفاعل التكثف.

في **تفاعل التكثف** يتم ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيدًا. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة عن كلا الجزيئين المتحدين. وتعد تفاعلات التكثف تفاعلات حذف بحيث تتكون رابطة بين ذرتين لم تكونا مرتبطتين سابقًا.

ومن أكثر تفاعلات التكثف شيوعًا تلك التي تتضمن الجمع بين الحمض الكربوكسيلي مع جزيئات لمركبات عضوية أخرى. والطريقة الشائعة لتحضير الإستر تتم بتفاعلات التكثف بين الأحماض الكربوكسيلية والكحول. ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية العامة الآتية.

$$RCOOH + R'OH \rightarrow RCOOR' + H_2O$$

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 2-3

الخلاصة

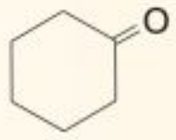
- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة C=O.
- هناك خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

13. الفكرة الرئيسة **صنف** كل مركب من مركبات الكربونيل الآتية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا القسم.

a. $CH_3CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

b. $CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$

c.



d. $CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}H$

14. صف نواتج تفاعل التكثف بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

15. حدد الصيغة العامة للألكانات C_nH_{2n+2}. اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدهيد، والكيتون، والحمض الكربوكسيلي.

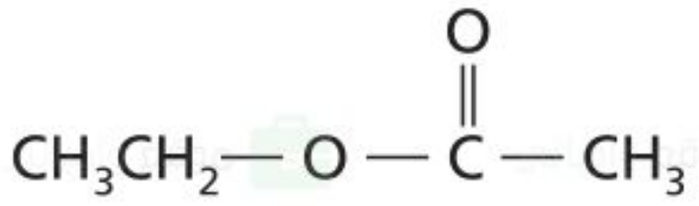
16. استنتج لماذا تكون المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات كربوكسيل ذات خواص حمضية عندما تذوب في الماء، بينما ليس لمركبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدهيد الخواص نفسها؟

الاجابة في الصفحة التالية

التقويم 3-2

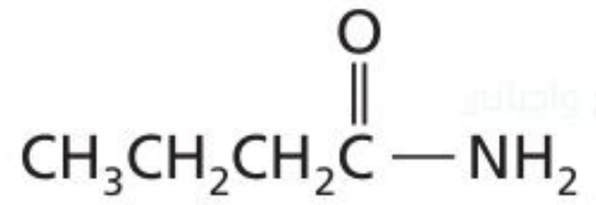
13. الفكرة الرئيسة **صنف** كل مركب من مركبات الكربونيل الآتية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا القسم.

a.



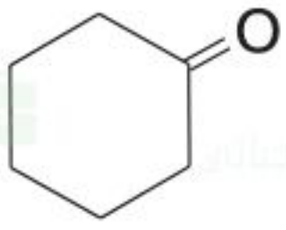
إستر

b.



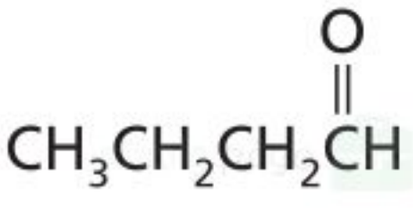
أميد

c.



كيتون

d.



ألدهيد

14. **صف** نواتج تفاعل التكثف بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

النواتج هي إستر وماء.

15. **حدد** الصيغة العامة للألكانات C_nH_{2n+2}. اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدهيد، والكيتون، والحمض الكربوكسيلي.

الألدهيد: $C_nH_{2n}O$

الكيتون $C_nH_{2n}O$

الحمض الكربوكسيلي: $C_nH_{2n}O_2$

16. **استنتج** لماذا تكون المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات كربوكسيل ذات خواص حمضية عندما تذوب في الماء، بينما ليس لمركبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدهيد الخواص نفسها؟

تتأيَّن مجموعة الكربوكسيل بسهولة، وتَمنَح أيون الهيدروجين H^+. ومع ذلك، فإن ذرة الهيدروجين المرتبطة بمجموعة الكربونيل في الألدهيد لا تتأيَّن بسهولة.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2–4

الأهداف

- **تصنف** تفاعلات المركبات العضوية إلى أحد الأنواع الخمسة الآتية: الاستبدال، أو الإضافة، أو الحذف، أو الأكسدة و الاختزال، أو التكثف.
- **تستعمل** الصيغ البنائية لكتابة معادلات تفاعلات المركبات العضوية.
- **تتوقع** نواتج تفاعلات المركبات العضوية

مراجعة المفردات

المحفِّز مادة تزيد معدل سرعة التفاعل الكيميائي بخفض طاقات التنشيط دون أن تستهلك في التفاعل.

المفردات الجديدة

تفاعلات الحذف

تفاعلات حذف الهيدروجين

تفاعلات حذف الماء

تفاعلات الإضافة

تفاعلات إضافة الماء

تفاعلات الهدرجة

تفاعلات أخرى للمركبات العضوية
Other Reactions of Organic Compounds

الفكرة الرئيسة **تصنيف تفاعلات المركبات العضوية يجعل توقع نواتج التفاعلات أسهل.**

الربط مع الحياة عند تناولك طعام الغداء لا يخطر ببالك ما يحدث من أكسدة للمركبات العضوية. ومع ذلك فهذا ما يحدث داخل جسمك؛ حيث تعمل أجهزة الجسم على تفتيت الطعام الذي تناولته للحصول على الطاقة اللازمة لجسمك.

تصنيف تفاعلات المواد العضوية
Classifying Reactions of Organic Substances

اكتشف علماء الكيمياء العضوية آلاف التفاعلات التي يمكن بها تحويل المركبات العضوية إلى مركبات عضوية أخرى مختلفة. وباستعمال مجموعة من هذه التفاعلات، تعتمد الصناعات الكيميائية على تحويل المركبات الصغيرة من البترول والغاز الطبيعي إلى مركبات كبيرة. وتوجد المركبات العضوية المعقدة في العديد من المنتجات المفيدة، ومنها الأدوية والمواد المستهلكة، كما في **الشكل 13–2**. وبالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال والتكثف هناك أنواع أخرى من التفاعلات العضوية، هي: الحذف والإضافة والأكسدة والاختزال.

تفاعلات الحذف هناك طريقة واحدة لتغير الألكان إلى مادة أكثر نشاطًا في التفاعلات الكيميائية، ألا وهي تكوين رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتين من الكربون لتكوين الألكين. وتسمى عملية تكوين الألكين من الألكان **تفاعلات الحذف**، وهي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالبًا ما تكوّن الذرات المحذوفة جزيئات مستقرة، مثل H_2O، أو HCl، أو H_2.

ماذا قرأت؟ **عرف** تفاعلات الحذف مستعملًا كلماتك الخاصة.

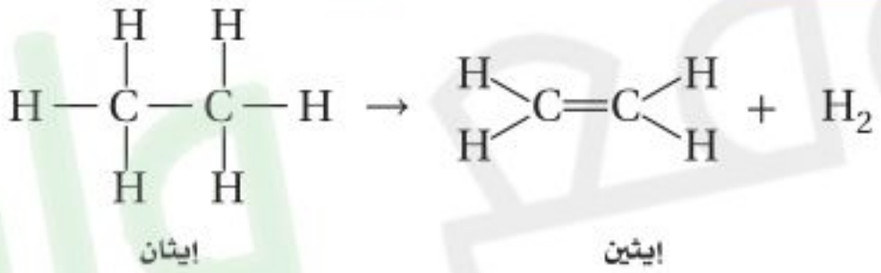
الإجابات المحتملة: التفاعل الذي يتم فيه حذف ذرتين أو أكثر من على ذرتي كربون متجاورتين، بحيث تكوّن ذرتي الكربون رابطة مزدوجة بينهما، وتكوّن الذرات التي تم انتزاعها جزيئًا مستقرًا آخر.

الشكل 13–2 الكثير من المنتجات الاستهلاكية – ومنها الأواني البلاستيكية والألياف المستعملة في صناعة الحبال والملابس، والزيوت والشموع التي تستعمل في مستحضرات التجميل – مصنوعة من البترول والغاز الطبيعي.

موقع واجباتي

الشكل 14–2 يصنع البولي إيثيلين المنخفض الكثافة من غاز الإيثين تحت ضغط مرتفع عند وجود مواد محفزة. ويستعمل هذا النوع من البلاستيك في تجهيزات ملاعب الأطفال؛ لسهولة تشكيله في أشكال متنوعة، كما يسهل إعطاؤه ألوانًا متعددة، إضافة إلى قدرته على تحمل الاستعمال المتكرر.

يحضر الإيثين، وهو المادة الأولية المستعملة في صناعة أدوات وأرضيات الملاعب، كما هو مبين في الشكل **14–2**، وتسمى التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الإيثان **تفاعلات حذف الهيدروجين**. لاحظ أن ذرتي الهيدروجين قد كوّنتا غاز الهيدروجين.



المطويات

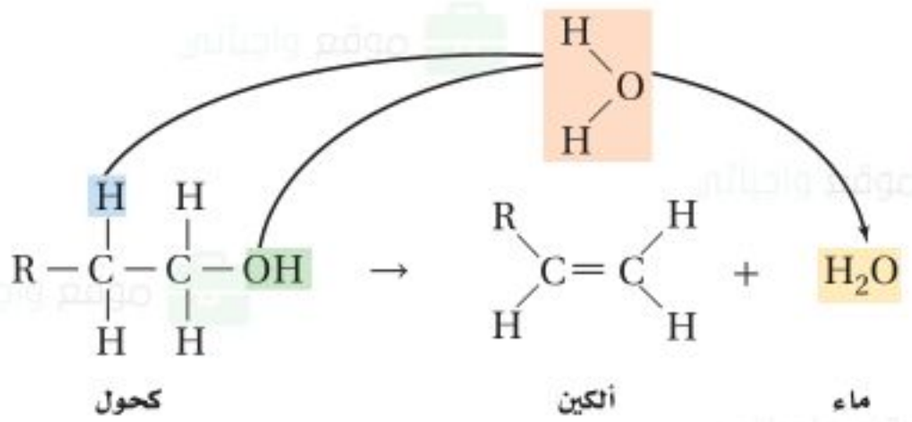
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

ويمكن أن يدخل هاليد الألكيل في تفاعل حذف لإنتاج الألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو مبين لاحقًا.

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}X \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + HX$$

هاليد الألكيل — ألكين — هاليد الهيدروجين

ويمكن أن تدخل الكحولات أيضًا في تفاعلات حذف يتم فيها فقد ذرة هيدروجين ومجموعة هيدروكسيل وتكوين الماء، كما هو مبين أدناه. وتسمى تفاعلات الحذف التي يصاحبها تكوين الماء **تفاعلات حذف الماء**. وفي هذا التفاعل يتحول الكحول إلى ألكين وماء.



ويمكن كتابة معادلة هذا التفاعل عمومًا على النحو الآتي:

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + H_2O$$

تفاعلات الإضافة نوع آخر من تفاعلات المركبات العضوية، وهي تعد تفاعلات عكسية لتفاعلات الحذف. وتحدث **تفاعلات الإضافة** عندما ترتبط ذرات أخرى مع ذرات الكربون المكونة للرابطة التساهمية الثنائية أو الثلاثية. وتتضمن تفاعلات الإضافة تكسير الرابطة الثنائية في الألكينات أو الرابطة الثلاثية في الألكاينات. وتحدث هذه التفاعلات عند وجود تركيز عالٍ من الإلكترونات في الرابطة الثنائية أو الثلاثية. لذلك تميل الجزيئات والأيونات إلى جذب الإلكترونات لتكوين روابط تستعمل فيها إلكترونات الروابط الثنائية أو الثلاثية. وأكثر تفاعلات الإضافة شيوعًا هي التي تضيف كلًّا مما يلي: X_2، و HX، و H_2، و H_2O إلى الألكينات، كما في **الجدول 12-2**.

وتعد **تفاعلات إضافة الماء**، المبينة في **الجدول 12-2**، تفاعلات إضافة؛ حيث يتم فيها إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وتبين المعادلة العامة المبينة في **الجدول 12-2** أن تفاعلات إضافة الماء عكس تفاعلات حذف الماء.

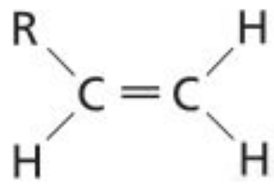
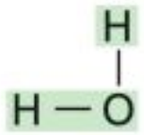
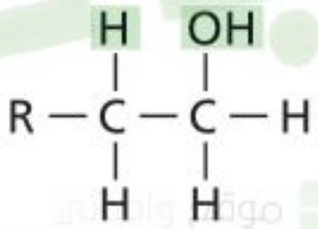
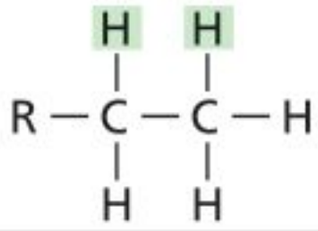
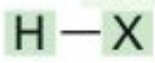
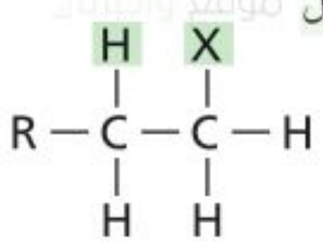
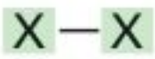
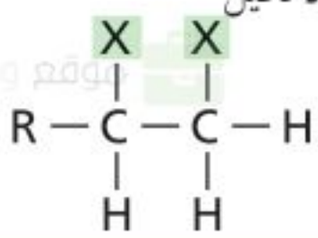
وتسمى تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكوّن الرابطة الثنائية أو الثلاثية **تفاعلات الهدرجة**؛ حيث يتفاعل جزيء واحد من H_2 مع الرابطة الثنائية بشكل تام، وعندما يضاف H_2 إلى الرابطة الثنائية في الألكينات يتحول الألكين إلى ألكان.

ماذا قرأت؟ **حدد** التفاعل العكسي لتفاعل الهدرجة.

تحذف تفاعل الهيدروجين.

الجدول 12-2

تفاعلات الإضافة

الألكين المتفاعل	المادة المتفاعلة المضافة	المادة الناتجة
	الماء 	الكحول 
	الهيدروجين	ألكان 
	هاليد الهيدروجين 	هاليد الألكيل 
	الهالوجين 	ثنائي هاليد الألكيل 

تستعمل المحفزات عادة في عملية هدرجة الألكينات؛ لأن طاقة تنشيط التفاعل عالية جدًّا في حال عدم وجود المحفزات. وتوفر المحفّزات –مثل مسحوق البلاتنيوم أو البالاديوم– سطحًا يعمل على ادمصاص جزيئات المواد المتفاعلة، ويهيئ الفرصة للإلكترونات للارتباط مع ذرات أخرى. وتفاعلات الهدرجة شائعة الاستعمال في تحويل السوائل الدهنية غير المشبعة الموجودة في الزيوت النباتية –مثل فول الصويا والذرة والفول السوداني– إلى دهون مشبعة وصلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ حيث تستعمل الدهون المهدرجة بعد ذلك في تصنيع السمن. وتدخل الألكاينات أيضًا في تفاعلات الهدرجة لإنتاج الألكينات أو الألكانات. ويجب إضافة جزيء واحد من H_2 إلى كل رابطة ثلاثية لتحويل الألكاين إلى ألكين، كما يأتي:

$$R-C\equiv C-H + H_2 \rightarrow R-CH=CH_2$$

ويتحول الألكاين إلى ألكين بعد إضافة الجزيء الأول من H_2، وعند إضافة الجزيء الثاني من H_2 يستمر تفاعل الهدرجة ويتحول الألكين إلى ألكان.

$$R-CH=CH_2 + H_2 \rightarrow R-CH_2-CH_3$$

وتعد إضافة هاليد الهيدروجين إلى الألكين تفاعلات إضافة مهمة، ومفيدة في التفاعلات الصناعية لإنتاج هاليد الألكيل. والمعادلة العامة لهذه التفاعلات هي كما يأتي:

$$R-CH=CH-R' + HX \rightarrow R-CHX-CH_2-R'$$

مختبر تحليل البيانات

* مبنية على بيانات رقمية واقعية

تفسير البيانات

ما الظروف المناسبة لهدرجة زيت الكانولا؟

يتم هدرجة الزيوت النباتية للمحافظة على مذاقها وتغيير خواص الذوبانية لها. ولأن الدلائل تشير إلى أن متشكلات ترانس – للأحماض الدهنية تقترن مع زيادة مخاطر الإصابة بأمراض القلب والسرطان، لذا يفضل توافر الحد الأدنى من هذه الدهون، وتوافر الحد الأقصى لمتشكلات سيس – لحمض الأوليك.

البيانات والملاحظات

يبين الجدول عن اليسار بعض بيانات التجربة.

التفكير الناقد

1. **احسب** النسبة المئوية للناتج في كل محاولة في الجدول.
2. **قوّم** أي المحاولات تعطي أعلى نسبة مئوية من متشكلات سيس – لحمض الأوليك وأقل نسبة من متشكلات ترانس – للأحماض الدهنية؟
3. **فسّر** لماذا يتم استعمال هذه التقنية؟ وهل هي مفيدة في عمليات التصنيع؟

بيانات حول زيت الكانولا

	المحاكاة الحاسوبية		التجريبية	
رقم المحاولة	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)
1	4.90	69.10	5.80	70.00
2	4.79	63.75	4.61	64.00
3	4.04	68.96	4.61	67.00
4	5.99	62.80	7.10	65.00
5	4.60	68.10	5.38	66.50

الاجابة في الصفحة التالية

التفكير الناقد

1. **احسب** النسبة المئوية للناتج في كل محاولة في الجدول.

النسبة المئوية		
رقم المحاولة	الأحماض الدهنية ترانس	حمض الأوليك سيس
1	118%	101%
2	96 2%	100%
3	114%	97 2%
4	119%	104%
5	117%	97 7%

2. قــوّم أي المحاولات تعطــي أعلى نســبة مئوية من متشكلات سيس – لحمض الأوليك وأقل نسبة من متشكلات ترانس – للأحماض الدهنية؟

توجـد أعلـى نسبة من حمض الأوليـك في المحاولة رقم 4، وتوجد أقلّ نسبة من الأحماض الدهنية في المحاولة 2.

3. فسّر لماذا يتم استعمال هذه التقنية؟ وهل هي مفيدة في عمليات التصنيع؟

بيانات حول زيت الكانولا				
	المحاكاة الحاسوبية		التجريبية	
رقم المحاولة	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)
1	4.90	69.10	5.80	70.00
2	4.79	63.75	4.61	64.00
3	4.04	68.96	4.61	67.00
4	5.99	62.80	7.10	65.00
5	4.60	68.10	5.38	66.50

تُعـدّ المحاكاة الحاسوبية والمنشـآت الاصطناعية الصغيرة مفيـدة؛ لأن تكلفتها أقلّ من تكلفة تشغيل خطوط الإنتاج الفعليــة، كمــا يمكن ضبــط العمليات الكيميائيــة والتحكّم فيها مع الحدِّ الأدنى من النفقات.

تفاعلات الأكسدة والاختزال يمكن تحويل كثير من المركبات العضوية إلى مركبات أخرى عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. فعلى سبيل المثال، افترض أنك تريد تحويل الميثان الموجود في الغاز الطبيعي إلى ميثانول، وهو مذيب صناعي عام ومادة أولية لصنع الفورمالدهيد وإسترات الميثيل. ويتم تحويل الميثان إلى ميثانول، كما في المعادلة المبينة في **الجدول 13-2**، بحيث تمثل[O] الأكسجين من مصدر مثل أكسيد النحاس II، أو ثاني كرومات البوتاسيوم، أو حمض الكبريتيك.

ماذا يحدث للميثان عندما يتفاعل؟ من المعروف أن الأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات، وتتأكسد المادة عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. أما الاختزال فهو عملية اكتساب الإلكترونات، وتختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين. لذلك، حدثت أكسدة للميثان لأنه اكتسب الأكسجين وتحول إلى ميثانول. وبالتأكيد يتضمن كل تفاعل أكسدة واختزال عمليتي الأكسدة والاختزال. ويمكن وصف تفاعلات الأكسدة والاختزال في المواد العضوية اعتمادًا على التغير الذي يحدث للمركبات العضوية بعد التفاعل.

إن أكسدة الميثانول المبين في **الجدول 13-2** يعد الخطوة الأولى من مجموعة خطوات لتحضير الألدهيد، كما في **الجدول 13-2**. وللتوضيح تم حذف العوامل المؤكسدة. ويعد تحضير الألدهيد بهذه الطريقة من المهام الصعبة؛ لأن الأكسدة قد تستمر فيتحول الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي.

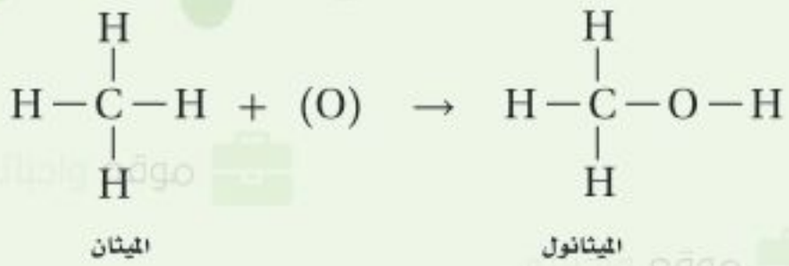
ماذا قرأت؟ حدد استعمل **الجدول 13-2** لتحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألدهيد.

حمض الميثانويك، وثاني أكسيد الكربون.

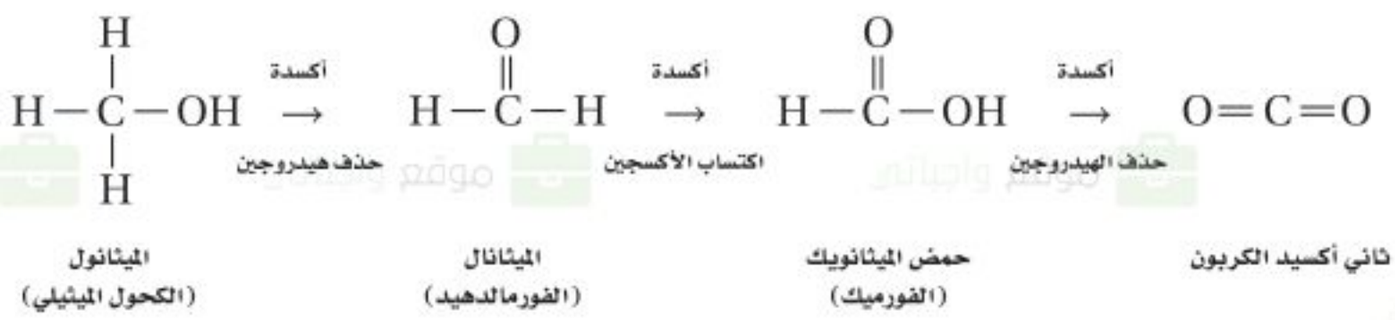
الجدول 13-2

تفاعلات الأكسدة والاختزال

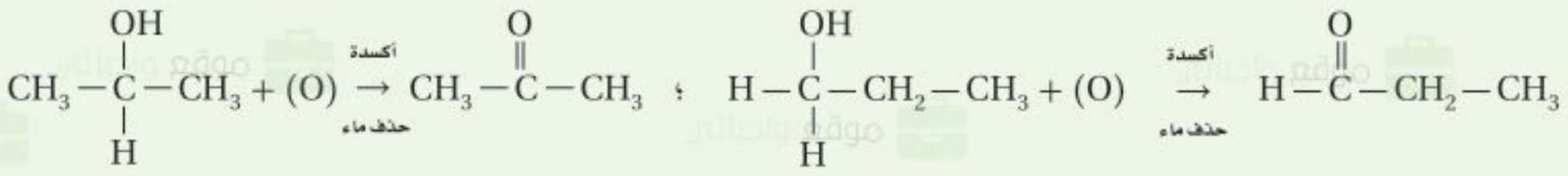
تحويل الألكانات إلى كحولات



الحصول على الألدهيدات والأحماض الكربوكسيلية من الكحولات



الحصول على الكيتونات من الكحولات



ومع ذلك، لاتتأكسد جميع الكحولات إلى ألدهيدات، ومن ثم إلى أحماض كربوكسيلية. ولفهم السبب، قارن بين أكسدة 1- بروبانول و 2- بروبانول في **الجدول 13-2**. لاحظ أن أكسدة 2 - بروبانول تنتج كيتون، وليس ألدهيد. والكيتون لا يتأكسد بسهولة إلى حمض كربوكسيلي، بينما يتأكسد 1 - بروبانول بسهولة لتكوين حمض البروبانويك، في حين يتكون 2 - بروبانون من أكسدة 2 - بروبانول وهو لا يتفاعل لإنتاج حمض كربوكسيلي.

ماذا قرأت؟ **اكتب** معادلة تكوين حمض البروبانويك مستعملًا صيغًا جزيئية تشبه تلك الموجودة في **الجدول 13-2**.

ما أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ لقد عرفت أن تفاعلات الأكسدة والاختزال لديها القدرة على أن تغيّر مجموعة وظيفية إلى أخرى. وتساعد هذه الخاصية الكيميائيين على استعمال تفاعلات الأكسدة والاختزال، إضافة إلى تفاعلات الاستبدال والإضافة لتحضير مجموعة هائلة ومتنوعة من المنتجات النافعة. وتعتمد أنظمة المخلوقات الحية جميعها على الطاقة الناتجة عن تفاعلات الأكسدة. وتعد تفاعلات الاحتراق من أكثر تفاعلات الأكسدة والاختزال جذبًا للانتباه؛ إذ تحترق المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين في وجود كمية كافية من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء. وتوضح المعادلة الآتية احتراق الإيثان الطارد للحرارة.

$$2C_2H\,6(g) + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -3120\ kJ$$

وتعتمد معظم بلدان العالم على احتراق المواد الهيدروكربونية بوصفة المصدر الرئيس للطاقة، كما في **الشكل 15-2**.

توقع نواتج التفاعلات العضوية
Predicting Products of Organic Reactions

يمكن استعمال المعادلات العامة التي تمثل تفاعلات المواد العضوية - الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف لتوقع نواتج التفاعلات العضوية. فعلى سبيل المثال، لو طلب إليك توقع نواتج تفاعل الحذف لتفاعل 1- بيوتانول فأنت تعلم أن تفاعل الحذف الشائع يتضمن حذف الماء من الكحول.

الكيمياء في واقع الحياة

الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

الجزيئات البيولوجية يرمز إلى الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات بـ PAHs. وقد تم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. ونتيجة لمحاكاة العلماء للظروف في الفضاء تبين أن حوالي 10% من PAHs يتم تحويلها إلى كحول، وكيتونات، وإسترات. ويمكن استعمال هذه الجزيئات لتكوين المركبات التي تعد ذات أهمية للأنظمة البيولوجية.

الشكل 15-2 يعتمد الناس في جميع أنحاء العالم على أكسدة الهيدروكربونات للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.

المعادلة العامة لحذف الماء من الكحول هي كما يأتي:

$$R — CH_2 — CH_2 — OH \rightarrow R — CH = CH_2 + H_2O$$

ولتحديد النواتج الفعلية، ارسم أولاً الصيغة البنائية لـ 1- بيوتانول، ثم استعمل المعادلة العامة نموذجًا لمعرفة كيفية تفاعل 1 - بيوتانول. تبين المعادلة العامة أنه تم حذف OH و H من سلسلة الكربون. وأخيرًا ارسم الصيغة البنائية للنواتج ، كما في المعادلة الآتية:

$$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — OH \rightarrow CH_3 — CH_2 — CH = CH_2 + H_2O$$

1 - بيوتانول　　1 - بيوتين

ومثال آخر، افترض أنك تود توقع نواتج التفاعل بين البنتين الحلقي وبروميد الهيدروجين. تذكر أن المعادلة العامة لتفاعلات الإضافة بين الألكينات وهاليدات الألكيل هي:

$$R — CH = CH — R' + HX \rightarrow R — CHX — CH_2 — R'$$

ارسم أولًا الصيغة البنائية للبنتين الحلقي، ثم أضف صيغة بروميد الهيدروجين، ويمكنك من المعادلة العامة ملاحظة مكان إضافة كل من الهيدروجين والبروم على الرابطة الثنائية لتكوين هاليد الألكيل. وأخيرًا ارسم صيغة الناتج. فإذا كان عملك صحيحًا فستحصل على المعادلة الآتية:

بنتين حلقي　　بروميد الهيدروجين　　بروموبنتان حلقي

التقويم 2-4

الخلاصة

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركبات العضوية ضمن واحد من خمسة أنواع: الاستبدال، والتكثف، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال.
- يمكن معرفة المركبات العضوية المتفاعلة من توقع نواتج التفاعل.

17. الفكرة الرئيسة **صنف** كل تفاعل إلى استبدال، أو تكثف، أو إضافة، أو حذف.

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \rightarrow CH_3CH_2—CH_2CH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 \rightarrow CH_3CH_2CH = CHCH_3 + H_2O$

18. حدد نوع التفاعل العضوي الذي يحقق أفضل ناتج لكل عملية تحويل مما يأتي:

a. هاليد ألكيل ⟵ ألكين　　**c.** كحول + حمض كربوكسيلي ⟵ إستر

b. ألكين ⟵ كحول　　**d.** ألكين ⟵ هاليد ألكيل

19. أكمل كل معادلة مما يأتي عن طريق كتابة الصيغة البنائية للنواتج الأكثر احتمالًا:

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \longrightarrow$

b. $CH_3CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + OH^- \longrightarrow$

20. توقع النواتج فسّر لماذا يؤدي إضافة الماء إلى 1 – بيوتين إلى تكون نوعين من النواتج، بينما إضافة الماء إلى 2 – بيوتين تكوِّن نوعًا واحدًا من النواتج؟

الاجابة في الصفحة التالية

التقويم 2-4

17. الفكرة الرئيسة **صنف** كل تفاعل إلى استبدال، أو تكثف، أو إضافة، أو حذف .

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \rightarrow CH_3CH_2—CH_2CH_2CH_3$

إضافة

b. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 \rightarrow CH_3CH_2CH = CHCH_3 + H_2O$

حذف

18. حدد نوع التفاعل العضوي الذي يحقق أفضل ناتج لكل عملية تحويل مما يأتي:

a. هاليد ألكيل ⟵ ألكين

c. كحول + حمض كربوكسيلي ⟵ إستر

حذف

تكاثف

b. ألكين ⟵ كحول

d. ألكين ⟵ هاليد ألكيل

إضافة

إضافة

19. أكمل كل معادلة مما يأتي عن طريق كتابة الصيغة البنائية للنواتج الأكثر احتمالًا:

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \longrightarrow$

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + OH^- \longrightarrow$

$CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_3$

التقويم 4-2

20. توقع النواتج فسّر لماذا يؤدي إضافة الماء إلى 1 – بيوتين إلى تكون نوعين من النواتج، بينما إضافة الماء إلى 2 – بيوتين تكوِّن نوعًا واحدًا من النواتج؟

قد يَنتُج عن إضافة الماء إلى 1– بيوتين النواتج 1– بيوتانول و/أو 2–بيوتانول؛ لأن مجموعة الهيدروكسيل ربما ترتبط بذرة الكربون رقم 1 أو 2 من سلسلة الكربون المكوَّنة من 4 ذرات. في حين يَنتُج عن إضافة الماء إلى 2– بيوتين، فقط 2– بيوتانول؛ لأن مجموعة الهيدروكسيل يجب أن تكون على ذرة الكربون رقم 2.

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2–5

الأهداف

- ترسم العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكوّنة له.
- تصنف تفاعلات البلمرة إلى إضافة أو تكثف.
- تتوقع خواص البوليمر اعتمادًا على التراكيب الجزيئية ووجود المجموعات الوظيفية.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من المادة.

المفردات الجديدة

البوليمرات

المونومرات

تفاعلات البلمرة

البلمرة بالإضافة

البلمرة بالتكثف

البوليمرات Polymers

الفكرة الرئيسة **البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.**

الربط مع الحياة فكّر كيف تكون حياتك مختلفة دون أكياس الفطائر البلاستيكية، وأكواب البلاستيك، وأقمشة النايلون والبوليستر، والفينيل المستعمل في المباني، ومجموعة أخرى متنوعة من المواد الصناعية؟! تشترك جميع هذه المواد في شيء واحد على الأقل، هو أنها جميعًا مصنوعة من بوليمرات.

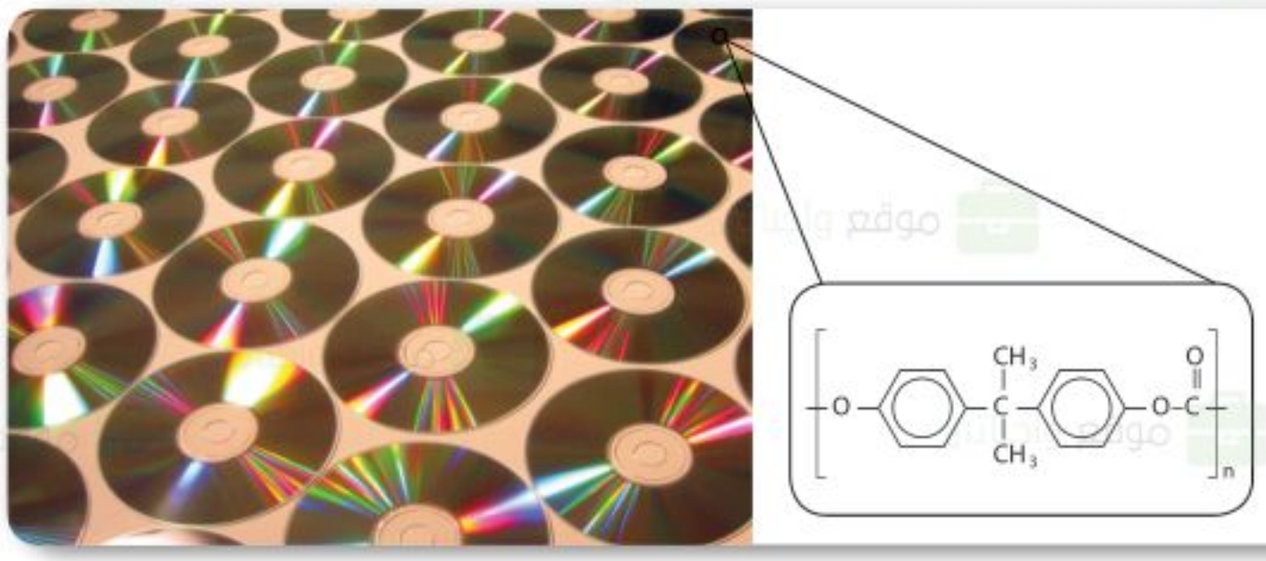
عصر البوليمرات The Age of Polymers

تحتوي الأقراص المضغوطة، كما هو موضح في **الشكل 16–2** على بولي كربونات، وهي مصنوعة من سلسلة جزيئات طويلة جدًّا مع مجموعات من الذرات ذات نمط تكراري منتظم. وهذا الجزيء مثال على البوليمرات الصناعية.

البوليمرات جزيئات كبيرة تتكوّن من العديد من الوحدات البنائية المتكررة. في **الشكل 16–2** يستعمل الرمز n بجانب الوحدة البنائية للبولي كربونات ليشير إلى عدد الوحدات البنائية في سلسلة البوليمر. ولأن قيم n تختلف اختلافًا كبيرًا من بوليمر إلى آخر، نجد أن الكتلة المولية للبوليمرات قد تكون أقل من 10,000 amu وقد تصل القيم إلى أكثر من 1,000,000 amu. فعلى سبيل المثال تحتوي سلسلة من الطلاء غير اللاصق على نحو 400 وحدة بنائية كتلتها المولية تساوي 40,000 amu.

وقديمًا كان استعمال الناس يقتصر على المواد الطبيعية قبل تطوير البوليمرات الصناعية، مثل الحجر والخشب والمعادن والصوف والقطن. وبحلول مطلع القرن العشرين أصبحت بعض البوليمرات الطبيعية المعالجة كيميائيًّا –مثل المطاط والبلاستيك والسيليلويد– متاحة للاستعمال، إلى جانب المواد الطبيعية. ويحضر السيليلويد بمعالجة سليلوز القطن أو الألياف الخشبية مع حمض النيتريك.

وكان أول بوليمر صناعي تم تحضيره عام 1909م قد تميز بالصلادة واللمعان. وهو نوع من البلاستيك يسمى الباكالايت. وبسبب مقاومته للحرارة، لايزال يستعمل إلى اليوم في أجهزة الوقود الكبيرة. ومنذ عام 1909م، طورت مئات البوليمرات الصناعية الأخرى. وبسبب الاستعمال الواسع للبوليمرات، ربط الناس هذا العصر بالبوليمرات.



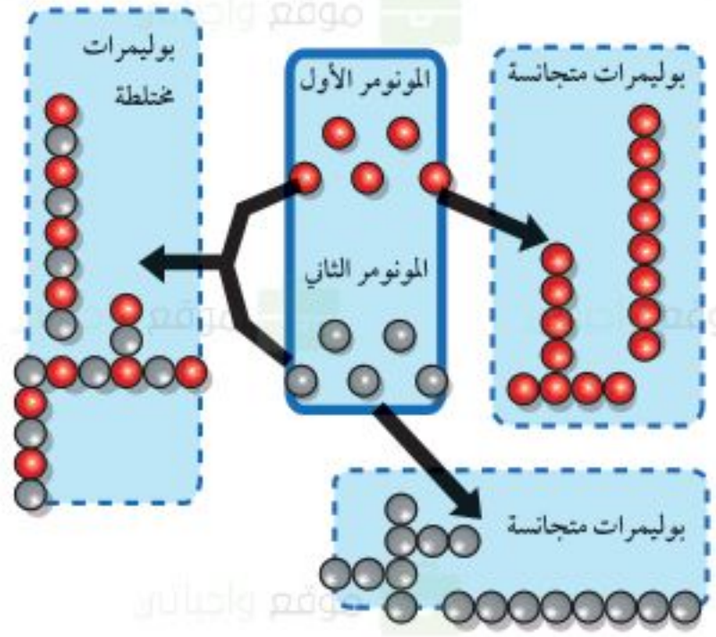
الشكل 16–2 الأقراص المدمجة مصنوعة من البولي كربونات، وتحتوي على سلاسل طويلة من الوحدات البنائية.

التفاعلات المستعملة لصناعة البوليمرات
Reactions Used to Make Polymers

يعد تصنيع البوليمرات عملية سهلة نسبيًّا، إذ يمكن تصنيع البوليمرات في خطوة واحدة، تكون فيها المادة المتفاعلة الرئيسة جزيئات عضوية صغيرة بسيطة تسمى مونومرات. و**المونومرات** هي الجزيئات التي يصنع منها البوليمر. فعند صناعة البوليمر ترتبط المونومرات معًا الواحد تلو الآخر في سلسلة من الخطوات السريعة. وغالبًا ما تستعمل المحفّزات ليتم التفاعل بسرعة معقولة. وفي بعض البوليمرات –مثل ألياف البوليستر والنايلون– يرتبط اثنان أو أكثر من المونومرات معًا بتسلسل متناوب. وتسمى التفاعلات التي ترتبط فيها المونومرات معًا **تفاعلات البلمرة**. وتسمى مجموعة الذرات المتكررة الناتجة عن ترابط المونومرات وحدة بناء البوليمر، ويبين **الشكل 17–2** العلاقة بين البوليمرات والمونومرات المكونه له.

وتتكون وحدة بناء البوليمر من اثنين من المونومرات المختلفة التي لها المكونات نفسها. ويبين **الشكل 18–2** ألعاب الأطفال غير القابلة للكسر التي تصنع من البولي إيثيلين المنخفض الكثافة (LDPE)، والذي يحضر ببلمرة الإيثين تحت ضغطٍ عالٍ. كما يعدالإيثين أيضا مادة أولية لتحضير وإنتاج البولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)، وهو المادة المستعملة في صناعة العبوات البلاستيكية. ويمكن تصنيعه في صورة ألياف تسمى ألياف البوليستر.

ويبين **الشكل 19–2** الخط الزمني لأحداث بارزة أدت إلى عصر البوليمرات وتسليط الضوء على تطور صناعة البوليمرات. وعلى الرغم من أن أول بوليمر تمت صناعته في العام 1909 م، إلا أن صناعة البوليمرات لم تزدهر إلا بعد الحرب العالمية الثانية.



الشكل 17–2 العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة له.

الشكل 18–2 البولي إيثيلين مادة غير سامة وغير قابلة للكسر، لذا يدخل هذا البوليمر في صناعة ألعاب الأطفال.

الشكل 19–2 **عصر البوليمرات** يعمل العلماء لفهم بنية وخواص المركبات العضوية لتطوير المنتجات التي تؤثر في حياة الناس في كل مكان. وقد ساعدت إسهاماتهم في الدخول إلى عصر البوليمرات.

1865م تم تحديد تركيب البنزين الذي أصبح الأساس في إنتاج المركبات الأروماتية.

1909م أول بلاستيك صنع من البوليمرات الصناعية هو الباكالايت وقد تم تطوير صناعته.

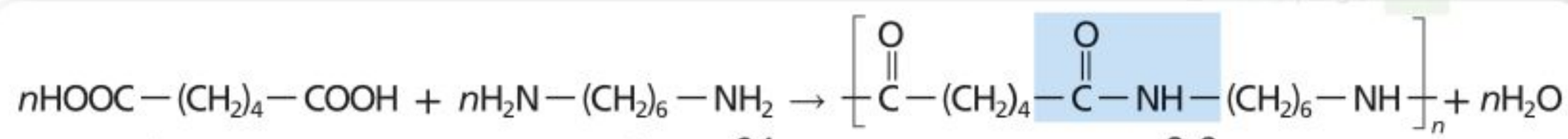
1830 — 1860 — 1890

1840م بدأ الأطباء استعمال الإيثر بوصفه مادة مخدرة في العمليات الجراحية.

1879م تم اكتشاف السكرين بطريقة الصدفة في أثناء عمل الكيميائيين في تقطير الفحم.

1899م انتشر الأسبرين على نطاق واسع من قبل الأطباء بوصفه مادة مسكنة للألم، وأصبح أكثر الأدوية بيعًا على مستوى العالم.

موقع واجباتي



الشكل 20–2 النايلون بوليمر يتكون من خيوط رفيعة تشبه الحرير.

تجربة عملية

تفاعلات البلمرة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

البلمرة بالإضافة في البلمرة بالإضافة تبقى جميع الذرات الموجودة في المونومر في تركيب البوليمر. وعندما يكون المونومر هو الإيثين، ينتج البولي إيثيلين عن تفاعل بلمرة الإضافة؛ إذ تتكسر الروابط غير المشبعة في تفاعل البلمرة بالإضافة تمامًا كما في تفاعلات الإضافة. والاختلاف الوحيد بينهما هو أن الجزيء الثاني المضاف هو جزيء المادة نفسها، وهي الإيثين. كما يمكنك ملاحظة تشابه بوليمرات الإضافة المبينة في **الجدول 14–2** مع تركيب البولي إيثيلين؛ حيث ترتبط ذرات أو مجموعات من الذرات بالسلسلة لتحل محل ذرات الهيدروجين. وتَنتج هذه البوليمرات جميعها من عملية البلمرة بالإضافة.

البلمرة بالتكثف تحدث البلمرة بالتكثف عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل تتحد معًا، ويصاحب ذلك خسارة جزيء صغير غالبًا ما يكون الماء. وقد حضّر النايلون أول مرة في عام 1931م، ثم أصبح مادة شعبية؛ لأنه يمتاز بالقوة، ويمكن سحبه على شكل خيوط تشبه الحرير. ونايلون 6,6 هو اسم أحد أنواع النايلون المصنع. ويتكون أحد المونومرات من سلسلة في نهايتها ذرة كربون يرتبط معها مجموعات كربوكسيل، كما هو مبين في **الشكل 20–2**. أما المونومر الآخر فهو سلسلة تحتوي على مجموعات الأمين في كلتا النهايتين. وتخضع هذه المونومرات لبلمرة التكثف؛ حيث تكوّن مجموعات أميد ترتبط مع وحدات فرعية من البوليمر، كما يشير المربع المظلل في **الشكل 20–2**. لاحظ أنه يتم تكوين جزيء واحد من الماء مقابل كل أميد جديد يتكوَّن.

1939–1945م استعمل النايلون خلال الحرب العالمية الثانية في صناعة المظلات والخيام، وكذلك دخل في صناعة الملابس.

1946م تتضمن المنتجات مع الطلاء غير اللاصق (PTFE) الخطافات والتروس وتجهيزات المطبخ، وقد انتشرت بشكل تجاري.

1959م تم إنتاج الألياف اللدنة والألياف المرنة صناعيًّا.

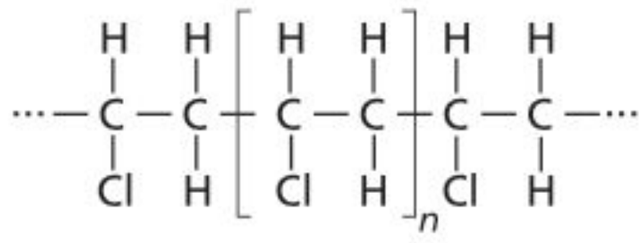
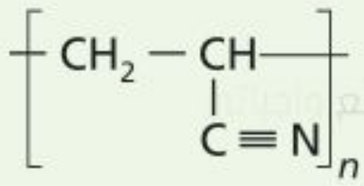
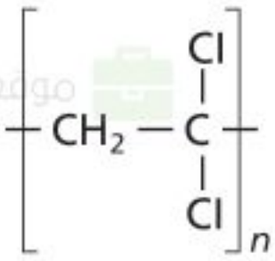
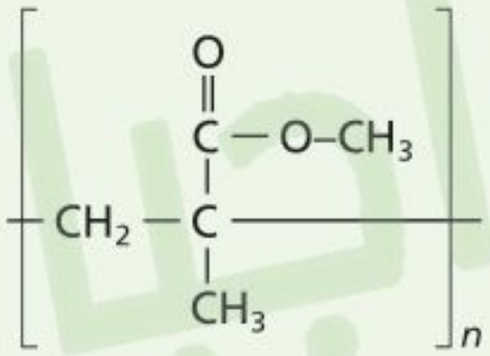
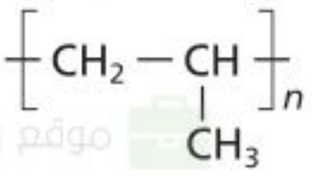
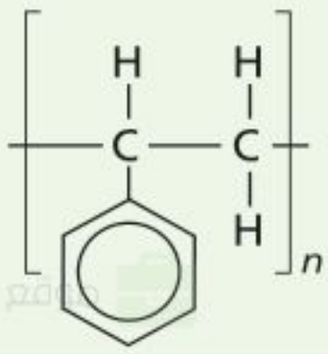
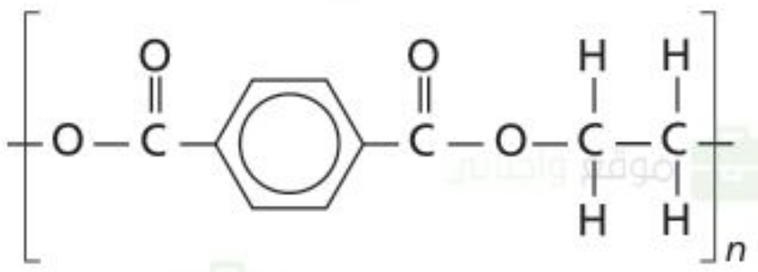
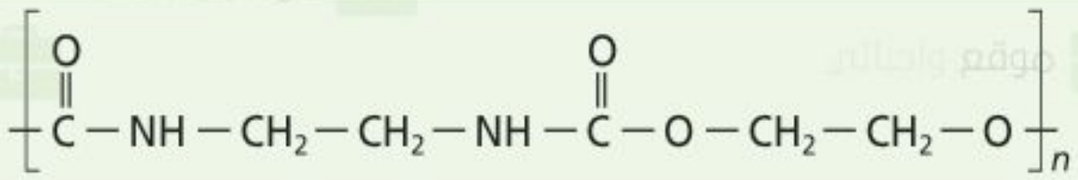
1988م تم إصدار أوارق نقدية مصنوعة من البوليمرات لأول مرة في العالم، صادرة عن بنك أستراليا عام 1966م. وقد استعمل جميع الأستراليين هذه العملة البلاستيكية.

2006م طور الباحثون ورقًا رقيقًا جدًّا يقاوم الإشعاع وهو بوليمر الكريستال – السائل المستعمل في الدوائر الكهربائية، مما جعلها مفيدة في تطبيقات الفضاء.

2010 1980 1950

الجدول 14-2

البوليمرات الشائعة

البوليمر	الاستعمالات	الوحدة البنائية المتكررة
بولي كلوريد الفينيل (PVC)	أنابيب بلاستيكية، وتغطية اللحوم والمفروشات، وملابس ضد المطر، وجدران المنازل، وخراطيم مياه	
بولي أكريلونيتريل	الأقمشة والملابس والمفروشات والسجاد	
بولي فينيلدين كلوريد	تغليف الطعام والأقمشة	
بولي ميثيل ميثاكريلات	زجاج غير قابل للكسر، للنوافذ، والعدسات والتحف الفنية	
بولي بروبلين (PP)	أوعية للمشروبات، والحبال، وأدوات المطبخ	
بولي ستايرين (PS) وستايرين البلاستيك	رغوة التغليف والعزل، وأوعية للنباتات، وحاوية لحفظ الطعام، وعمل النماذج	
بولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)	زجاجات العصير والحليب، الإطارات، والملابس، وأواني الطعام التي تستعمل مرة واحدة	
بولي يورإيثان	الأثاث، ومخدات الفوم، والطلاء المقاوم للماء، وبعض أجزاء الأحذية	

خواص البوليمرات وإعادة تدويرها
Properties and Recycling of Polymers

لماذا نستعمل العديد من البوليمرات المختلفة هذه الأيام؟ أحد الأسباب يعود إلى سهولة تحضيرها، كما أن المواد الأولية المستعملة في تحضيرها غير مكلفة. ولكنْ هناك أسباب أخرى أكثر أهمية تتعلق بخواص البوليمرات نفسها؛ حيث يمكن سحب بعضها في صورة ألياف أنعم من الحرير، والبعض الآخر قوي كالفولاذ. كما أن البوليمرات غير قابلة للصدأ، والعديد منها أكثر تحملًا من المواد الطبيعية، ومن ذلك الخشب البلاستيكي الذي يظهر في **الشكل 21-2**؛ فهو غير قابل للتآكل، ولا يحتاج إلى إعادة طلاء.

خواص البوليمرات ومن أسباب زيادة الطلب على البوليمرات وانتشارها الواسع سهولة تشكيلها بأشكال مختلفة، أو سحبها على شكل ألياف رقيقة. علماً بأنه ليس من السهل القيام بذلك مع المعادن أو المواد الطبيعية الأخرى؛ لأنه يجب تسخينها إلى درجات حرارة مرتفعة، بحيث لا تنصهر عندها، وتصبح ضعيفة؛ حتى تستعمل في تصنيع أدوات صغيرة ورقيقة.

وكما هو الحال مع المواد جميعها، فإن للبوليمرات خواص تعود مباشرة إلى تركيبها الجزيئي. فبولي إيثيلين مثلًا عبارة عن سلسلة طويلة من الألكان. لذلك، فملمسه شمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائيًّا، ورديء التوصيل للكهرباء. وقد جعلته هذه الخواص مثاليًّا لاستعماله في أوعية حفظ الطعام، وتغليف أسلاك الكهرباء.

مهن في الكيمياء

كيميائيو البوليمرات هل تبدو لك فكرة تطوير وتحسين البوليمرات فكرة جديدة وملهمة وتشكل تحديًا؟ يطور كيميائيو البوليمرات أنواعًا جديدة، كما يطورون استعمالات أو عمليات تصنيع جديدة للطرائق القديمة.

الدكتور سعيد بن محمد الزهراني، مخترع وعالم سعودي، حاصل على عدة جوائز وهي: جائزة إقليمية، وجائزة عالمية. كما حصل على براءة اختراع بعنوان «حفازات جديدة لإنتاج الألوفينات عن طريق الأكسدة النازعة للأكسجين وطرق تحضيرها واستخدامها». ويشرف على كرسي سابك **للبوليمرات** بالجامعة.

المفردات

أصل الكلمة

البلاستيك الحراري (Thermoplastic)
جاءت كلمة (ثرمو) من الكلمة اليونانية therme التي تعني الحرارة،
وجاءت كلمة بلاستيك من الكلمة اليونانية plastikos وتعني قالبًا أو نموذجًا، أو يتكون

الشكل 21-2 يصنع الخشب البلاستيكي من البلاستيك المعاد تدويره، مثل زجاجات العصير، والحليب، وغيرها من نفايات البولي إيثيلين.

الشكل 22–2 تساعد الرموز الموجودة على المواد البلاستيكية على إعادة تدويرها لأنها تحدد مكوناتها.

تدوير البوليمرات تشتق المواد الأولية المستعملة في تصنيع معظم البوليمرات من الوقود الأحفوري. ولأن الوقود الأحفوري مهدد بالنفاد فقد أصبحت عملية تدوير البلاستيك أكثر أهمية. فإعادة التدوير وشراء السلع المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره تقلل من حجم استعمال الوقود الأحفوري، وبذلك نحافظ على هذا النوع من الوقود.

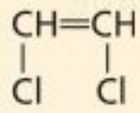
وتعد عملية إعادة تدوير هذه المواد صعبة إلى حد ما؛ نظرًا إلى العدد الكبير من البوليمرات المختلفة الموجودة في هذه المنتجات. ولذلك لا بد من فرز المواد البلاستيكية وفقًا لمكونات البوليمر قبل إعادة استعمالها. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة، ولذلك يتم تحسين عملية صناعة البلاستيك من خلال تقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ولهذا فإن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في **الشكل 22–2**، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير وفرز المواد البلاستيكية.

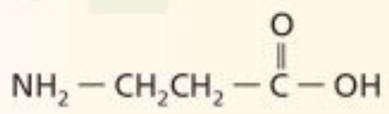
التقويم 2-5

الخلاصة

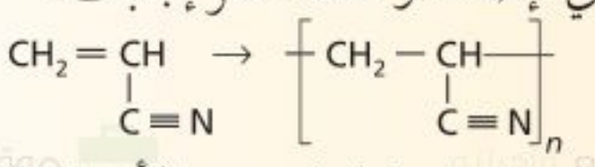
- البوليمرات جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تدعى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

21. الفكرة الرئيسة **ارسم** الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتي: a. الإضافة، و b. التكثف.

a.


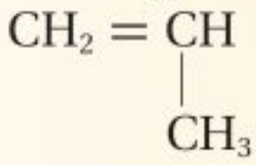
b.


22. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثفًا. فسِّر إجابتك.



23. حدّد تعوّض البوليمرات الصناعية في كثير من الأحيان الكثير من المواد الطبيعية، مثل الحجر، والخشب والمعادن، والصوف، والقطن، في العديد من التطبيقات. حدد بعض مزايا وعيوب استعمال المواد الصناعية بدلاً من المواد الطبيعية.

24. توقّع الخواص الفيزيائية للبوليمر الذي يصنع من المونومر الآتي، متناولاً بعض خصائصه مثل: الذوبان في الماء، والتوصيل الكهربائي، والملمس، والنشاط الكيميائي.



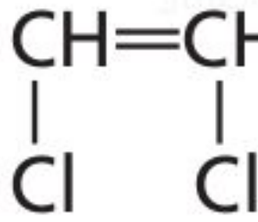
الاجابة في الصفحة التالية

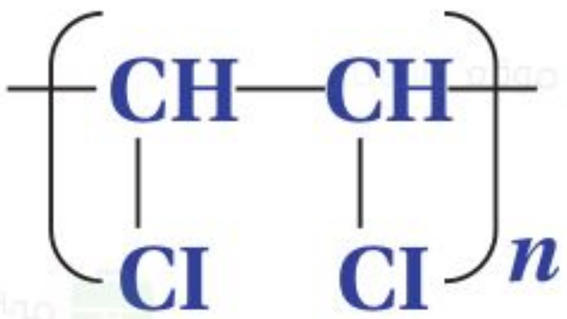
التقويم 5-2

21. الفكرة الرئيسة **ارسم** الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتي:

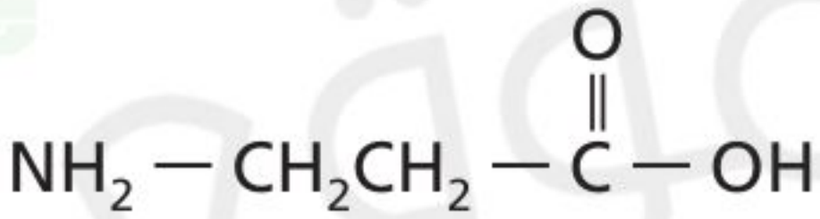
a. الإضافة، و b. التكثف.

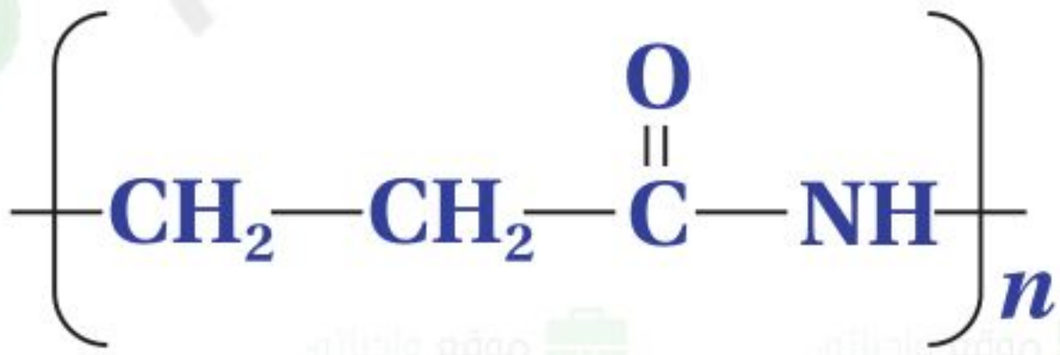
a.



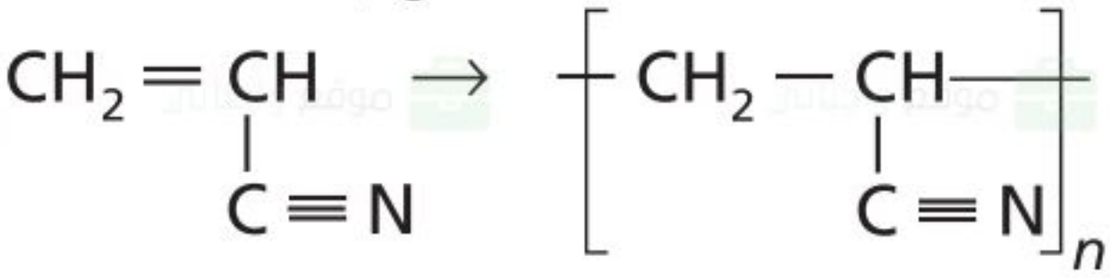


b.





22. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثفًا. فسِّر إجابتك.



إضافة؛ لأنه تمّ الاحتفاظ بذرات المونومر جميعها في البوليمر دون فقدان أيٍّ منها.

موقع واجباتي

التقويم 5-2

23. حدّد تعوّض البوليمرات الصناعية في كثير من الأحيان الكثير من المواد الطبيعية، مثل الحجر، والخشب والمعادن، والصوف، والقطن، في العديد من التطبيقات. حدد بعض مزايا وعيوب استعمال المواد الصناعية بدلاً من المواد الطبيعية.

لا تتعفَّن المواد الاصطناعية مثل المنتجات الطبيعية كالخشب والقطن في كثير من الأحيان، ولا تتآكل. وكذلك يسهل إنتاج المواد الاصطناعية بالأشكال والحجوم المطلوبة، مثل الأحجار الاصطناعية. كما أن المواد الاصطناعية عادة لا تصدأ أو تتآكل مثل المعادن. أمّا العيوب فهي أن المنتجات الهيكلية الاصطناعية، مثل الخشب البلاستيكي ليست صُلبة، وتحتاج إلى مزيد من الدعم.

24. توقّع الخواص الفيزيائية للبوليمر الذي يصنع من المونومر الآتي، متناولا بعض خصائصه مثل: الذوبان في الماء، والتوصيل الكهربائي، والملمس، والنشاط الكيميائي.

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

يتّصف البوليمر بملمس شمعي، وقلّة الذوبان في الماء، ورداءة التوصيل للتيار الكهربائي، بالإضافة إلى قلّة النشاط الكيميائي. ستكون من البلاستيك القابل للتشكُّل (الثيرموبلاستيك). ويتكوَّن من سلسلة طويلة من الألكان مشابهة للبولي إيثيلين.

موقع واجباتي

الكيمياء في الحياة اليومية

الثوم Garlic

هل تعلم أن طعم كل من الثوم الطازج والمطبوخ مختلفة جدًّا؟ فالثوم الطازج، كما هو مبين في **الشكل 1**، يحتوي على مواد تسبب إحساسًا حارقًا في الفم. ومع ذلك لا يسبب الثوم المطبوخ هذا الإحساس. ويعود السبب إلى التفاعلات الكيميائية. فعندما يُدَق الثوم الطازج أو يقطع أو يسحق فإنه ينتج مادة كيميائية تسمى الأليسين، كما في **الشكل 2**. ويعد إنتاج الأليسين آلية دفاع كيميائية يقوم بها نبات الثوم ضد غيره من المخلوقات الحية الأخرى. والأليسين مركب غير مستقر ويتحول إلى مركبات أخرى مع مرور الوقت، أو عند التسخين أو الطبخ، وهو ما يفسر لماذا لا يسبب الثوم المطبوخ إحساسًا حارقًا في الفم. وقد نهى الرسول عليه الصلاة والسلام آكل الثوم عن حضور صلاة الجماعة في المسجد لأن رائحة الثوم مؤذية.

الشكل 1 يحتوي الثوم الطازج على مادة كيميائية تسبب الألم كوسيلة دفاع ضد الأعداء.

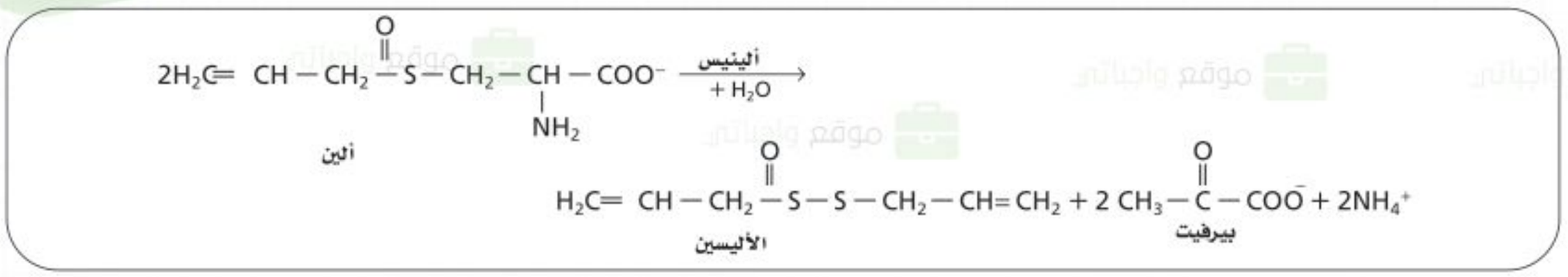
الإحساس بالألم والحرارة Sensing temperature and pain

يتم الإحساس بدرجة الحرارة والألم عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في الجلد، بما في ذلك الجلد الموجود داخل فمك. وتحتوي هذه الخلايا العصبية على جزيئات تكشف عن درجة حرارة سطحها، والتي تسمى قنوات الاستقبال الناقلة (TRP) للأيون. وتتأثر قنوات الاستقبال (TRP) المختلفة باختلاف مدى درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، عندما يلمس شخص شيئًا ساخنًا، تتنبّه بعض قنوات الاستقبال (TRP) وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول إلى الخلايا العصبية. وهذا يؤدي إلى زيادة الشحنات في الخلايا العصبية. وعند زيادة الشحنات إلى حد كاف يتم إرسال إشارات كهربائية إلى الدماغ؛ حيث يتم تفسيرها على أنها إحساس بالسخونة.

وينشط الأليسين أيضاً الخلايا العصبية. وعلى ما يبدو فإن الأليسين فعال على زوج من بروتينات القناة الأيونية تسمى TRPA1 وTRPV1. وعندما توجد مادة الأليسين الكيميائية، تسمح هذه القنوات بدخول الأيونات إلى الخلية العصبية. ويؤدي إضافة الشحنات الكهربائية للخلية العصبية إلى إرسال إشارات للدماغ عن مواقع الإشارات، ويعمل الدماغ على تفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

استكشاف مستقبلات الألم Probing pain receptors

مع أنه من المثير للاهتمام أن نعرف لماذا يسبب تذوق الثوم الخام الألم إلا أن فهم كيفية قيام الأليسين بالتسبب في الإحساس بالألم هو أكثر أهمية وإثارة. ويأمل الباحثون أن تؤدي زيادة فهم كيفية عمل هذه المستقبلات إلى طرائق جديدة للسيطرة على الألم المزمن لدى المرضى.



$$2H_2C{=}CH-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{S}-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^- \xrightarrow[+\,H_2O]{\text{ألينيس}}$$

$$H_2C{=}CH-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{S}-S-CH_2-CH{=}CH_2 + 2\,CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-COO^- + 2NH_4^+$$

الشكل 2 عند تقطيع الثوم أو سحقه يقوم الألين مع وجود إنزيم الألينيس بإنتاج الأليسين. وعند تذوق طعم الثوم الطازج فإن جزءًا من الخلايا العصبية في فمك يرسل إشارة كهربائية إلى الدماغ الذي يقوم بتفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

الكتابة في الكيمياء

ابحث وقم بإعداد ملصق أو بوستر يوضح تفاعلات كيميائية أخرى في النباتات.

ستتفاوت إبداعات الطلاب حول موضوع الملصقات؛لذا تأكد من قيام الطلاب بالبحث عن هذا الموضوع على نحوٍ كافٍ، وإعداد ملصق يوضح النتائج التي توصلوا إليها.

موقع واجباتي

التحليل والاستنتاج

1. **الملاحظة والاستنتاج** مـاذا يمكنك أن تستنتج حول العلاقة بين انتقال الحرارة والتغيرات في درجات الحرارة التي قمت بملاحظتها؟

كلما زادت كمية الحرارة المنقولة في أثناء عملية التبخر ، زاد مقدار التغير في درجة الحرارة.

2. **التقويم** المحتوى الحراري المولي للتبخر (kJ /mol) لأنواع الكحولات الثلاثة عند درجة حرارة $25\ ^{o}C$ هي كالآتي: ميثانـــول 37.4، إيثانول 42.3، 2- بروبانول 45.4، ما الذي يمكن أن تستنتجه حول قوى الترابط الموجودة في الكحولات الثلاثة؟

تزداد قوى التجاذب بازدياد طول سلسلة الكربون. وتعد درجة حرارة التبخر مقياسًا لقوة هذه القوى.

3. **قارن** اعمل مقارنة عامة بين الحجم الجزيئي للكحول من حيث عدد ذرات الكربون في السلسلة وسرعة تبخره.

يبدو أن سرعة التبخر تقل بازدياد عدد ذرات الكربون في السلسلة.

4. **الملاحظة والاستنتاج** استنتج لماذا توجد اختلافات بين البيانات التي حصلت عليها وبيانات الطلبة الآخرين.

قد تعزى الاختلافات إلى الاختلاف في درجة الحرارة والرطوبة في أثناء التجارب المختلفة.

5. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الأخطاء التي قد تظهر في الإجراءات التي قمت بها.

قد تتفاوت قطع النسيج في الحجم. وقد تكون حركة الهواء حول ميزان الحرارة مختلفة. وقد تكون كمية الكحول المستعملة مختلفة في كل محاولة.

الاستقصاء

تصميم تجربة اقترح طريقة لجعل هذه التجربة أكثر دقة وضبطًا من الناحية الكمية. صمّم تجربة مستعملًا طريقتك الجديدة.

قد يقترح الطلاب إضافة الكمية نفسها من الكحول في كل محاولة على المناديل الورقية. كما يجب التأكد من أن حجم المناديل الورقية واحد في جميع المحاولات. وقد تستعمل مروحة صغيرة لتحريك الهواء حول ميزان الحرارة ثيرمومتر.

موقع واجباتي

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

المفردات

- المجموعة الوظيفية
- هاليدات الألكيل
- هاليدات الأريل
- البلاستيك
- تفاعلات الاستبدال
- الهلجنة

المفاهيم الرئيسة

- يؤدي استبدال ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات بالمجموعات الوظيفية إلى تكوين مجموعة واسعة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل هو مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة بذرة كربون في مركب أليفاتي.

2-2 الكحولات والإيثرات والأمينات

الفكرة الرئيسة الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.

المفردات

- مجموعة الهيدروكسيل
- الكحولات
- الإيثرات
- الأمينات

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الكحولات، والإيثرات، والأمينات عندما تستبدل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعة وظيفية معينة.
- لأن الكحولات تكون روابط هيدروجينية بسهولة تكون درجة غليانها كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

2-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

المفردات

- مجموعة الكربونيل
- الإسترات
- الألدهيدات
- الأميدات
- الكيتونات
- تفاعلات التكثف
- الأحماض الكربوكسيلية
- مجموعة الكربوكسيل

المفاهيم الرئيسة

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة C=O.
- تحتوي خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية على مركبات الكربونيل هي: الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

موقع واجباتي

2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

المفردات

- تفاعلات الحذف
- تفاعلات حذف الهيدروجين
- تفاعلات حذف الماء
- تفاعلات الإضافة
- تفاعلات إضافة الماء
- تفاعلات الهدرجة

المفاهيم الرئيسة

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركبات العضوية ضمن أحد خمسة أنواع، هي: الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف.
- تمكّن معرفة المركبات العضوية المتفاعلة من توقع نواتج التفاعل.

2-5 البوليمرات

الفكرة الرئيسة البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

المفردات

- البوليمرات
- المونومرات
- تفاعلات البلمرة
- البلمرة بالإضافة
- البلمرة بالتكثف

المفاهيم الرئيسة

- البوليمرات مركبات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تسمى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

موقع واجباتي

إتقان المفاهيم 2-1

25. ما المجموعة الوظيفية؟

المجموعة الوظيفية هي ذرة أو مجموعة من الذرات في المركّب العضوي، وغالبًا ما تتفاعل بطريقة معيّنة.

26. صف وقارن الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.

تحتوي هاليدات الألكيل على ذرة هالوجين مرتبطة بالسلسلة الكربونية الأليفاتية أو الحلقية، في حين تحتوي هاليدات الأريل على ذرة هالوجين مرتبطة بصورة مباشرة بذرة الكربون الموجودة في جزيء البنزين أو أي حلقة أروماتية.

27. ما المواد المتفاعلة التي ستستعملها لتحويل الميثان إلى بروموميثان؟

بروم

28. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:

a. $CH_3(CH_2)_3CH_2NH_2$ **1– أمينو بنتان**

b. $CH_3(CH_2)_5CH_2NH_2$ **1– أمينو هبتان**

c. $CH_3(CH_2)_2CH(NH_2)CH_3$ **2– أمينو بنتان**

d. $CH_3(CH_2)_8CH_2NH_2$ **1– أمينو ديكان**

29. فسر لماذا تزداد درجات غليان هاليدات الألكيل بالتدريج عند الاتجاه إلى أسفل في مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري؟

يعود سبب هذا النمط إلى ازدياد عدد إلكترونات الهالوجينات والتي تقع بعيدًا عن النواة عند الانتقال من الفلور إلى اليود (العدد الذري). ويمكن تحريك هذه الإلكترونات بسهولة فتصبح ثنائية القطب بصورة مؤقتة. وتعمل قوة التجاذب ثنائية القطب على جذبها معًا، ونتيجة لذلك ستحتاج إلى قوة كبيرة لفصلها. ومن ثَمّ تزداد درجة غليان الهالو– ألكانات بزيادة حجم ذرة الهالوجين.

إتقان حل المسائل

30. ضع دائرة حول المجموعات الوظيفية في الصيغ البنائية المبينة في الشكل **23–2**، ثم اذكر اسم كل منها.

الشكل **23–2**

a. حمض الأسيتيل ساليسيليك

حمض كربوكسيلي، وإستر

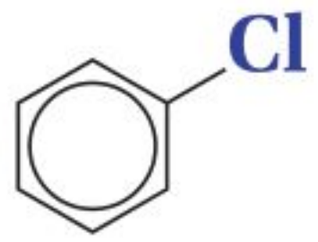
b. الفانيلين

ألدهيد، وإيثر، وكحول

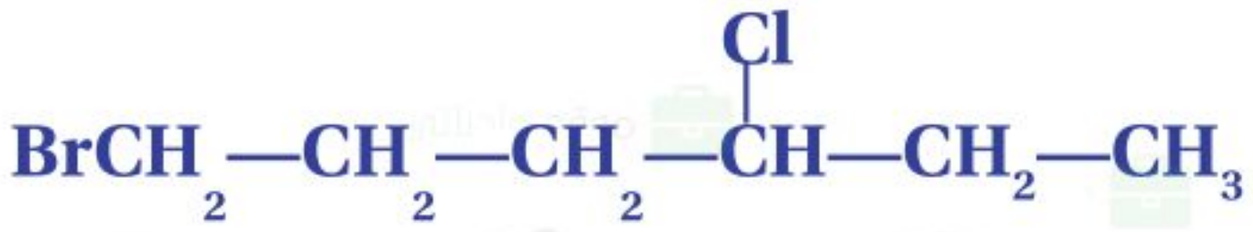
موقع واجباتي

31. ارسم الصيغة البنائية لهاليدات الألكيل أو الأريل الآتية:

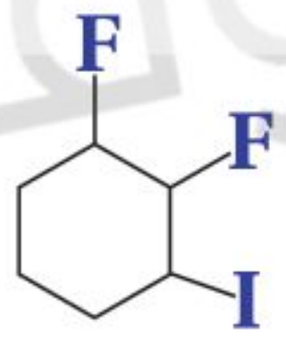
a. كلوروبنزين



b. 1- برومو- 4- كلوروهكسان

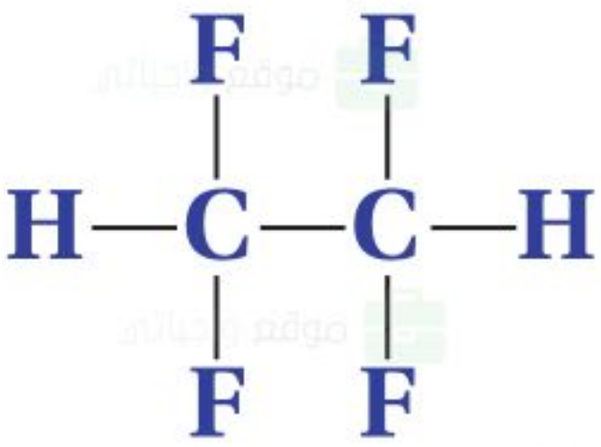


c. 1،2 - ثنائي فلورو- 3- أيودو هكسان حلقي



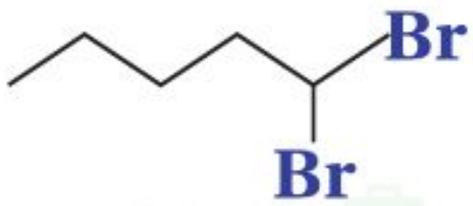
d. 1،3 - ثنائي بروموبنزين

e. 1،1،2،2- رباعي فلورو إيثان

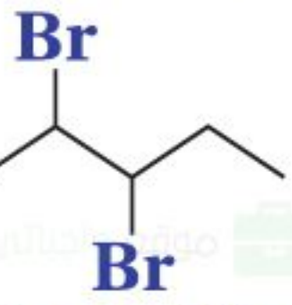


32. ارسم الصيغة البنائية للمركب: 1- برومو -2- كلوروبروبان.

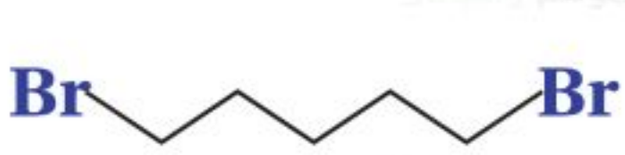
33. ارسم المتشكلات البنائية المحتملة جميعها لهاليد الألكيل ذي الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}Br_2$، ثم سمّ كلًّا منها.



1،1- ثنائي برومو بنتان



2، 3-ثنائي برومو بنتان

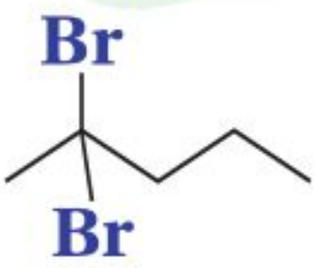


1، 5-ثنائي برومو بنتان

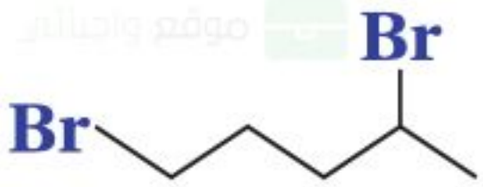
3، 3-ثنائي برومو بنتان

1، 2-ثنائي برومو بنتان

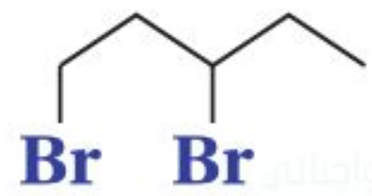
2، 4-ثنائي برومو بنتان



2، 2-ثنائي برومو بنتان



1، 4-ثنائي برومو بنتان



1، 3-ثنائي برومو بنتان

34. سمِّ متشكلًا بنائيًّا واحدًا محتملًا عند تغيير موقع واحدة أو أكثر من ذرات الهالوجين لكل من هاليدات الألكيل الآتية:

a. 2- كلورو بنتان

1- كلوروبنتان، 3- كلوروبنتان

b. 1،1- ثنائي فلورو بروبان

1، 2- ثنائي فلوروبروبان،

1، 3- ثنائي فلوروبروبان،

2، 2- ثنائي فلوروبروبان.

c. 1،3- ثنائي بروموبنتان حلقي

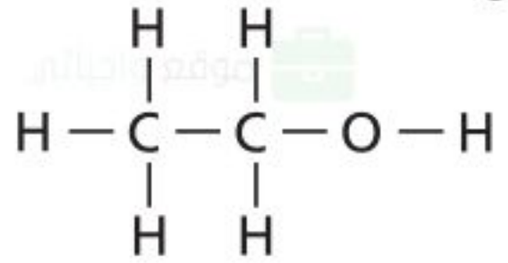
1، 2- أو 1، 1- ثنائي بروموبنتان حلقي.

d. 1- برومو-2- كلوروإيثان

1- برومو-1- كلوروإيثان.

إتقان المفاهيم 2-2

35. ما اسم المركب المبين في الشكل 24-2؟ كيف يمكن تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 24-2

الإيثانول، ويتمّ تلويثه بإضافة كمية بسيطة من المواد السامة، لجعله غير صالح وآمن للشرب.

36. تطبيقات عملية سمّ كحولًا، أو أمينًا، أو إيثرًا واحدًا، يستعمل لكل غرض من الأغراض الآتية:

a. مادة مطهرة

إيثانول

b. مذيب للطلاء

1- ميثانول

c. مانع للتجمد

جلايكول الإيثلين أو جلايكول البروبيلين

d. مخدر

إيثيل إيثر

e. إنتاج الأصباغ

أنيلين

37. فسّر لماذا تكون ذوبانية جزيء الكحول في الماء أكثر من ذوبانية جزيء الإيثر رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان؟

تكون الكحولات دائمًا قطبية؛ وذلك بسبب عدم تماثل توزيع الشحنات حول ذرة الأكسجين في مجموعة الهيدروكسيل OH-. في حين تعتمد قطبية الإيثر على الشكل العام للإيثر. وغالبًا ما تكون الكحولات أكثر ذوبانية من الإيثرات في الماء لأنه مذيب قطبي.

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

38. فسّر لماذا تكون درجة غليان الإيثانول أعلى كثيرًا من الأمينو إيثان رغم أن الكتلتين المولیتين لهما متساويتان تقريبًا؟

لأن روابط O–H أكثر قطبية من روابط N–H، وتكون الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الإيثانول أقوى من الروابط بين جزيئات الأمينوميثان. ويَنتُج عن قوى التجاذب الأقوى درجات غليان أعلى.

إتقان حل المسائل

39. سمّ إيثرًا واحدًا له الصيغة البنائية لكل من الكحولين الآتيين:

a. 1– بيوتانول

إيثيل إيثر، بروبيل ميثيل إيثر.

b. 2– هكسانول

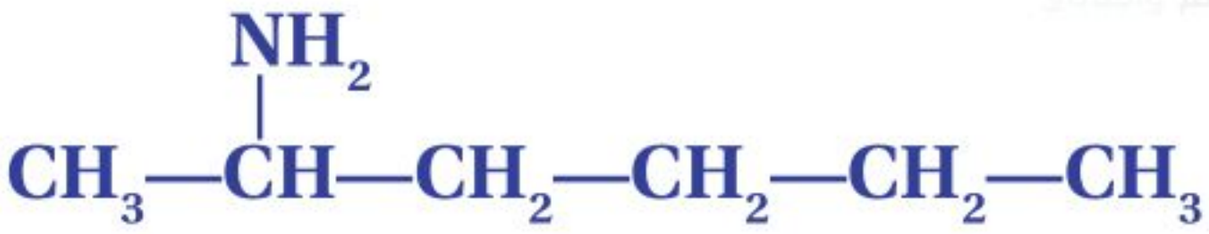
بروبيل إيثر، أيزوبروبيل ميثيل إيثر.

إيثر، إيثيل بيوتل إيثر، بنتل

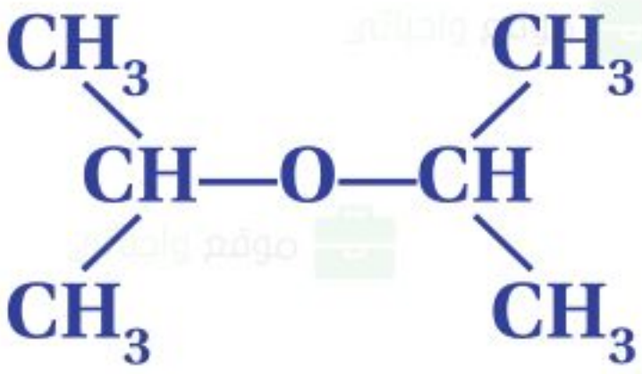
40. ارسم الصيغة البنائية لكل من الكحولات، والأمينات، والإيثرات الآتية:

a. 2،1 – بيوتادايول

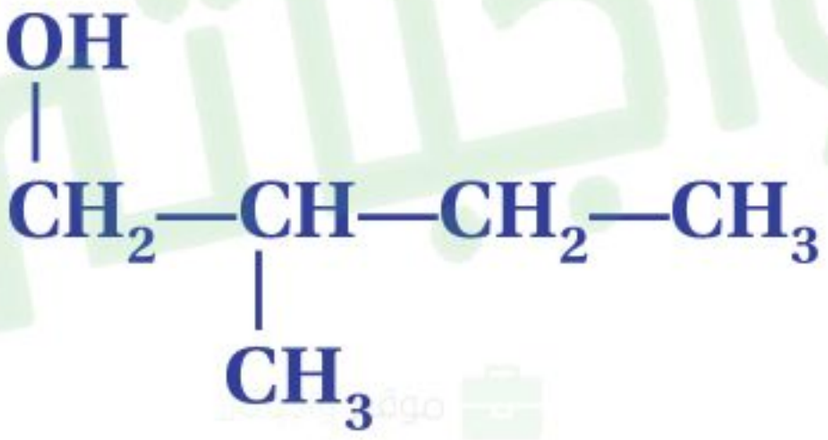
b. 2– أمينو هكسان



c. ثنائي أيزوبروبيل إيثر

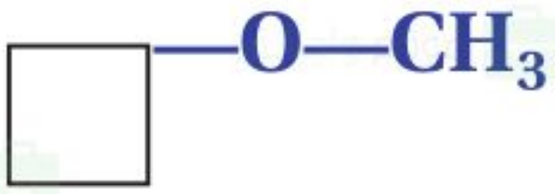


d. 2– ميثيل –1– بيوتانول



e. بيوتيل بنتيل إيثر

f. بيوتيل حلقي ميثيل إيثر



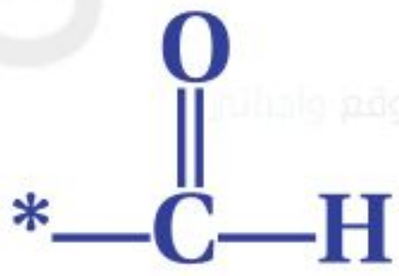
g. 3،1– ثنائي أمينو بيوتان

h. بنتانول حلقي

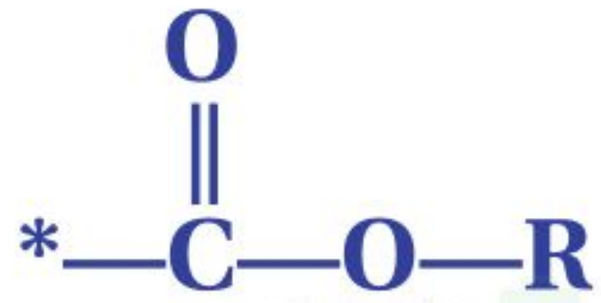
إتقان المفاهيم 2-3

41. ارسم الصيغة العامة لكل نوع من أنـواع المركبات العضوية الآتية:

a. ألدهيد



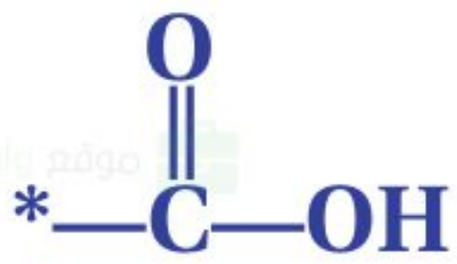
b. إستر



c. كيتون

d. أميد

e. حمض كربوكسيلي



42. استعمالات شائعة سم الألدهيد، أو الكيتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر، أو الأميد المستعمل لكلٍّ من الأغراض الآتية:

a. حفظ العينات البيولوجية

فورمالدهيد

b. مذيب لتلميع الأظافر

أسيتون

c. حمض في الخل

حمض الإيثانويك (الأسيتيك)

d. نكهة في الأطعمة والمشروبات

بيوتانوات الإيثيل، 2–ميثيل بيوتيل أسيتات، بنتانوات البنتيل، إسترات أخرى.

موقع واجباتي

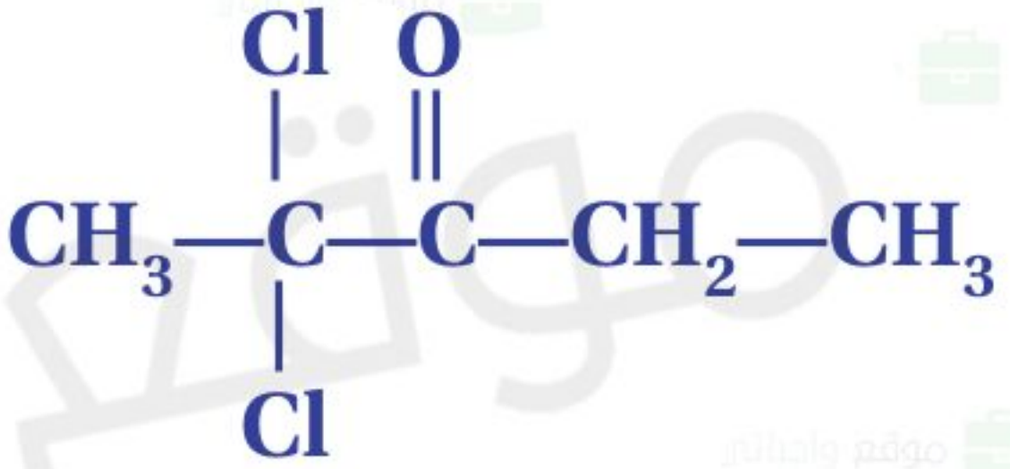
43. ما نوع التفاعل المستعمل لإنتاج الأسبرين من حمض السلسيليك وحمض الأسيتيك؟

تكاثف

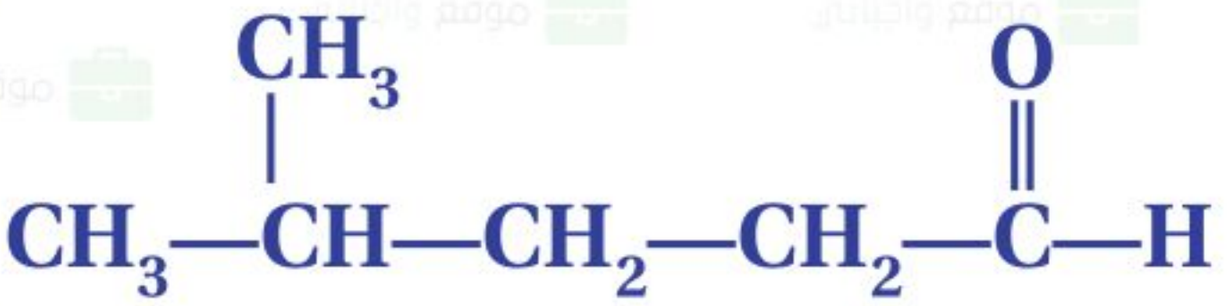
إتقان حل المسائل

44. ارسم الصيغ البنائية لمركبات الكربونيل الآتية:

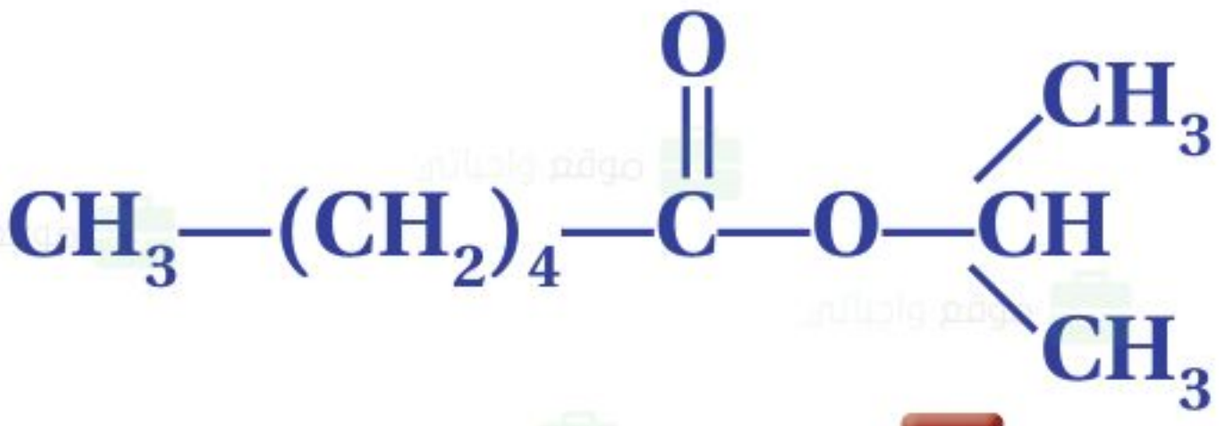
a. 2،2– ثنائي كلورو– 3– بنتانون



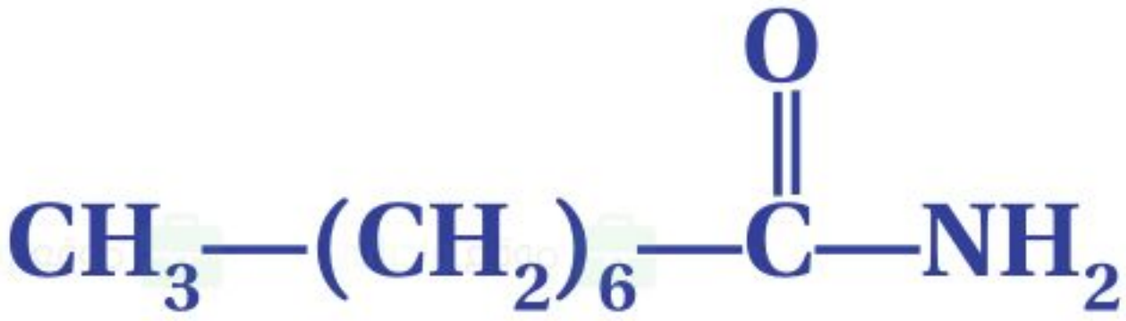
b. 4– ميثيل بنتانال



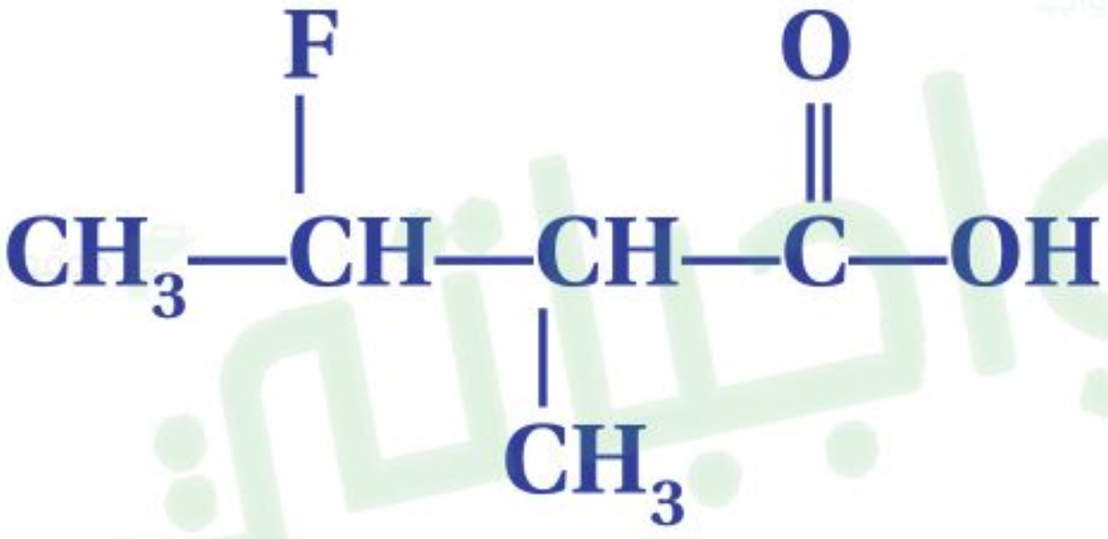
c. هكسانوات الأيزوبروبيل



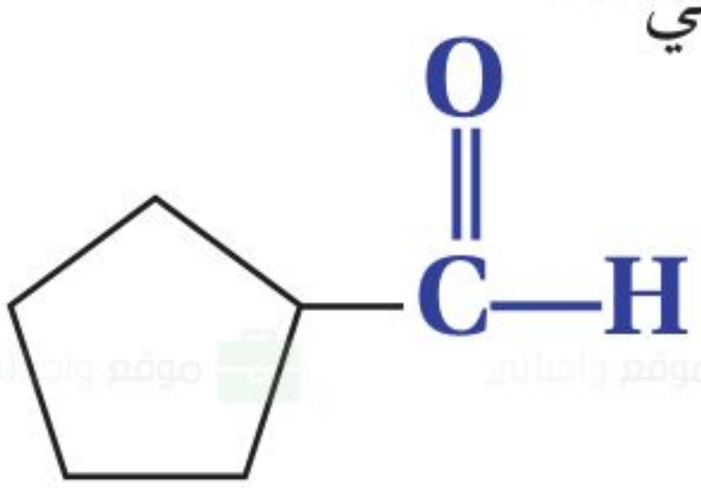
d. أوكتانوأميد



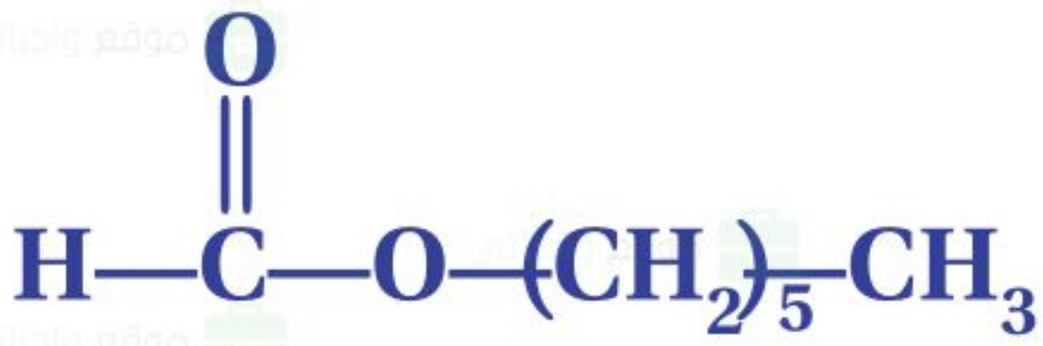
e. 3– فلورو– 2– ميثيل حمض البيوتانويك



f. بنتانال حلقي

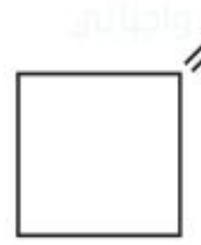


g. ميثانوات الهكسيل



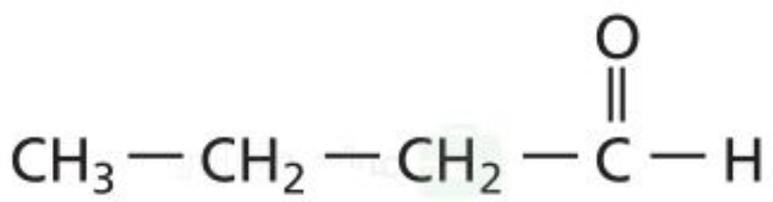
45. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:

a.



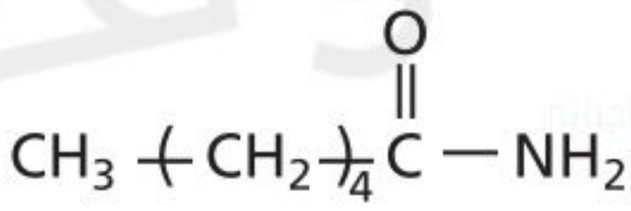
بيوتانون حلقي

b.



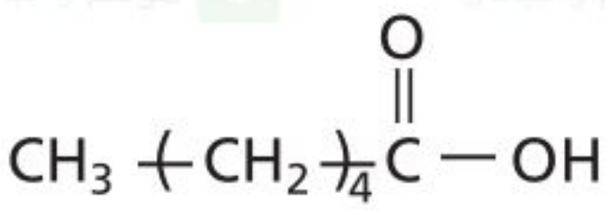
بيوتانال

c.



هكسانو أميد

d.



حمض الهكسانويك

إتقان المفاهيم 2-4

46. **تحضير المركبات العضوية** ما المواد الأولية اللازمة لتحضير معظم المركبات العضوية الصناعية؟

الوقود الأحفوري مثل النفط، والغاز الطبيعي.

47. فسّر أهمية تصنيف التفاعلات الكيميائية؟

لما كانت التفاعلات الكيميائية كثيرة، فإن تصنيفها يساعد الطلاب والكيميائيين على زيادة فهمها وتذكّرها، وتوقُّع نواتج التفاعلات الجديدة.

48. اكتب اسم التفاعل العضوي اللازم لإجراء التغييرات الآتية:

a. ألكين ← ألكان

الإضافة

b. هاليد الألكيل ← كحول

الاستبدال

c. هاليد الألكيل ← ألكين

الحذف

d. أمين + حمض كربوكسيلي ← أميد

التكاثف

e. كحول ← هاليد الألكيل

الاستبدال

f. ألكين ← كحول

الإضافة، والتميّه (إضافة الماء)

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

49. صنف كلًّا من التفاعلات العضوية الآتية إلى: استبدال، أو إضافة، أو أكسدة واختزال، أو حذف، أو تكثف.

a. 2- بيوتين+ هيدروجين ⟵ بيوتان

الإضافة

b. بروبان+ فلور ⟵ 2- فلوروبروبان+ فلوريد الهيدروجين.

الاستبدال

c. 2- بروبانول ⟵ بروبين + ماء

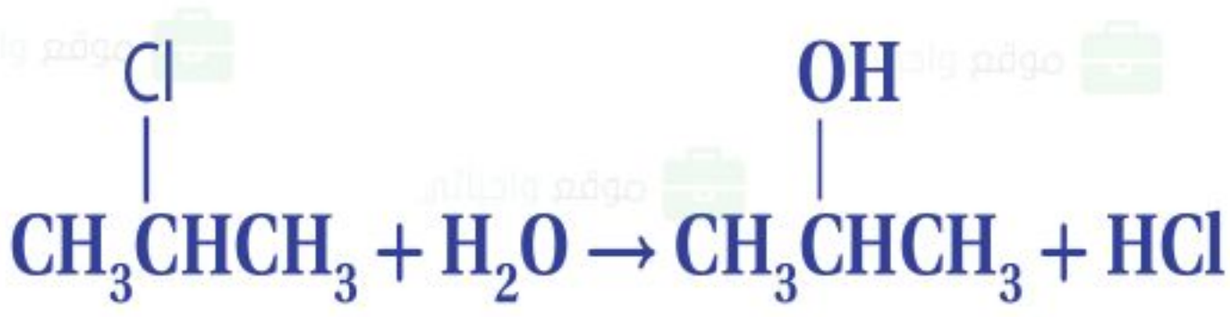
الحذف

d. بيوتين حلقي + ماء ⟵ بيوتانول حلقي

الإضافة

50. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلات التفاعلات الآتية:

a. تفاعل الاستبدال بين 2- كلوروبروبان والماء لتكوين 2- بروبانول وكلوريد الهيدروجين.



b. تفاعل الإضافة بين 3- هكسين والكلور لتكوين 4،3 – ثنائي كلوروهكسان.

51. ما نوع التفاعل الذي يعمل على تحويل الكحول إلى كل نوع من المركبات الآتية:

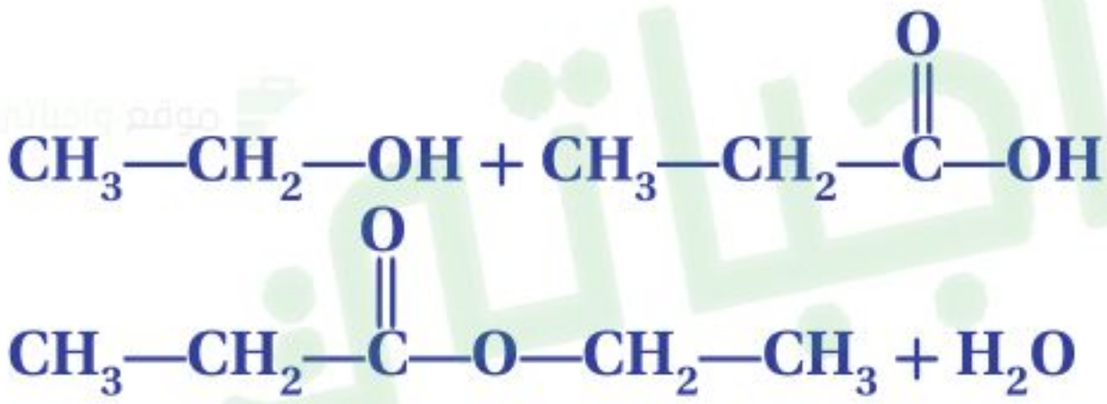
a. إستر **التكاثف**

b. ألكين **الحذف**

c. هاليد الألكيل **الاستبدال**

d. ألدهيد **الأكسدة**

52. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلة تفاعل التكثف بين الإيثانول وحمض البروبانويك.



إتقان المفاهيم 2-5

53. اشرح الفرق بين عمليتي البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثف.

في عملية البلمرة بالإضافة، تبقى ذرات المونومرات جميعها الداخلة في البوليمر الناتج، في حين أنه في عملية البلمرة بالتكاثف، يشترك مونومران على الأقلّ، لكلٍّ منهما مجموعتان وظيفيتان، لتكوين البوليمر، ويرافق ذلك فقدان جزيء صغير مثل الماء.

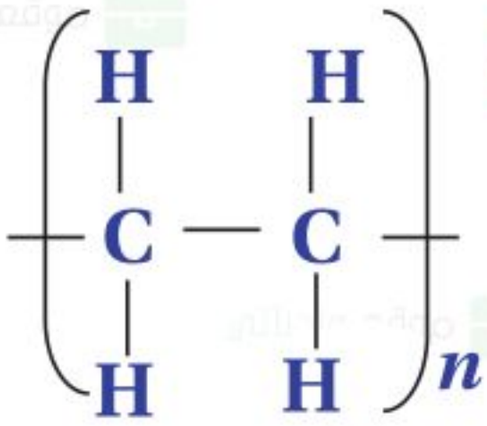
تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

54. **تصنيع البوليمر** ما المونومرات التي يلزم أن تتفاعل لإنتاج كل من البوليمرات الآتية؟

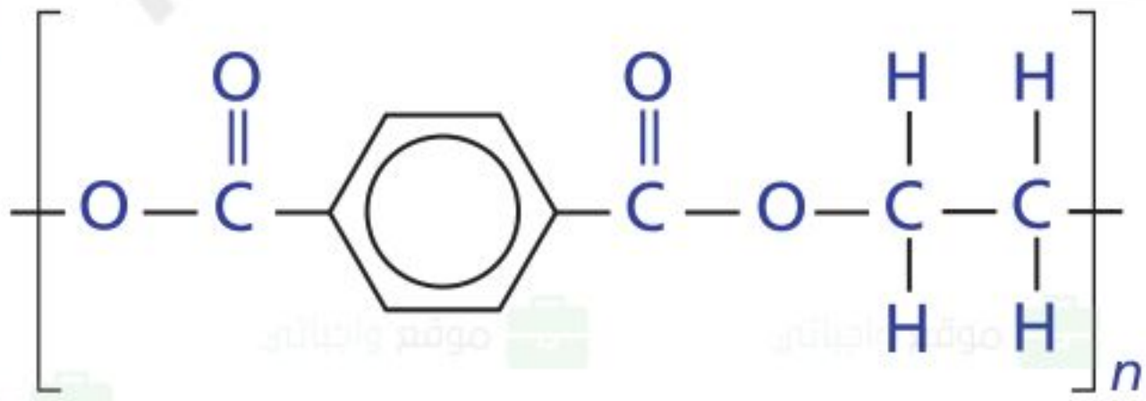
a. بولي إيثيلين

الإيثيلين (C_2H_4)



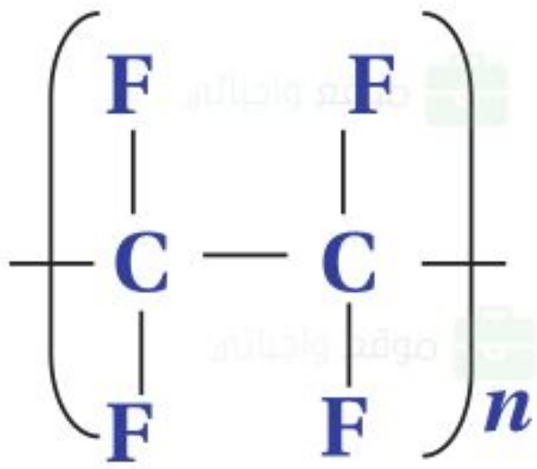
b. بولي ايثيلين تيرافثاليت

ثنائي – بيتا– هيدروكسي تيرافثاليت



c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

رباعي فلوروإيثيلين ( )



55. سم البوليمرات الناتجة عن المونومرات الآتية:

a. CH_3Cl

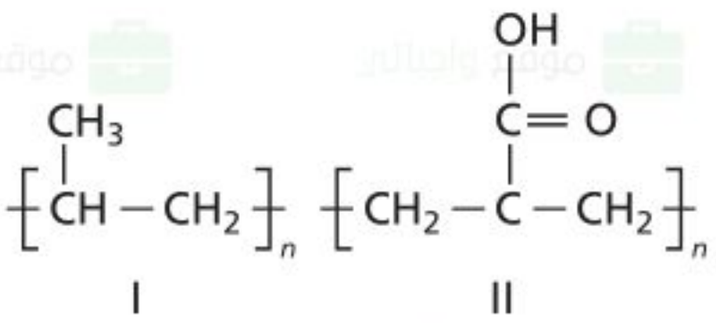
بولي فينيل كلوريد.

b. $CH_2=CCl_2$

بولي فينيلدين كلوريد.

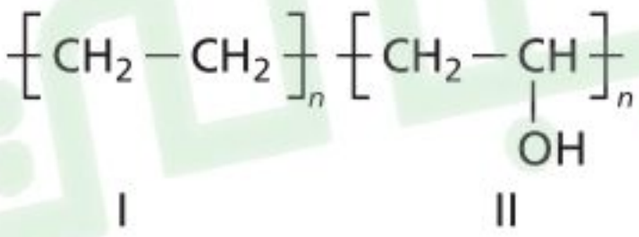
56. اختر البوليمر في كل من الأزواج الآتية، الذي تتوقع أن تكون ذوبانيته أكبر في الماء.

a.



البوليمر II

b.



البوليمر II

57. ادرس الصيغ البنائية للبوليمرات الواردة في **الجدول 14–2**، ثم قرر هل تنتج هذه البوليمرات عن عملية بلمرة الإضافة أو بلمرة التكثف.

a. النايلون

عملية بلمرة بالتكاثف

b. بولي أكريلونيتريل

عملية بلمرة بالإضافة

c. بولي يورإيثان

عملية بلمرة بالتكاثف

d. بولي بروبلين

عملية بلمرة بالإضافة

تقويم الفصل 2

58. الهرمونات البشرية أي الهالوجينات يوجد في الهرمونات التي تنتجها الغدة الدرقية الطبيعية في الإنسان؟

اليود

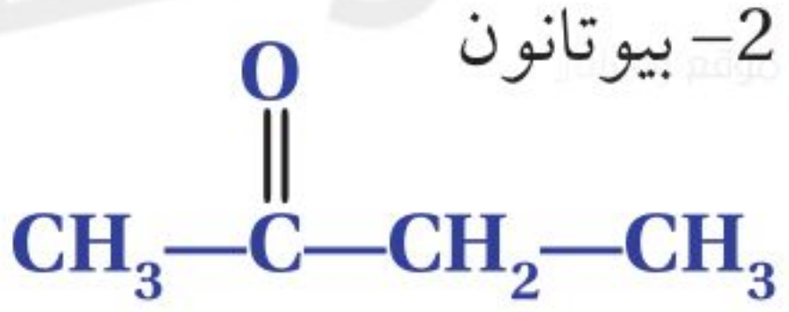
مراجعة عامة

59. صف خواص الأحماض الكربوكسيلية.

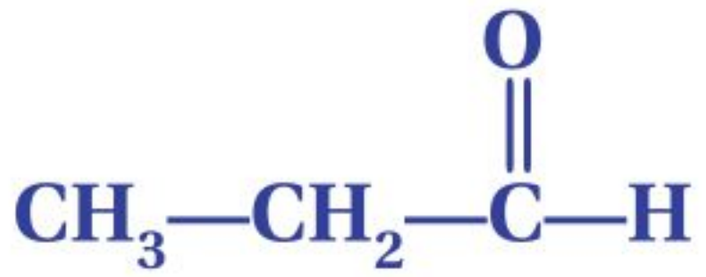
تُعدّ الأحماض الكربوكسيلية أحماضًا ضعيفة، ذات مذاق حمضي، وتتكوَّن من جزيئات قطبية.

60. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

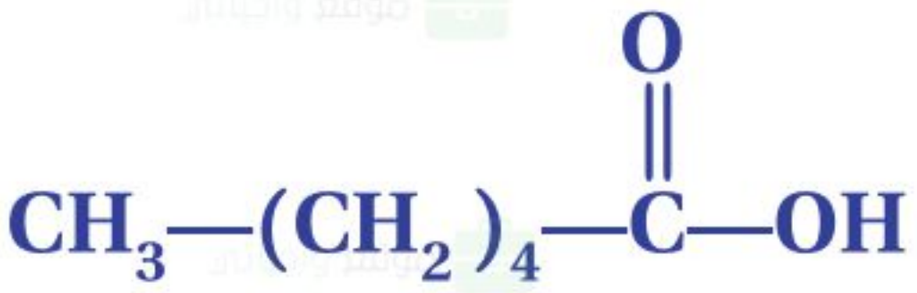
a. 2- بيوتانون



b. بروبانال



c. حمض الهكسانويك



d. أميد هبتان

61. سم نوع المركب العضوي الناتج عن التفاعلات الآتية:

a. الحذف في الكحول

ألكين

b. إضافة كلوريد الهيدروجين إلى الألكين

هاليد الألكيل

c. إضافة الماء إلى الألكين

كحول

d. استبدال مجموعة الهيدروكسيل مكان ذرة الهالوجين.

كحول

62. اكتب استعمالين لكلٍّ من البوليمرات الآتية:

a. بولي بروبيلين

أوعية للمشروبات، والحبال، وأدوات المطبخ.

b. بولي يور إيثان

الأثاث، ومخدات الفوم، والطلاء المقاوم للماء، وبعض أجزاء الأحذية.

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

أدوات الطبخ غير القابلة للالتصاق، وتغليف الكبسولات الدوائية، وفي محرّكات السيارات.

d. بولي فينيل كلوريد

الأنابيب البلاستيكية، وتغطية اللحوم والمفروشات، والملابس الواقية من المطر، وجدران المنازل، وخراطيم المياه.

تقويم الفصل 2

63. ارسم الصيغة البنائية للمركبات العضوية الناتجة عن تفاعل الإيثين مع كل من المواد الآتية، واكتب أسماءها.

a. الماء

CH_3CH_2OH، إيثانول

b. هيدروجين

CH_3CH_3، إيثان

c. كلوريد الهيدروجين

CH_3CH_2Cl، كلوروإيثان

d. الفلور

CH_2CH_2 ، 1، 2– ثنائي فلوروإيثان.

التفكير الناقد

64. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) عالية في الماء، وأحيانا الأحماض الكربوكسيلية التي تكون في الحالة الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض البالمتيك ($CH_3(CH_2)_{14}COOH$) غير ذائبة في الماء. فسّر ذلك.

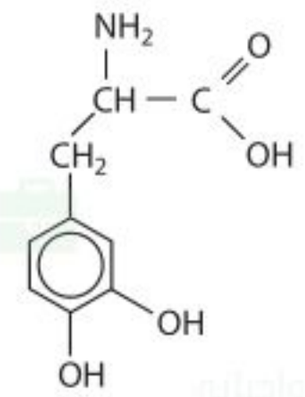
يذوب حمض الإيثانويك في الماء، لأن جزيئاته صغيرة نسبيًا، وتشكّل روابط هيدروجينية مع الماء عند تأيُّنها، وتكوّن ترابطًا قطبيًا أيونيًا عند تأيُّنها. وتكون جزيئات الأحماض الكربوكسيلية ذات السلسلة الطويلة من الكربون غير قطبية. ولا تكوِّن هذه الجزيئات غير القطبية روابط قوية مع جزيئات الماء، وعلى الرغم من ذلك، تميل جزيئات الأحماض الكربوكسيلية على نحوٍ بسيط إلى تكوين روابط مع الماء.

موقع واجباتي

2 تقويم الفصل

65. تفسير الرسوم العلمية اعمل قائمة بجميع المجموعات الوظيفية الظاهرة في المركبات العضوية الآتية:

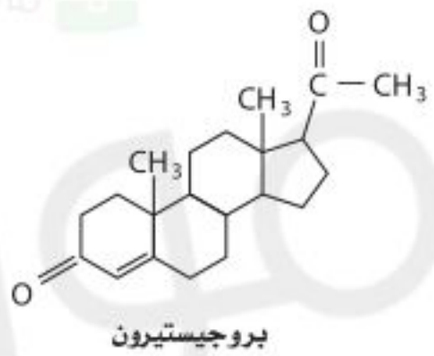
a.



ليفادوبا

مجموعة كربوكسيل، ومجموعة أمين، ومجموعتا هيدروكسيل.

b.

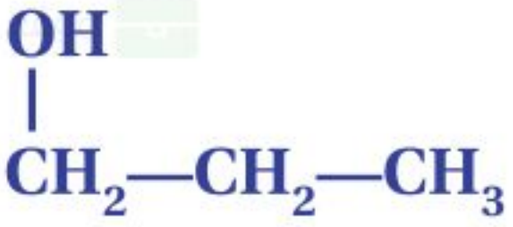


بروجيستيرون

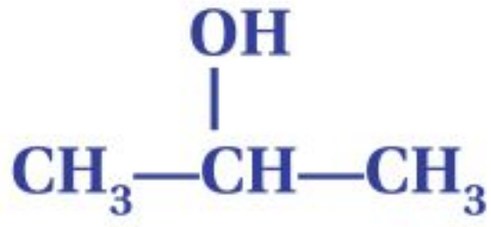
مجموعتا كربونيل، ومجموعة C=C

66. التواصل اكتب الصيغة البنائية لكل المتشكلات البنائية ذات الصيغ الجزيئية الآتية، ثم اذكر اسم كل متشكل.

a. C_3H_8O



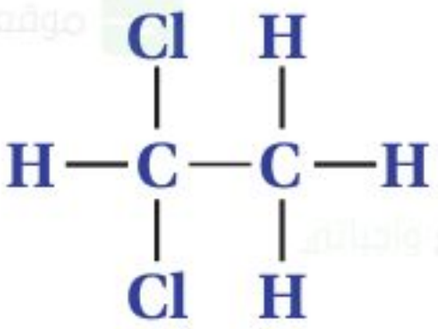
1-بروبانول



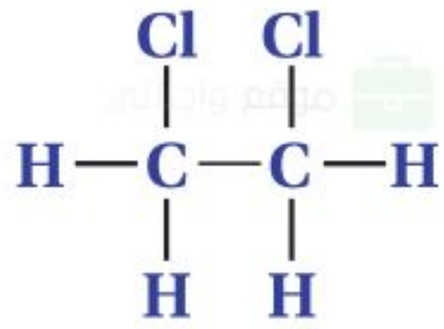
2-بروبانول

إيثل ميثيل إيثر

b. $C_2H_4Cl_2$

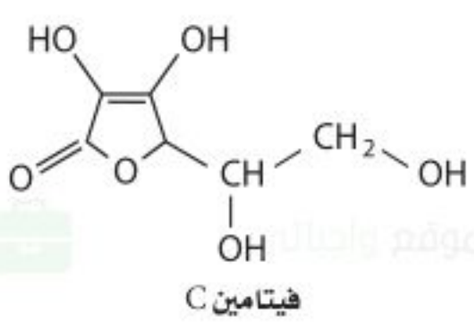


1،1- ثنائي كلورو إيثان



2،1- ثنائي كلورو إيثان

67. تفسير الرسوم العلمية تحتاج الخلايا الحية في الإنسان إلى فيتامين C لتصنيع المواد التي تكون النسيج الضام مثل تلك الموجودة في الأربطة. اكتب أسماء المجموعات الوظيفية الموجودة في جزيء فيتامين C المبين في **الشكل 25-2**.



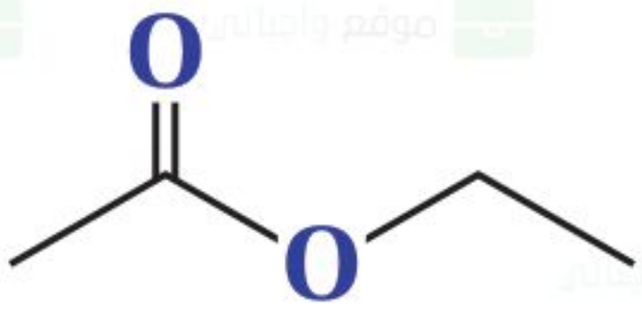
فيتامين C

الشكل 25-2

أربع مجموعات هيدروكسيل، ورابطة C=C لألكين حلقي، ومجموعة كربونيل، ومجموعة إيثر.

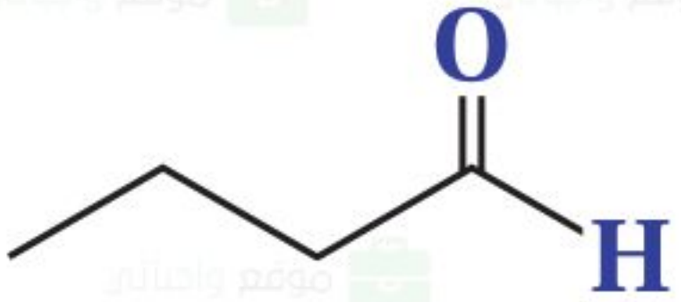
68. حدد ارسم الصيغة البنائية لمركب عضوي مكون من أربع ذرات كربون وينتمي إلى كل نوع من أنواع المركبات الآتية:

a. الإسترات



إيثيل إيثانوات

b. الألدهيدات



بيوتاتال

c. الإيثرات

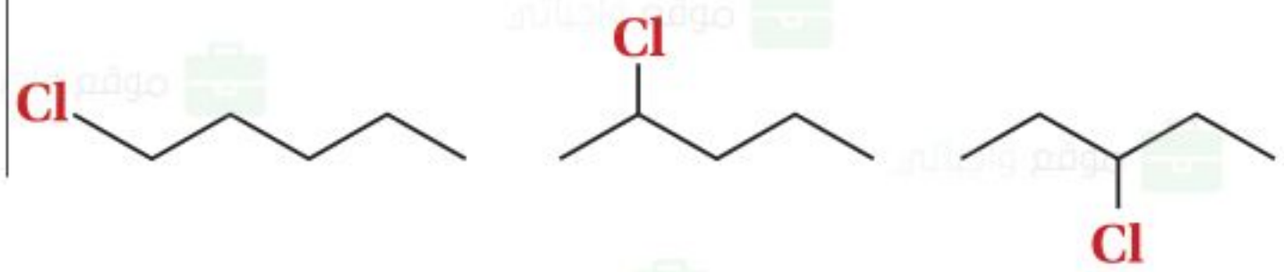
ثنائي إيثيل إيثر

d. الكحولات

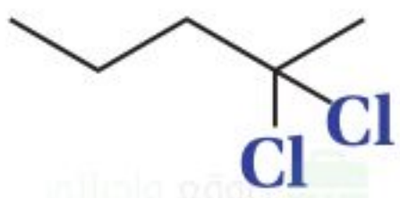
1- بيوتانول

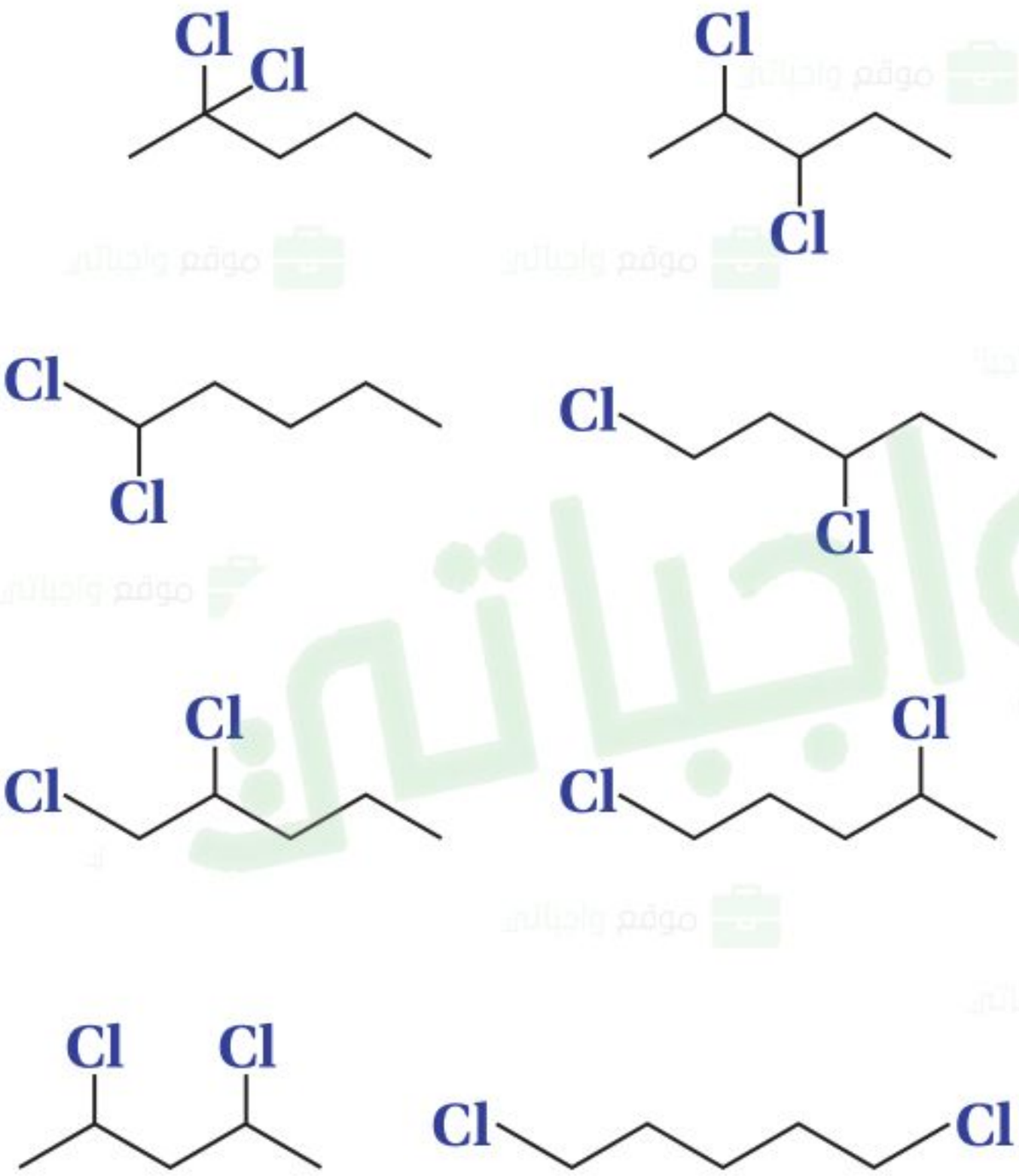
69. التوقع يصف تفاعل الهلجنة الأحادي تفاعل استبدال ذرة هيدروجين واحدة بذرة هالوجين. بينما يصف تفاعل الهلجنة الثنائي تفاعل استبدال ذرتي هيدروجين بذرتي هالوجين.

a. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الأحادي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2.



b. ارسم الصيغ البنائية الممكنة جميعها للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الثنائي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2.





تقويم الفصل 2

الجدول 15-2 ذوبانية الكحول في الماء (mol/100g H_2O)		
اسم الكحول	صيغة الكحول	الذوبانية
ميثانول	CH_3OH	غير محدد
إيثانول	C_2H_5OH	غير محدد
بروبانول	C_3H_7OH	غير محدد
بيوتانول	C_4H_9OH	0.11
بنتانول	$C_5H_{11}OH$	0.030
هكسانول	$C_6H_{13}OH$	0.058
هبتانول	$C_7H_{15}OH$	0.0008

70. تقويم ادرس الجدول **15-2** من حيث ذوبانية بعض أنواع الكحولات في الماء. استعمل هذا الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. ما نوع الرابطة المتكونة بين مجموعة OH- في الكحول والماء؟

روابط هيدروجينية

b. مستعملا البيانات في الجدول، جد العلاقة بين ذوبانية الكحول في الماء وحجم الكحول.

تقل ذائبية في الماء عند ازدياد حجم الكحول.

c. قدّم تفسيرًا للعلاقة التي توصلت إليها في الجزء b.

عند ازدياد عدد ذرات الكربون في الكحول، تزداد الأجزاء غير القطبية، في حين تبقى الأجزاء القطبية ثابتة. ونتيجة لذلك، تقلّ الذائبية في جزيئات الماء القطبية.

مراجعة تراكمية

71. ما الخطوة المحددة للتفاعل؟

الخطوة الأبطأ للتفاعل الابتدائي والتي تؤدي إلى تكوين المعقَّد المنشَّط.

72. اعتمادًا على مبدأ لوتشاتلييه، كيف تؤثر زيادة حجم وعاء التفاعل على الاتزان الآتي؟

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

ينزاح الاتزان نحو اليسار؛ لوجود عدد مولات أكثر مقارنةً مع الجهة اليمنى.

73. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

تحتوي الهيدروكربونات المشبعة على روابط أحادية، في حين تحتوي الهيدروكربونات غير المشبعة على رابطة ثنائية أو ثلاثية على الأقلّ بين ذرات الكربون.

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

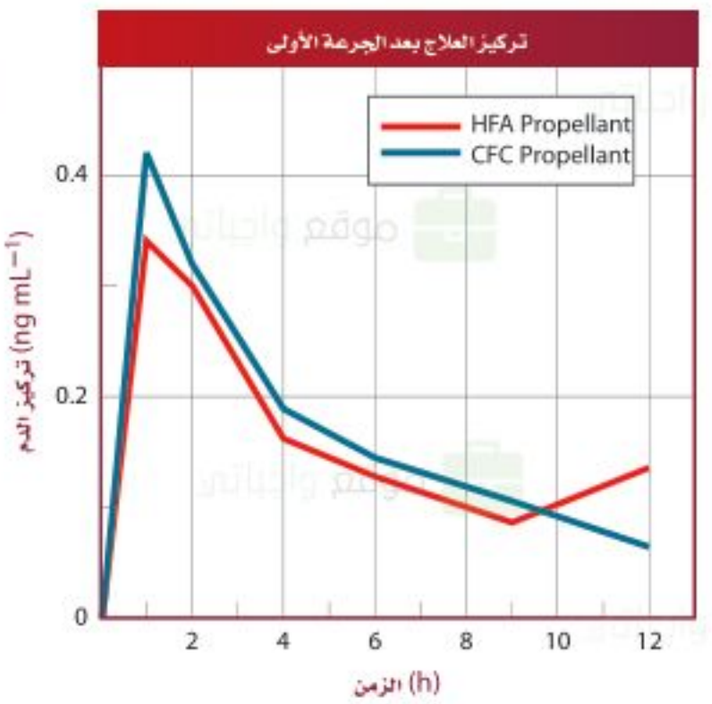
74. نظرة تاريخية اكتب قصة قصيرة حول حياتك لو كنت تعيش في القرن الثامن عشر قبل تطوير البوليمرات الصناعية.

يجب أن تتضمَّن إجابات الطلاب مناقشة البدائل التي يمكن استعمالها مكان البوليمرات الاصطناعية في الحياة والاستعمال اليومي، مثل أكياس البلاستيك، المطاط، النايلون وألياف البوليستر، وزجاجات البلاستيك.

أسئلة المستندات

مواد الصيدلية تحتوي العديد من الأدوية المستعملة لعلاج الربو على مركبات الكلوروفلوروكربون. ومع ذلك نادى بروتوكول مونتريال بفرض حظر على استعمال هذه المركبات عام 2008م واستعمال مركبات الهيدرو فلوروألكان بدلاً منها. وقد وجد أن اثنين من مركبات الهيدرو فلوروألكان (HFAs) غير فعّالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين، كما يلزم خفض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال الهيدرو فلوروألكان.

يبين **الشكل 26-2** تركيز العلاج بعد استعمال بخة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



الشكل 26-2

75. بعد استعمال جرعة واحدة من علاج بيكلوميثازون beclomethasone، أي البخاخات أدت إلى تركيز أعلى للعلاج في الدم: HFA أو CFC؟

HFA

76. متى يصل تركيز العلاج إلى الذروة؟

بعد نحو ساعة واحدة تقريبًا.

77. نحتاج إلى نصف الكمية من العلاج عند استعمال مركبات HFA بالمقارنة بمركبات CFC للحصول على التركيز نفسه في الدم. استنتج مزايا استعمال جرعة أقل من الدواء للحصول على نتائج مماثلة.

إذا تناول المريض نصف الجرعة، فسيكون أقلّ عرضة للإصابة بالآثار الجانبية للدواء، إضافة إلى أن تكلفة الدواء ستكون أقل

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟

$$CH_3CH_2CH_2Br + NH_3 \rightarrow ?$$

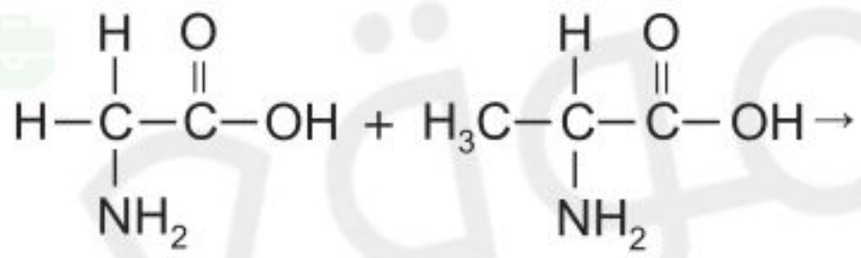
a. $CH_3CH_2CH_2NH_2Br + H_2$

b. $CH_3CH_2CH_2NH_3 + Br_2$

c. $CH_3CH_2CH_2NH_2 + HBr$

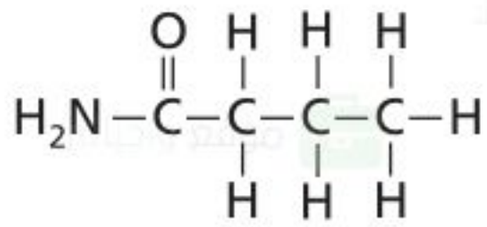
d. $CH_3CH_2CH_3 + NH_2Br$

2. ما نوع التفاعل الآتي؟



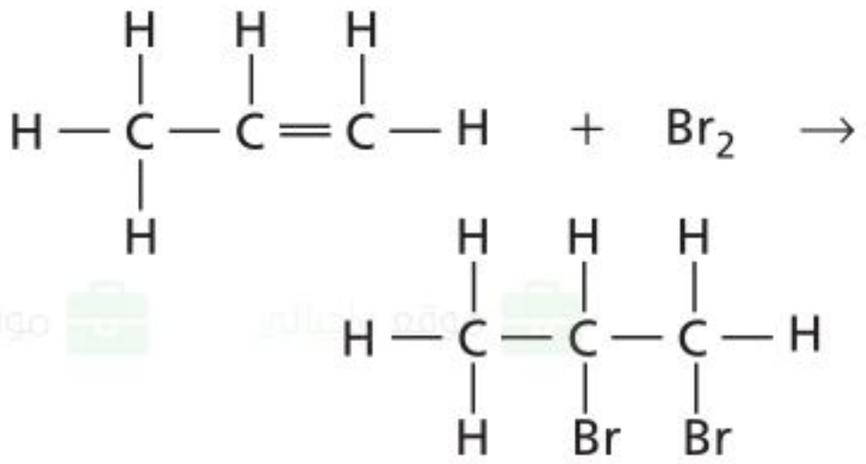
a. استبدال
c. إضافة
b. تكثف
d. حذف

3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



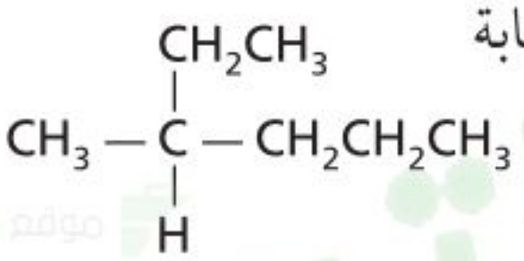
a. أمين
c. إستر
b. أميد
d. إيثر

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟



a. تكثف
c. بلمرة
b. حذف الماء
d. هلجنة

استعمل الشكل المجاور للإجابة عن السؤال رقم 5 .



5. أي مما يأتي يعد الاسم الصحيح للمركب؟

a. 3- ميثيل هكسان
b. 2- ميثيل بنتان
c. 2- بروبيل بيوتان
d. 1- ميثيل، 1- ميثيل بيوتان

6. أي المشتقات الهدروكربونية له الصيغة العامة R–OH؟

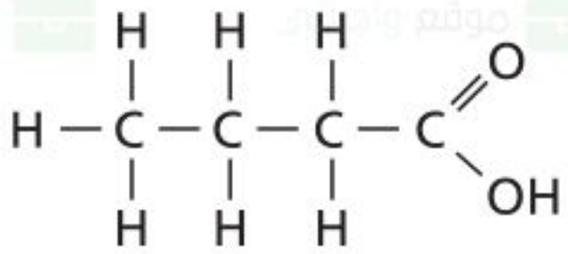
a. الكحول
c. الكيتون
b. الأمين
d. الحمض الكربوكسيلي

موقع واجباتي

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل المجاور للإجابة عن السؤالين 7 و 8.



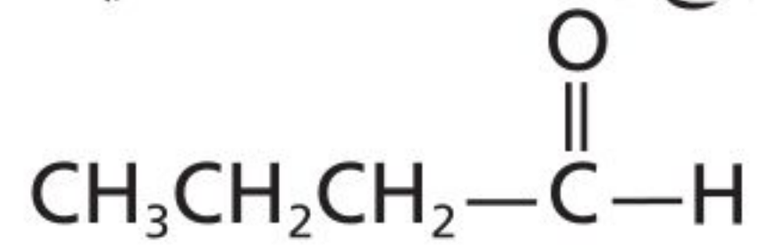
7. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

مجموعة الكربوكسيل

8. ما اسم هذا المركب؟

حمض البيوتانويك

9. ما نوع المجموعة الوظيفية في المركب الآتي؟



ألدهيد ؛ $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$

10. ما الصيغة البنائية المختصرة للهبتان؟

C_7CH_{16}

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 11.

11. كل من الصيغتين البنائيتين أعلاه لهما الصيغة الجزيئية C_6H_{14} نفسها. هل يمكن اعتبار كل منهما متشكلاً للآخر؟ فسّر إجابتك.

لا تُعد الصيغتان أعلاه متشكّلات، فالمتشكّلات تمتلك الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في الصيغة البنائية الهندسية. وعلى الرغم من اختلاف هذين التركيبين، إلّا أن لهما الاسم نفسه وفق نظام الايوباك (IUPAC)، وهو (3- ميثيل بنتان). فهما المركّب نفسه، ولكنهما عُرضا بطريقة مختلفة.

موقع واجباتي