

## متشكلات الهيدروكربونات

### Hydrocarbon Isomers

**الفكرة الرئيسية** لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

**الربط مع الحياة** هل قابلت يوماً توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكلات شبيهة بالتوائم؛ إذ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

### المتشكلات البنائية Structural Isomers

تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في الشكل 6-17 لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$ . ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و-2-ميثيل بيوتان، و-2،2-ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات isomers. والمتشكلات عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشكليين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي  $C_5H_{10}$ .

هناك فئتان رئيسيتان من المتشكلات. ويبين الشكل 6-17 مركبات تعد أمثلة على المتشكلات البنائية. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتلعب هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها". كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات  $C_5H_{12}$  بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية  $C_7H_{16}$ . وهناك أكثر من 300,000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية  $C_{20}H_{42}$ .

- تمييز بين الفئتين الرئيسيتين للمتشكلات البنائية والفراغية.
- تفرّق بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس.
- تصف الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

### مراجعة المفردات

الإشعاع الكهرومغناطيسي؛

أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

### المفردات الجديدة

المتشكلات

المتشكلات البنائية

المتشكلات الفراغية

المتشكلات الهندسية

الكيرالية

ذرة الكربون في الثلاثة

اجابة سؤال النص :

درجة الغليان تزداد كلما قل التفرع في الجزيء وأصبح أقرب إلى الشكل الخطي.



2,2-ثنائي ميثيل بروبان  
درجة الغليان =  $9^{\circ}\text{C}$

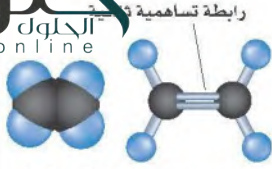


2-ميثيل بيوتان  
درجة الغليان =  $28^{\circ}\text{C}$

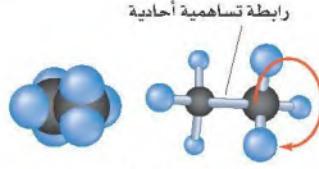


بنتان  
درجة الغليان =  $36^{\circ}\text{C}$

**الشكل 6-17** إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.



ذرات الكربون ثابتة في موقعها  
احتمالية الدوران معدومة  
إيثين



ذرات الكربون حرة الدوران  
إيثان

## الشكل 6-18 تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة

تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الرابطة في الإيثين عملية الدوران.

**فسر** كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الرابطة الأحادي أو الثنائي.

## اجابة سؤال الشكل 6-18 :

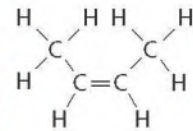
إن مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات كربون أحادية الربط غير ثابتة في الفراغ؛ حيث تدور مع ذرات الكربون. إلا أن مجموعات الذرات المرتبطة مع ذرات الكربون ثنائية الربط ثابتة في الفراغ بالنسبة إلى بعضها بعضاً؛ لأن الرابطة الثنائية تمنع ذرات الكربون من الدوران.

متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداهما حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في الشكل 6-18.

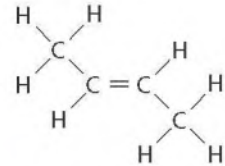
قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2-بيوتين في الشكل 6-19. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يُشار إليه بالبائدة (سيس)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبائدة (ترانس). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (سيس) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب سيس لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب ترانس.

## الشكل 6-19 يختلف هذان المتشكلات لـ 2-بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف، لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية

الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.



سيس-2-بيوتين ( $C_4H_8$ )  
درجة الانصهار =  $-139^\circ C$   
درجة الغليان =  $3.7^\circ C$



ترانس-2-بيوتين ( $C_4H_8$ )  
درجة الانصهار =  $-106^\circ C$   
درجة الغليان =  $0.8^\circ C$



## واقع الكيمياء في الحياة

### الدهون غير المشبعة



المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات ترانس بدهون ترانس. ونحضر الكثير من الأطعمة المغلفة باستخدام دهون ترانس؛ لأن لها فترة حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن هذه الدهون تزيد من نوع الكوليسترول الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

### اجابة سؤال ماذا قرأت :

للمتشكلات البنائية الصيغة الكيميائية نفسها، ولكن ذراتها مرتبطة بترتيبات مختلفة. أما المتشكلات الهندسية فهي متشكلات بنائية لها ترتيبات مختلفة للمجموعات حول الرابطة الثنائية.

الشكل 20-6 إن انعكاس يديك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يديك اليسرى.



وتسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية بالمتشكلات الهندسية. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات سيس و ترانس عادة تأثيرات مختلفة وواضحة جدًا.

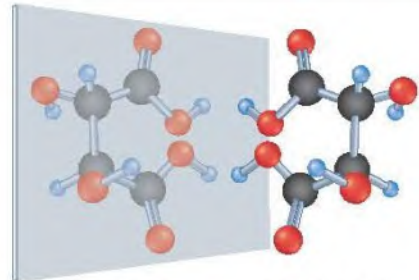
✓ ماذا قرأت؟ فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

## الكيرالية Chirality

الربط مع علم الأحياء في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822-1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورة في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في الشكل 20-6، لذا سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لها درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمر، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيتها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في التركيبين في الشكل 21-6. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D - حمض الطرطريك، و L - حمض الطرطريك. ويرمز الحرفان D و L إلى البادئين اللاتينيين (dextro) وتعني

الشكل 21-6 تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D - حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L - حمض الطرطريك).



L- حمض الطرطريك

D- حمض الطرطريك

جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمى الخاصية التي يملكها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى الكيرالية. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في المخلوقات الحية - ومنها الحموض الأمينية المكوّنة للبروتينات - بهذه الكيرالية. وتستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

### المتشكلات الضوئية Optical Isomers

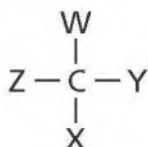
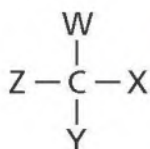
أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. وذرة الكربون غير المتماثلة هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y و Z مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبيينين في الشكل 22-6، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X و Y. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تمامًا.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تمامًا؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X و Y من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيرًا.

المتشكلات الضوئية متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها إلا أن تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفزة

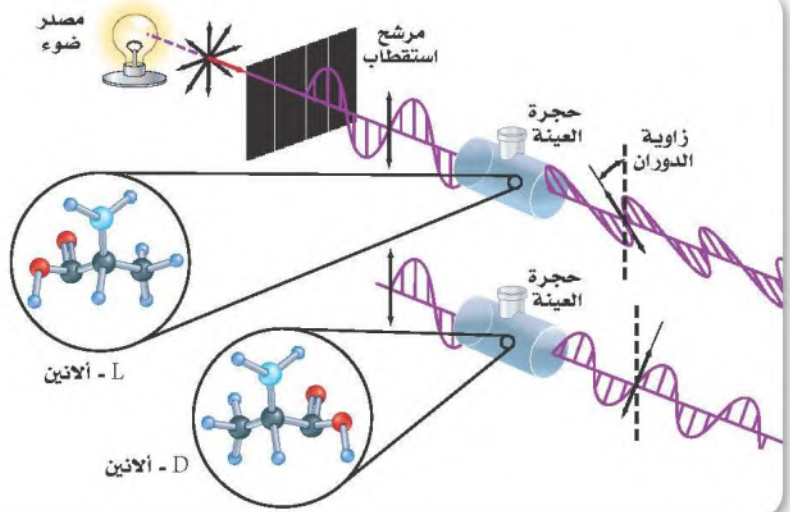


الشكل 22-6 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X و Y فيهما.



### الشكل 6-23

يُنتج الضوء المستقطب بتمرير الضوء العادي من خلال مرشح (فلتر) يبت فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي التشكلان إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.



بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فخلايا البشرية مثلاً تسمح بدخول الحموض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوريك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضاً. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضاراً.

**الدوران الضوئي** إن التشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى التشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب خلال مجلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجاً التأثير المُسمى **الدوران الضوئي**. ويظهر هذا التأثير في الشكل 6-23.

قد يكون L- ميثول أحد التشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضاً. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرأة) D- ميثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L- ميثول نفسه.

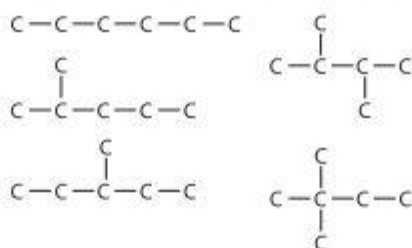
## التقويم 4-6

### الخلاصة

25. **الفكرة الرئيسية** اكتب المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية  $C_6H_{14}$  جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.
26. **هَسْر** الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.
27. **ارسم** أشكال كل من سيس-3-هكسين وترانس-3-هكسين.
28. **استنتج** لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟
29. **قَوِّم** يُنتج تفاعل معين 80% ترانس-2-بنتين و 20% سيس-2-بنتين. ارسم شكل هذين المتشكلين الهندسيين، وكون فرضية لتفسير سبب تكون المتشكلين بهذه النسبة.
30. **اعمل نماذج** ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكلين ضوئيين يربط الذرات أو المجموعات الآتية مع ذرة الكربون:  
 $-H$ ,  $-CH_3$ ;  $-CH_2CH_3$ ;  $-CH_2CH_2CH_3$ .
- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

25. اكتب المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة

$C_6H_{14}$  جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.



ستتضمن الإجابات 5 متشكلات بنائية هي، 2- ميثيل بنتان،

3- ميثيل بنتان، 2، 3 ثنائي ميثيل بيوتان، 2، 2- ثنائي

ميثيل بيوتان، وهكسان.

26. فسّر الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.

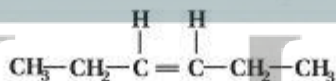
تختلف المتشكلات البنائية بعضها عن بعض في الترتيب الذي

ترتبط به ذراتها معاً؛ ففي الوقت الذي تكون فيه الذرات

في المتشكلات الفراغية مرتبطة بالترتيب نفسه فإنها تكون

مختلفة في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

27. ارسم أشكال كل من سيس-3-هكسين وترانس-3-هكسين.



سيس-3-هكسين



ترانس-3-هكسين

لرسم الصيغ البنائية. تقع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع

ذرات الكربون الثنائية الربط في سيس-3-هكسين على الجهة

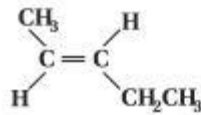
نفسها من السلسلة الكربونية. أما في تركيب ترانس فتقع ذرات

الهيدروجين على جهات متعاكسة من السلسلة الكربونية.

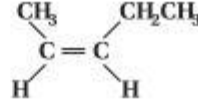
28. استنتج لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟

تستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط في المادة؛ لأن هذا التركيب وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

29. قوّم يُنتج تفاعل معين 80% ترانس-2-بنتين و20% سيس-2-بنتين. ارسم شكل هذين المتشكّلين الهندسيين، وكوّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشكّلين بهذه النسبة.



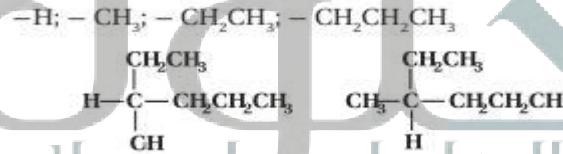
ترانس-2-بنتين



سيس-2-بنتين

يوضح الرسم الصيغ البنائية. يُنتج متشكل ترانس بنسبة أعلى؛ لأن بناءه يسمح لمجموعتي الميثيل والإيثيل الكبيرتين بالتباعد بعضهما عن بعض أكثر من تركيب سيس.

30. اعمل نماذج ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكّلين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:



يجب أن تظهر الأشكال المجموعات المعطاة مرتبطة مع ذرة كربون واحدة. كما يجب أن تختلف في كون اثنتين من المجموعات المرتبطة في الفراغ قد عكس مكان كل منهما.