

- تقارن بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية.
- توضح المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.
- تسمي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

## مراجعة المفردات

المجالات المهجنة: دمج المجالات الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على مجالات إلكترونية متباعدة الشكل والطاقة.

## المضردات الجديدة

المركب الأروماتي  
المركب الأليفاتي

## الهيدروكربونات الأروماتية

### Aromatic Hydrocarbons

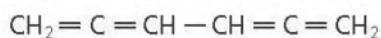
**الفكرة الرئيسية** تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

**الربط مع الحياة** ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منهما يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

### الصيغة البنائية للبنزين The Structure of Benzene

إن الأصباغ الطبيعية - ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في الشكل 24-6 - والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراية أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التركيب الحلقية غامضة.

إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين، الذي عُزل أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791-1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ  $C_6H_6$  إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي  $C_6H_{14}$ . ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كليهما معاً. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.



الشكل 24-6 استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة

ذات الألوان الزاهية على مر العصور.

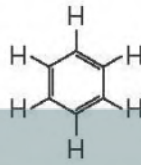
**قَسْر** ما الشيء المشترك بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية) المستخدمة في العطور؟

اجابة سؤال الشكل ٢٤-٦ :

تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة سداسية من ذرات الكربون.

وعلى الرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي  $C_6H_6$  الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائياً، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

**حلم كيكولي** في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829-1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين - وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَن الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، ببلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ "أوروبوروس، Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

**نموذج البنزين الحديث** أكدت الأبحاث منذ اقتراح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهيجنة، وعند تطبيقها على البنزين تبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة الروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضاً عن ذلك تكون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

والشكل 25-6 يوضح أن عدم التمرکز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتاً كيميائياً؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيداً مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.



**الشكل 25-6** تتوزع إلكترونات البنزين الرابطة بالتساوي في صورة كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

## المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال

الشائع

أروماتي (Aromatic)

الاستعمال العلمي: مركب عضوي ثابت التركيب بسبب عدم بقاء الإلكترونات في مكان واحد.

كأن نقول مثلاً: البنزين مركب أروماتي

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة قوية.

اجابة سؤال النص :

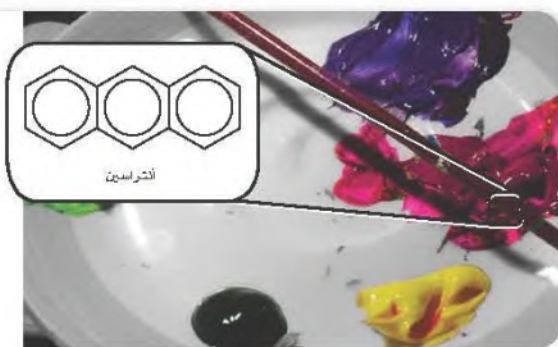
كلتا الصيغتين الجزيئيتين

متطابقتان ,  $C_6H_6$

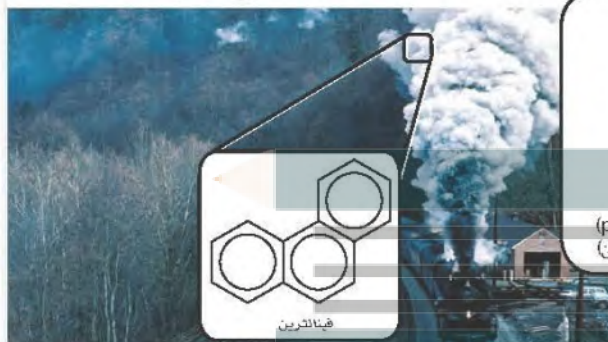




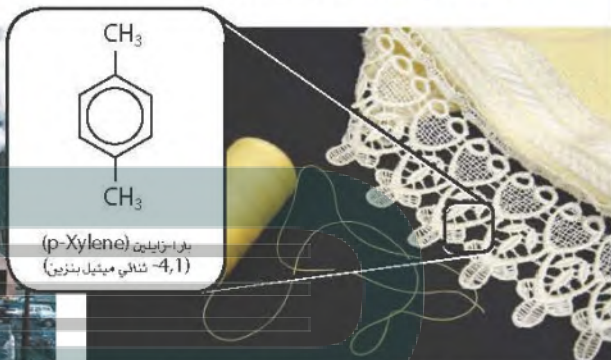
يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طارداً للعث.



يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.



يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.



يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

## المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

الشكل 26-6 توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

اجابة سؤال النص :

الدهن البقري , دهن الخروف , دهن الدجاج .

اجابة سؤال ماذا قرأت :

استخدمت هذه المصطلحات باستمرار على مر السنين، وأصبحت جزءاً من اللغة .

تُسمى المركبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءاً من بنائها المركبات الأروماتية. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكاينات المركبات الأليفاتية لتمييزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني الدهن. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

✓ **ماذا قرأت؟** استنتج لماذا استمر الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في الشكل 26-6. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفتالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنباً إلى جنب. وبعد النفثالين مثلاً على نظام الحلقات المتحممة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتشارك ذرات الكربون المكونة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

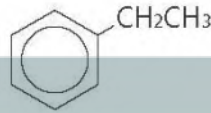
## تسمية المركبات العضوية الأروماتية للمركبات الأروماتية القادرة على الاحتفاظ

مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيل البنزين، المعروف أيضاً بـ (التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بدلية مرتبطة مع حلقة البنزين تذكر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

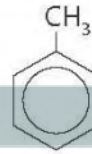
وتسمى مركبات البنزين ذات المجموعات البدلية بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقة، ويحتوي 1،4-ثنائي ميثيل بنزين، para - xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



1،4-ثنائي ميثيل بنزين



إيثيل بنزين



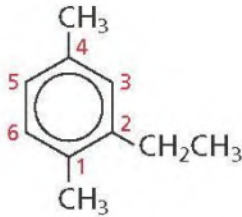
ميثيل بنزين  
(تولوين)

وترقّم حلقات البنزين المتفرعة تماماً مثل الألكانات الحلقية المتفرعة بطريقة تعطي أصغر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البدلية أو (التفرعات)، كما في الشكل 27-6. إن ترقيم الحلقة - كما هو مبين - يعطي الأرقام 1، 2، و 4 لمواقع المجموعات البدلية. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2-إيثيل - 1،4-ثنائي ميثيل بنزين.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر ماذا تعني الدائرة داخل الحلقة السداسية الظاهرة في الشكل 27-6؟

اجابة سؤال ماذا قرأت :

تشارك الإلكترونات ذرات الكربون الست في الحلقة جميعها .

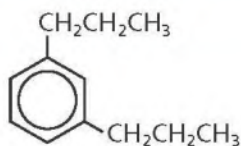


2 - إيثيل - 1،4 - ثنائي ميثيل بنزين

الشكل 27-6 تسمى حلقات البنزين ذات

التفرعات بطريقة تسمية الألكانات الحلقية نفسها.

تسمية المركبات الأروماتية سم المركب الأروماتي الآتي.

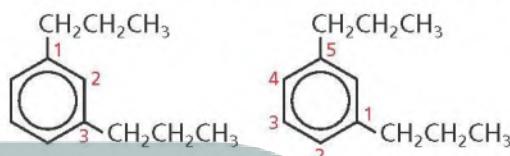


### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مركباً أروماتياً، اتبع القواعد لتسميته.

### 2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.



إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

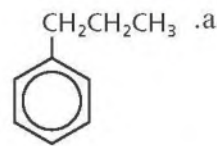
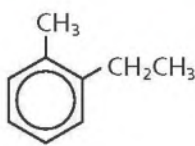
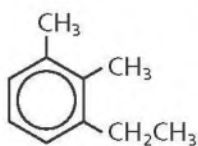
الخطوة 3. جمع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائياً، مستخدماً الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3- ثنائي بروبيل بنزين.

### 3 تقويم الإجابة

رُقمّت حلقة البنزين لتعطي الفترات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحددت أسماء المجموعات البديلة على نحو صحيح.

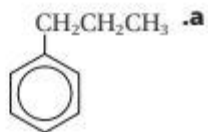
### مسائل تدريبية

31. سم الصيغ البنائية الآتية:

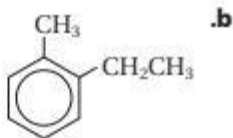


32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركب 1، 4- ثنائي ميثيل بنزين.

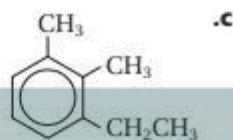
31. سمِّ الصيغ البنائية التالية:



بروبيل بنزين



1- إيثيل -2- ميثيل بنزين



1- إيثيل -2، 3- ثنائي ميثيل بنزين

32. تحفيز ارسـم الصيغـة البنائية للمركـب 1، 4- ثنائي ميثيل بنزين.







بنزوبايرين

**المواد المسرطنة** شاع سابقاً استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولوين والإكزايلين، بوصفها مذيبيات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تمّ تعرّفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في سناج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جداً. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في الشكل 28-6، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخالط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضاً بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

**الشكل 28-6** بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

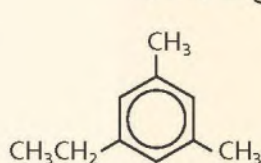
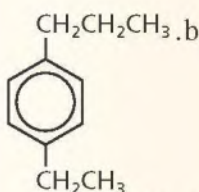
المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

## التقويم 5-6

### الخلاصة

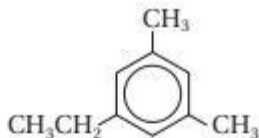
33. **الفكرة الرئيسية** هُسر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟
34. هُسر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟
35. صف خواص البنزين التي جعلت الكيمائيين ينفون احتمالية كونه ألكيناً ذا روابط ثنائية متعددة.
36. سمّ الصيغ البنائية الآتية:
37. هُسر لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟



- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءاً من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

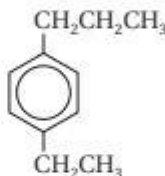
36. سَمِّ الصِّغِغِ البنائية التالية:

a.



1-إيثيل-3,5-ثنائي ميثيل بنزين

b.



1-إيثيل-4-بروبيل بنزين

37. فَسِّرْ لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟

كان البنزوبايرين أول مادة مسرطنة معروفة، وكان التعرض لها مرتبطاً مع نوع المهنة. وبعد أن اكتُشِفَ أنها مادة مسرطنة، أخذت الاحتياطات والإجراءات المناسبة لحماية العمال. وقد دفع هذا الاكتشاف العلماء والمختصين في مجال الطب إلى البحث عن مواد أخرى قد تكون ذات أخطار محتملة على العمال.

33. فَسِّرْ الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

تتوزع أزواج الإلكترونات في البنزين وتشارك في ذرات الكربون الست جميعها الموجودة في الحلقة. إن البنزين غير نشط كيميائياً؛ لأن من الصعب سحب الإلكترونات بعيداً عن ذرات الكربون الست.

34. فَسِّرْ كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات في صيغها البنائية، في حين تحتوي الهيدروكربونات الأليفاتية على سلاسل مستقيمة أو متفرعة.

35. صِفْ خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه أليفاً ذا روابط ثنائية متعددة.

النشاط الكيميائي للبنزين أقل كثيراً منه للألكينات ذات الروابط الثنائية المتعددة، والتي تكون عادة غير ثابتة كيميائياً. فعندما يتفاعل البنزين، فإن تفاعلاته ستختلف عن تفاعلات الألكينات.



# كيف تعمل الأشياء؟

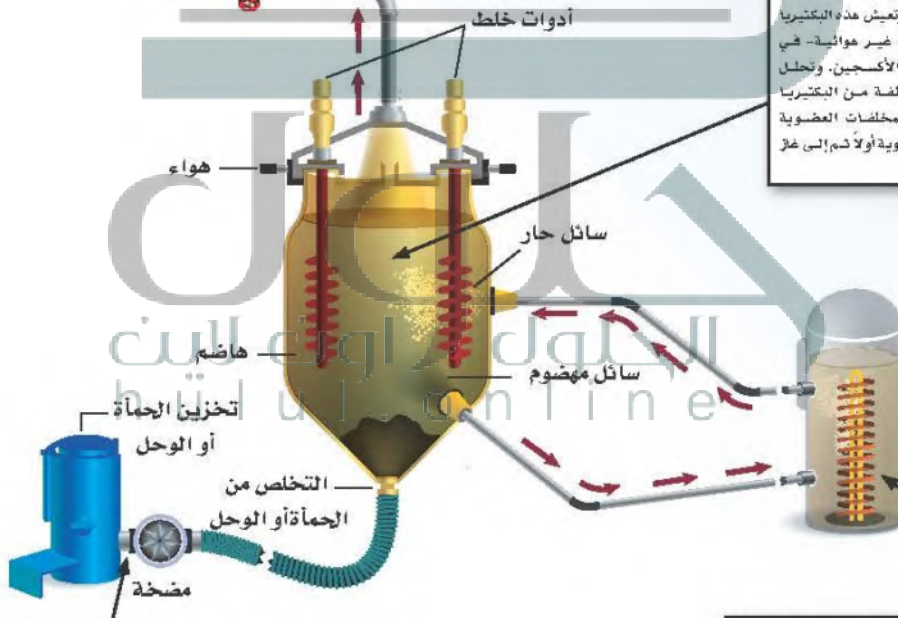
## تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل جهاز هضم الميثان؟

يأمل المتخصصون أن يساهم مربي الحيوانات الأليفة في تقديم المخلفات العضوية لحيواناتهم لمشروع تجريبي يحول المواد العضوية إلى طاقة مفيدة؛ إذ يحول جهاز هضم الميثان المخلفات العضوية إلى غاز بيولوجي (حيوي) - وهو خليط من الميثان وثنائي أكسيد الكربون، وحرق الميثان يزود بالطاقة اللازمة.



4 الغاز يُجمع الغاز ويضغط، فإذا أن يُستخدم فوراً، أو يُخزن. ويمكن استعمال غاز الميثان لتدفئة المنازل أو توليد الكهرباء.

1 البكتيريا تُخلط فضلات الحيوانات بالبكتيريا المُنتجة للميثان في جهاز الهضم. وتعيش هذه البكتيريا فقط في ظروف غير هوائية - في بيئة خالية من الأكسجين. وتُحلل ثلاثة أنواع مختلفة من البكتيريا غير الهوائية المخلفات العضوية إلى أحماض عضوية أولاً ثم إلى غاز الميثان.



2 درجة الحرارة تؤثر درجة الحرارة في إنتاج الميثان كما هو الحال في أي تفاعل كيميائي. ومن ذلك البكتيريا في أجسامنا. إن البكتيريا في الجهاز أسلاء تكون أكثر فاعلية بين  $35^{\circ}\text{C}$  و  $37^{\circ}\text{C}$ . ويساعد جهاز التدفئة الخارجي، بالإضافة إلى العزل الحراري حول حجرة الهضم، على إبقاء درجة الحرارة ثابتة وضمن الحدود المثالية.

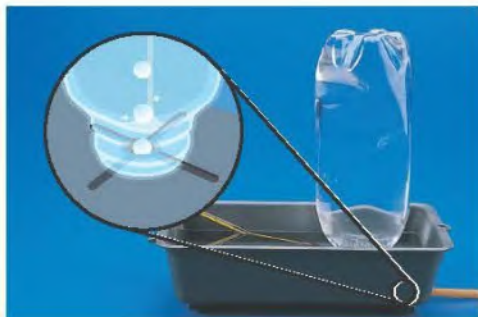
3 الحماية لا تستطيع البكتيريا تحويل المخلفات العضوية للحيوانات بنسبة 100% إلى ميثان. فالمادة المتبقية غير القابلة للهضم المسماة بالحماة أو الفضلات تكون غنية بالسماد النباتي، ويمكن خلطها مع التربة.

### التحقيق الكيميائي

ابحث اعمل كتيبتين فيه كيفية إنتاج الغاز من المخلفات العضوية.

## مختبر الكيمياء

### الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن



**الخلفية النظرية** دعت الحاجة إلى تغيير أحد صيغ الغاز في المختبر. فقال محضر المختبر إن الغاز المستعمل هو غاز الميثان، على حين قال المعلم إن الغاز هو الغاز الطبيعي أو

اجابة سؤال ماذا قرأت :

١ - كتلة الهواء = الكثافة x الحجم .

٢ - عند درجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$ ، تقريباً ٣٠% من حجم القارورة يكون بخار الماء لأنه تم جمع الغاز فوق الماء. ويمكن إهمال حجم بخار الماء في مثل دقة هذه التجربة. لذا يتم تعويض القيم في معادلة الغاز المثالي

لإيجاد قيمة  $n$ ، ويتم حساب ما يأتي:

الكتلة المولية = كتلة الغاز / عدد مولات الغاز.

٣ - تركيب الغاز .

٤ - تتضمن الاحتمالات الماء الزائد المحصور في القارورة، تقنيات القياس الضعيفة أو غير الصحيحة، الأخطاء الحسابية. قد ينتج المخلوط كتلة مولية لا تساوي أيّاً من الكتل المولية لمكونات المخلوط.

جمع العارات. ثم امسك القارورة بإحدى يديك وافتح صمام الغاز

اجابة سؤال الاستقصاء :

الضغط ودرجة الحرارة يتغيران قليلاً في المختبر من يوم إلى آخر غير أن ذلك لن يؤثر في نتائج مثل هذه التجربة. فالقياسات ليست دقيقة بدرجة كافية لإظهار الفرق. وعلى أية حال، إذا حصل تغير في درجات الحرارة والضغط، يكون بمقدورنا تبيان الفرق في النتائج.

٥ - أصبح محضر المختبر يلاحظ أن درجة حرارة الماء،

الصمام وسجل درجة حرارة الماء.

٧. اغلق القارورة بالغطاء وهي في وضع مقلوب، ثم أخرجها من الماء وجففها في الخارج.

٨. سجل كتلة القارورة المملوءة بالغاز.

الحجم	بيانات كتلة وحجم عينة
٣٠,٤٩g	كتلة القارورة والهواء
٠,٨٢g	كتلة الهواء
٢٩,٦٧g	كتلة القارورة الفارغة
٣٠,٣٠g	كتلة الغاز
٠,٦٣g	كتلة القارورة والغاز
١,٠١ atm	الضغط
٢٩٧K	درجة الحرارة
٢٩٧K	درجة الحرارة
٠,٦٣٠L	حجم الغاز

والمولية للغاز.

٣. استنتج كيف تقارن بين الكتلة المولية المحسوبة والكتلة المولية للميثان، الإيثان، والهروبان؟ استنتج نوع الغاز في القارورة.

٤. تحليل الخطأ. اقترح مصادر للأخطاء في هذه التجربة.

#### الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة أو الضغط الجوي في نتائج تجربتك.