وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

العلوم العامة

كتاب الطالب

المستوى الثاني عشر

GENERAL SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE 12

الفصل الدراسي الثاني
SECOND SEMESTER

طبعة 2024-1446

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

© وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ ... قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ

قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً ... تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ

سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى ... وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ

قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ ... عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ

قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين ... حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ

وَحَمَائِمُ يَوْمَ السَّلاَمْ ... جَوَارِحُ يَوْمَ الفِدَاءْ

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.

- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلِّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

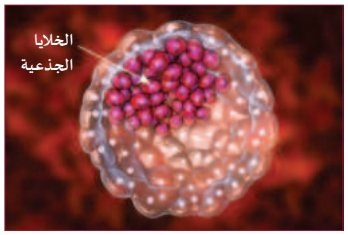
- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

سوف تناقش الوحدة الخامسة الدّقة والضبط، وتعرض أمثلة على أدوات القياس المستخدمة في ألعاب رياضية معينة.

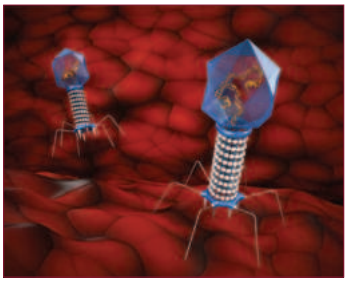
تحسين استخدام الطاقة لمتزلجي السباقات القصيرة.

وتتناول الوحدة السادسة محدوديّة مصادر الطاقة والتغيّر المناخي. سوف ندرس في هذه الوحدة بعض التقنيات التي تمّ توظيفها لحلّ المشكلات المتعلقة بمصادر الوقود غير المتجدّدة.



كبسولة بلاستولية تظهر في داخلها الخلايا الجذعية.

تتناول الوحدة السابعة استخدام الجينوم لتمثيل الشيفرة الوراثيّة الكليّة للفرد، ودراسة استخدام الخلايا الجذعيّة لنمو الأنسجة مايشكّل بديلا عن زراعة الأعضاء.

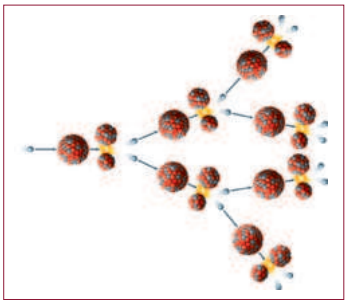


الفيروس يتهيأ لحقن الجينات في خلية سليمة.

التكنولوجيا الحيوية تقنيّة تستخدم علم الوراثة لتعديل الكائنات الحية بهدف جعلها تصنع منتجات جديدة أو تحسين أدائها. تتناول الوحدة الثامنة موضوع تقنيات وتطبيقات الهندسة الوراثية مثل استخدام النواقل الجينية والمؤشرات الحيوية، وانتاج الانسولين بالهندسة الحيوية.

تحسين استخدام الطاقة لمتزلجي السباقات القصيرة.

إنّ مصدر الطاقة الأساسيّ في الكون هو النجوم التي تعتمد في استمرارها على عمليّة الاندماج النووي. تتناول الوحدة 9 موضوعَي الانشطار النووي والاندماج النووي كمصدرين للطاقة. عمليّة الانشطار النووي لها إيجابيّات وسلبيّات. ويُمكن اعتبار عمليّة الاندماج النووي أفضل تقنيّة لتوفير الطاقة المستدامة في المستقبل.



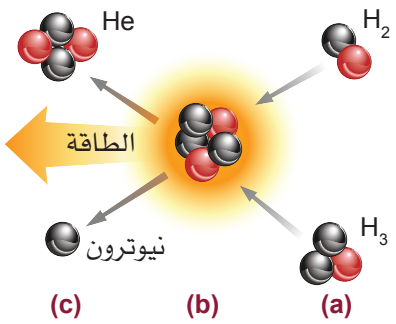
التفاعل المتسلسل.

استخدام اللّدائن (المواد البلاستيكيّة) أصبح شائع للغاية حتّى أنّه من الصعب النظر إلى محيطك دون رؤيتها. تتناول الوحدة 10 مشاكل الاستخدام المُفرِط للمواد البلاستيكية التي تبقى لفترة طويلة في البيئة. نناقش فيها أيضًا بعض بدائل استخدام المواد البلاستيكيّة.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كلّ فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات



أسئلة للمناقشة

هل تُعدُّ الكتلة والوزن شيئًا واحدًا؟

فيمَ تختلف الكتلة عن الوزن؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

شريط الأفكار المهمّة

اكتشف العلماء اليابانيون بكتيريا جديدة تحلل البلاستيك.

تحديد النقاط الرئيسة وتذكُّرها.

العلاقات والمعادلات

تقديم العلاقات والمعادلات من خلال المُتغيّرات وتحديد قياسها بشكل واضح.

قانون كولوم

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

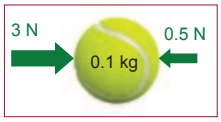
F	القوة (N)
k	ثابت كولوم ($9\times10^9 Nm^2/C^2$)
q_1, q_2	الشحنتان (C)
r	المسافة بين الشحنتين (m)

الأمثلة

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.

مثال 2

تؤثّر قوّتان في كرةٍ كتلتها 0.1 kg كما هو مبيّن في المخطّط المجاور. تكون الكرة في البداية في حالة سكون. احسب التسارع الناتج وحدّد اتجاه حركة الكرة.



المطلوب إيجاد التسارع *(a)* واتجاه الحركة

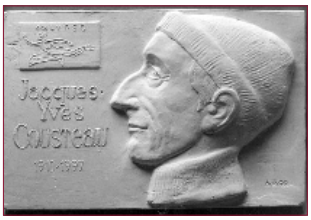
المُعطى قوّتان: *+3 N* و *-0.5 N*، تؤثّران في كرة كتلتها *0.1 kg*

العلم والعلماء

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا.

إضاءة على عالم

جاك إيف كوستو Jacques-Yves Cousteau: 1910-1997



الشكل 10-30 جاك إيف كوستو، منحوتة بواسطة ليف رازوموفسكي، الصورة بواسطة ماريا رازوموفسكي.

كان جاك كوستو (**الشكل 10-30**) ضابطًا بحريّاً ومستكشفاً وعالم بيئة وصانع أفلام وثائقية ومصوّراً ومؤلفاً وباحثا فرنسياً . كرّس حياته لدراسة البحار و المحيطات وما فيهما من أشكال الحياة. فقد أجرى كوستو تحسينات على أجهزة التنفس تحت الماء ذات الاكتفاء الذاتي، والتي أتاحت للغواصين البقاء تحت الماء لفترات زمنية طويلة، وفتحت أعماق البحار لاستكشافها.

الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواها من الأنشطة تساهم في ترسيخ معاني الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.

كثافة الطاقة

- هل نفد البنزين يومًا من خزان سيارتك ؟
- هل هناك نوع من الوقود يمكنك وضعه في خزان سيارتك فيسمح لك بالسفر إلى مسافة أطول؟
- ما أهمية أن يكون بإمكانك ملء خزان سيارتك بالوقود مرة واحدة فقط، بحيث لا ينفذ بعدها أبدًا؟

تقويم الدّرس

يتميّز كلّ درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.

تقويم الدّرس 2-9

1. كيف تحقّق درجات حرارة عالية داخل مجال مغناطيسي محصور؟
   a. يكون للجسيمات شحنة تجعلها تسخن.
   b. تزداد درجة الحرارة بسبب الشكل الهندسي للمعدات.
   c. تمر الكهرباء من خلال الجسيمات فتجعلها تسخن.
   d. تتوهج الجسيمات بالضوء، ما يجعلها تصبح أكثر سخونة.
2. ما الهدف من مشروع السوار الأوروبي المشترك؟
   a. إنتاج الكهرباء لتلبية احتياجات إنجلترا.

مراجعة الوحدة

عرض ملخّص قصير عند نهاية كلّ وحدة، وهو مرجع سريع للأفكار والمُصطلحات الرئيسة.

الوحدة 10

مراجعة الوحدة

الدرس 10-1 المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن (المواد البلاستيكية)

- **التحلل الحيوي Biodegradation** عملية طبيعية تُحطم فيها البكتيريا النفايات إلى مواد ة للاستخدام.
- **التحلل الضوئي Photodegradation** عملية تُحطم فيها الأشعة فوق البنفسجية بعض الرو

تقويم الوحدة

زوّدت كلّ وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المتعدّدة كعيّنة تُعِدُّ الطالب لاختبار نموذجي.

تقويم الوحدة

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. ما هو أقدم شكل من أشكال الهندسة الوراثية؟
   a. كريسبر
   b. الاستنساخ
   c. التهجين الانتقائي

أسئلة الإجابات قصيرة

أسئلة الإجابة القصيرة وأسئلة الإجابة المطوّلة بُنيتا على مُستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كلّ وحدة.

تقويم الوحدة

الدرس 8-1: التعديل الجيني

13. ماذا يعني مصطلح "الهندسة الوراثية" في العالم الحديث؟
14. أي جزء من البكتيريا يسمح لها بتبادل مقاومة المضادات الحيوية؟
15. ماذا يعني مصطلح "DNA مُعاد التركيب"؟

جدول المحتويات

الوحدة 5 القياس و التوقيت 2

الدّرس 5-1 المسافة و الزمن 4

أصبح للدقّة والضبط في قياس الزمن دورًا أساسيًا في تحديد الفائز في المسابقات الرياضيّة. تستخدم أجهزة الليزر والاستشعار الضوئي والكاميرات العالية الدّقة وأنظمة إلكترونيّة مختلفة لقياس الزمن وتسجيله بدقّة وضبط من قبل الحكّام.

الوحدة 6 الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية 20

الدّرس 6-1 الوقود الحيوي والكتلة الحيوية 22

الكتلة الحيويّة هي المادّة العضويّة المتجدّدة التي تأتي من الكائنات الحيّة. في البداية، تأتي الطاقة من الشمس ومن خلال عمليّة البناء الضوئي تتحوّل إلى طاقة كيميائيّة. الوقود الحيوي هو طريقة لاستخلاص طاقة الكتلة الحيوية، لاستخدامها في أغراض أخرى غير الغذاء. يصاحب إنتاج الوقود الحيوي بعض التعقيدات والأضرار أبرزها الأضرار البيئيّة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. من المحتمل أن يكون الديزل الحيوي المستخلص من الطحالب من أكثر المشاريع الواعدة لإنتاج هذا الديزل الحيوي

الوحدة 7 استخدام تسلسُل الحمض النووي (DNA) والجينوم 40

الدّرس 7-1 استخدام الجينوم 42

يرتبط كل مرض وراثي باختلال في كروموسوم محدد خاص به. الجينوم هو مصطلح يُستخدم لتمثيل الشيفرة الوراثيّة الكليّة للفرد. تمّ إطلاق مشروع الجينوم القطري الذي يسمح لدولة قطر باعتماد سياسات فعّالة للعلاج الطبّي. تتأثّر الاضطرابات الوراثيّة المعقّدة بعدد من الجينات المختلفة على الكروموسومات المختلفة وبعدد من العوامل البيئيّة وتشمل هذه الاضطرابات أمراض القلب والتوحد والسّكري والزهايمر والربو وباركنسون كما تشمل أيضًا الأمراض السرطانيّة. أسهم التطوّر في دراسة الجينوم إلى تتبّع فيروس كوفيد 19 خلال الأشهر الأولى لانتشاره وفهمه وإثبات آلية انتقاله.

الدّرس 7-2 الخلايا الجذعية 55

الخلايا الجذعية هي خلايا ليست لها خصائص معيّنة بل تملك إمكانيّة أن تصبح أيّ نوعٍ من الخلايا. يهتمّ الطب التجديدي بدراسة استخدام الخلايا الجذعية لنمو الأنسجة ما يشكّل بديلا عن زراعة الأعضاء. هناك قضايا أخلاقية مرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية

الوحدة 8 التكنولوجيا الحيوية والكائنات الحية المعدّلة وراثيًا 68

الدّرس 8-1 التعديل الوراثي 70

تسمح بعض التقنيات، مثل استخدام النواقل الجينية والمؤشرات الحيوية بإحداث تعديلات على جينوم الكائن الحيّ بطريقة تجعل التعديلات مُتوارثة.

الوحدة 9 الانشطار النووي والاندماج النووي 88

الدّرس 9-1 الانشطار النووي والاندماج النووي 90
الانشطار النووي عبارة عن تفاعل نوويّ يؤدّي إلى انقسام نواة ثقيلة بهدف إطلاق الطاقة. أمّا الاندماج النووي فهو عكس ذلك، حيث تندمج نواتين خفيفتين لإطلاق الطاقة.

الدّرس 9-2 الاندماج النووي والمستقبل 97
تُطلق النجوم الطاقة من خلال تفاعلات الاندماج التي تحوّل الهيدروجين إلى هيليوم. تستلزم إعادة إنشاء ذلك على الأرض استخدام تقنيّات جديدة وإجراء الأبحاث باستمرار.

الوحدة 10 مشكلة اللدائن (البلاستيك) 110

الدّرس 10-1 المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن (المواد البلاستيكية) 112
إنّ حوالي 50% من اللدائن تُستخدم لمرّة واحدة، مثل الأكواب وعبوات الماء. يُعدّ استخدام اللدائن (المواد البلاستيكية) مُشكلة بيئيّة لأنّها لا تتحلّل بسهولة.

الدّرس 10-2 الحلول القابلة للتطبيق لمشكلة استخدام المواد البلاستيكية 124
يُمكن أن يُساعد استخدام الموادّ الجديدة، مثل المواد البلاستيكية القابلة للتحلّل الحيويّ، على الحدّ من النفايات البلاستيكيّة، ويُمكن لبعض الممارسات الجديدة، مثل تغليف الأغذية بطرق مُختلفة، أن تُساعد أيضًا.

الوحدة 5
القياس والتوقيت
Measuring and Timing

في هذه الوحدة

الدرس 5-1: المسافة والزمن

GP1201

الوحدة 5

مقدّمة الوحدة

تتيح التكنولوجيا والتدريب للرياضيين ذوي المستوى العالي أن تكون نتائجهم متقاربة إلى حدّ التطابق. يتحقّق الفوز في كثير من المنافسات الرياضية بأجزاء من الثانية. من الشائع أن يكون المتسابقون متقاربين إلى درجة يصعب فيها تحديد الفائز في السباق من خلال المشاهدة. وقد أصبح الدقة والضبط في قياس الزمن أمرًا بالغ الأهمية في الأحداث الرياضية. يعتمد حكام المنافسات الرياضية اليوم على التكنولوجيا الحديثة في تحديد الفائز، حيث استخدِمت أجهزة الاستشعار الضوئية والليزر بدلًا من ساعات التوقيت وشرائط القياس.

سنناقش في هذه الوحدة الدّقة والضبط، ونعرض أمثلة على أدوات القياس المستخدمة في ألعاب رياضية معينة، بالإضافة إلى تكنولوجيا تحليل النتائج لتلك الأدوات.

سنعرض أيضًا الرسوم البيانية للمسافة والسرعة، وسنرى كيف يمكننا بالاعتماد على الرسومات البيانية تفسير وفهم حركة الرياضيين.

الأنشطة والتّجارب

1-5 حساب زمن ردّ الفعل

الدرس 5-1
المسافة والزمن
Distance and Time

الساعة المصنوعة يدويًا في **الشكل 5-1** هي رمز للحرفية المبدعة. فالساعة الجيدة، تتصف بدقتها ومتانتها، إضافة إلى مظهرها الجميل، فالدقة أهم صفات الساعة.

الساعات الحديثة، حتى الميكانيكية منها، تضبط الوقت بدقة تصل إلى ثانية واحدة لأكثر من 30 سنة! ويحدث هذا بواسطة بلّورات كوارتز صغيرة جدًا تهتزّ بتردد دقيق، مثل التردد 32.8 kHz. والعقارب المتحركة والتروس (العجلات المسنّنة) الحساسة داخل الساعة الميكانيكية تكون دقيقة للغاية، فهي تحسب اهتزازات بلّورة الكوارتز داخل الساعة. وبلورة الكوارتز هي عنصر ضبط الوقت الحقيقي في الساعات.

الشكل 5-1 ساعة مصنوعة يدويًا.

مخرجات التّعلُّم

GP1201.1 يذكر أن متوسط زمن ردّ الفعل للشخص هو 0.6 ثانية، ويصف طرقًا لقياس زمن رد الفعل لرياضيين مختلفين.

GP1201.2 يوضح أسباب الحاجة إلى أنظمة إلكترونية لقياس الزمن وتسجيله بدقة وضبط، وذلك أثناء الأحداث الرياضية.

GP1201.3 يصف طرقًا مختلفة لقياس المسافات في الرياضات المختلفة.

المفردات

Accuracy	ضبط
Precision	دقة
Resolution	دقة الوضوح
Reaction time	زمن ردّ الفعل
Frame rate	معدّل تتابع الأُطُر
Photogate	بوابة ضوئية
Distance	مسافة
Displacement	إزاحة

تقدير الزمن

تُعدّ قدرتنا على قياس الزمن أساسية في كثير من الأنشطة الحياتية. يخضع تقدير الإنسان للزمن إلى عوامل بيئية.

الشكل 5-2 غرفة الانتظار.

نفّذ تجربة مع زميلك لتقدير الزمن.

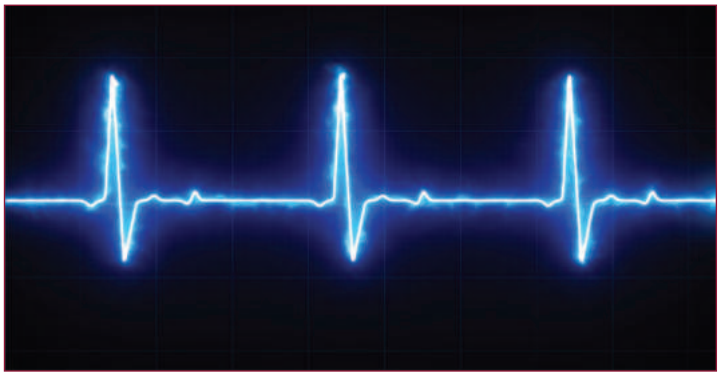
- أغمض عينيك واجلس بهدوء في أثناء تشغيل زميلك للمؤقت.
- عندما تعتقد أن دقيقة واحدة (60 ثانية) قد مرت، أخبر زميلك ليوقف المؤقت.
- ما مدى قرب تقديرك من الزمن الفعلي.

نفذ الآن التجربة نفسها في أثناء قراءتك كتاب، فقد يكون النشاط ممتعًا. اطلب إلى زميلك تشغيل المؤقت عندما تبدأ بالقراءة، ثم اطلب إليه إيقافه عندما تعتقد أن دقيقة واحدة (60 ثانية) قد مرت.

هل اندمجت في القراءة ونسيت أن تطلب إيقاف المؤقت بعد مرور دقيقة؟ هل كان من الصعب تقدير الزمن عندما تكون مهتمًا بشيء آخر؟ وإذا كنت في غرفة انتظار، كما في **الشكل 5-2**، فهل تشعر أن الزمن يمضي ببطء؟

نبض القلب

هل يمكنك قياس نبضات قلبك، ثم استخدام ذلك لتوقيت الأحداث؟



الشكل 5-3 معدل نبضات القلب يكون بين 60 و 100 نبضة في الدقيقة وقت الراحة.

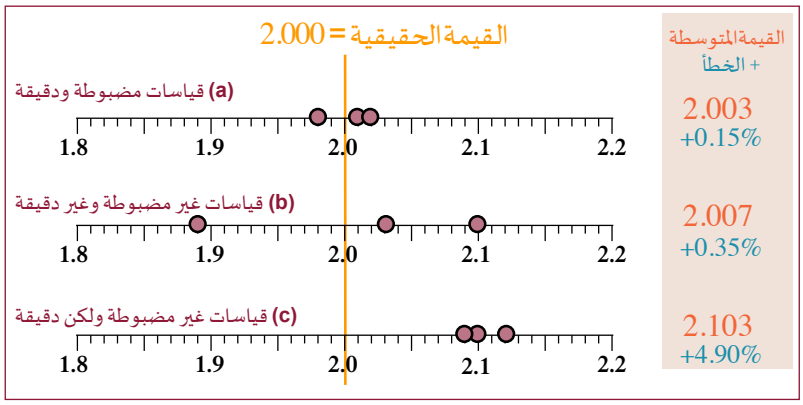
متوسط معدل نبضات القلب البشري عند الإنسان البالغ وقت الراحة يكون بين 60 و 100 نبضة في الدقيقة. شغّل المؤقت وعدّ نبضات قلبك بواسطة قياس عدد نبضات الشرايين في رسغ يدك، كرر القياس مرتين. بمجرد أن تعرف معدل نبضات قلبك، أعد التجربة مرة أخرى، وعدّ نبضات قلبك في 60 ثانية. هل كنت أكثر دقة في تحديد 60 ثانية باستخدام نبضات قلبك كمقياس؟

ما العوامل التي قد تغيّر معدل نبضات قلبك؟

هل يمكن أن تغير هذه العوامل من قدرتك على تقدير الزمن؟

القياس والضبط والدقة ودقة الوضوح

القياس يعني محاولة تحديد القيمة الحقيقية لكمية فيزيائية، مثل الزمن أو المسافة. من المستحيل معرفة القيمة الحقيقية لأية كمية إلا إذا كانت عددًا صحيحًا من الأشياء التي يمكن إحصاؤها، مثل 3 كرات. كل عمليات القياس التي نقوم بها تشتمل على ثلاث خصائص تحدد العلاقة بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة (**الشكل 5-4**).



الشكل 5-4 الضبط والدّقة

a. **الضبـــط Accuracy** مـــدى قرب القيم المقاسة من القيمة الحقيقية.

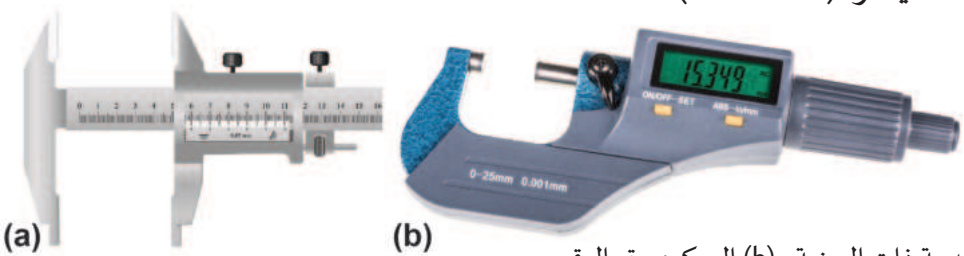
b. **الدقة Precision** مدى قرب القيم المقاسة بعضها من بعض.

c. **دقّة الوضوح Resolution** وصف لأصغر تدريج لأداة القياس يمكن تحديده بواسطة أداة معينة أو باستخدام التكنولوجيا الحديثة.

لنفرض أن القيمة الحقيقية لكمية معينة هي 2.000. يوضح **الشكل 5-4** (a) أن القيم المقاسة مضبوطة ودقيقة. بينما يُظهِر **الشكل 5-4 (b)** قيمًا مقاسة غير مضبوطة وغير دقيقة. أما في **الشكل 5-4 (c)**، فالقيم المقاسة غير مضبوطة و لكن دقيقة.

الدقّة والضبط ودقّة الوضوح لها حدود في جميع القياسات

تعتمد دقّة الوضوح على أداة القياس (**الشكل 5-5**). حيث يمكن أن يصل ضبط قياس الأبعاد في القدمة ذات الورنية إلى عُشر المليمتر (0.1 mm)، أمّا ضبط قياس الأبعاد بواسطة الميكروميتر فقد يصل إلى جزء من مئة من المليمتر (0.01 mm).



الشكل 5-5 (a) القدمة ذات الورنية و(b) الميكروميتر الرقمي.

يمكن إجراء قياس بضبط مرتفع حتى وإنْ كانت الدقّة منخفضة . وغالباً ما يكون متوسط القياسات أكثر دقة من أي قياس منفرد لأن حساب هذا المتوسط يقلل من التشتت. يمكن أيضًا أن تكون القياسات دقيقة ولكنها غير مضبوطة. فمثلا اذا كان لدينا مسطرة قُطع جزء من بدايتها، فإن تدريجها يبقى صالحًا للاستخدام، لكنه لا يبدأ من الصفر. ويمكننا استخدامها للقياس بدقة، فهي تعطي قياسات دقيقة، لكنها تفتقر إلى الضبط.

قياس الزمن

تقيس جميع الساعات الحديثة الزمن بواسطة عدّ بعض الأحداث المنتظمة والدورية، مثل تأرجح بندول أو اهتزاز بلّورة كوارتز.

- كانت حركة الأرض والشمس والنجوم هي الأساس في حساب الزمن في العصور القديمة. وكان هذا القياس دقيقًا لجزء صغير من اليوم.
- الفترات الزمنية الأقل من يوم واحد كانت تُقاس بواسطة ظل "المزولة" (الساعة الشمسية). هذه التقنية دقيقة إلى حدود نصف ساعة، إلّا أنها لا تستطيع قياس الزمن بالدقائق بدقة.

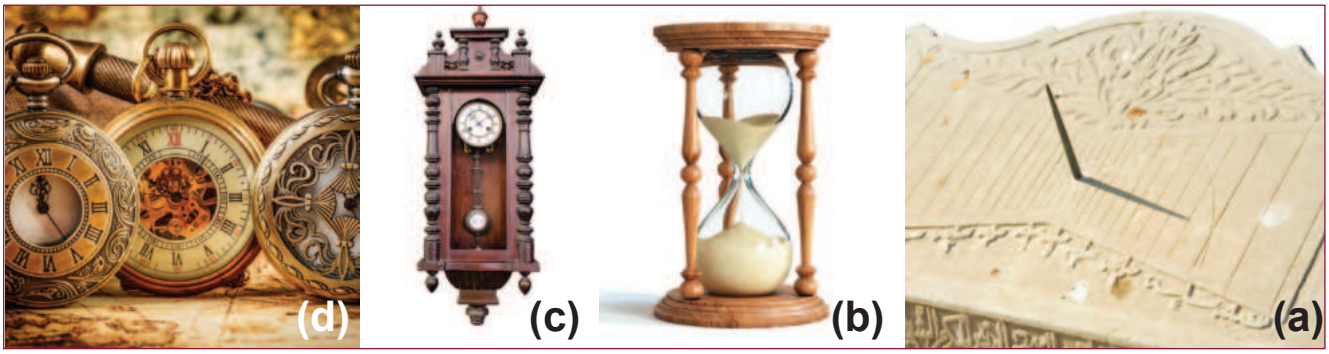
تحتاج الملاحة إلى قبطان سفينة لتحديد خط الطول ودائرة العرض لموقع السفينة.

كيف كان يتم تحديد خط الطول قبل ظهور النظام العالمي لتحديد المو اقع(GPS)؟

اشرح أهمية خطوط الطول في تحديد الفرق في التوقيت بين الأماكن المختلفة.

نعرف تغيّر الزمن بين شروق الشمس وغروبها باستخدام "المزولة"، وذلك بحسب خط العرض والوقت من السنة، إلّا أن ذلك لا يؤدي إلى قياسات دقيقة.

- المياه المتساقطة، والرمال الساقطة، وأرجوحة البندول، والنوابض التي تدفع التروس، تُعدّ جميعًا مراجع موثوقة الاستخدام لقياس الزمن (**الشكل 5-6**).
- تعتمد الساعات الرقمية على اهتزازات بلّورة كوارتز صغيرة جدًا تهتز بتردد 32768 Hz.
- تعتمد الساعات الذرية على اهتزاز إلكترون ذرة السيزيوم بتردد 9.2 GHz.



الشكل 5-6 (a) مزولة (ساعة شمسية)، (b) ساعة رملية، (c) ساعة بندولية، (d) ساعات مزوّدة بنابض.

يعتمد اختيار تقنية قياس الزمن على الحدث الذي تريد قياسه وعلى الدقة والضبط ودقّة الوضوح التي تحتاج إليها.

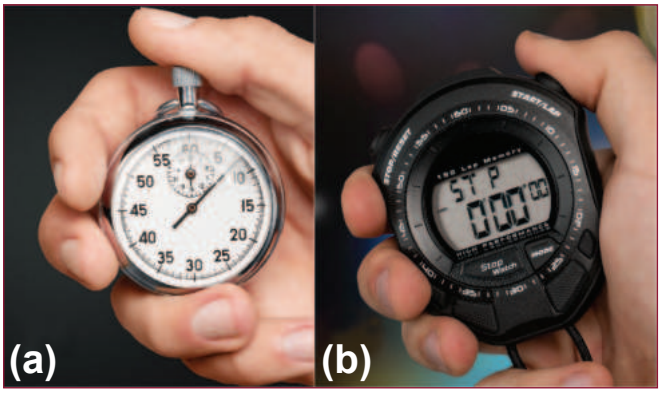
- يمكن قياس زمن نمو المحاصيل الزراعية بالتقويم.
- يمكن قياس زمن سباقات الماراثون بالثواني باستخدام ساعة إيقاف.
- يمكن قياس زمن سباقات الجري السريع لجزء من المائة من الثانية باستخدام مؤقت ليزر.

زمن ردّ الفعل

زمن ردّ الفعل Reaction time هو مقدار الزمن الذي يستغرقه شخص في ملاحظة حدث والتفاعل معه جسميًا. ويتضمن هذا الزمنُ الوقت اللازم لانتقال إشارات عبر الجهاز العصبي إلى الدماغ، وتحليل الدماغ تلك المعلومات، وارسال إشارة عبر الجهاز العصبي إلى العضلات، فتنقبض العضلات استجابة لذلك.

- زمن رد فعل البشر الطبيعي للمثيرات البصرية يتراوح بين0.1 ثانية و0.6 ثانية. وفي المتوسط 0.25 ثانية.
- نستجيب للمثيرات الصوتية خلال 0.17 ثانية، وبأقل من ذلك لمثيرات اللمس (0.15 ثانية).

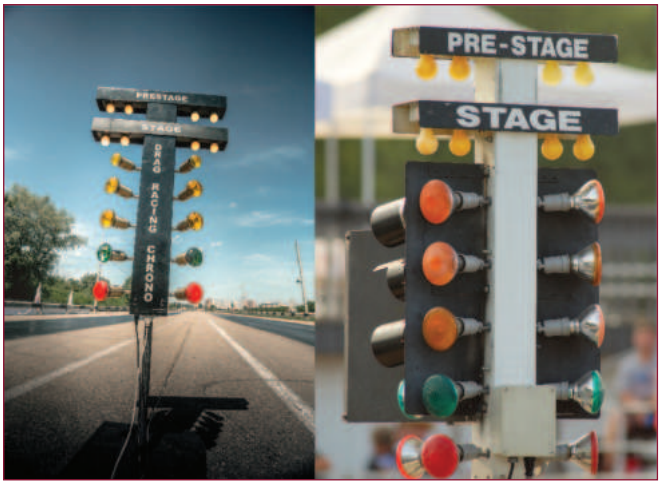
يبيّن (**الشكل 5-7 b**) ساعة ايقاف رقمية بدقة وضوح 0.01 ثانية. ومع ذلك، فإن دقة القياس وضبطه باستخدام ساعة ايقاف رقمية ليس أفضل مما تعطيه الساعة المبيّنة في (**الشكل 5-7 a**). والسبب هو أن زمن رد فعل الإنسان يكون أكبر بكثير من دقّة الوضوح لأية ساعة ايقاف. زمن ردّ فعل الإنسان يكون في الغالب أكبر مصدر لعدم الدقة.



الشكل 5-7 ساعتا إيقاف بدقة وضوح (a) 0.1 ثانية و(b) 0.01 ثانية.

متوسط زمن رد فعل الإنسان للمثيرات البصرية يكون في حدود 0.25 ثانية.

كيف يمكن تقليل زمن رد الفعل؟ التوقّع هو إحدى الطرائق لتقليل زمن ردّ الفعل. معظم الناس على معرفة بالعبارة المستخدمة في بدايات مسابقات الجري: "قف عند علامتك، استعدّ، انطلق!". يسمح استخدام هذه العبارة للمشاركين والمؤقتين بتوقّع بدء الحدث الرياضي. في رياضة سباق السيارات، يمكن أن يشكّل زمن ردّ الفعل الفرق بين الفوز والهزيمة. تستخدم سلسلة من الأضواء الملوّنة (**الشكل 5-8**) للسماح للسائقين بتوقّع بدء الحدث.



الشكل 5-8 إشارات البدء الضوئية لسباق سيارات.

تتطلب قيادة السيارة من الشخص أن "يتوقّع" الخطر باستمرار. لا يمكننا التفاعل لحظيًا مع أي حَدَث، لذلك يتعين على سائق السيارة أن يترك مسافة آمنة بينه وبين السيارات الأخرى والمشاة من حوله. وعلى المشاة أن يتركوا مسافة أمان كافية بينهم وبين السيارات، لإعطاء السائقين الوقت الكافي لرد الفعل واستخدام المكابح. كذلك فإن استخدام الهاتف الجوال أو أي أمور أخرى يشتّت انتباه السائق، ما يزيد بشكل كبير من زمن ردّ الفعل.

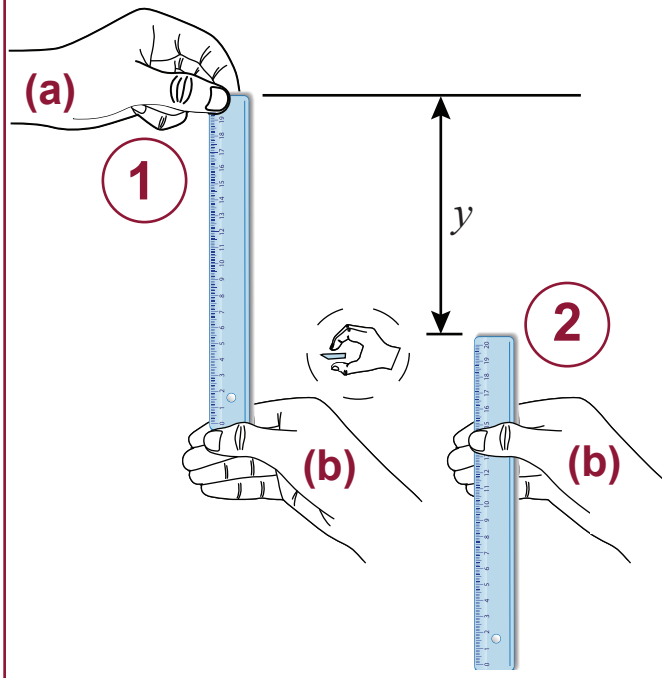
نشاط 5-1 حساب زمن ردّ الفعل

سؤال الاستقصاء	كيف يمكنك قياس زمن ردّ فعلك؟
الموادّ المطلوبة	مسطرة مترية

قياس الزمن اللازم لسقوط جسم ما لمسافات قصيرة، يتطلب درجة عالية من الدقة. وبقياس مسافة سقوط جسم ما، يمكنك حساب الزمن الذي يستغرقه السقوط.

خطوات التجربة

1. الطالب (a) يحمل مسطرة أو مسطرة مترية تكون فوق فتحة أصابع الطالب (b).
2. يُسقِط الطالب (a) المسطرة من دون إعطاء أي تنبيه، أمّا الطالب (b) فيغلق أصابعه للقبض عليها حال رؤيته أنها بدأت تسقط من بين أصابعه. سجل المسافة "y" التي قطعتها المسطرة مستخدمًا وحدة السنتيمتر.
3. كرّر الخطوتين 1 و 2 عدة مرات واحسب متوسط المسافة.



الشكل 5-9 (1) الاستعداد للإسقاط (2) القبض على المسطرة.

الحساب

يمكن حساب زمن رد الفعل باستخدام المعادلة 5-1، حيث y المسافة الرأسية التي تقطعها المسطرة بالسنتيمتر.

1-5 زمن رد الفعل

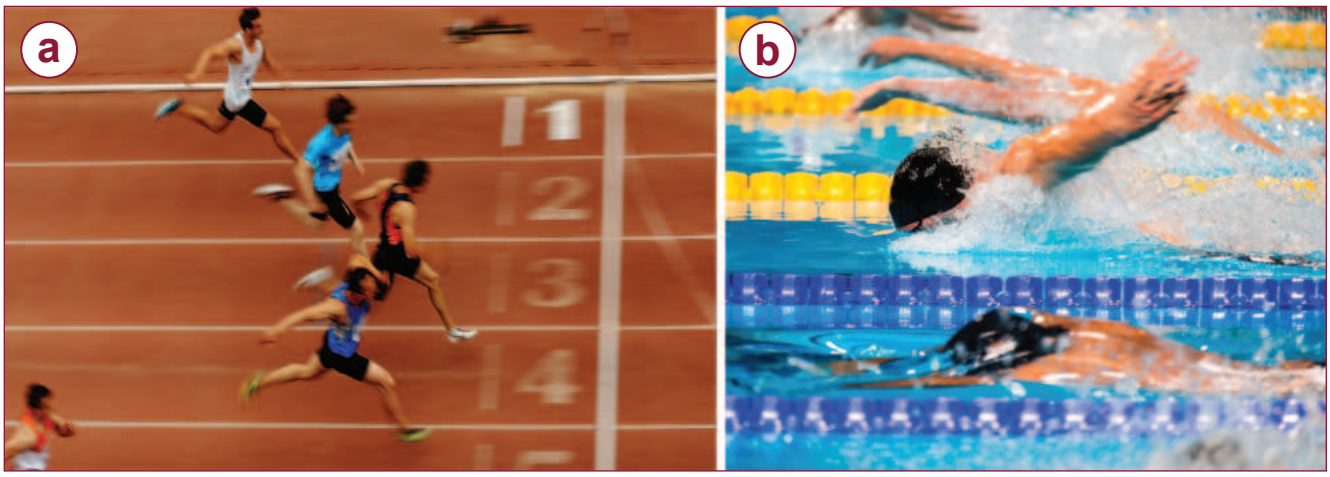
$$t = \sqrt{\frac{2y}{981 cm/s^2}}$$

الأسئلة

a. قارن بين زمن ردّ فعلك وزمن رد فعل زملائك الآخرين في الصف؟
b. كيف يمكن للناس تقليل معدل زمن ردّ الفعل البشري قدر الإمكان عند توقيت حدث رياضي باستخدام ساعات إيقاف محمولة؟
c. كيف يتدرّب الرياضيون على تقليل زمن ردّ فعلهم؟ ابحث في هذا الموضوع للتعرّف إلى التقنية النوعية أو المعدات المستخدمة.

صور النهاية في السباقات

تُقام المسابقات الرياضية منذ آلاف السنين. كان المتسابق الذي يجتاز خط النهاية أولا هو الفائز. هناك حالات يصعب فيها تحديد المتسابق الذي يجتاز خط النهاية أولًا (**الشكل 5 -10**). في المنافسات الرياضية التي يكون الفرق الزمني بين المتسابقين في حدود جزء من مئة من الثانية، يكون زمن ردّ الفعل البشري للمحكمين هنا بطيئًا جدًا لتحديد الزمن الخاص لكل متسابق مشارك في المنافسة. لذا، يجب استخدام التكنولوجيا في هذه الحالة.



الشكل 5-10 صورة نهاية السباق لعدائين (a) و سباحين (b).

صور النهاية هي جزء أساسي من توقيت معظم المنافسات الرياضية الحديثة. يتم الآن و على نطاق واسع استخدام تقنيات الفيديو في العديد من الألعاب الرياضية التي تعتمد على التحكيم لاتخاذ قرار صحيح فيها.

- أدّت القدرة على إبطاء حركة الفيديو إلى كشف الأخطاء التي يقع فيها حكام المنافسات الرياضية بسبب زمن رد الفعل البطيء لديهم والذي لا يتناسب مع الحدث. ثم تصحيح هذه الأخطاء..
- القدرة على تحليل الحدث الرياضي: لقد سمح استخدام تكنولوجيا الفيديو أيضًا للمحكمين الرياضيين بالتحليل وفق التقنيات المثالية. فأصبحت القدرة على ابطاء أو ايقاف الفعل الذي حدث بسرعة كبيرة جدًا، (**الشكل 5-11**).
- يسمح **معدّل الأُطُر Frame rate**، أو الزمن بين كل لقطة أو صورة، بتوقيت زمني يمكنه تقسيم الأحداث التي تستغرق أجزاء من الثانية.

الشكل 5-11 تصوير متعدد لمتزلج يقفز على الجليد.

الكثير من آلات التصوير الحديثة (الكاميرات) عالية السرعة، يمكنها التقاط صور لأحداث بمعدل 100 صورة لكل ثانية. تتميّز آلات التصوير الأكثر تطورًا في الرياضة إجمالًا بدقة وضوح تصل إلى أقل من 0.1 ms، أو 0.0001 s.

إبحث في سباق تم الفوز به بفارق زمني أقل من ثانية واحدة. كيف تم تحديد الفائز؟ أي نوع من التكنولوجيا استخدم في ذلك؟

التوقيت الإلكتروني

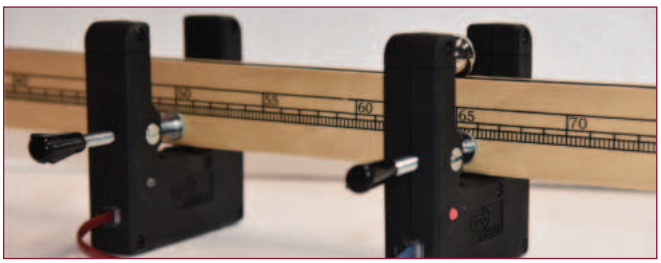
يزيل الزمن الآلي الكامل (Fully automated time - FAT) زمن ردّ الفعل البشري من الأحداث باستخدام جهاز بدء آلي وجهاز تسجيل نهاية الحدث.

تكون البداية في معظم السباقات وفي الألعاب الأولمبية مصحوبة بصوت طلقة مسدس (**الشكل 5-12**) أو صفارة أو ضوء، فيبدأ التوقيت بمجرد أن يُشغّل الجهاز. لا يزال مسدس البدء التقليدي مستخدمًا لأنه ينتج نفثة من الدخان أيضًا. يقف الأشخاص الذين يقومون بتوقيت سباق العدو عند خط النهاية، والدخان هو الإشارة المرئية التي تسمح لهم ببدء تشغيل أجهزة التوقيت الخاصة بهم.

الشكل 5-12 مسدس بدء السباق يجعل المؤقت يبدأ آليًا.

هناك عدد من التقنيات التي تستخدم لإيقاف المؤقت عند نهاية السباق، فإذا كان المتنافسون فرادى كما في حالة التزلج، فيمكن التوقيت باستخدام بوابة ضوئية بسيطة.

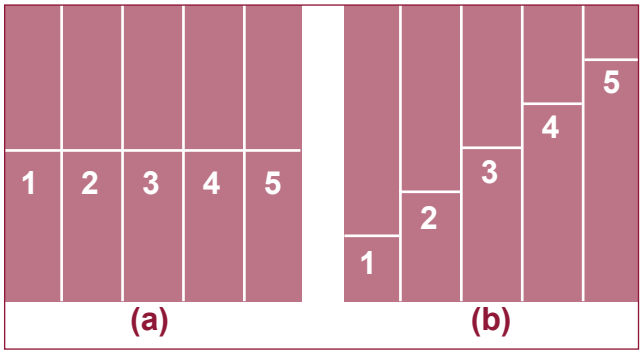
البوابة الضوئية photogate هي فتحة تنتقل فيها حزمة ضوئية من أحد الجوانب إلى كاشف صغير على الجانب الآخر. تستخدم في الغالب أنواع صغيرة من مؤقتات البوابات الضوئية في مختبرات الفيزياء لتوقيت الأحداث (**الشكل 5-13**)، وتستخدم الأنواع الأكبر من البوابات الضوئية المبدأ نفسه. تُحجب الحزمة الضوئية بواسطة جسم عابر فيُرصد مرور الجسم. تعمل هذه البوابة على الكشف عن جسم واحد فقط عندما يحجب حزمة الضوء.



الشكل 5-13 بوابتان ضوئيتان صغيرتان تؤقتان دحرجة كرة فولاذية على مسار.

- عندما يعبر أكثر من متسابق خط النهاية معا، يمكن استخدام بوابة ضوئية لتشغيل آلة تصوير عالية السرعة، فإذا لم يكن تحديد الفائز واضحًا، يُراجع شريط الفيلم لتحديد من عبر خط النهاية أولًا.
- **لوحة اللمس**: تستخدم لوحة حساسة مهمتها إيقاف المؤقت عندما يلمسها اللاعب، وتستخدم في سباقات السباحة، حيث يكون لكل سباح مسار خاص ولوحة لمس خاصة به.

المسافة

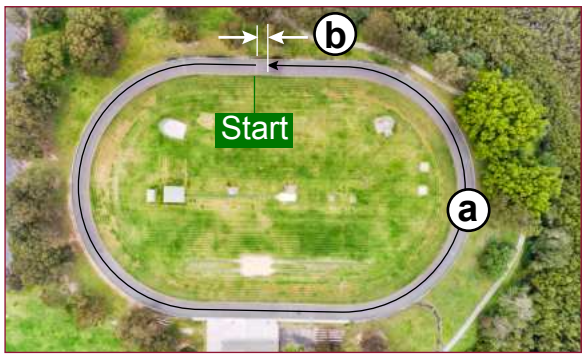


الشكل 5-14 خط البداية العادي (a) وخط البداية المتعاقب(b).

المسافة Distance هي طول المسار الفعلي من نقطة إلى أخرى. يُستخدم في الرياضة " خط البداية المتعاقب" أحيانًا للتأكد من أن جميع الرياضيين يقطعون المسافة نفسها في السباق (**الشكل 5-14**). فاذا كان هناك خط بداية عادي، ويُطالب المتسابقون بالبقاء في ممراتهم، فإنّ الشخص الموجود في الممر الخارجي سوف تكون فرصته في الفوز قليلة، لأنه سيركض مسافة أطول من تلك الموجودة في الممرات الداخلية. تمت معالجة هذا الاختلاف باستخدام خط البداية المتعاقب. ومع أنّ التفاوت في البعد يبدو عند بداية السباق واضحًا، إلا أن المسافة الكلية لجميع العدائين تكون متساوية عند وصولهم إلى خط النهاية.

الشكل 5-15 الممر الداخلي في السباق هو أقصر مسافة.

- يستطيع المتنافسون في الألعاب الرياضية التي تكون على مضمار سباق، مثل سباق السيارات (**الشكل 5-15**)، اختيار الممر الذي يريدون. يحرص جميع المتنافسون في السباق أن يتواجدوا في الممر الداخلي لأنه الممر الأقصر في مضمار السباق. والتنافس على هذا الممر يمكن أن يتسبّب في وقوع حوادث.
- يُطلب إلى المتسابقين في بعض رياضات التزلج السريع التبديل من ممر داخلي إلى ممر خارجي في منتصف السباق، بحيث تكون المسافة الكلية التي يقطعها كل متزلج متساوية.



الشكل 5-16 المسافة المقطوعة (a) ، والإزاحة (b).

الإزاحة Displacement هي أقصر مسافة مستقيمة بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها. الإزاحة هي كمية متجهة يمكن تمثيلها بسهم. يمكن التمييز بين المسافة والإزاحة بسهولة من خلال الحركة الدائرية. فالسيارة التي تنطلق على مسار دائري وتعود إلى نقطة البداية بعد دورة كاملة تكون إزاحتها صفرًا (**الشكل 5-16**)، أما المسافة التي قطعتها فتساوي طول المسار الدائري وليست صفرًا.

قياس المسافة

أصبحت أدوات قياس المسافة في الأحداث الرياضية أكثر دقة من قياسات الشريط المتري التقليدي. يبيّن **الشكل 5-17** بعض معدات القياس الشائعة في الألعاب الرياضية.

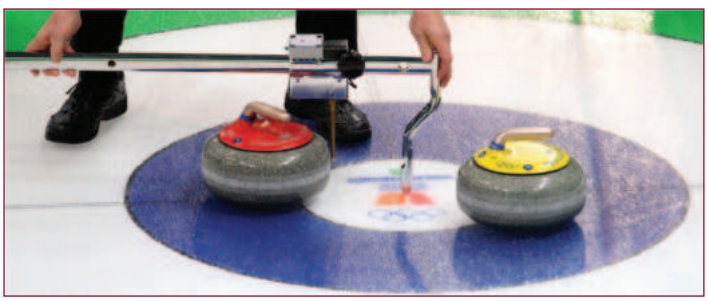
الشكل 5-17 عجلة التدحرج (a)، جهاز تحديد المدى البصري (b)، جهاز تحديد المدى الليزري (c).

a. عجلة التدحرج هي عجلة معروفة المحيط. تُمكننا دحرجتها على طول سطح من قياس مسافات طويلة، وتستخدم عجلة التدحرج في قياس المسافات على الطرقات السريعة وفي أعمال الإنشاءات.

b. جهاز تحديد المدى البصري، يمكنه قياس المسافة بقياس الزاوية بين الخطين اللذين يصلان موقع الجهاز بنقطتي البداية والنهاية. ويستخدم في أغلب الأحيان في لعبة الجولف، بالرغم من تفضيل جهاز تحديد المدى الليزري الآن.

c. جهاز تحديد المدى الليزري، يسجل الزمن الذي يستغرقه انتقال حزمة ضوئية إلى الهدف والانعكاس عنه، والعودة إلى الكاشف. تُستخدم الاختلافات في قياس المسافة في جهاز تحديد المدى الليزري لألعاب الرماية في الألعاب الأولمبية، حيث يضع الحكم هدفًا خاصًا وعاكسًا عند نقطة التأثير، ويقوم الجهاز بتسجيل المسافة بدقة.

في رياضة لعبة الكيرلنج، تُسجل درجة للصخرة الأقرب إلى وسط الحلقة. وتكون الصخرتان المتنافستان قريبتين جدًا من وسط الحلقة، ويصعب تحديد الصخرة الأقرب عن طريق النظر.لذلك، يستخدم مقياس خاص (**الشكل 5-18**) يحاذي إحدى الصخرتين، ويقارن المسافة مع الصخرة الأخرى. ويمكن أيضًا استخدام جهاز تحديد المدى الليزري لتحديد المسافة في هذه الرياضة.



الشكل 5-18 مقياس المقارنة.

تقويم الدّرس 5-1

1. ما العبارة التي تصف أفضل مجموعة من ثلاثة أسهم متباعدة بمقدار سنتيمتر واحد، ولكنها على بعد 15 cm إلى يسار مركز الهدف؟
   a. دقيقة ومضبوطة
   b. مضبوطة ولكنها غير دقيقة
   c. دقيقة ولكنها غير مضبوطة
   d. غير دقيقة وغير مضبوطة
2. أي جهاز قياس يعتمد على دوران الأرض في المحافظة على التوقيت؟
   a. الساعة الشمسية
   b. الساعة الرملية
   c. الساعة الذرية
   d. ساعة البندول
3. ما الرياضة التي تتطلب من المتسابقين أن يكون لديهم أسرع زمن ردّ فعل؟
   a. الجولف
   b. كرة القدم
   c. شطرنج
   d. رفع الأثقال
4. كيف يُقلِّل التوقّع من معدل زمن ردّ الفعل؟
5. كيف يمكن لساعة الجيب التقليدية القديمة أن تحافظ على دقة الوقت؟
6. ما الفرق بين المسافة والإزاحة؟
7. لماذا يجب أن تقاس أبعاد الملاعب الرياضية بأعلى مستوى من الدقة قبل اعتمادها للمنافسات التي يتم فيها تسجيل الأرقام القياسية العالمية؟
8. ما الالعاب الرياضية التي ليست بحاجة لاستخدام معدات دقيقة لقياس الزمن لتحديد الفائز فيها؟

هارولد إدجيرتون Harold Edgerton: 1903-1990

كان هارولد إدجيرتون أستاذًا في الهندسة الكهربائية. وتعود شهرته إلى ما حقّقه في مجال التصوير الفوتوغرافي بسرعة عالية وجعل صوره متاحة للجميع (**الشكل 5-39**). وأصبحت تطبيقاته الفوتوغرافية جزءًا من ألعاب القوى، وبخاصة ما يتعلّق منها بتحليل الحركة والتقنيات.

دفع إدجيرتون بتقنيته في التصوير إلى خارج المختبر، فنقل أحداثًا بسرعة كبيرة تجاوزت سرعة النظر عن طريق توثيقها بالصور.

الشكل 5-19 السرعه العالية لصورة كرة التنس عندما تضرب الخط.

وباختراعه أعمالًا فنية تنطوي على انفجار بالونات أو قطرات ماء (**الشكل 5-40**)، يكون إدجيرتون قد انتقل من عَالَم العِلم إلى عَالَم الفن. ويمكن العثور على كثير من قطعه الفنية المصوّرة في المتاحف حول العالم.

كان إدجيرتون أستاذًا محبوبًا في معهد ماساشوستس التكنولوجي حيث مارس حرفته بطريقة تعليم محببة بحيث لا يشعر المتعلم أنّه يُلقّن المعلومات.

الشكل 5-20 التقاط صورة لقطرة ماء باستخدام تقنية تصوير فوتوغرافي عالية السرعة.

من بين أعماله المتعدّدة، عمل البروفيسور إدجيرتون مع مستكشف البحار جاك كوستو للتصوير الفوتوغرافي تحت الماء، وكان له دور فعال في تطوير تقنية سونار المسح الجانبي. تستخدم تقنيات إدجيرتون المصابيح القوية ذات السرعة العالية التي تومض 120 مرة في الثانية. يسمح وميض الأضواء بتسجيل الحركة السريعة ليتم تقسيمها إلى 120 حدثًا في الثانية. ولا تزال تقنية الفلاش المتعدد تُستخدم في أيامنا هذه.

الوحدة 5

مراجعة الوحدة

الدرس 5-1 المسافة والزمن

- **الضبط Accuracy** تصف مدى قرب القيم المقاسة من القيمة المقبولة (الحقيقية). ويعتمد ذلك على جودة المعدات المستخدمة.
- **الدقة Precision** مدى قرب القيم المقاسة بعضها من بعض، وهو مؤشر على العناية التي يتم اتخاذها عند إجراء عملية القياس.
- **دقّة الوضوح Resolution** هي وصف لأصغر تدريج يمكن تحديده بواسطة أداة قياس معيّنة.
- **زمن ردّ الفعل Reaction time** البشري يقيس مدى سرعة استجابة الشخص لحدث ما و التفاعل معه جسديا. يزداد هذا الزمن مع عدم التركيز أو استخدام بعض أنواع الأدوية. و يمكن تقليل زمن رد الفعل بالممارسة و التدريب.
- **معدّل تتابع الأُطُر Frame rate** لجهاز التسجيل يحدد عدد الصور التي يمكن تسجيلها خلال ثانية واحدة. معرفة معدل الأُطر يسمح بتحليل الحركة بتفاصيل صغيرة جدًا.
- **البو ابة ضوئية Photogate** هي جهاز استشعار ضوئي يمكن استخدامه لتسجيل بداية حدث رياضي أو توقّفه.
- **المسافة Distance** الطول الإجمالي لمسار معين، بغض النظر عن الاتجاه، أمّا **الإزاحة Displacement** فهي الخط المستقيم الذي يصف التغير في موقع الجسم، من بداية الحركة إلى نهايتها، بغض النظر عن طول المسار.

أسئلة اختيار من متعدد

1. أيٌّ مما يأتي يدل على معدّات قياس الأطوال مرتبة من الأقل دقة إلى الأكثر دقة؟
   a. القدمة ذات الورنية، الميكروميتر، العصا المترية
   b. القدمة ذات الورنية، العصا المترية، الميكروميتر
   c. العصا المترية، الميكروميتر ، القدمة ذات الورنية
   d. العصا المترية ، القدمة ذات الورنية ، الميكروميتر

2. أيٌّ من أدوات قياس الزمن الآتية ستكون مناسبة لتوقيت تدريبات الجري في لعبة كرة القدم؟
   a. المزولة الشمسية
   b. ساعة الإيقاف
   c. الساعة البندولية
   d. ساعة السيزيوم الذرية

3. أيٌّ من الطرائق الآتية تقلّل زمن رد الفعل إلى أقصى حد عندما يتم إسقاط جسم ما والإمساك به؟
   a. قيام أحدهم بالعدّ قبل أن يُسقط الجسم.
   b. القول بصوت عالٍ أنه على وشك إسقاط الجسم.
   c. أن يُسقط الجسم، ويحاول الإمساك به.
   d. السماح للشخص الذي سيمسك الجسم، بلمسه قبل أن يسقط.

4. ما فائدة استخدام مسدس بدء التشغيل في سباق الجري؟
   a. الضوضاء الصاخبة تنبّه المتسابقين.
   b. الضجيج العالي ممارسة تقليدية.
   c. تسمح الضوضاء العالية للعدائين بتوقّع بدء السباق.
   d. يمكن رؤية نفثة الدخان من قبل المراقبين عند خط النهاية قبل ان يُسمَع الصوت.

5. يبلغ محيط مضمار الجري الأولمبي 400 m، ويكمل العداؤون أربع دورات حول المضمار. ما الوصف الصحيح للمسافة و الإزاحة في هذا السباق ؟
   a. المسافة 1600 m والإزاحة صفر.
   b. المسافة 1600 m والإزاحة 400 m.
   c. الإزاحة 1600 m والمسافة صفر.
   d. الإزاحة 1600 m والمسافة 400 m.

6. أيٌّ من أجهزة القياس الآتية يجب أن تحتوي على ساعة مدمجة؟
   a. عجلة التدحرج
   b. كاشف المدى البصري
   c. كاشف مدى الليزر
   d. مقياس رياضة الكيرلنج

تقويم الوحدة

درس 5-1: المسافة والزمن

7. ما مستوى الدقة الذي يمكن تحقيقه باستخدام المسطرة المترية الموجودة في غرفة الصف؟
8. ما الفرق بين الدقة والضبط؟
9. لماذا لا يمكن الاعتماد على الساعات التي تستخدم البندول المهتزّ على متن سفينة في البحر؟
10. اشرح الطريقة التي يمكن بها التقليل من زمن رد الفعل مع وجود تحفيز الانتباه.
11. لماذا تشتمل بعض الأدوية على تعليمات بعدم القيادة أثناء استخدام الدواء؟
12. ما المشكلة التي يمكن أن تتضمنها الصورة النهائية لسباق السباحة؟
13. صف كيفية استخدام البوابة الضوئية لقياس فترة زمنية في تجربة معيّنة.
14. لماذا لا تُقام كل السباقات على مضمار مسار انطلاق متعاقب؟
15. كيف يعمل جهاز تحديد المدى بالليزر؟

الوحدة 6
الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية

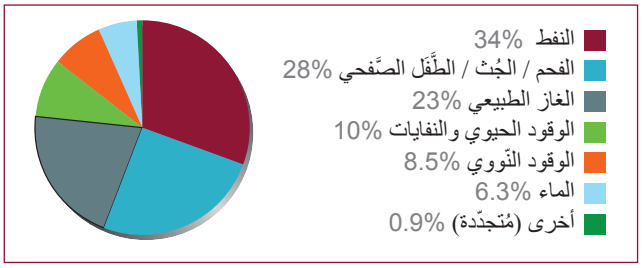
في هذه الوحدة

الدرس 6-1: الوقود الحيوي والكتلة الحيوية GC1205

الوحدة 6

مقدّمة الوحدة

تأتي 85% من الطاقة العالمية من المصادر غير المتجددة، كالنفط أو الفحم أو الغاز الطبيعي كما هو موضح في **الشكل 6-1**. إن مصادر الطاقة المستقبلية لا يمكن أن تبقى كما هي لأسباب كثيرة، منها محدودية مصادرها والتغيّر المناخي.



الشكل 6-1 مصادر الطاقة العالمية

يبحث الكثير من العلماء عن بدائل لمصادر الوقود الحالية. هناك أنواع جديدة من الوقود التجريبي وتقنيات الطاقة التي تأتي من النباتات أو حتى من النفايات. ويوجد أيضًا الكثير من التقنيات التي تمت دراستها لإزالة الكربون من الغلاف الجوي. يضاف إلى ذلك كلّه وجود تقنيات جديدة لإزالة الكربون وعزله عند نقطة التكوّن، مثل محطات الطاقة الكهربائية. سندرس في هذه الوحدة بعض التقنيات التي تم توظيفها لحل المشكلات المستقبلية للوقود وثاني أكسيد الكربون الزائد الموجود في الغلاف الجوي.

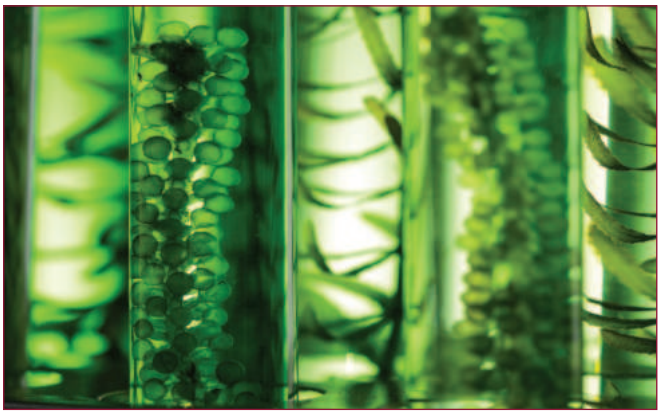
الأنشطة والتّجارب

6-1 a الكتلة الحيوية

6-1 b الوقود الحيوي

الدرس 6-1
الوقود الحيوي والكتلة الحيوية
Biofuels and Biomass

إذا نظرنا إلى العالم من حولنا، سنجد تنوعاً هائلاً في الجزيئات التي تنتج من التفاعلات الكيميائية. فالتنوع البيولوجي لغابة مطيرة واحدة قد يحتوي على الملايين من أشكال الحياة الفريدة التي تتدرج من البكتيريا إلى الأشجار الشاهقة. وما دمنا نواصل عملية البحث، فإننا سنكتشف الكثير من الاستخدامات المختلفة لهذه المجموعة من المصادر البيولوجية.



الشكل 6-2 نمو الطحالب في المختبر

وعلى الرغم من استمرارنا في استهلاك أنواع محدودة من الوقود الأحفوري، فإن العلماء لا يزالون يبحثون عن مصادر بديلة للطاقة لتعزيز أسلوب حياتنا الحديث. ويسعون لإيجاد طرائق جديدة لاستخدام الطحالب (**الشكل 6-2**) في ابتكار وقود جديد منها، في الوقت الذي يحاول فيه آخرون استخلاص الطاقة من النفايات الحيوية.

نجاح هؤلاء العلماء من الممكن أن يحدد الصورة المُستقبليّة لعالمنا.

مخرجات التّعلُّم

GC1205.1 يتعرّف إلى الأنواع الرئيسية من المواد الخام للكتل الحيوية، ويوضح العوامل التي تقلل الأثر الناتج من استخدامها.

GC1205.2 يقارن بين استخدام الإيثانول واستخدام الديزل الحيوي من حيث؛ مصادر المواد الخام، وكمية ثاني أكسيد الكربون المنتجة.

المفردات

Biomass	الكتلة الحيوية
Biofuel	الوقود الحيوي
Feedstocks	المواد الأولية
Carbon neutral	محايدة الكربون
Biogas	الغاز الحيوي
Anaerobic	اللاهوائي
Biomethane	الميثان الحيوي
Fermentation	التخمُّر
Petrodiesel	الديزل البترولي
Monoculture	الزراعة الأحادية

الوقود والطعام

إذا كنت تبحث فقط عن محتوى طاقة نقي، هل تختار التفاحة أم الكعكة المحلاة (الشكل 6-3)؟

أيّهما ستختار، إذا كنت تحاول إنقاص وزنك؟

ولماذا؟

الشكل 6-3 تفاحة وكعكة محلاة.

نحتاج إلى تناول الطعام لاكتساب الطاقة، فالطعام الذي نتناوله يحتوي على معادن مهمة، لكنه يُستخدم أيضًا بواسطة الجسم لتوليد الطاقة. وإذا لم نستخدم هذه الطاقة على الفور، فإنَّ أجسامنا يمكن أن تحوّل هذا الطعام إلى دهون تختزن الطاقة. وإذا أردت إنقاص وزنك، فإنّ الأمر الصعب الذي تواجهه هو أن حجم الطعام ليس مؤشرًا على كمية الطاقة التي يحتويها (اذا كان الطعام من أنواع مختلفة)، فعلى الرغم من أن التفاحة والكعكة المحلاة قد تبدوان بالحجم نفسه تقريبًا، إلّا أن الكعكة المحلاة قد تولّد طاقة تعادل أكثر من سبعة أضعاف الطاقة التي تولدها التفاحة.

هل هنالك طريقة لتحرير الطاقة من الطعام بسرعة؟

قد يبدو هذا غريبًا بعض الشيء، لكن قياس محتوى الطاقة الموجود في الغذاء، يوجب حرق الطعام، مثل حرق البترول تمامًا. فكلورات البوتاسيوم مثلًا تُعدّ عاملاً مؤكسداً قويًا يسمح لك بإطلاق الطاقة المُختزنة في قطعة صغيرة من الحلوى بسرعة، يعتبر هذا التفاعل خطيراً، ولكنه عرض شيّق للطاقة الموجودة في الطعام.

الشكل 6-4 كلورات البوتاسيوم المؤكسدة، وقطعة صغيرة من الحلوى الهلامية.

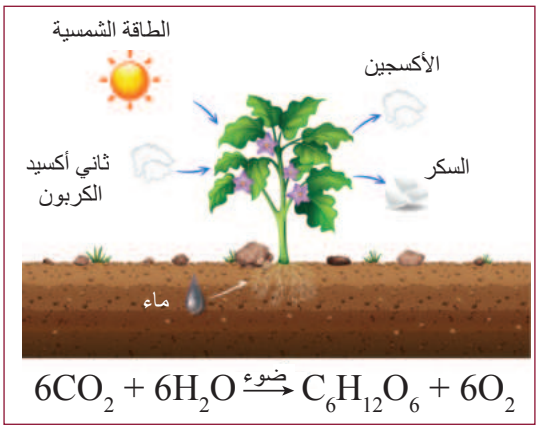
عندما تتلامس كلورات البوتاسيوم وقطعة الحلوى، سوف تتأكسد قطعة الحلوى هذه، مُطلقةً طاقتها على شكل ضوء وحرارة في ثوانٍ قليلة (**الشكل 6-4**)، وتكون كمية الطاقة المنبعثة من قطعة حلوى صغيرة، كبيرةً للغاية.

ماذا لو أن سيارة يمكنها أن تعمل على الكعك المُحَلّى؟ استخدم الناس الحيوانات في عملية النقل. لذا، فإن الفكرة ليست مستحيلة من منظور الطاقة، فقدرة حصان واحد تساوي 746 watt، أو 746 joule/s، أما قطعة كعك محلاة واحدة فتحتوي على 350,000 سعرة حرارية، أو 1,460,000 جول. وإذا توافرت وسائل لتحويل الطاقة بشكل مثالي، فإن بإمكاننا الحصول على قدرة حصان واحدة لمدة 32 دقيقة من قطعة كعك محلاة واحدة.

الكتلة الحيوية

الكتلة الحيوية Biomass هي المادة العضويّة المُتجدّدة التي تأتي من الكائنات الحية، سواء أكانت نباتات أم حيوانات. حيث تأتي الطاقة في البداية من الشمس؛ ومن خلال العملية المعروفة باسم البناء الضوئي (**الشكل 6-5**)، تتحول إلى طاقة كيميائية مختزنة في النباتات.

خلال عملية البناء الضوئي، يتم امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، والحصول على الماء من التربة. هذه العملية الكيميائية تنتج الجلوكوز (السكر)، وتطلق الأكسجين في الغلاف الجوي.



الشكل 6-5 البناء الضوئي.

- الطاقة الكيميائية المُختزنة تُستخدم بواسطة الحيوانات عندما تتغذى على النباتات.
- كل تلك الطاقة تكون مخزّنة في الكتلة الحيوية في منطقة معيّنة.

الوقود الحيوي Biofuel هو الوقود المستخلص من الكتلة الحيوية تلك لاستخدامها في أغراض أخرى غير الغذاء. وقد أدى تغيّر التوجه السياسي والاقتصادي العالمي ليكون أقل اعتمادًا على الوقود الأحفوري، إلى زيادة الاهتمام بالكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة. (متجدد للوقود).

الوقود الحيوي هو فئة من فئات الطاقة المتجددة المشتقة من المواد الحية. إذ يتم إنتاجه بواسطة العمليات الحديثة من الكتلة الحيوية، وليس من خلال العمليات الجيولوجية البطيئة للغاية التي تساهم في تكوين الوقود الأحفوري.

إن الكتلة الحيوية والوقود الأحفوري، ليست موزعة بالتساوي في جميع أنحاء الكوكب، فبعض المناطق غنية بالكتلة الحيوية، في الوقت الذي تعاني فيه المناطق الأخرى من نقص حاد فيها (**الشكل 6-6**).

الشكل 6-6 مناطق الكتلة الحيوية: (a) الغابات، (b) الأراضي العشبية، (c) الصحراء.

هناك عدد من الاعتبارات يجب أخذها بالحسبان عند التفكير في الوقود الحيوي، وعلى رأسها توافر **المواد الأولية Feedstocks**؛ وهي المواد الخام المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي. استخدام الوقود الحيوي قد يقلل من إنتاج الغازات التي تسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، ولكن يجب أن نضع بعين الاعتبار الجدوى من هذا الاستخدام، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مُجمل دورة الإنتاج. قد نحتاج إلى ممارسات إدارية معينة، واجراء تغييرات في استخدام الأراضي لزيادة نمو المواد الأولية. إن مُتطلبات النقل ونتائج الاستخدام النهائية تختلف من منطقة إلى أخرى، تُعدّ بعض المواقع مناسبة أكثر من غيرها للحصول على الوقود الحيوي. وفيما يلي عرض لبعض المواد الخام للكتلة الحيويّة:

1- الخشب

تشكل النباتات أكثر من 80% من الكتلة الحيوية الموجودة على كوكب الأرض، فلقد كان الخشب هو الوقود الحيوي الأساسي منذ العصور القديمة.

يُعدّ الخشب مصدر طاقة محايد للكربون. محايدة الكربون **Carbon neutral** مصطلح يُستخدم لوصف عملية موازنة ما يُطلق من انبعاثات الكربون أثناء عمليات الإحتراق مع ما يستهلك منها من أي مصدر نباتي أثناء عملية البناء الضوئي. والخشب مصدر طاقة متجدد (مع وجود قيود، بحيث يجب إتاحة الوقت للغابات لتنمو من جديد)، وهو جزء مهم من ملف الطاقة للكثير من الدول.

الشكل 6-7 (a) وقود الحبيبات الخشبية، (b) نظرة عن قرب لهذا الوقود، (c) وعاء يحرق هذه الحبيبات الخشبية.

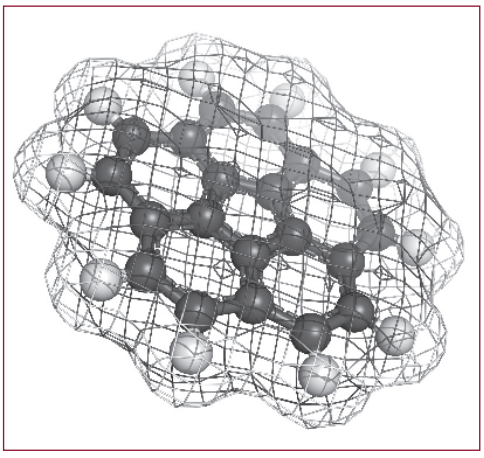
أصبحت الحبيبات الخشبية (**الشكل 6-7**) الطريقة المفضلة للحصول على الوقود في الكثير من المنازل، فالمخلفات الخشبية، والمنتجات الثانوية من تصنيع الأخشاب، وغيرها من المنتجات الثانوية الخشبية التي قد ينتهي بها المطاف في مكبّ النفايات، تُضغط ثم تُخلط مع مادة لاصقة لتشكيل حبيبات صغيرة يمكن نقلها واستخدامها بسهولة في الكثير من التطبيقات.

ما مميزات ومخاطر استخدام الخشب كمصدر للطاقة؟

يتمتع الخشب بكثافة طاقة عالية (كثافة الطاقة هي كمية الطاقة المختزنة في نظام ما لكل وحدة حجم)، ويمكن أن يحترق بكفاءة تبلغ 70% تقريبًا، وهو متوافر بكثرة، وبأشكال متنوعة، ومنها الفحم.

إلا أن هنالك بعض المخاطر المتعلقة بحرق الخشب:

- ينتج عن حرق الخشب كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون أكثر من غاز الميثان، وتُطلق مواد ملوثة أخرى، مثل الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات (PAH) كما في (**الشكل 6-8**).
- هذه الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات تُعدّ من المواد المسببة للسرطان، والتي يتم إطلاقها أيضًا من حرائق الغابات والبراكين.
- عند حرق الخشب، من المهم التأكد من وجود تهوية كافية لتقليل تأثير الغازات السامة، مثل الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات.



الشكل 6-8 (الكورانولين) مثال لهيدروكربونات أروماتية عديدة الحلقات..

2- فضلات الحيوانات

يُعدّ روث الحيوانات ثاني أقدم وقود حيوي غير معالج. والروث هو نفايات لم تهضمها الحيوانات التي تتغذى على النباتات، وهي مادة نباتية يتكون معظمها من السليلوز الذي تمت معالجته وتجزئته إلى حجم صغير في القناة التحلُّلية. يستخدم أكثر من ملياري شخص في جميع أنحاء العالم روث الحيوانات المجفّف الذي يأتي من الماعز والأغنام والفيلة واللاما والماشية للحصول على الطاقة. والروث مادة رخيصة، ومتجددة، وذات كثافة طاقة مُناسبة، ويمكن العثور عليها في أي مكان ترعى فيه الحيوانات.

الشكل 6-9 وقود روث مجفّف.

إن بعض الثقافات تجد استخدام الروث أمرًا غير مقبول، ولكن ثقافات أخرى وخاصة تلك التي تواجه تحديات اقتصادية ، ترى هذا الاستخدام مناسب كمصدر طبيعي للطاقة. ولإعداد هذا المصدر الطبيعي يجب تجفيف المادة، وتشكيلها بحجم مناسب (**الشكل 6-9**). يحتوي الروث المجفّف بالشمس على محتوى كربوني أقل بنسبة 25% من المحتوى الكربوني في الخشب المجفّف.

يكون لبعض المناطق خيارات أخرى قليلة، لذلك تعتمد على الروث المجفف كمصدر للوقود الحيوي. إلا أنّ استخدامه له بعض السلبيات منها:

- الروث له قيمة كسماد للأرض، فإذا لم يتوافر، يجب إضافة الأسمدة الكيماوية البديلة للحقول المزروعة.
- ينبعث عن حرق الروث مستويات عالية من الديوكسينات (مواد سامة) والهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات.

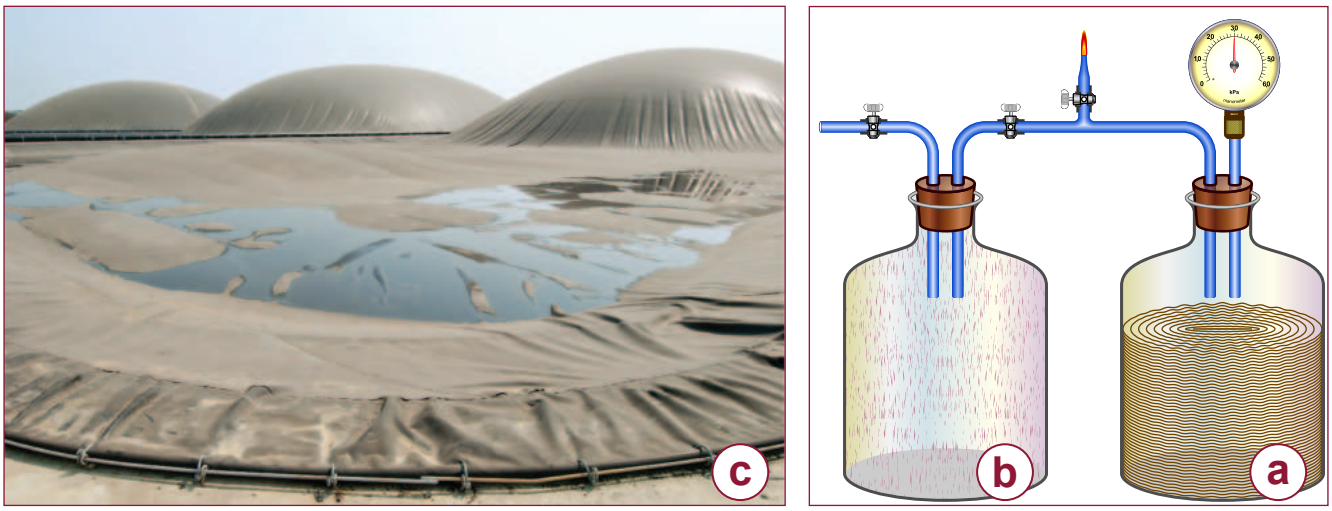
هناك طرائق أكثر كفاءة في معالجة الروث واستخدامه مصدرًا للطاقة:

الشكل 6-10 نظام الغاز الحيوي الحديث.

الغاز الحيوي Biogas هو نوع من الوقود الحيوي الذي ينتج عن التحلل الطبيعي للنفايات العضوية. ويمكن للمَزارع الحديثة جمع روث الحيوانات ومعالجته في جهاز التحلّل اللاهوائي. ويمكن أيضًا استخدام الميثان الناتج لتشغيل المعدات، أو توليد الكهرباء، لبيعها مرة أخرى إلى شركة الكهرباء. تُستخدم هذه العملية أيضًا مع أنواع أخرى من النفايات العضوية (**الشكل 6-10**).

جهاز التحلُّل اللاهوائي

اللاهوائي Anaerobic تعني "بدون أكسجين". يستخدم جهاز التحلُّل اللاهوائي (**الشكل 6-11**) البكتيريا لتفكيك المواد العضوية، وإحدى المواد الناتجة الثانوية هي غاز الميثان CH_4، أما المادة الأخرى المُتحلّلة فهي سماد ممتاز.



الشكل 6-11 (a) جهاز التحلُّل اللاهوائي، (b) جمع غاز الميثان، (c) إنتاج غاز حيوي على نطاق واسع، حيث تنتفخ الأغطية المحكمة الإغلاق عند إنتاج الميثان.

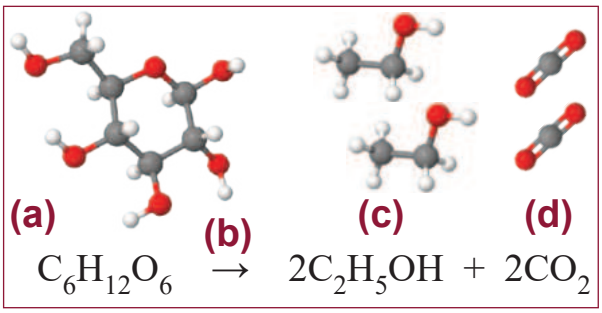
تشمل مصادر المواد الأولية لإنتاج الغاز الحيوي ما يأتي:

- **فضلات الطعام:** يتم فقدان 30% تقريبًا من الإمدادات الغذائية في العالم بسبب التلف أو الهدر كل عام، حيث ينتهي معظم هذه النفايات في مكبات تسهم في انبعاث غازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري.
- **مكبات النفايات:** جميع النفايات العضوية المرسلة إلى مكبات النفايات تحتلّ المرتبة الثالثة في انبعاث غازات الدفيئة (مثل: غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون) المسببة للاحتباس الحراري التي يتسبّب بها الإنسان.
- **الثروة الحيوانية:** يمكن استخدام جميع أشكال فضلات الحيوانات في إنتاج الغاز الحيوي، كما تُستخدم المواد المتحللة أيضًا كسماد حيوي.
- **معالجة مياه الصرف الصحي:** تستخدم بعض المُنشآت أجهزة التحلُّل اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف الصحي، إلا أنها تحرق الميثان عوضًا عن جمعه لاستخدامه.

مع القليل من المعالجة الإضافية، يمكن استخدام غاز الميثان الحيوي بشكل مباشر في محرك الاحتراق، أو خلية الوقود لإنتاج الكهرباء. مع المعالجة المناسبة لإزالة ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، والغازات الأخرى الموجودة بكميات ضئيلة، يصبح غاز الميثان هذا غازًا طبيعيًا متجددًا ويُسمّى **الميثان الحيوي Biomethane**، والذي يمكن استخدامه بشكل متبادل مع الغاز الطبيعي التقليدي. كما يمكن ضغط الميثان الحيوي، أو تسييله واستخدامه في وسائل النقل، وفي جميع التطبيقات الأخرى التي تستخدم حاليًا مصادر أحفورية للغاز الطبيعي. والميثان غاز نقيّ، ومتجدد، ويمكن استخدامه بطريقة آمنة.

3- سكّر الجلوكوز

هنالك عملية طبيعية أخرى تسمى **التَخمُّر Fermentation**، وهي عملية تفكيك الجلوكوز (وهو أبسط أنواع السكريّات) إلى إيثانول بفعل الخميرة، والبكتيريا، والكائنات الحية الدقيقة الأخرى. ينتج الجلوكوز من عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات. كما أن السليلوز، الذي يُعدّ البنية الرئيسة للنباتات، يمكن تفكيكه أيضًا إلى جلوكوز.



الشكل 6-12 تَخمُّر الجلوكوز.

يوضح **(الشكل 6-12)** عملية تَخمُّر الجلوكوز (a) $C_6H_{12}O_6$، بفعل الخميرة (b)، إلى جزيئين من الإيثانول (c) C_2H_5OH، وجزيئين من ثاني أكسيد الكربون (d) CO_2. يمكن أن تحدث هذه العملية بشكل طبيعي، ويمكن تحسينها لإنتاج وقود الإيثانول الحيوي.

وللتقليل من استهلاك الوقود الأحفوري، تنتج الكثير من الدول الإيثانول، حيث تستخدم مجموعة متنوعة من المواد الأولية لإنتاجه. تُعّد الولايات المتحدة الأمريكيّة أكبر دولة منتجة لوقود الإيثانول الحيوي، والتي تعتمد على محصول الذرة كمادة أولية في إنتاجه. وقد أدى الدعم الحكومي لهذا المشروع إلى تضخّم قيمة إنتاج محصول الذرة بشكل كبير، ما تسبّب في اختلال التوازن التجاري مع المستخدمين الآخرين. أما الدولة الثانية في انتاج الوقود الحيوي فهي البرازيل، والتي تستخدم قصب السكر كمادة أولية في إنتاج وقود الإيثانول. يحدّد **الجدول 6-1** المواد الأولية الشائعة المستخدمة في إنتاج وقود الإيثانول الحيوي، ويذكر المزايا، والعيوب المرتبطة بها.

الجدول 6-1 المواد الأولية لإنتاج الإيثانول ومزاياها وعيوبها

مواد تحوي نسبة عالية من النشا والسكر	مواد تحوي نسبة عالية من السليلوز
الذرة، الذرة البيضاء، قصب السكر، السكر، الشمندر، الشعير.	نشارة الخشب، رقائق الخشب، قش الأرز، الأعشاب، والأشجار، وأكواز الذرة.
المزايا: سهل المعالجة، محتوى عالٍ من الإيثانول.	المزايا: مصدر أرخص، يحل في الغالب مشكلة التخلص من النفايات، ويتم استخدام المصادر غير الغذائية.
العيوب: تقلل من الإمدادات الغذائية البشرية. تحول المصادر إلى محاصيل وقود.	العيوب: صعوبة في المعالجة، محتوى أقل من الإيثانول

بخلاف سيارات السباق الخاصة، لا تستخدم سيارات نقل الركاب الإيثانول بنسبة 100%، بل يتم خلطه مع البنزين (وقود السيارات)، ويباع استنادًا إلى نسبة الإيثانول الموجودة فيه (E85، تعني أن 85% منه هو الإيثانول)، وتوضع على السيارات علامة حد للإيثانول **(الشكل 6-13)** تكون مطبوعة على غطاء الوقود.

الشكل 6-13 سيارة لها حد الإيثانول E20.

4- الزيت العضوي

يُعدّ زيت الزيتون واحدًا من 350 نوعًا مختلفًا من الزيوت المشتقة من النباتات. عند معالجة هذه الزيوت، يمكن حرق الكثير منها كوقود حيوي. ولقد تم تشغيل أول محرك ديزل باستخدام زيت الفول السوداني، وتم تكييفه لاحقًا لكي يعمل على وقود أحفوري على أساس أنه **ديزل بترولي Petrodiesel**. ومع التطورات التي حدثت في عمليات تكرير النفط، انخفض الاهتمام بالزيوت العضوية، لكنها حققت انتعاشًا في العقود الأخيرة.

كما هو الحال مع المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الإيثانول، فإنَّ المواد الأولية للديزل الحيوي تتعارض مع مصادر الغذاء. يُعدّد **الجدول 6-2** المواد الأولية الشائعة، ويحدّد المصادر الصالحة، وغير الصالحة للأكل. إن الكثير من هذه الزيوت موجودة في منزلك لتُستخدم في الطهي. (**الشكل 6-14**).

الجدول 6-2 الزيوت العضوية لاستخدام وقود الديزل الحيوي.

المجموعة	المصدر
زيوت رئيسة	فول الصويا، وعباد الشمس، والزيتون، والفول السوداني، وبذور القطن، والكانولا، والذرة، وجوز الهند.
زيوت المكسرات	اللوز، والبندق، والكاجو، والجوز، والمكاديميا، والفستق.
زيوت غير صالحة للأكل	الطحالب، وجوز الجاتروفا، وشجرة بذور المطاط.
زيوت أخرى	الخروع ، والفجل ، وشجرة التانج.

الشكل 6-14 الزيوت العضوية: (a) فول الصويا، (b) الكانولا، (c) مكسرات المكاديميا.

تُستخدم الزيوت في إعداد الطعام، ولاسيّما من قِبل سلسلة المطاعم الكبيرة، وتشكل الزيوت حجمًا هائلًا من المواد الأولية الضرورية. وعوضًا عن التخلص من زيوت الطهي والدهون الحيوانية المستخدمة في مكبات النفايات، يمكن أن ينتج عن عملية تنظيف وترشيح بسيطة وقودٌ حيوي يُستخدم بشكل مباشر في الكثير من المحركات الحديثة التي تعمل على الديزل. أي أن الوقود الحيوي مصدره عضوي لذا فهو من مصادر الطاقة المتجددة التي تدعم مفهوم الاستدامة.

ينتج عن بعض المواد الأولية وقود حيوي يمكن أن يسبب انسداد أجزاء المحرك عند درجات حرارة منخفضة. لذلك، يتم في الغالب مزج هذا الوقود بالديزل البترولي باستخدام رمز مشابه للإيثانول: الرمز B20 يعني أن 20% من مكونات الوقود عبارة عن ديزل حيوي، وأن 80% ديزل بترولي.

الجدول 6-3 ميزات وعيوب وقود الديزل الحيوي.

ميزات الديزل الحيوي	عيوب الديزل الحيوي
خالٍ من الرصاص، لذلك يكون احتراقه نظيفًا.	بعض المواد الأولية تنتج وقود يسد مكونات المحركات.
قابل للتحلُّل البيولوجي، وبالتالي يكون أسهل في التنظيف عند حدوث تسرّب.	يجب خلطه مع وقود بترولي لمعاجلة مشاكل الانسداد، ويكون 20% من B_{20} وقود الديزل الحيوي، و 80% ديزل بترولي.

تحديات الحصول على الوقود الحيوي

تضع الكثير من الحكومات ضوابط للتقليل من انبعاثات الكربون واستخدام الوقود الأحفوري، وغالبًا ما تعرض مقابل ذلك مساعدات ماليّة، وبذلك يكون قد حقَّق الوقود الحيوي المطلبين السابقين، ويكون مُجديًا أيضًا من الناحية الماديّة.

يمكن أن تكشف نظرة دقيقة لصورة إنتاج الطاقة الكليّة عن بعض التحديات المصاحبة والمرتبطة بالوقود الحيوي.

1. "الاستخدامات الجديدة والغير المباشرة للأراضي الزراعية" (ILCU) قد تفيد في الحصول على مواد أولية لإنتاج الطاقة، إلا إنها تؤدي إلى أضرار بيئية. مثلاً، يفيد استبدال أشجار الغابات الطبيعية بأشجار النخيل في الحصول على الطاقة من الأشجار المقطوعة، إلا أنّه لا يؤدي إلى التنوع البيولوجي الضروري على الأرض. اعتمادًا على طريقة جمع البيانات وطرق استخدام المواد الأولية وتطبيقاتها، تقدّر بعض الدراسات أن تقليل انبعاثات الكربون باستخدام إيثانول الذرة قد تستغرق مدة زمنية تتراوح بين 5 سنوات و200 سنة لتعادل تكاليف انبعاث الكربون الناتج عن التغيرات غير المباشرة لاستخدامات الأراضي.

2. **الزراعة الأحادية Monoculture** هي ممارسة عملية الزراعة لمحصول واحد فقط (**الشكل 6-15**) ويمكن لهذه العملية أن تزيد من سهولة الزراعة والحصاد، ومعالجة المواد الأولية اللازمة لإنتاج الوقود الحيوي. لكن هذه التقنية الزراعية يصاحبها خطر فقدان المحصول بأكمله، وتعرضه للآفات والأمراض.

الشكل 6-15 الزراعة الأحادية لمحصول فول الصويا.

3. هنالك عامل آخر يجب أخذه بالحسبان عند إجراء عملية تقييم للوقود الحيوي، وهو التأثير الاقتصادي نتيجة للطلب العالمي، وإعادة توزيع الغذاء إلى مواد أولية. فالأراضي التي تُحوّل لزراعة نباتات لانتاج الوقود لا تعد مُتاحة لإنتاج الغذاء. كما تظهر مشكلة أخرى، فزيادة الطلب على الوقود الحيوي يؤدي إلى رفع أسعاره، وسيؤدي ذلك إلى رفع الحوافز الاقتصادية المُقدّمة لتحويل الأراضي والغابات إلى أراضٍ زراعية، مما قد يسبب ضررًا بيئيًا.

يُستخدم مصطلح "صديق للبيئة" كأداة تسويق لبيع المنتجات التي توافق الشعور الضميري للمشتري. لا يملك هذا المصطلح تعريفًا محددًا. فجرى استخدامه للدفاع عن الكثير من المنتجات بغض النظر عن التأثير الحقيقي على الغازات الدفيئة. لذلك يُنصح قبل بيع سيارة قديمة، وشراء أخرى جديدة "صديقة للبيئة" تستخدم الإيثانول (**الشكل 6-16**) أن يؤخذ بالحسبان جميع المتغيرات المؤثرة على البيئة.

الشكل 6-16 تقنية تسويق "صديقة للبيئة" للمستهلكين.

نشاط a1-6 الكتلة الحيوية

سؤال الاستقصاء	هل يجب التوسع في استخدام الكتلة الحيوية في دولة قطر؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية، معدات إنتاج شرائط فيديو

خطوات التجربة

1. اعمل مع زميل.
2. ابتكر شريط فيديو، أو رسومًا متحرّكة، لإجراء بحث وتعريف الكتلة الحيوية.
   - عند إعداد شريط الفيديو، سيساعدك التخطيط المصاحب للقصة المصورة كثيرًا.
3. حدد موقع الكتلة الحيوية التي يمكن استخدامها في دولة قطر.
4. حدد ما إذا كانت في دولة قطر مساحة ملائمة للكتلة الحيوية.
5. حدد أي تدمير للبيئة يمكن أن ينتج عن استخدام هذه الكتلة الحيوية.
6. أجرِ بحثًا عن الاستخدام الحالي للكتلة الحيوية في دولة قطر.
7. ناقش ضرورة التوسُّع في استخدام الكتلة الحيوية في دولة قطر.
   - اقترح أي تعديل يجب إجراؤه لجعل الكتلة الحيوية ذات قيمة.
   - تعرّف إلى التكلفة المادية المصاحبة لمثل هذه التعديلات .

الأسئلة

a. عند إجراء تحليل للكتلة الحيوية الموجودة في دولة قطر، حدّد العوامل التي جعلت استغلال الكتلة الحيوية ذا جدوى مُنخفضة؟
b. ما نوع البيئة اللازمة ليكون استخدام الكتلة الحيوية مُناسبًا؟
c. لماذا تضمّنت الخطّةُ الكتلةَ الحيويّة لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري؟
d. هل من المناسب استخدام مولدات الطاقة اللاهوائية ذات الحجم الصغير للتحكم في الطاقة في مناطق الدولة؟
e. بالاستناد إلى الصورة الكلية للطاقة، حدّد النسبة المئوية للطاقة المحتمل تغطيتها باستخدام الكتلة الحيوية.

الجيل الثاني للوقود الحيوي

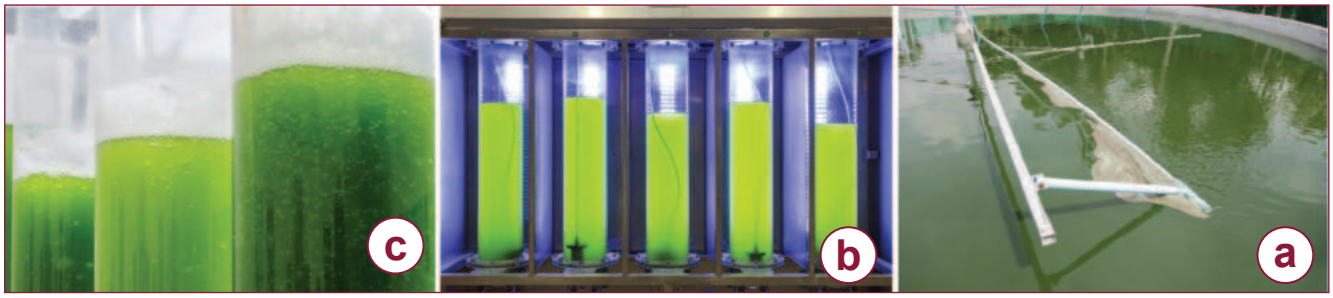
تكمن مشكلة الكثير من أنواع الوقود الحيوي المستخدمة في الوقت الراهن في أنها تعتمد على مخزون الغذاء، وهذا يؤدي إلى تضارب في الاحتياجات الغذائية العالمية مع ارتفاع أسعار المحاصيل الاستراتيجية المهمة. لذا، يهتم الجيل الثاني للوقود الحيوي بالمخزون غير الغذائي، ليكون مواداً أولية تُستخدم لإنتاج الوقود.

كما يتم خلط الكثير من أنواع الوقود الحيوي بأنواع الوقود الأحفوري الحالية للوصول إلى انبعاثات أقل للغازات الدفيئة، فنسب التوفير في بعض المناطق تتراوح بين 60% و 80% أكثر من استخدام الوقود الأحفوري بمفرده.

الطحالب

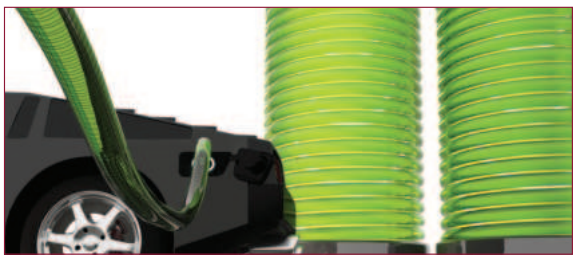
تُعدّ الطحالب التي كانت موجودة في فترة ما قبل التاريخ أساس إمدادات النفط الحالية. دُفنت هذه الطحالب تحت المحيطات، وتعرضت للحرارة والضغط، فتحولت الليبيدات (دهون) الموجودة في هذه الطحالب إلى نفط خام، وغاز طبيعي نستخدمه في الوقت الراهن.

يعمل العلماء الآن على تكرار هذه العملية، وفي وقت قصير جدًا، ويحاولون تطوير سلالات من طحالب ذات محتوى دهون مرتفع للغاية (**الشكل 6-17**).



الشكل 6-17 (a) برك الطحالب، (b) و(c) سلالات تجريبية من الطحالب.

يمكن أن تنمو طحالب في الأنابيب، معتمدة في غذائها على نظام غذائي من ثاني أكسيد الكربون وأشعة الشمس، كما يمكن للطحالب أن تنمو في الماء المالح. ولأنها يُمكن أن تُحفظ في خزانات محكمة الإغلاق، فإنها قادرة على النمو في المناطق القاحلة حيث لا تُستخدم الأراضي الموجودة في هذه المناطق لزراعة محاصيل أخرى. وتحتاج هذه الطحالب إلى بعض عمليات المعالجة البسيطة لتحويلها إلى ديزل حيوي يُستخدم في وسائل النقل والمواصلات (**الشكل 6-18**).



الشكل 6-18 تصوّر فني للطحالب، بحيث يتم تحويل هذه الطحالب التي تنمو في الأنابيب إلى وقود ديزل حيوي بشكل مباشر ليستخدم كوقود للسيارات.

يمكن أن يكون الديزل الحيوي المستخلص من الطحالب من أكثر المشاريع الواعدة لإنتاج هذا الديزل الحيوي، فهذا النوع من الوقود يحل الكثير من المشكلات المرتبطة بالمواد الأولية الأخرى، ومن مُميزاته أن عملية إنتاجه لا تقتصر على مناطق محددة بعينها من الأراضي.

نشاط b1-6 الوقود الحيوي

سؤال الاستقصاء	كيف تتم مقارنة وقود الإيثانول الحيوي بالديزل الحيوي؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية، مواد للعرض التقديمي

خطوات التجربة

1. افترض أن هناك نوعين من الوقود الحيوي يمكن استخلاصهما من المواد الأولية للكتلة الحيوية.
2. اختر إحدى المواد الأولية لتكون مادة أولية لاستخلاص وقود الإيثانول الحيوي، واختر مادة أخرى تكون مادة أولية لاستخلاص الديزل الحيوي.
3. أجرِ بحثًا في نوعَي الوقود لتحديد ما يأتي:
   - توفّر المادة الأولية.
   - كمية CO_2 المنبعثة من كل نوع، وكيف يمكن أن تتم مقارنتها بكمية CO_2 المنبعثة من الوقود الأحفوري المستخدمة للغرض نفسه.
   - تطبيقات الوقود الحيوي.
   - محدوديّة مصادر الوقود الحيوي.
   - التغيرات غير المباشرة التي تحدث للأراضي المرتبطة بالمواد الأولية.

	الإيثانول الحيوي	الديزل الحيوي
المادة الأولية		
CO_2 الناتج		
التطبيقات		
المحددات		
التغيرات غير المباشرة لاستخدامات الأراضي		

4. صمّم ملصقًا لإجراء عملية مقارنة بين نوعي الوقود الحيوي

التحليل

a. ما الصعوبات التي قد تنشأ عند محاولة إجراء مقارنة بين كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الوقود الحيوي والكمية الناتجة عن الوقود الأحفوري التقليدي؟

b. ما المشكلات المحددة التي تم حلها من خلال استخدام الوقود الحيوي؟

تقويم الدّرس 6-1

1. أيٌّ من المواد الآتية لن تكون مادة أولية نموذجية لجهاز التحلُّل اللاهوائي؟
   a. النفايات.
   b. فضلات الطعام .
   c. روث الحيوانات.
   d. البترول الطبيعي .

2. أي من الجمل الآتية تصف عملية التخمُّر؟
   a. يتحطم الجلوكوز (السكر) بفعل الخميرة أو البكتيريا لإنتاج الإيثانول.
   b. تتحطم الخميرة بفعل البكتيريا والإيثانول لإنتاج الجلوكوز (السكر).
   c. تتحطم البكتيريا بفعل الإيثانول والجلوكوز (السكر) لإنتاج الخميرة.
   d. يتحطم الإيثانول بفعل الجلوكوز والخميرة لإنتاج البكتيريا.

3. لماذا تُعدّ حبيبات الخشب مصدرًا شائعًا للطاقة؟
   a. لأن العملية تستخدم أجود أنواع الخشب فقط.
   b. لأن الخشب يحترق من غير أن يطلق أية مادة سامة.
   c. لأن العملية تستخدم المُخلّفات الخشبيّة التي قد تُهدر بطريقة ما.
   d. لأن حرق الخشب يزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

4. أي الخيارات الآتية تعتبر من سلبيات عملية حرق فضلات الحيوانات الجافة لاستخدامها في إنتاج الطاقة؟
   a. تُعد عملية رخيصة الثمن.
   b. عملية تعطي طاقة متجددة.
   c. تُطلق الديوكسينات (مواد سامة) عند حرقها.
   d. لها كثافة طاقة مناسبة.

5. ما المصدر الأصلي للطاقة الموجودة في الكتلة الحيوية؟

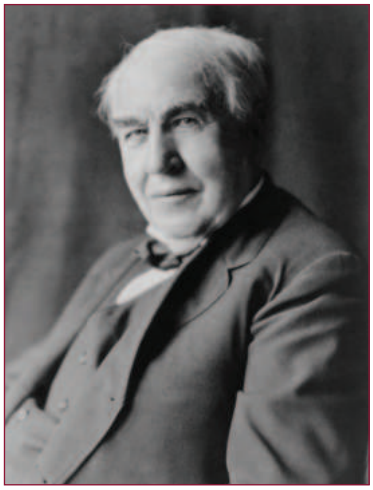
6. ما المواد الناتجة عن استخدام جهاز التحلُّل اللاهوائي؟

7. ما المشكلة التي قد تنشأ عن استخدام الديزل الحيوي في بعض محركات السيارات؟

8. ما نسبة الإيثانول إلى البترول والتي يمكن أن تستخدمها سيارة ما، عندما يكون تصنيفها يحمل الرمز E85؟

توماس ألفا أديسون Thomas Alva Edison: (1847-1931م)

كان توماس ألفا أديسون (**الشكل 6-35**) داعماً قويًا لمصادر الطاقة البديلة. وكان قد توقع حدوث مشكلات التلوث، والإمدادات المحدودة المرتبطة باستخدام النفط والفحم لتوليد الطاقة، فحثَّ الناس على الاعتماد على الطاقة المُتجدّدة، وساعد في بناء مولّد طاحونة هوائية لأحد جيرانه لمساعدته على شحن سيارته الكهربائية، كما أنّه شجع أصدقاءه على تطوير مصادر طاقة بديلة أفضل. وكونه مخترعًا غزير الإنتاج، فقد كان مثالاً ألهمَ الكثيرين لتجربة طرائق جديدة لحل المشكلات.



الشكل 6-19 توماس أديسون

ومن الجدير بالذكر أن الكثير من اختراعات أديسون هي التي أدت إلى ظهور أسلوب الحياة الحديث الذي يعتمد بشدة على الطاقة الكهربائية، وشركته "جنرال إلكتريك"، هي التي توسعت لتزويد تلك الطاقة.

كان إديسون، الذي اخترع جهاز الحاكي (الفونوغراف)، وهو جهاز تسجيل موسيقي قديم (**الشكل 6-36**)، أصم عمليًا فقد كان يعضّ الطاولة حيث كان مشغّل الموسيقى يعمل، لكي يتمكن من "الشعور" بالاهتزازات من خلال جمجمته.

الشكل 6-20 فونوغراف أديسون.

كان صانع السيارات الشهير هنري فورد قد عمل في شركة إديسون، فأصبح الرجلان صديقين حميمين. أثناء الاهتمام بصناعة السيارات، تبنى فورد وجهة نظر إديسون في استخدام البترول للسيارات. وقد كان فورد مقتنعًا بأن الإيثانول كان بديلاً أفضل ويمثل فرصة مربحة للمزارعين. وضع فورد وإديسون معًا خطة لإدخال السيارات التي تعمل بالإيثانول في وقت مبكر من العام 1915م. وبالرغم من أن التطورات العالمية قد تغير تلك الخطط، إلا أنهما بدلا تقريبًا طريقة القيادة للسيارات في العالم.

الوحدة 6

مراجعة الوحدة

الدرس 6-1 الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية

- **الكتلة الحيوية Biomass** هي المادة العضويّة المُتجدّدة التي تأتي من الكائنات الحية، سواء أكانت نباتات أم حيوانات، ويمكن تحويلها إلى **وقود حيوي Biofuel** لاستخدامات أخرى غير الغذاء.
- **المواد الأولية Feedstock** هي مواد محددة تُستخدم في صنع الوقود الحيوي.
- **محايدة الكربون Carbon neutral** مصطلح يُستخدم لوصف عملية موازنة ما يُطلق من انبعاثات الكربون أثناء عمليات الإحتراق مع ما يستهلك منها من أي مصدر نباتي أثناء عملية البناء الضوئي.
- **الغاز الحيوي Biogas** هو نوع من الوقود الحيوي الذي ينتج عن التحلل الطبيعي للنفايات العضوية.
- **اللاهوائي Anaerobic** هو عملية تحدث في غياب الأكسجين.
- **الميثان الحيوي Biomethane** هو غاز حيوي نقي يمكن استخدامه مثل الغاز الطبيعي.
- **التخمُّر Fermentation** هو عملية تحويل الجلوكوز إلى إيثانول.
- **الديزل البترولي Petrodiesel** هو مصطلح للديزل المكرر من المنتجات البترولية.
- **محصول الزراعة الأحادية Monoculture** هو محصول واحد يزرع لتحقيق أقصى قدر من الأرباح، ولأن زراعته وحصاده ومعالجته سهلة.

أسئلة اختيار من متعدّد

1. ما أفضل وصف لعملية البناء الضوئي؟
   a. يتفاعل السكر والماء بوجود الضوء لتكوين ثاني أكسيد الكربون.
   b. يتفاعل السكر وثاني أكسيد الكربون بوجود الضوء لتكوين الماء و الاكسجين.
   c. يتفاعل الماء وثاني أكسيد الكربون بوجود الضوء لتكوين السكر و الاكسجين.
   d. يتفاعل السكر والأكسيجين بوجود الضوء لتكوين الماء و ثاني أكسيد الكربون.

2. ما العامل الذي سيكون المحدّد الرئيس عند اختيار المواد الأولية لإنتاج الوقود الحيوي على نطاق واسع؟
   a. نوع المواد الأولية.
   b. تكلفة الإنتاج.
   c. سهولة النقل.
   d. البيئة التي توجد فيها.

3. ماذا يعني مصطلح "لاهوائي"؟
   a. مع البكتيريا.
   b. بدون أكسجين.
   c. المواد الأولية للغاز الحيوي.
   d. تكوين الميثان الحيوي.

4. أي مما يلي لا يُستخدم كوقود حيوي؟
   a. الخشب.
   b. زيوت نباتية.
   c. روث الحيوانات.
   d. كربونات الكالسيوم.

5. ما أكثر المواد الأولية المطلوبة في عملية التخمُّر؟
   a. نسبة عالية من الجلوكوز.
   b. نسبة عالية من السليلوز.
   c. المنتجات التي تحتوي على نسبة عالية من الألياف.
   d. المنتجات التي يتم التخلص منها في الغالب.

6. ما المشكلة المصاحبة لتقنيات الزراعة الأحادية المستخدمة لإنتاج المواد الأولية؟
   a. خطر تعرّض المحصول للآفات و الأمراض.
   b. زيادة المحصول الزراعي.
   c. سهولة الحصاد.
   d. معالجة المواد الأولية.

الدرس 6-1 الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية

7. ما الفرق بين الوقود الحيوي والكتلة الحيوية؟
8. عدّد بعض الأمثلة المحددة على البيئات الغنية بالكتلة الحيوية.
9. عدد ثلاثة اعتبارات يجب على شركة إنتاج الطّاقة اتخاذها عند التفكير في استخدام المواد الأولية للوقود الحيوي؟
10. يُطلق الخشب ثاني أكسيد الكربون عندما يحترق. لماذا يُعدّ حرق الأخشاب وقودًا حيويًا كربونيًا طبيعيًا؟
11. أذكر بعض المخاطر المرتبطة باستخدام الخشب كمصدر للطاقة.
12. لماذا يتم حرق فضلات الحيوانات المجففة في بعض أنحاء العالم من دون غيرها؟
13. كيف يمكن لمنشآت معالجة مياه الصرف الصحي أن تجعل عملها أكثر مسؤولية من الناحية البيئية؟
14. ما المطلب الأساسي لحدوث عملية التخمُّر؟
15. قارن بين الإيثانول كمادة أولية، ووقود الديزل الحيوي.
16. ما المطلوب لتحويل زيت الطهي المستعمل إلى وقود حيوي؟ ولماذا يعد الزيت مادة أولية مفيدة؟
17. ما بعض التعقيدات العامة المرتبطة باستخدام الوقود الحيوي كمصدر رئيس للطاقة؟
18. لماذا لا يُعدّ التوازن الكلي لثاني أكسيد الكربون فكرة جيدة لشراء سيارة جديدة تعمل بالوقود الحيوي؟
19. ما السمة المميزة للجيل الثاني من الوقود الحيوي؟
20. لماذا يكون استخدام الطحالب كمادة أولية قابلًا للتطبيق لإنتاج الوقود الحيوي في منطقة جافة مثل دولة قطر؟

الوحدة 7
الجينوم والخلايا الجذعية

في هذه الوحدة

الدرس 7-1: استخدام الجينوم GB1206

الدرس 7-2: الخلايا الجذعية GB1206

الوحدة 7

مقدّمة الوحدة

يحمل كل فردٍ منا الحمض النووي DNA الذي يجعلنا متشابهين في أوجهٍ كثيرة إلى حدٍّ كبير ومختلفين في أوجهٍ عديدة. أحد الاختلافات الجوهرية بين الأفراد هو استجابة الأجسام لمسبّبات الأمراض وللأدوية. مثلًا، يستطيع بعض الأشخاص تناول البنسلين، بينما لا يستطيع البعض الآخر.

وقد أظهر الوباء العالمي COVID-19 هذه الاختلافات في المجال الطبّي: حيث يتردّى الوضع الصحيّ لبعض الأشخاص عند الإصابة بهذا الفيروس في حين لا تظهر أيّ أعراض عند أشخاص آخرين.

مع التقدم في مجال تسلسُل DNA، يمكننا الآن النظر في الاختلافات بين الأشخاص على المستوى الجيني حيث تقوم البحوث المشتركة للمؤسسات في جميع أنحاء العالم بتجميع صورة بمزيد من التفاصيل كل عام ولذلك فإنه باستخدام الخريطة الجينية، يمكن للأطباء معرفة سبب الأعراض عند مرضاهم، وتصميم علاجات مخصصة لعلاج المرض.

قد تُستخدم هذه المعرفة في المستقبل للتنبؤ بوجود جينات الأمراض وتصحيحها مثل الهيموفيليا. وتتطلّع البحوث إلى إيجاد طرائق لإعادة إنماء الأطراف المفقودة والأعضاء التالفة.

الأنشطة والتّجارب

7-1 برنامج الجينوم القطري

7-2 الخلايا الجذعية

الدرس 7-1

استخدام الجينوم Uses of Genomics

تُعدّ طريقة عمل DNA لغزًا مُعقَّدًا حاول الباحثون والأطبّاء حلّه لسنوات طويلة. كما نلاحظ في لغز تركيب القطع، فإن بعض القطع تتلاءم بسهولة، ويصعب ذلك على القطع الأخرى (**الشكل 7-1**). تطلّب مشروع جينوم الإنسان جهدًا دوليًّا لاكتشاف تسلسُل 3 بلايين من أزواج القواعد النيتروجينية في DNA البشري. كان الهدف جمع كل القطع، ليكون مُمكنًا بعد ذلك أن نبدأ بتجميع الصورة الكاملة عن كيفية عمل DNA في حياة الكائن الحي.

الشكل 7-1 قطع اللغز.

مخرجات التّعلُّم

GB1206.1 يشرح كيف أحدث تسلسُل الحمض النووي (DNA) ثورة في فهمنا للأمراض الجينية الناتجة من جين واحد مثل الثلاسيميا، ومشاكل مثل أمراض القلب التي لديها العديد من عوامل الخطر الجينية.

GB1206.2 يصف كيف أن تسلسُل الحمض النووي (DNA) للأورام يحدث ثورة في علاجات السرطان.

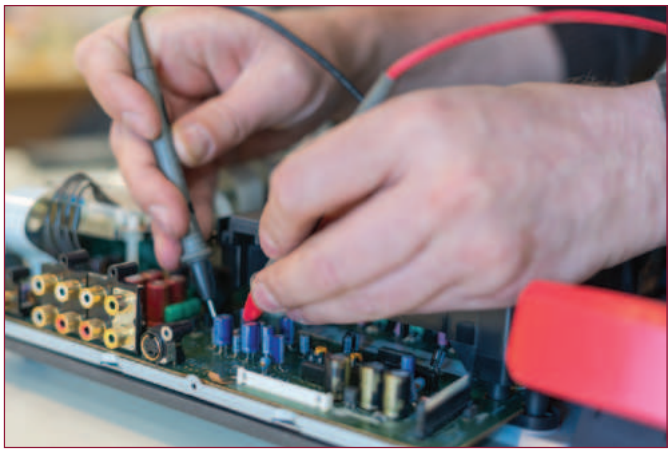
المفردات

DNA Sequence	تسلسل DNA
Chromosomes	الكروموسومات
Karyotype	مخطط كروموسومي
Genetic diseases	الأمراض الوراثية
Genome	الجينوم
Big data analytics	تحليل البيانات الضخمة
Mendelian disorder	اضطراب مندلي
Autosomal dominant	الكروموسومي الجسمي السائد
Complex genetic disorders	الاضطرابات الوراثية المُعقَّدة
Mutations	الطفرات
Biopsy	خزعة

تشخيص الأعطال

كيف نُحدِّد الجزء التالف في جهاز مُعقَّد؟

يُعدّ تشخيص الأعطال جُزءًا مهمًّا لإصلاح أي جهاز مُعقَّد. تُستخدَم هذه العملية لتتبُّع المشكلة داخل الجهاز، بهدف اكتشاف سبب العطل. قد تكون المُشكلة بسيطة مثل فحص الدائرة الكهربائية (**الشكل 7-2**) بحثًا عن الجزء المُعطَّل، وقد تكون مُعقَّدة كدراسة مشهد انفجار المصنع لمعرفة السبب، وإصلاح الخلل.

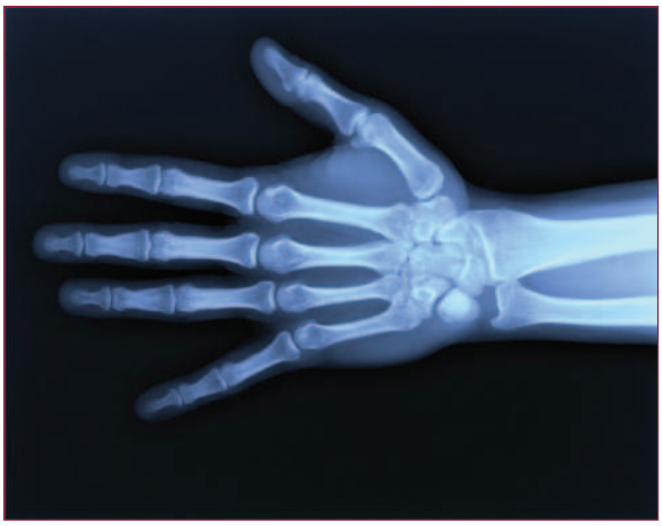


الشكل 7-2 تشخيص الخلل في جهاز كهربائي.

- هل شعرت أنك لم تكن قادرًا على فهم شيء ما؟
- ربما استخدمت من قبل تشخيص العُطل لتعرف السبب.
- هل اكتشفت بعد المراجعة الدقيقة مفهومًا واحدًا لم تتمكَّن من فهمه؟

عندما تعمل على تشخيص عطل في الأجهزة المُعقَّدة، قد يتضمَّن تشخيص العُطل بحثًا عن أنماط في عيّنة كبيرة، وإيجاد ما هو مختلف بين الأعطال وخلال ذلك يتمّ العثور على كثير من الاكتشافات الجديدة. عندما لا يعمل مُكوّن ما، كما هو مُتوقَّع. يتمّ بعد ذلك تشخيص العطل، واكتشاف اختلاف جديد.

تم اكتشاف الأشعَّة السينية أثناء تشخيص الأعطال، حيث أنَّ لوحات الأفلام الفوتوغرافية كانت "تُخفق" أحيانًا، وتُظهر تعرُّضًا للضوء في وقتٍ لم يُسمح فيه للضوء بالوصول إلى الفيلم. ومن خلال دراسة المُتغيّرات التي أنتجت الفيلم المُعطَّل ومقارنتها بالأوقات التي كان فيها الفيلم يعمل بشكل صحيح، تم اكتشاف نوع جديد من الطاقة غير المرئية عُرِفت بالأشعة السينية.



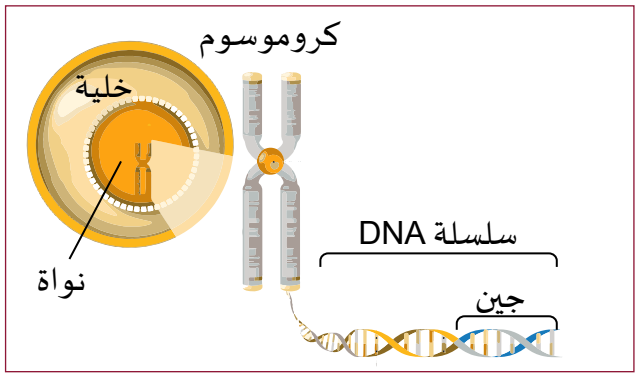
الشكل 7-3 صورة يد بالأشعة السينية

في تطوُّر مثير للاهتمام، تمّ استخدام الأشعَّة السينية لإجراء تشخيص المشاكل في كل شيء بدءًا من الهيكل العظمي (**الشكل 7-3**) وصولًا إلى اللحامات على الأنابيب. في أثناء تحديد تسلسلات DNA، يبحث العلماء عن أنماط تدل على "الاضطرابات " الجينية، والطرق الممكنة لإصلاحها.

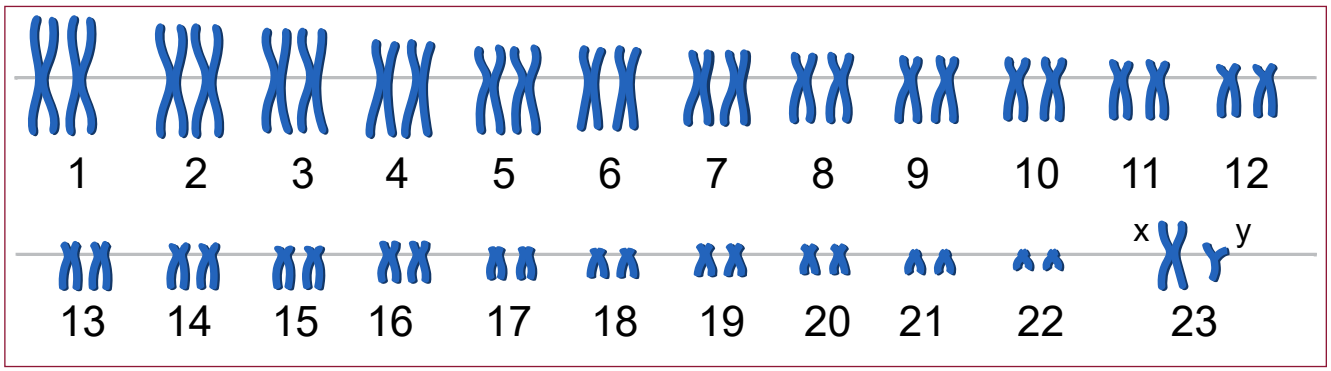
تسلسل DNA Sequence DNA هو سلسلة من الحروف المتتابعة تُمثّل القواعد النيتروجينية الاربعة: السايتوسين (C)، و الجوانين(G) والأدينين (A)، والثايمين (T)، وتهدف دراسة الجينوم البشري الى تحديد تسلسل وترتيب حوالى ثلاثة بلايين نيوكليوتيد تشكل DNA، ولفهم تسلسُل DNA في الانسان، يجب على العلماء أيضًا اكتشاف أي المقاطع من الثلاثة بلايين من القواعد النيتروجينية في جُزيء DNA هي جينات فعلية. يتضمَّن الجين الواحد بين 10000 و 30000 زوج قاعدي ويُقدِّر العلماء أن عدد الجينات في DNA البشري قد يصل إلى 50000جين.

الكروموسومات

الكروموسومات Chromosomes هي التركيب الأساسي الذي يتواجد فيه DNA بداخل نواة الخلية. كما هو مُبيّن في **(الشكل 7-4)** ويمكن رؤية الكروموسومات باستخدام مجهر ذي قوة تكبير عالية، وقد تمّت دراستها منذ العام 1850 تقريبًا. يمتلك البشر 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية، والزوج رقم 23 الذي يختصّ بتحديد الجنس. تُحدّد أزواج الكروموسومات البشرية الثلاثة وعشرين بأرقام خاصة بها، كما هو مُبيّن في**(الشكل 7-5)**



الشكل 7-4 الكروموسومات مكوّنة من DNA والجينات هي مقاطع من سلسلة DNA.

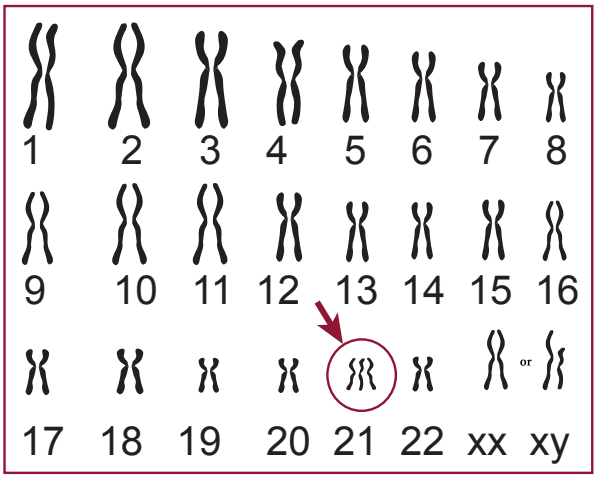


الشكل 7-5 يوضح تسلسل أزواج الكروموسومات مرقمة في الإنسان.

المُخطَّط الكروموسومي karyotype

المخطّط الكروموسومي هو رسم تخطيطي يوضح عدد ومظهر الكروموسومات في نواة خلية كائن حي أو نوع من الكائنات الحيّة.

يوضّح **(الشكل 7-6)** مُخطَّطًا كروموسوميًّا غير طبيعي للكروموسوم 21. يرتبط هذا المخطط الكروموسومي بحالة تُسمّى "التثلُّث الصبغي" 21 (مُتلازمة داون). تحدث هذه الحالة في ما يقرب من 0.1% من المواليد الأحياء. وترتفع نسبة حدوث الحالة أعلاه إلى 10% لدى الأُمّهات اللواتي تجاوزن سنّ الخمسين. كان هذا أول اختلال وراثي بشري يتمّ التعرُّف إليه باستخدام المُخطَّطات الكروموسومية.



الشكل 7-6 مخطط كروموسومي يُظهر توزيعًا غير طبيعي للكروموسومات عند الزّوج رقم 21

يرتبط كل مرض وراثي باختلال في كروموسوم محدد خاص به.

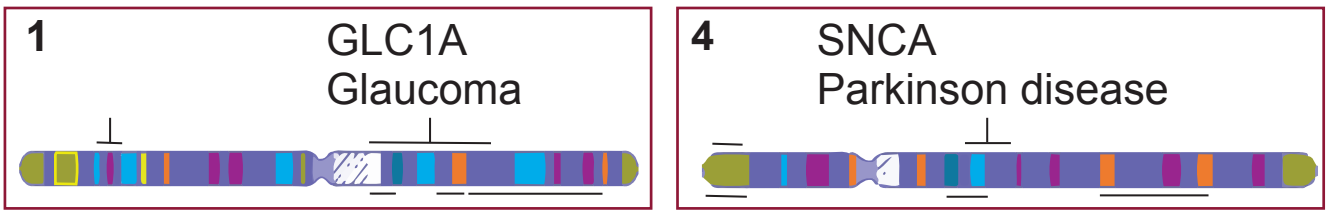
بات واضحًا، من خلال إنشاء مكتبة للمُخطَّطات الكروموسومية للسكّان، أنَّ بعض الحالات الطبّية كانت مُرتبِطة بخلل في كروموسوم مُحدَّد، وقد تمثّل ذلك أحيانًا بوجود كروموسومات إضافية (التثلُّث الصبغي، مثلًا)، و وجود كروموسومات مُشوَّهة في أحيان أخرى. وتتمثّل الخطوة المنطقية التالية في فحص كروموسومات الأفراد ومقارنتها مع المُخطَّطات الكروموسومية الطبيعية، لفهم تلك الحالات بشكل أفضل.

الأمراض الوراثيّة Genetic diseases

الأمراض الوراثية Genetic diseases: هي الحالات التي يمكن إرجاعها إلى اختلالات واضحة في كروموسومات الفرد.

وجد العلماء أنَّ كل كروموسوم يتكوّن من مجموعات محدّدة من تسلسل أزواج القواعد النيتروجينية المعروفة باسم الجينات، فعلى سبيل المثال الكروموسوم رقم 1 يتكوّن من أكثر من2000 جين مفرد ويتضمن مايقرب من 249 مليون زوج من القواعد النيتروجينية.

تم تجميع الخرائط الجينية للكروموسومات التي حُدّدت فيها مواقع جينات مُعيَّنة، بالإضافة إلى بعض الحالات الناتجة عن طفرات في تلك الجينات (**الشكل 7-7**).



الشكل 7-7 شكل توضيحي للكروموسومين 1 و 4 يظهر مواقع الجينات المسؤولة عن مرض الجلوكوما وباركنسون على الكروموسومات.

ومن أجل تحديد هذه المناطق تتمّ دراسة تسلسُل الكروموسوم رقم 1 لدى عدد من الأفراد: بعضهم يعانون من مرض الجلوكوما وبعضهم الآخر لا يُعاني. ثم مقارنة تسلسُل DNA في جميع الأفراد، والبحث عن الاختلافات التي كانت موجودة في مرضى الجلوكوما فقط، في نهاية المطاف، تمّ العثور على اختلافات في الجين GLC1A على الكروموسوم 1 وهي مُرتبطة بالإصابة بمرض الجلوكوما.

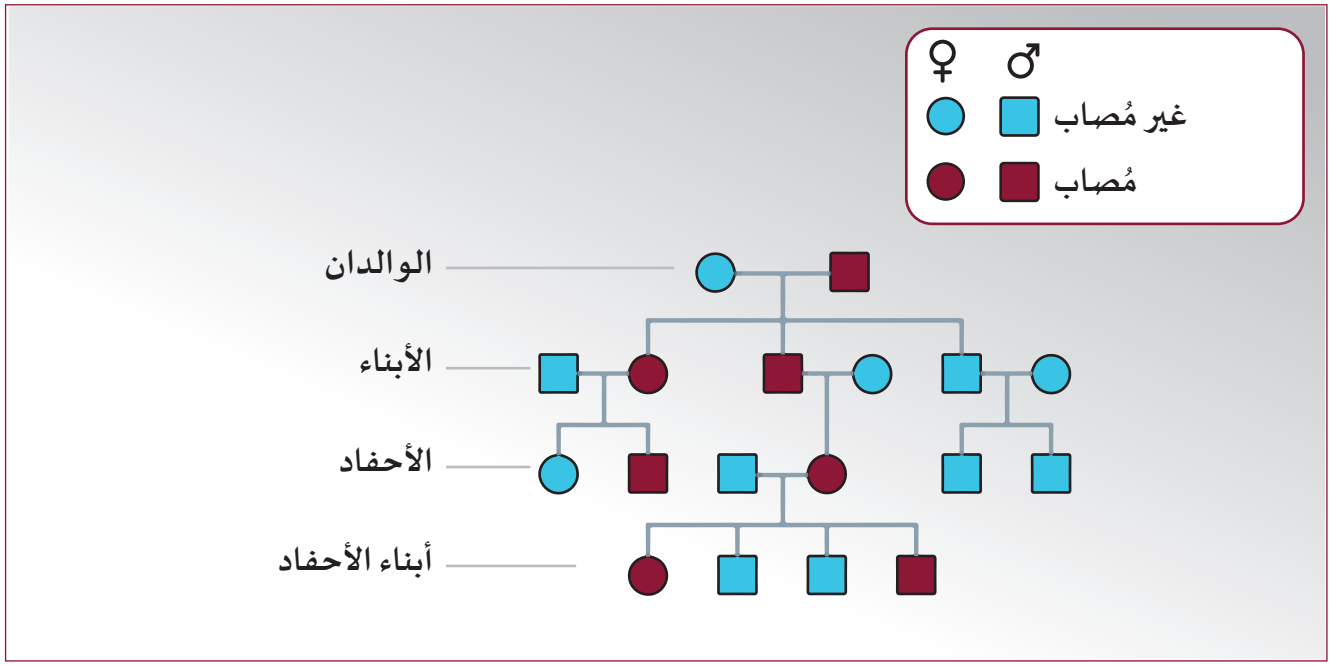
الأمراض أحادية الجين

الاضطراب المندلي Mendelian disorder : هناك 10,000 حالة اضطراب يتسبب بها جين واحد فقط ومن الأمثلة عليها: بيتا-ثلاسيميا، التليُّف الكيسيّ، مرض فقر الدم المنجلي، مرض الوهن العضلي، ومرض هنتنغتون. من الجدير بالذكر أنَّ هذه الأمراض غير شائعة، وهي تنتقل من الآباء إلى الأبناء.

تترتّب الكروموسومات في أزواج ويحصل الإبن على أليل واحد من الأب وعلى أليل آخر من الأم.

معلوم أن بيتا-ثلاسيميا مرض نادر في الدم، وهو يحدث نتيجة طفرة في جين HBB الذي يقع على الكروموسوم رقم 11. إنه مرض أحادي الجين. تَنتج الحالات الجينية الأخرى بسبب العديد من العوامل، ولا يمكن إرجاع أسبابها إلى جين واحد، بل إلى مجموعة من الجينات.

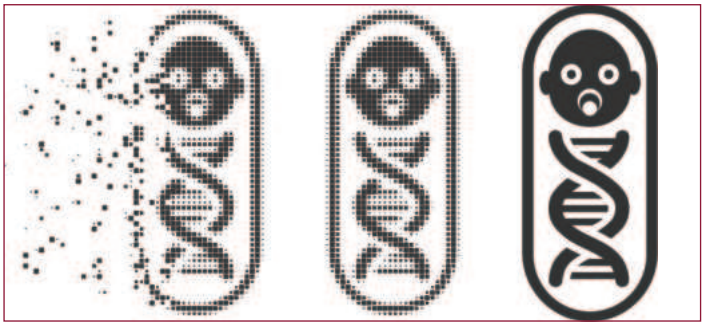
جينات الكروموسومات الجسمية السائدة Autosomal dominant تعني أنّ الابن يحتاج فقط إلى أليل واحد ليصاب بالمرض. فإذا كان أحد الوالدين يُعاني من الاضطراب، فإنَّ هناك احتمالًا قد يصل إلى 50% أن يُصاب كل طفل من أطفالهما بالاضطراب أيضًا. وبما أنها جينات موروثة، فإنَّ من السهل توقُّع كيفية انتقالها إلى الأجيال القادمة (**الشكل 7-8**).



الشكل 7-8 مُخطَّط وراثي يوضح توارث الجينات الجسمية السائدة لمرض أحادي الجين من جيل لأخر.

وقد تساءل بعض الناس في الآونة الأخيرة: "هل يمكننا" إصلاح "الجين المعطوب قبل ولادة الطفل"؟ (**الشكل 7-9**).

إذا اعتبرنا أن ذلك التساؤل مشروع، فقد تكون الخطوة التالية هي المحاولة لتحسين جينات أخرى لولادة أطفال "أفضل". يضيف هذا الأمر أسئلة أخلاقية في مجال الجينوم.



الشكل 7-9 اختبارات الجينوم في الأجنّةيطرح أسئلة أخلاقية.

الاضطرابات الوراثية المُعقَّدة

تتأثَّر **الاضطرابات الوراثية المُعقَّدة Complex genetic disorders** بعدد من الجينات المحمولة على الكروموسومات المختلفة، وبعدد من العوامل البيئية ومن الجدير بالذكر أنَّ مُعظم الاضطرابات الوراثية تكون مُعقَّدة، وهي تشمل أمراض القلب والتوحُّد والسكَّري والزهايمر والربو وباركنسون.

يبدأ تشخيص المرض الوراثي بزيارة الطبيب للإبلاغ عن الأعراض حيث يتمّ تسجيل التاريخ العائلي، وقد يُطلب إجراء فحوص للدم.

مع تطوُّر التكنولوجيا وانخفاض التكاليف، قد يصبح الفحص الجيني المُنتظِم شائعًا، فيمكن تشخيص الحالات قبل ظهور الأعراض، مما يسمح ببدء العلاج قبل أن يتطوّر المرض لدى المريض.

قد تبتكر مُنشأة رعاية صحّية حديثة علاجًا مُحدَّدًا يناسب الجينوم الخاصّ بك (**الشكل 7-10**). وقد تنجح تركيبة دوائية مُحدَّدة، مع اعتماد نظام غذائي وممارسة تمارين رياضية، في منع ظهور المرض.

الشكل 7-10 استخدام الأطباء المعلومات الجينية لوضع التراكيب الدوائية (لتصميم العلاج).

الجينوم Genome

الجينوم Genome هو مصطلح يُستخدَم لتمثيل الشيفرة الوراثية الكُلّية للفرد. ولتحديد الجينوم يجب أن يكون هناك كثير من الأفراد في المشروع. وكلّما كان هناك المزيد من الأفراد، كانت الصورة أوضح لتسلسُل القواعد في DNA، وللتباينات الفردية الطبيعية في التّسلسل. إن معرفة التباين الطبيعي أمرٌ ضروريٌّ لتحديد أيّ الاختلافات في تسلسل DNA الفرديّ، هي الّتي قد تكون مسؤولة عن مرض وراثيّ معيّن.

كيف سيكون رد فعلك إذا اكتشفت أن لديك استعدادًا للإصابة بمرض وراثي خطير؟

إذا علمتَ أن لديك استعدادًا وراثيًا للإصابة بأمراض القلب، فقد يدفعك ذلك إلى التخطيط لنمط حياة تُقلِّل من عوامل الخطر الأخرى. يتمّ عمل الخرائط الجينية في المؤسسات التي تهتم بشؤون الصحة.

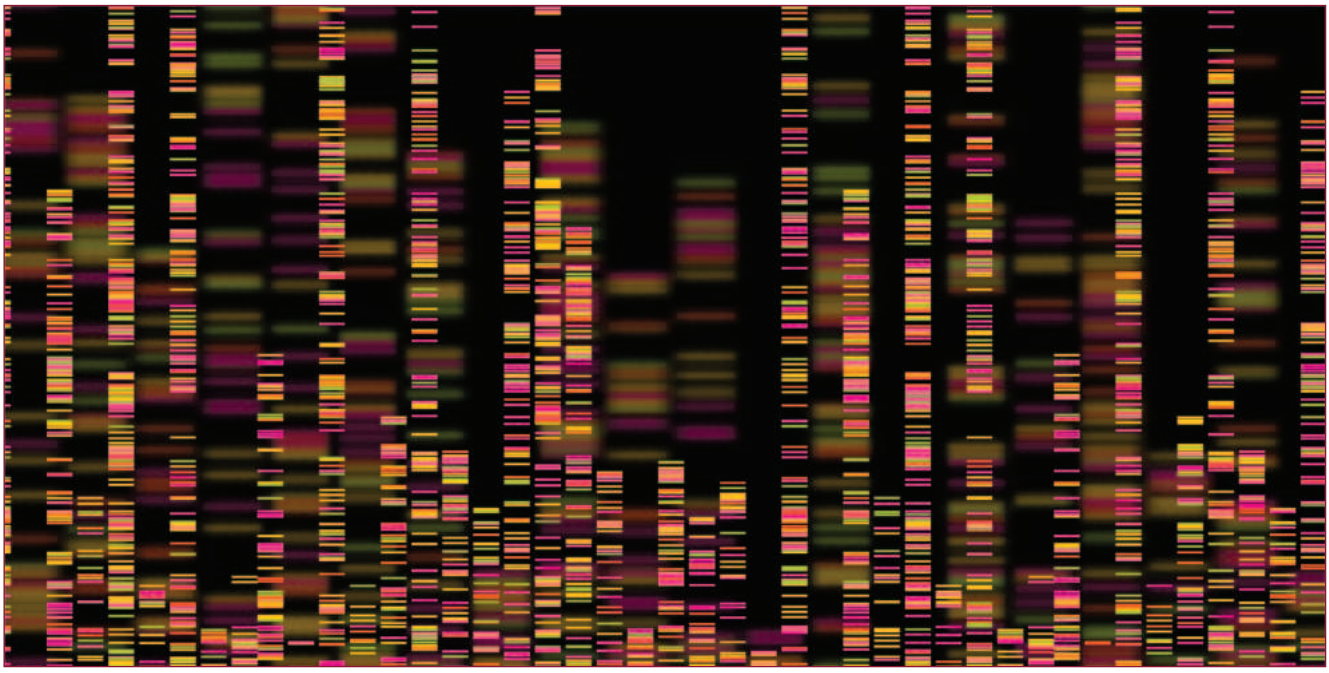
تساعد خريطة الجينوم الكاملة الشخص على التعامُل بشكل أفضل مع كثير من الاضطرابات الوراثية. ويواصل الأطبّاء والباحثون الطبيّون فحص الجينوم بحثًا عن "المُحفّزات"، أي المواد الكيميائية البيئية التي من شأنها تنشيط بعض الجينات وهم يبحثون أيضًا عن مواد كيميائية لمنع تنشيط جين مُعيّن ويمَكّننا العثور على هذه المفاتيح من السيطرة على الجين (**الشكل 7-11**).

الشكل 7-11 خريطة الجينوم.

برنامج الجينوم القَطَري

تمكَّن برنامج الجينوم القَطَري (QGP) من جمع ما يزيد على 18،000 جينوم كامل للأفراد حتى الآن، مع توقُّع ارتفاع هذا العدد. تتيح هذه المجموعة من البيانات للباحثين فهم جينوم السكّان فهما أفضل في المنطقة، وتُساعدهم على تشكيل سياسة العلاج الطبي للمنطقة. يحتوي هذا البرنامج ذو المستوى العالمي على بعض التوجيهات القيادية الآتية:

- العمل مع قَطَر بيوبنك Qatar biobank، لدراسة مجموعة كبيرة من العيّنات والمعلومات الصحيّة عن السكّان المحلّيين.
- استخدام المرافق المحلّية لتشجيع البحث والباحثين.
- تكوين شراكات مع الجامعات والمُستشفيات.
- تزويد السكان بأحدث خدمات الرعاية الصحّية المتاحة.
- الإسهام في تقديم المشورة بشأن السياسات واللوائح المُتعلِّقة بالصحّة.
- بناء شبكة وطنية لبيانات الجينوم.
- دمج الاكتشافات الجينومية والاستراتيجيات في التطبيقات السريرية العملية.



الشكل 7-12 رسم بياني لتحليل البيانات الضخمة لمعلومات الجينوم.

يُعدّ **تحليل البيانات الضخمة Big data analytics** عملية مُعقَّدة لفحص مجموعات البيانات الكبيرة، بهدف إيجاد الأنماط والارتباطات (**الشكل 7-12**). يجب أن يعتمد أي برنامج جينوم على تحليل البيانات الضخمة. يتطلّب ذلك الأمر أجهزة كمبيوتر سريعة ذات سعة كبيرة ومبرمجين مؤهلين للتعامل مع تلك الأجهزة.

نشاط 7-1 برنامج الجينوم القَطَري

سؤال الاستقصاء	ما هو برنامج الجينوم القَطَري؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية، مواد إنتاج شريط مُصوّر، مواد قرطاسية فنية .

خطوات التجربة

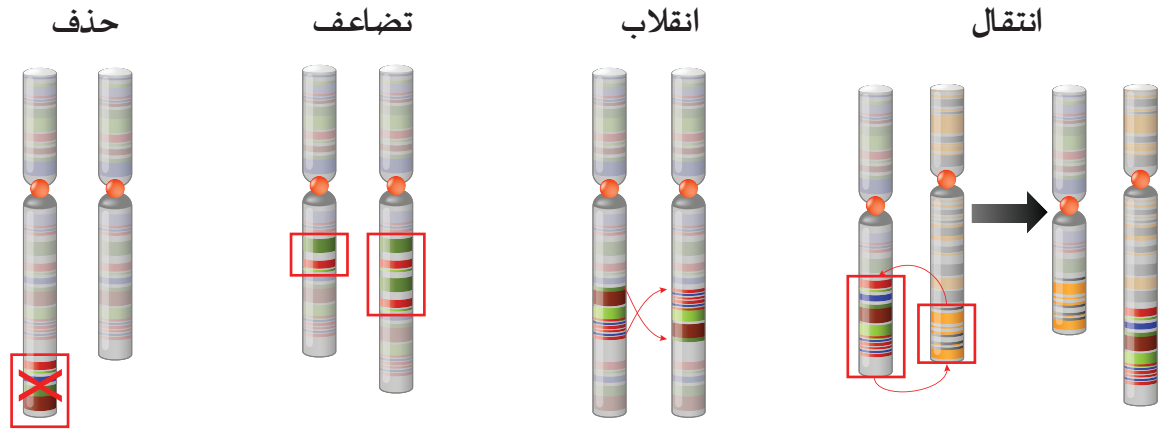
1. اعمل ضمن مجموعات صغيرة.
2. ابحث في برنامج الجينوم القَطَري.
3. خطّط لإنتاج شريط مُصوَّر يشرح هذا المشروع المُثير لاهتمام الطلاب الآخرين في المدرسة.
   - تذكّر أن الطلاب قد لا يمتلكون الخلفية التي تمتلكها. قدم المعلومات ببساطة.
   - استخدم لوحة القصة لتخطيط إنتاج شريطك المُصوَّر.
4. اشرح ما هي محتويات المشروع.
5. اشرح طريقة استخدام المعرفة المكتسبة لتحسين الصحّة والعافية في المجتمع القَطَري مُستقبَلًا.
6. استخدم المُخطَّطات والنماذج حيث ترى ذلك مُلائمًا.
   - يتضمّن الكثير ممّا تشرحه أشياء صغيرة جدًّا قد تصعب رؤيتها. يُساعد النموذج على جعل الأشياء أكثر وضوحًا.
   - تسهم وحدات البناء المُتشابِكة المُلوَّنة في بناء نموذج.
7. يستطيع الطلاب زيارة الموقع الإلكتروني http://qatargenome.org.qa لدعم بحوثهم.

الأسئلة

a. كم مضى على وجود برنامج الجينوم القَطَري؟
b. ما الغرض من قَطَر بيوبنك؟
c. ما الفرص المُتاحة أمام الطلاب للعمل كمُتدرّبين في برنامج الجينوم القَطَري؟
d. ما هو مستوى التعليم المطلوب لتكون باحثًا في برنامج الجينوم القَطَري؟

تحديد تسلسُل DNA للخلايا السرطانية

عندما يتمّ تضاعف الخلايا، قد تحدث **طفرات Mutations** أو أخطاء أثناء نسخ الجينات من الكروموسوم الأصلي إلى الكروموسوم المُضاعَف (**الشكل 7-13**). غير أنَّ معظم تلك الطفرات لا يكون لها تأثير في الجسم. ومع ذلك، وفي بعض الحالات، تُسبِّب الطفرات الكروموسومية سلوكًا غير طبيعي في انقسام الخلايا، مثل السرطان.



الشكل 7-13 أنواع الطفرات الكروموسومية.

- عرف العلماء أن عددًا قليلًا جدًّا من الطفرات الجينية تؤدي إلى الإصابة بالسرطان،بعضها ذو خصائص يمكن التعرُّف إليها.
- ترتبط الطفرات في جين EGFR، بكثير من سرطانات الرئة غير صغيرة الخلايا. تتوافر أدوية تستهدف على وجه التحديد هذه الجينات. وعندما يتمّ اكتشاف الطفرات، تستطيع الأدوية السيطرة على الحالة قبل أن تُصبح مُدمِّرة.
- **الخزعة Biopsy** هي الجزء الذي يقوم الطبيب بإزالته من الورم بهدف اختباره. ولكن هناك صعوبة للوصول الى بعض الاورام ليتم اختبارها، فضلًا عن أنّ هناك ضرورة لإجراء اختباراتُ متعدِّدة أثناء العلاج. يُطلق الورم DNA في الدم، ومن خلال تحديد تسلسُل DNA من الدم، يستطيع الأطبّاء أن يتابعوا التغيُّرات التى تحدث في الورم. تُعرَف هذه الخزعةباسم الخزعة السائلة، وهي تسمح بمراقبة الورم باستمرار.
- يساعد تحديد تسلسل DNA على تحديد المرضى المُرشَّحين لعلاجات مُحدَّدة وقد يُشجع هذا على إجراء التجارب السريرية، وابتكار العلاجات الجديدة.
- تنطوي الطفرات في الجينين BRCA1 أو BRCA2 على مخاطر كبيرة لبعض السرطانات الموروثة. بمقدور المُشخَّصين اتخاذ تدابير وقائية للتقليل من مخاطر تلك السرطانات.
- الكشف عن الأورام باستخدام تحديد تسلسل DNA يسمح للأطباء ببناء قاعدة بيانات واسعة من عيّنات أنسجة الورم من أجل فهم أفضل للآليّات التي تُسبِّب السرطان، والعلاجات التي يمكن أن تُسهِم في السيطرة عليه.

اختبار DNA الشخصي

طوال العقد الماضي، بدأ الناس يدفعون المال للحصول على تسلسُل الجينوم الخاصّ بهم. و تسمح الأدوات بأخذ عينات DNA في المنزل وإرسالها إلى واحدة من الشركات المختلفة الظاهرة في **الشكل (7-14)**.

الشكل 7-14 الأدوات البسيطة المستخدمة لتجميع عينات DNA.

بعد أن جرى في البداية، تسويق البيانات كطريقة لتحديد أصل الفرد بناءًا على تحديد تسلسل DNA المُميّز، وسرعان ما أصبحت البيانات أكثر تفصيلًا.

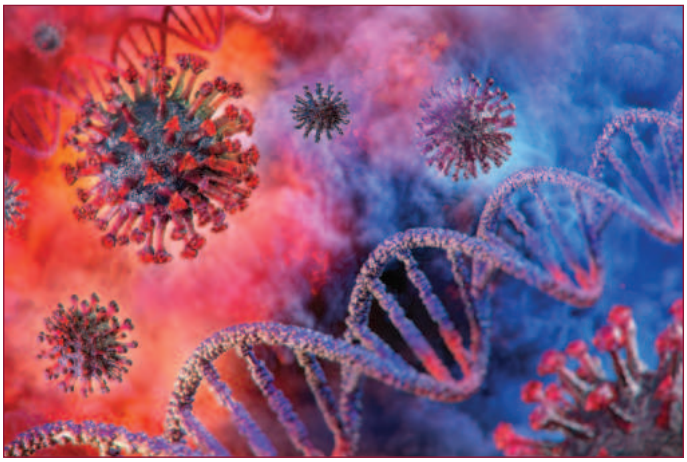
وعندما بدأ استخدام أدوات تحديد تسلسُل أكثر دقة، بدأت البيانات بالكشف عن طرز جينية مُحدَّدة واحتمال تطور أمراض، مثل مرض السكَّري وأمراض القلب. وقد أحدثت بعض هذه البيانات ذُعرًا للأفراد الذين يتلقّون التقارير من دون استشارة طبّية مُناسِبة.

بدأت هذه الشركات المعنيّة، ببيع مجموعات البيانات الضخمة الخاصّة بها لمؤسسات الأبحاث حول العالم وقد أفضى ذلك إلى نتائج مُذهِلة فيما كان تحليل البيانات الكبيرة يكشف عن تحليل الروابط الجينية لمجموعة من الحالات الطبّية.

أدى ذلك أيضًا إلى زيادة الوعي بإمكانية استخدام المعلومات الجينية لاختيار الموظفين الصناعيّين، مع تفضيل أولئك الذين ليس لديهم استعداد للإصابة بأمراض خطيرة، وتتمّ في الوقت الراهن كتابة قوانين لمنع التمييز على أساس الطراز الجيني.

كوفيد-19 COVID-19

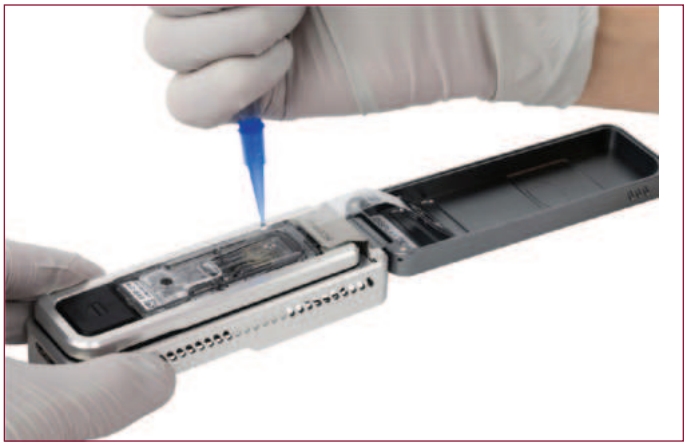
تمّ في نهاية العام 2019، اكتشاف إصابة البشر بسلالة قاتلة من الفيروس التاجي (الشكل 7-15) الذي انتشر بسرعة عبر العالم. كيف أسهم استخدام سَلسَلة الجينوم في تتبُّع انتشار COVID-19 وفهمه في الأشهر الأولى؟



الشكل 7-15 رسم بياني لفيروس كورونا ولتحديد تسلسُل الـ DNA.

عندما تمّ التعرُّف إلى فيروس SARS-CoV-2 لأوَّل مرَّة، كان مُهمًّا تتبُّع كيفية انتشاره بسرعة هائلة.

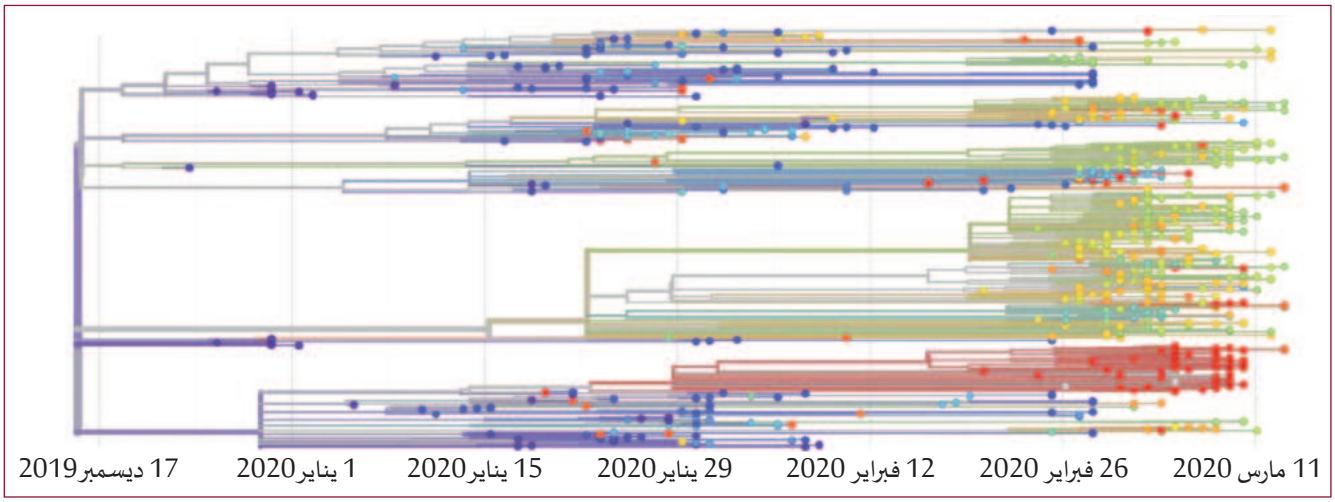
تمّ استخدام جهاز تحديد تسلسُل DNA / RNA المحمول باليد، والذي يحدد تسلسل الجينوم (**الشكل 7-16**)، ويتمّ تحميل البيانات على كمبيوتر، ثم نقلها فورًا إلى قاعدة بيانات دولية.



الشكل 7-16 جهاز تحديد تسلسُل RNA/DNA.

وقد تمّ الكشف عن طفرات طرأت على الفيروس ولوحظ أنَّ الناس في بعض المناطق قد أصيبوا بالفيروس مع طفرات مختلفة.

ثم تم تتبُّع الفيروس و إثبات آليّات انتقاله بناءً على الشجرة التطورية (**الشكل 7-17**). وفُرضت قيود على السفر إلى المناطق المُشتَبه بكونها مصدرًا للفيروس والهدف من ذلك تقليل انتشار العدوى.



الشكل 7-17 تُبيّن الشجرة التطورية لجينوم COVID-19 التي استنبطت من السلالة الجديدة.

تقويم الدّرس 7-1

1. كم عدد أزواج الكروموسومات التى يمتلكها الإنسان؟
   a. 22
   b. 23
   c. 44
   d. 46

2. ما نوع المعلومات التي يتمّ فحصها باستخدام تحليل البيانات الضخمة؟
   a. قائمة طويلة من الأرقام
   b. عدد من مسائل الرياضيات التي تتطلّب الجبر
   c. مجموعات كبيرة من البيانات ذات تركيز مُحدَّد وهدف مُحدَّد
   d. مجموعات كبيرة من البيانات بدون نمط واضح، أو علاقة مُترابِطة واضحة

3. إذا كان أحد والديك يُعاني من اضطراب مندلي سائد، وكان اثنان من إخوتك مُصابَيْن، فما احتمال أن يولد شخص آخر مصاب لهذه العائلة؟
   a. 25%
   b. 33.3%
   c. 50%
   d. 100%

4. ما دور الكروموسومات داخل الخلايا البشرية؟

5. ما هي التوجيهات المختلفة لبرنامج الجينوم القَطَري؟

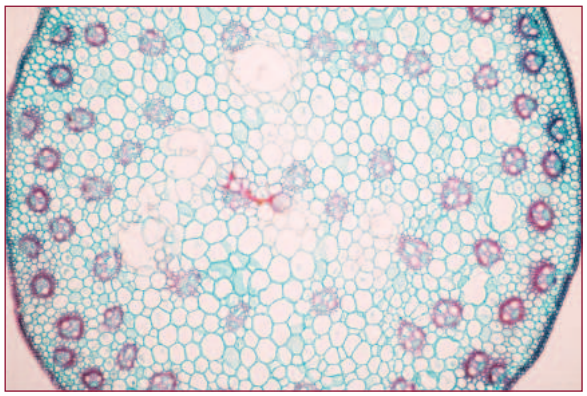
6. اذكر بعض الأمثلة على الاضطرابات المندلية.

7. ما المشكلات التي قد تظهر عند إصلاح جين مسؤول عن اضطراب مندلي في المراحل الجنينية؟

8. اذكر أحد مميزات الوصول إلى المؤشر الوراثي للسرطان قبل ظهور الأعراض الفعلية.

الدرس 7-2
الخلايا الجذعية
Stem Cells

درست سابقا أنّ جميع الخلايا لها وظائف مُحدَّدة. عندما رأينا لأوَّل مرَّة الخلايا النباتية تحت المجهر (**الشكل 7-18**) استطعنا تحديدها بناءً على شكلها وموقعها، ومعرفة وظيفة كل خلية في النبات. تعلَّمنا كيف تنقسم الخلايا لإنتاج نسخ عنها، ما يسمح بنموّ النباتات.



الشكل 7-18 الخلايا النباتية.

إذا فكّرت في عملية النموُّ والتطوير، تجد أنّنا جميعًا قد بدأنا بخلية واحدة فقط، قبل أن تبدأ كل خلية بالتمايز يكون لديها القدرة على أن تكون أي نوع من الخلايا، والتي يطلق عليها اسم الخلايا الجذعيّة. وهي نوع فريد من الخلايا التي أصبحت محور بحث.

يمكن أن تحقق علاجات الخلايا الجذعية ، إلى جانب تسلسل الحمض النووي ، تطورات مهمة في الطب.

مخرجات التّعلُّم

GB1206.3 يصف أنواعًا مختلفة من علاجات الخلايا الجذعية، ويناقش بعض القضايا الأخلاقية التي ينطوي عليها الأمر.

GB1206.4 يشرح أهمية استخدام تسلسُل الحمض النووي (DNA) لمساعدتنا على فهم المفاتيح الجينية التي تنتج خلايا متخصصة من أجل نجاح علاجات الخلايا الجذعية في المستقبل.

المفردات

Stem cells	الخلايا الجذعية
Embryonic stem cells	الخلايا الجذعية الجنينية
Blastocyst	الكيسولة البلاستولية
Somatic stem cells	الخلايا الجذعية الجسمية
Induced pluripotent stem cells	الخلايا الجذعية المُستحَثَّة ذات القدرات المُتعدّدة
Regenerative medicine	الطب التجديدي

حجر الفلاسفة

هل يمكن أن يصبح السحر علمًا؟

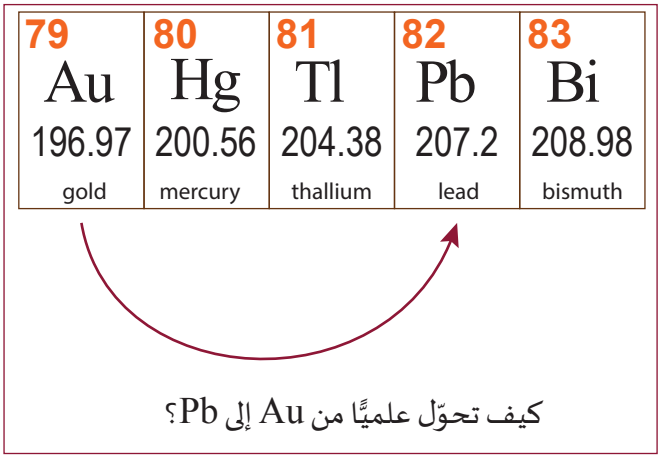
ظلَّ الكثيرون حتى اكتشاف أوَّل عُنصر كيميائي حقيقي في العام 1639، يعتقدون أنَّ كلَّ المواد تتكوَّن من مزيج من الهواء والنار والماء والتراب. وهذا ما كان يُفسِّر التجارب المألوفة عندما لا يُنظَر إليها بعمق فالخشب يحترق ليصبح رمادًا (ترابًا) ودخانًا (نارًا وهواء).

الشكل 7-19 مختبر الخيميائيين.

افترض أنَّ كل المواد هي مزيج من النار والهواء والماء والتراب. يعني ذلك إمكانية تحويل الرصاص إلى ذهب، فكلاهما من المعادن الثقيلة والطرية. كان حجر "الفلاسفة" مادة أسطورية يمكنها تحويل الرصاص إلى ذهب وقد أجرى العُلماء الأوائل الذين كانوا يسمَّون الخيميائيين تجارب لمحاولة العثور على حجر الفلاسفة (**الشكل 7-19**).

الشكل 7-20 الكيميائيّون المُعاصِرون.

لم ينجح الخيميائيون قط، ولكن تجاربهم المباشرة أدّت إلى نشأة الكيمياء الحديثة! الخيمياء مثال على تطوُّر السحر ليصبح علمًا.



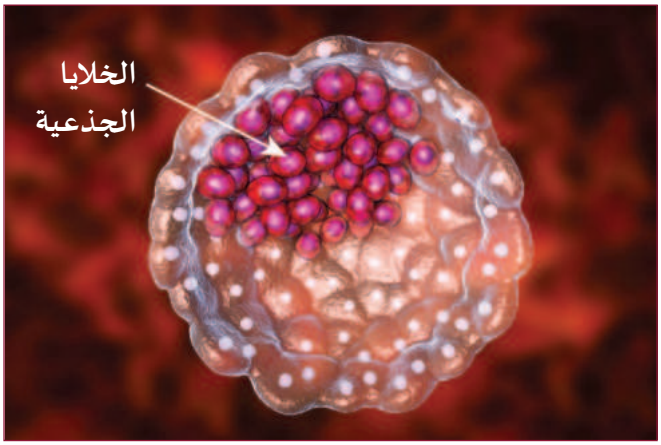
الشكل 7-21 عناصر الذهب والرصاص على الجدول الدوري.

نعرف اليوم أن هناك 118 عُنصرًا،وأن كلّ ذرَّة مُكوَّنة من ثلاثة أنواع من الجُسيمات فقط، هي: الإلكترونات، والبروتونات والنيوترونات. تحتوي ذرّة الذهب على 79 بروتونًا، وتحتوي ذرّة الرصاص على 82 بروتونًا.

- ابتكر سلسلة من الخطوات لتحويل الرصاص إلى ذهب.
- يجب في كل خطوة أن تضيف بروتونًا واحدًا أو تطرحه.
- ما العناصر التي تُصنع أثناء التجربة؟
- هل تكون بعض الذرّات الوسيطة مُشِعّة؟
- ابحث في كيفية تحويل التجارب الحقيقية الرصاص إلى ذهب.

الخلايا الجذعية

الخلايا الجذعية Stem cells هي خلايا ليس لها خصائص مُحدَّدة، ولكنها تمتلك إمكانية التحول إلى أي نوعٍ من أنواع الخلايا، ويوجد نوعان من الخلايا الجذعية:

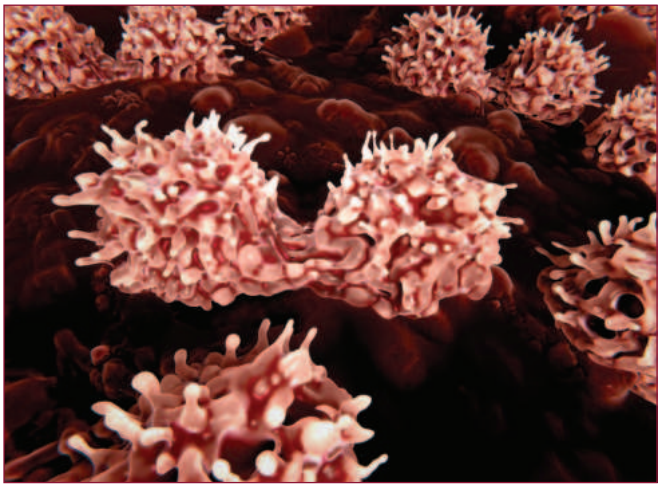


الشكل 7-22 كبسولة بلاستولية تظهر في داخلها الخلايا

1. **الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cells** هي الخلايا التي تتطوَّر من البويضة المُخصَّبة إلى أي نوع من الخلايا الجسمية. بعد الإخصاب، بما يقرب من أربعة إلى خمسة أيام، يكون عدد الخلايا الجنينية 150-200 خلية ويتمّ تشكيل تركيب يُسمّى **الكبسولة البلاستولية Blastocyst** (**الشكل 7-22**).تنمو الخلايا الخارجية لتصبح جُزءًامن المشيمة. أمّا الخلايا الداخلية، فتُكوِّن الخلايا الجذعية الجنينية، التي يمكن أن تنمو لتصبح جنينا كاملا. يمكن إنتاج **الكبسولات** عن طريق عملية التلقيح الاصطناعي (IVF) و عند نجاح عملية التلقيح، يمكن استخدام أية كمّية إضافية من الكبسولات لإجراء البحث. لكن الحصول على الخلايا الجذعية الجنينية البشرية يترافق مع كثير من التعقيدات الأخلاقية.
2. **الخلايا الجذعيّة الجسميّة Somatic stem cells**: يمتلك البالغون أيضًا خلايا جذعية توجد في جميع أنحاء أجسامنا، وهي متاحة لإصلاح الخلايا التالفة أو الميتة أو استبدالها. وهي أكثر تخصُّصًا لنوع مُعيَّن من الأنسجة. عندما تكون حالة الخلايا الجذعية الجسمية في الجسم في حالة غير مُحدَّدة، فإنّها تكون أكثر تخصُّصًا من الخلايا الجذعية الجنينية، ويصعب عزلها.

يمكن العثور على الخلايا الجذعية البالغة في الأنسجة الآتية:

- الجلد
- الكبد (**الشكل 7-23**)
- الدماغ
- نخاع العظم
- العضلات الهيكلية
- الدم والأوعية الدموية



الشكل 7-23 الخلايا الجذعية البالغة في الكبد.

وقد كان يُعتقد أنَّ الخلايا الجذعية البالغة ستتطوَّر فقط إلى نوع الأنسجة الموجودة بها إلا أنَّ بحثًا جديدًا أشار إلى إمكانية جعلها تتطور إلى أنواع أخرى من الخلايا أيضًا.

زراعة الخلايا الجذعية

تُعرَف الخلايا الجذعية الجنينية بأنها الأكثر فائدة، والأسهل نموًّا وتخزينًا في المختبر. لكن، بالنظر إلى القضايا الأخلاقية المرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية، يبحث العلماء عن مصادر أخرى للخلايا الجذعية. وقد تمّ تخليق **الخلايا الجذعية المُستحثّة متعددة القدرات** (IPSC) **Induced pluripotent stem cells** في المختبر باستخدام خلايا جلد الإنسان أو الخلايا الأخرى المُتخصِّصة بالأنسجة. يمكن جعل الخلايا الجذعية المستحثة متعددة القدرات تتصرَّف بشكل مشابه للخلايا الجذعية الجنينية.

هناك قضايا أخلاقية مرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية.

يقوم العلماء من أجل تنمية الخلايا الجذعية، بوضع خلايا جذعية بالغة أو خلايا جذعية جنينية في وسط نموّ مُتحكَّم به، حيث تنقسم من دون أن تصبح مُتخصِّصة. تتمّ رعاية الخلايا بعناية لتصبح سلالات خلايا جذعية، ثم يتمّ توسيع نطاقها وتخزينها (**الشكل 7-24**).

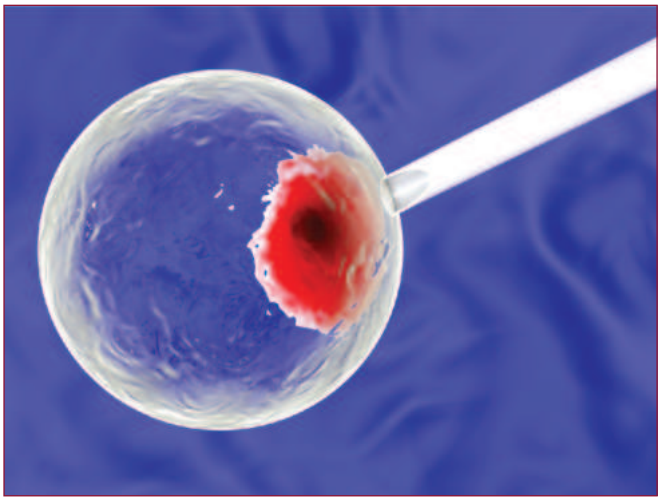
الشكل 7-24 تتمّ زراعة سلالات الخلايا الجذعية وتخزينها، بمشاركة مُختبَرات خاصة.

- وفّر تحديد تسلسل DNA الخلايا الجذعية قالَبًا يمكن استخدامه لمقارنة الأنسجة الأخرى.
- هناك "مفاتيح إيقاف وتشغيل" جُزيئيَّة" تعمل على تنشيط جينات الخلايا الجذعية أو إيقافها، والتي بدورها تؤثّر على إنتاج البروتينات المُهِمَّة، مثلًا: يمنع وجود جُزيء miR-673 في الخلايا الجذعية الجنينية للفأر إنتاج الإنترفيرون نوع I، وهو مُركَّب مُهِمّ في الاستجابة المناعية.
- أن تكون قادرة على تشغيل استجابة الخلية الجذعية، أو استجابات خلوية مماثلة، أو إيقافها قد يجعل منها عُنصرًا حاسمًا في علاجات الخلايا الجذعيَّة مُستقْبَلًا.

الطب التجديدي والخلايا الجذعيّة

يمتلك جسم الإنسان طرائق عديدة ليشفي نفسه بنفسه، إلّا أن هناك حدودًا لذلك.

إذا فقدتَ إحدى كليتَيك، فلن تنمو مُجدَّدًا. **الطب التجديدي Regenerative medicine** هو دراسة استخدام الخلايا الجذعية لنموّ الأنسجة. فإذا كان DNA مُناسبًا يتمّ حقنه في الخلية الجذعية (**الشكل 7-25**). يأمُل العلماء في تطور الخلايا ونموّها إلى الأنسجة المطلوبة، لتكون بديلة لزراعة الأعضاء.



الشكل 7-25 حقن الـ DNA في الخلايا الجذعية.

- يتمّ اختبار الخلايا الجذعية في التجارب السريرية لمُعالَجة إصابة الحبل الشوكي، وسرطان القولون والمستقيم، ومُشكلات البصر، وفيروس نقص المناعة البشرية/الإيدز، ومرض الزهايمر.
- ابتكر الباحثون خلايا تتصرَّف كأنسجة الكلى، يمكن أن تُسهم مُستقبلًا في علاج الأسباب الوراثية للفشل الكلوي.
- ابتكر عُلماء آخرون نسيجًا قلبيًّا وقد اكتشفوا أنه لكي تتطور بشكل فعّال يجب "تمرين" تلك الأنسجة، لذلك طوَّر المهندسون شريحة كمبيوتر تخدم هذا الغرض، وبعدها ابتكروا "قلب على شريحة" يُضاعف أنسجة القلب الطبيعية، ولكن على قياس صغير.
- تستطيع العظام أن تشفي نفسها بنفسها، ولكن هناك أمراضًا وراثية توقف تشغيل خلايا الإصلاح. يستخدم الباحثون الخلايا الجذعية لدراسة مادة تُحفِّز الخلايا العظمية على إصلاح العظام مرَّة أخرى.
- يعمل العُلماء، بهدف معالجة مرض السكّري، على إنشاء خلايا جذعية مُصحَّحة جينيًّا يمكن أن تتطور إلى خلايا مُنتِجة للأنسولين. يهدف ذلك إلى إعادة الخلايا المُعدَّلة جينيًّا إلى الجسم، لعكس حالة مرض السكَّري.
- يستخدم الأطباء، الذين يعالجون الشفة الأرنبية والتشوّهات الأخرى، الخلايا الجذعية التي يتم الحصول عليها من اللب الداخلي للأسنان وقد نجحوا في تكوين الخلايا التي تولِّد عظمًا عالي الكثافة، ليتم الانتقال بعد ذلك إلى التجارب السريرية لإصلاح إصابات الرأس الأخرى المُتعلِّقة بالعظام.

نشاط 7-2 الخلايا الجذعية

سؤال الاستقصاء	ما هي القضايا العلمية والأخلاقية المتعلقة ببحوث الخلايا الجذعية؟
الموادّ المطلوبة	مواد البحث، ومواد العرض.

خطوات التجربة

1. ابحث ضمن مجموعات صغيرة عن الأنواع المختلفة من علاجات الخلايا الجذعية والقضايا العملية والأخلاقية المتعلّقة بهذه التقنيات الجديدة.
2. تبحث كل مجموعة في جانب واحد من العلاج بالخلايا الجذعية، وتُعِدّ مُلصقًا حول هذا الجانب، مما يؤدّي إلى إنشاء معرض صفّي يُسلِّط الضوء على العديد من الفوائد المحتملة، والمشكلات المحتملة لبحوث الخلايا الجذعية والطب.
3. تشمل مجالات البحث ما يأتي:
   - ما هي الخلايا الجذعية؟
   - الاستخدام التقليدي للخلايا الجذعية في الطب: زراعة نخاع العظم.
   - إيجابيات وسلبيات استخدام الخلايا الجذعية متعددة القدرات في العلاجات.
   - إيجابيات وسلبيات استخدام الخلايا الجذعية البالغة في العلاجات.
   - إنتاج الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات (IPSC) وفوائدها المحتملة في الطب.
   - قضايا أخلاقية مؤيّدة ومعارضة للبحوث في استخدام أنواع مختلفة من الخلايا الجذعية في الطب.
   - الأهمّية المُحتَملة لاستخدام تحديد تسلسُل DNA لتحديد المفاتيح الوراثية في بحوث الخلايا الجذعية والطب.

الأسئلة

a. ما المشكلات الأخلاقية المرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية التي لا علاقة لها بالخلايا الجذعية الجنينية الحيوانية؟
b. لماذا لا يمكن استخدام الخلايا الجذعية الجنينية الحيوانية في البشر؟
c. لماذا أسهم تحديد تسلسل DNA في تقدّم بحوث الخلايا الجذعية بهذه السرعة؟

تقويم الدّرس 7-2

1. أين توجد الخلايا الجذعية الجنينية؟
   a. في خلايا الجلد
   b. داخل الكبسولة البلاستولية
   c. في خلايا نخاع العظام
   d. في خلايا الجزء اللبني من الأسنان

2. ما خصائص الخلايا الجذعية الجسمية؟
   a. يسهل العثور عليها في الجسم
   b. تمّ العثور عليها داخل الكبسولة البلاستولية
   c. يمكنها أن تتحوّل إلى أي نوع آخر من الخلايا
   d. تميل إلى أن تكون خاصَّة بنوع معيَّن من الأنسجة

3. أيٌّ ممّا يأتي يتم تخليقه من خلايا الجلد؟
   a. الخلايا الجذعية الجسمية
   b. الخلايا الجذعية للكبسولة البلاستولية
   c. الخلايا الجذعية الجنينية
   d. الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات

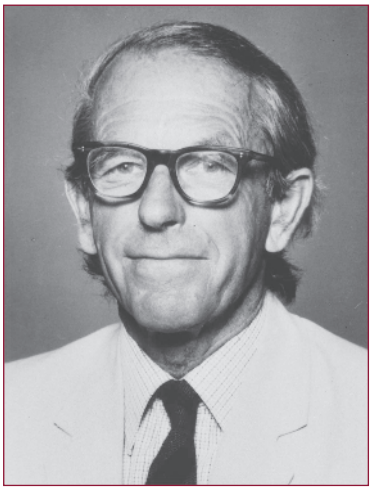
4. اذكر مثالَيْن على المشكلات الأخلاقية لاستخدام الخلايا الجذعية المأخوذة من الكبسولة البلاستولية.

5. ما دور الخلايا الجذعية الجسمية عند البالغين؟

6. ما هي مُميّزات فهم المحُفِّزات الجينية في الخلايا الجذعية؟

إضاءة على عالِم

فردريك سانجر Frederick Sanger: (1918-2013)



الشكل 7-26 فردريك سانجر.

فردريك سانجر (**الشكل 7-26**) عالِم كيمياء حيويّة إنجليزي، حاز مرّتين جائزة نوبل في الكيمياء. توفّي والداه بالسرطان وهو في أوّل عام له بجامعة كمبريدج. بدأ سانجر دراسته للحصول على الدكتوراه عام 1940. وكان أوّل مشروع له هو استقصاء القدرة على استخلاص بروتين قابل للأكل من العشب.وعندما ترك المُشرِف على سانجر كمبريدج، غيّر مشروعه إلى مسألة أكثر عمليّة تتناول محصول البطاطا، ودرس الحمض الأمينيّ اللايسين.

قد يكون ذلك بداية شغفه بالأحماض الأمينيّة ووظائفها. حاز سانجر جائزة نوبل عام 1958، لنجاحه في تحديد تسلسُل الأحماض الأمينيّة جميعها في جُزيء أنسولين الماشية. وبعد أن سبقه عالِم آخر في التعرّف إلى تسلسُل جُزيء RNA في الخميرة، حوّل سانجر اهتمامه إلى دراسة DNA.

ابتكر سانجر وفريقه تقنية لاستخدام الإنزيم DNA بوليميريز لتفكيك النيوكليوتيدات في DNA. وتمكّنوا، باستخدام الكهرباء في وسط هلاميّ خاص، من فصل وفرز نيوكليوتيدات الحمض الأمينيّ وفق حجمها. وقد أُنجز أوّل تحديد تسلسُل كامل لـ DNA أحادي السلسلة في جينوم جسيم فيروس T-4، في مختبر سانجر عام 1975. وقد احتوى جُزيء DNA هذا على أكثر من 5,400 نيوكليوتيد.

في العام 1980، تقاسم سانجر وولتر غيلبرت مع بول بيرغ جائزة نوبل في الكيمياء لإسهامهم في تحديد تسلسُل القواعد في DNA. دَرس بيرغ الكيمياء الحيويّة لـ DNA، وبخاصة DNA المُعاد تركيبه. وأشرف سانجر طوال حياته المهنيّة على كثير من طلاب الدكتوراة.

استمرّ سانجر في العمل على نحو جيّد إلى أن جاوز التسعين من عُمُرِه. حتّى إنَّه عمل مديرًا لمشروع الجينوم البشريّ. توفي سانجر أثناء نومه في كامبريدج، بإنجلترا عام 2013. وصف نفسه وصفًا موجزًا فحواه أنّه لم يكن "لامعًا أكاديميًّا، بل كان مجرّد فتى أثار فوضى في مختبر".

الوحدة 7

مراجعة الوحدة

الدرس 7-1: استخدام الجينوم

- **الكروموسومات Chromosomes** هي التراكيب التي تحمل الشيفرة الوراثية. و**المُخطَّطات الكروموسومية Karyotypes** هي صور لعدد تلك الكروموسومات وشكلها.
- تؤثّر **الأمراض الوراثية Genetic diseases** على الكروموسومات، إلّا أن هذا التأثير قد يُشكِّل جُزءًا صغيرًا من الكروموسوم فقط.
- يتضمّن **تحديد تسلسل DNA DNA Sequencing** ترتيب أزواج القواعد النيتروجينية في DNA .
- **الجينوم Genome** هو تسلسُل DNA الكامل لأحد الأنواع، أو الأفراد، ويتمّ اشتقاقه بمساعدة **تحليل البيانات الضخمة Big data analytics**.
- ينتج **الاضطراب المندلي Mendelian disorder** عن جين واحد. فإذا تطلّب إحداث الاضطراب أليلاً واحدًا فقط، قد يكون **كروموسوميًا جسميًا سائدًا Autosomal dominant**.
- **الاضطرابات الوراثية المُعقَّدة Complex genetic disorders** تشمل أكثر من جين واحد وبعض المُحفِّزات البيئية. هذه **الطفرات mutations** في الشيفرة الوراثية يمكن الكشف عنها بأخذ خزعة من الأنسجة المُصابة.

الدرس 7-2: الخلايا الجذعية

- **الخلايا الجذعية Stem cells** هي خلايا ليس لها خصائص مُحدَّدة، ولكنها تمتلك إمكانية أن تصبح أي نوعٍ من أنواع الخلايا.
- تم العثور على **الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cells** في **الكبسولة البلاستولية Blastocyst**.
- توجد **الخلايا الجذعية الجسمية Somatic stem cells** في جسم الشخص البالغ.
- يتم انتاج **الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات Induced pluripotent stem cells** باستخدام خلايا الجلد.
- يستخدم **الطب التجديدي Regenerative medicine** الخلايا الجذعية لإصلاح الخلايا التالفة أو استبدالها.

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدّد

1. ما المقصود بالمُخطّط الكروموسومي؟
   a. أنواع الكروموسومات التي يمتلكها الفرد
   b. شكل الكروموسومات في الخلايا
   c. صورة لشكل الكروموسومات في الخلايا
   d. صورة لعدد الكروموسومات وشكلها في الخلايا

2. ما هي حالة "التثلُّث الصبغي 21"؟
   a. يمتلك الشخص 21 كروموسومًا فقط
   b. يمتلك الشخص 21 كروموسومًا إضافيًّا
   c. ينقص الشخص نصف الكروموسوم 21
   d. توجد ثلاثة كروموسومات بدلًا من زوج في الكروموسوم 21

3. كم عدد الجينات التي تمّ العثور عليها في الكروموسوم 1؟
   a. مئتان
   b. ألفان
   c. 249 مليونًا
   d. 3 مليارات

4. أي من التالي يوضح المقصود بمصطلح الجينوم؟
   a. الشيفرة الوراثية الكلية للكروموسوم
   b. الشيفرة الوراثية الكلية لفرد
   c. الشيفرة الوراثية الخاصة لكروموسوم واحد
   d. الشيفرة الوراثية الخاصة لعدة أنواع مختلفة من المخلوقات

5. أيّ مما يأتي لا ينطبق على الاضطراب المندلي؟
   a. غير شائع.
   b. سببه جين واحد.
   c. يسهل توقّعه.
   d. عدد قليل جدًّا من الاضطرابات المعروفة هي مندلية المنشأ

6. ما الشيء الذي لم ينجح الطب التجديدي في علاجه حتى الآن؟
   a. معالجة إصابة الحبل الشوكي
   b. زراعة كلية بديلة
   c. تخليق أنسجة قلبية التي يمكن أن تنبض من تلقاء نفسها
   d. تخليق الخلايا التي تُولِّد أنسجة عظمية عالية الكثافة

الدرس 7- 1 استخدام الجينوم

7. ما الغرض من مكتبة المُخطَّطات الكروموسومية؟
8. ما الذي دفع العلماء إلى ربط بعض التشوُّهات بالكروموسومات؟
9. اكتب ما تعرفه عن قطر بيوبنك.
10. ما هي التكنولوجيا المطلوبة لإجراء تحليلات البيانات الضخمة على مجموعة البيانات؟
11. ما المقصود بالجين الكروموسومي الجسمي السائد؟
12. صف كيف تمّ نقل اضطراب مندلي معين عبر التاريخ.
13. إذا كان لديك اضطراب وراثي جسمي سائد مندلي، فما احتمال إصابة طفلك الأول بهذا الاضطراب؟
14. اذكر ثلاثة عوامل تُسبّب اضطرابات وراثية مُعقَّدة.
15. أعطِ ثلاثة أمثلة على "المُحفِّزات البيئية".
16. كيف يُساعد وجود خريطة جينوم كاملة لك الأطبّاء في علاج حالتك؟
17. ما التغييرات التي يمكن إجراؤها على نمط الحياة، إذا وُجد عند الشخص مَيل وراثي لأمراض القلب؟
18. ما المخاطر التي يتعرَّض لها الشخص إذا تمّ العثور على طفرة واحدة في جين واحد من جيناته؟
19. ما هي ميزة التحديد الدقيق للجين المسؤول عن السرطان؟
20. ما هي ميزة الخزعة السائلة؟
21. اعط مثالًا على طفرة شائعة موجودة في الجينات؟
22. حدّد المشكلة التي حدثت أثناء الحصول على معلومات جينية مُحدَّدة من اختبارات DNA الشخصية.
23. ما فائدة اختبار DNA الشخصي للمجتمعات الباحثة؟

الدرس 7-2 الخلايا الجذعية

24. اذكر بعض القيود المفروضة على الخلايا الجذعية الجسمية.

25. حدّد مزايا استخدام الخلايا الجذعية الجنينية.

26. ما المشكلة الأخلاقية التي يتمّ حلّها باستخدام الخلايا الجذعية المُستحَثَّة متعددة القدرات؟

27. ما ميزة تحديد تسلسُل DNA الخلايا الجذعية؟

28. ما الفوائد التي تمّ تحقيقها باستخدام الخلايا الجذعية في تخليق أنسجة كلوية؟

29. لماذا أنشأ المهندسون "قلبًا على شريحة"؟

الوحدة 8
التكنولوجيا الحيوية والكائنات الحية المعدّلة وراثيًّا
Biotechnology and GMOs

في هذه الوحدة

الدرس 8-1: التعديل الوراثي GB1207

الوحدة 8

مقدّمة الوحدة

تقوم الكائنات الحية بعمليات حيوية مذهلة من أجل البقاء والتكاثر، و من المعلوم أن هذه العمليات تبدأ من المادة الوراثية. في العام 2003، أكمل العلماء المشروع الهادف لتحديد تسلسل ثلاثة مليارات من أزواج القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري. فاكتشفنا بعض الإجابات، لكننا اكتشفنا أيضًا الكثير من الأسئلة الجديدة.

في العقد الماضي، حقق العلم تطورات غير عادية في تكنولوجيا تعديل DNA لبعض البكتيريا البسيطة، حيث وجد العلماء طريقة لجعلها تنتج الأنسولين. مع الاستمرار في التقدم العلمي، أصبحت التعديلات أكثر تعقيدًا كما في حالة انتاج اللقاحات الحالية للكوفيد 19 (COVID-19) من خلال الهندسة الجينية.

مع المعرفة الجديدة، تأتي إمكانية ظهور كائنات حية عن غير قصد ذات قدرات لم نرها ولم نتوقعها. سوف ندرس في هذه الوحدة التقنيات المستخدمة في الهندسة الوراثية وبعض القرارات والمشكلات الأخلاقية التي قد نواجهها في المستقبل باستخدام هذه التكنولوجيا.

الأنشطة والتّجارب

8-1 a نموذج لإنتاج الأنسولين

8-1 b استخدام الهندسة الحيوية لإنتاج الأدوية

الدرس 8-1

التعديل الوراثي
Genetic Modification

يقوم الإنسان بتهجين الحيوانات مثل الماعز منذ آلاف السنين (**الشكل 8-1**). تمّ تهجين الحيوانات قبل وقت طويل من اكتشاف الإنسان للحمض النووي DNA والأساس الجُزيئي للوراثة.

لدينا الآن طرائق معقدة لهندسة الكائنات الحية لإنتاج الأدوية، وإنتاج الفاكهة التي تدوم لفترة أطول، ولعلاج الأمراض. تُعرف هذه التكنولوجيا بالهندسة الوراثية، والتي أصبحت تطبق على البشر أيضًا.

الشكل 8-1 أربعة سلالات شائعة من الماعز من بين أكثر من 200 سلالة مستأنسة يتم تربيتها في أنحاء العالم.

مخرجات التّعلُّم

GB1207.1 يصف عملية التعديل الوراثي البسيطة، ويدرك أن طرق التحديث الجيني الأحدث والأكثر دقة والأقل تكلفة يتم تطويرها باستمرار.

GB1208.1 يناقش فوائد استخدام الكائنات الحية الدقيقة المعدّلة وراثيًّا في إنتاج الأدوية البشرية مثل الأنسولين وعوامل تخثر الدم لمرضى الهيموفيليا.

المفردات

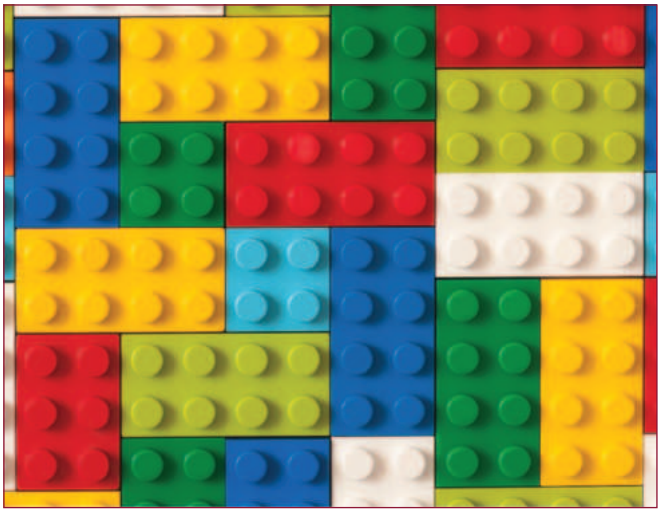
الهندسة الوراثية	Genetic engineering
DNA مُعاد التركيب	Recombinant DNA
البلازميد	Plasmid
الهندسة الحيوية	Bioengineering
البروتين الفلوري الأخضر، GFP	GFP, green fluorescent protein
المؤشر الحيوي	Biomarker
الناقل الفيروسي	Viral vector
الهيموفيليا(نزف الدم الوراثي)	Hemophilia
الاستنساخ	Cloning

مكعبات البناء

هل أنت على دراية بمكعبات البناء التي ترتبط معًا (الشكل 8-2)؟

هل قمت ببناء أي شكل باستخدام هذا النوع من مكعبات البناء؟

هل تفضل بناء الأشكال من خلال اتباع التوجيهات، أم بنائها بإبداع بطريقتك الخاصة؟



الشكل 8-2 مكعبات البناء (الليغو).

عندما طرح مخترعو مكعبات البناء مكعباتهم في الأسواق للبيع للمرة الأولى في العام 1954، أرفقوها بتعليمات لبناء منازل محدّدة. ولم يتخيّل مخترعو المكعبات أن الناس سيقومون بدمجها بطرائق جديدة. منذ ذلك الحين، تم استخدام المكعبات لإنشاء كل ما يمكن تخيله تقريبًا،وأقيمت حولها المسابقات العالمية (والكثير من الأفلام) للتشجيع على الإبداع.

باستخدام اثنين فقط من المكعبات الأساسية (النوع الذي يحتوي على 8 دبابيس)، يوجد 24 طريقة مختلفة لجمعها معاً. إذا كنت تستخدم ثلاثة، يكون هناك 1060 مجموعة ممكنة. مع ستة من المكعبات، فإن عدد المجموعات يمكن أن يرتفع إلى 915،103،765.

إن أخذ قطع DNA من إحدى الكائنات الحية ودمجها مع قطع DNA كائنات أخرى يشكّل قاعدة التعديلات الوراثية، ورغم أنه ليس سهلا فإنه يعطي نتائج مدهشة.

- **احصل على اثنين من هذه المكعبات وشاهد عدد الطرائق المختلفة التي يمكنك القيام بها لتوصيلها.**
- **حاول أن تجد جميع المجموعات الـ 24 المختلفة.**

الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية Genetic engineering تقنية حديثة يتمّ فيها نسخ أو نقل أو تعديل الجينات بهدف تعديل خصائص الكائن الحي أو تحسينها. يمكن تطبيق هذه التقنيات على التهجين الانتقائي، ولكنها تستخدم بشكل عام لوصف تقنيات تغيير DNA بهدف تغيير جينوم الكائن الحي.

تهدف الكثير من عمليّات الهندسة الوراثية اليوم إلى إنتاج محاصيل زراعية غنية بالمواد الغذائية أو جعلها أكثر مقاومة للجفاف أو الآفات (**الشكل 8-3**).

الشكل 8-3 هندسة الكثير من المحاصيل الغذائية وراثيًا.

تشمل تقنيات الهندسة الوراثية المستخدمة في الوقت الحاضر التالي :

- ربط DNA من كائن حي بـ DNA كائن حي آخر من نوع مختلف لنقل صفات نوع إلى نوع آخر.
- إزالة جزء من DNA لحذف أو تعديل صفة محددة في الكائن الحي.
- تغيير جزء من DNA لتغيير التعبير عن صفة معينة.
- تعديل DNA لتشغيل أو إيقاف التعبير عن جين واحد أو أكثر موجود بالفعل في الكائن الحي.
- وضع جينات "التتبع" الخاصة في الكائن الحي لدراسة وظيفة جينات محدّدة.
- إنشاء تسلسلات DNA جديدة تمامًا وغرسها في الكائن الحي لخلق صفات جديدة أو معدّلة.

تعتبر الهندسة الوراثية تقنية حديثة نسبيًا تعتمد على العلم الحديث سريع التطور حيث أصبح البشر قادرين على تغيير الكائنات الحية، إلّا أننا لا نملك المعرفة لخلق كائن حي جديد تمامًا.

يمكن للهندسة الوراثية اليوم تغيير الكائنات الحية الموجودة ولكن لا يمكن أن تخلق كائنات جديدة.

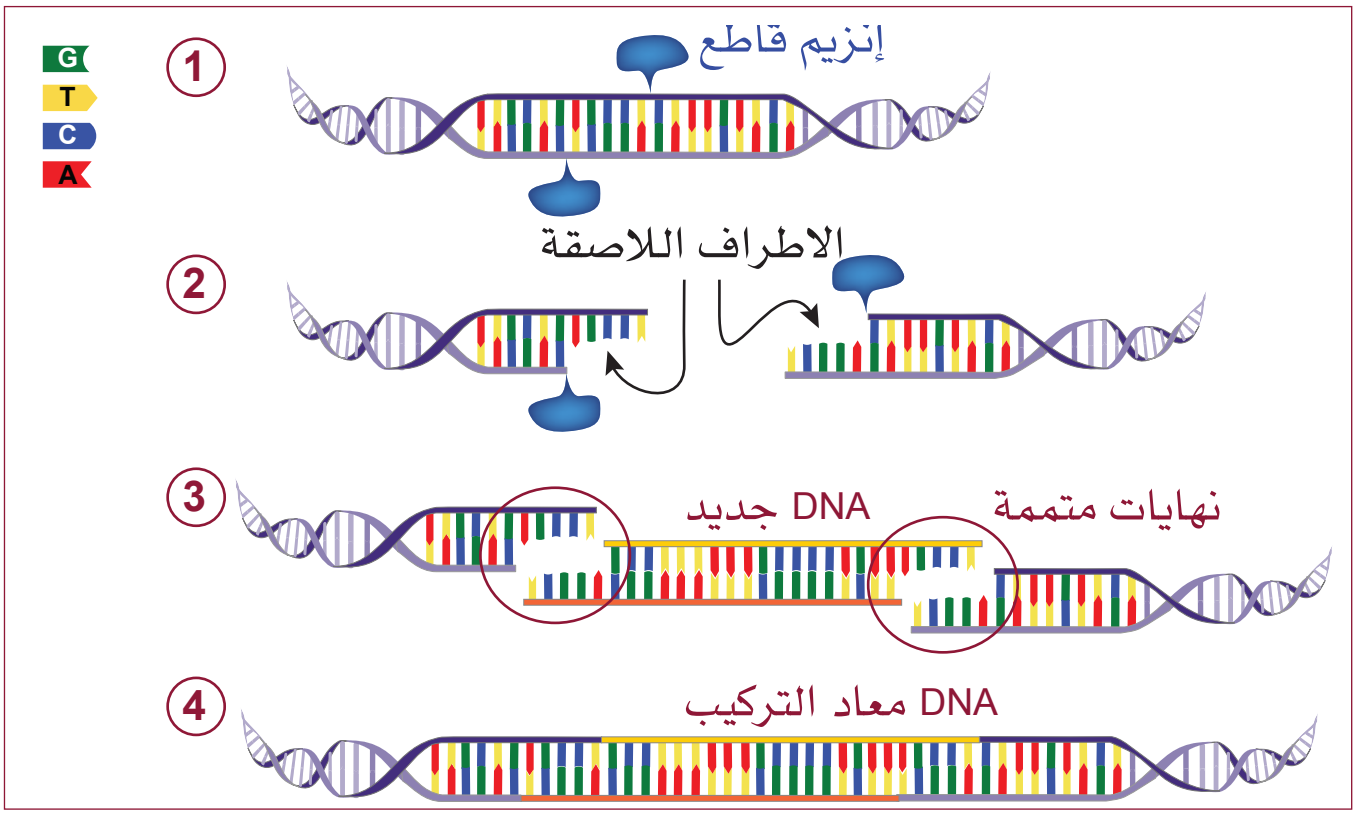
يمكن تطبيق الهندسة الوراثية على أي كائن حي وقد تم استخدام هذه الهندسة لتغيير وظيفة فيروس، وجعل الدجاجة تضع بيضا يحتوي على عقاقير لعلاج بعض الأمراض النادرة في البشر.

التقنية الأساسية للهندسة الوراثية

DNA المعاد التركيب **Recombinant DNA** هو DNA تم تعديله صناعيًاعن طريق الربط بين أجزاء من DNA من كائنات حية مختلفة.

خطوات نموذجية لتكوين DNA معاد التركيب (rDNA) (الشكل 8-4):

1. يتم استخراج DNA من الكائن المستهدف. تقطع إنزيمات قاطعة DNA عند تسلسلات محدّدة من أزواج القواعد النيتروجينية مختلفة من DNA.
2. يترك إنزيم القطع نهايات لاصقة في DNA المستهدف لتشكل نقاط الالتصاق مع جزء DNA الجديد.
3. DNA الجديد له نهايات تتمّم تسلسل أزواج القواعد النيتروجينية في (الأطراف اللاصقة) في DNA المستهدف، وهذا يسمح لـ DNA الجديد أن يلتصق في المكان المناسب مع DNA المستهدف.
4. ترتبط سلسلتا DNA معاد التركيب ثانية متضمنة DNA الجديد.



الشكل 8-4 خطوات تكوين DNA معاد التركيب (rDNA).

المشكلات التي تواجه تكوين DNA مُعاد التركيب:

- الحاجة إلى تحديد مكان إجراء التغيير في DNA بدقة متناهية.
- الحاجة إلى قطع DNA في المكان الصحيح وترك الأطراف المقطوعة مفتوحة للارتباط بقطعة DNA الجديدة.
- الحاجة إلى طريقة لربط DNA الجديد بالحمض الأصلي في المكان الصحيح.

تقنيات الهندسة الوراثية المختلفة

هناك كثير من التحديات لتطبيق الهندسة الوراثية ومنها:

- يجب أن يدخل DNA معاد التركيب إلى نواة الخلايا المضيفة حقيقية النواة أو يصبح جزءًا من عملية تضاعف DNA في الخلايا بدائية النواة.
- يجب التعبير عن DNA معاد التركيب كي يظهر تأثير الجينات الجديدة أو المعدلة على الرغم من أن أكثر من 90.% من الحمض النووي غير فاعل ولا تعبر عنه الخلية لذلك، لا بدّ من إيجاد الوسائل لضمان التعبير عن DNA معاد التركيب.

ناقلات الجينات

تقوم ناقلات الجينات بإدخال DNA معاد التركيب في الخلايا المستهدفة، و من أكثر الناقلات الجينية استخداماً:

a. **البلازميدات Plasmids**: هي DNA حلقي يوجد في البكتيريا له قدرة على التضاعف الذاتي. يمكن إدخال DNA مُعاد التركيب المندمج في البلازميدات في سيتوبلازم الخلية ليتم مضاعفته (**الشكل 5-8 a**).

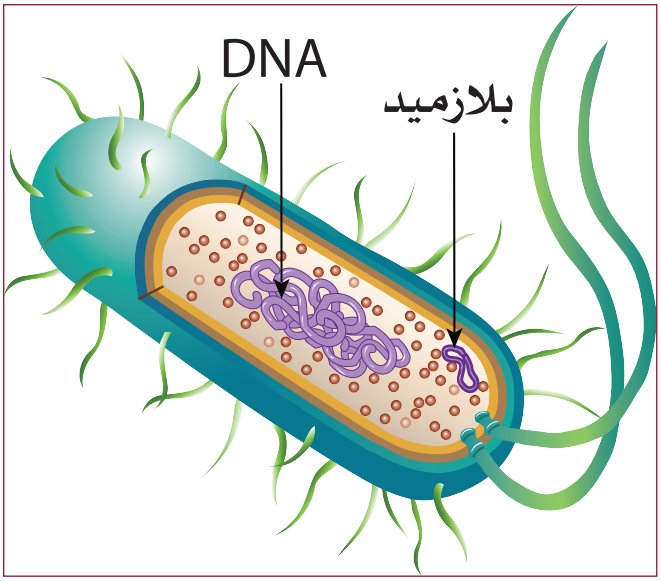
b. **الفيروسات:** تقوم الفيروسات باختراق الخلايا وحقن DNA. تخيّل الفيروس على أنه إبرة مجهرية مثل التي يستخدمها الأطباء للحقن. يمكن إدخال DNA مُعاد التركيب في الفيروس. وهناك الملايين من الفيروسات المختلفة التي يمكنها حقن DNA في الخلايا المضيفة (**الشكل 5-8 b**).

c. **البكتيريا:** بعض أنواع البكتيريا، مثل الأجروبكتيريا *Agrobacterium*، لديها القدرة على نقل المادة الوراثية بشكل فعال إلى الخلايا النباتية.(**الشكل 5-8 c**)

هناك عدد قليل جدًا من الكائنات الحية يستقبل المواد الوراثية الجديدة ويُعيد إنتاجها بشكل صحيح، وعلى سبيل المثال، فإنَّ خلية نباتية واحدة من ألف قد تعبر بشكل صحيح عن الجين الجديد. هذا الكائن الناجح يجب استنساخه لإنتاج نسخ كثيرة من الجين الجديد أو الكائن الحي المعدل وراثيا، وهذا ما يُعرف **بالاستنساخ Cloning** الذي سنناقشه لاحقاً.

البكتيريا

البكتيريا هي أسهل الكائنات استخداما في الهندسة الوراثية، لأن DNA البكتيريا غير محاط بغلاف نووي. تتبادل البكتيريا البلازميدات مع محيطها أيضًا؛ وبالتالي فإنَّ آلية التضاعف في البكتيريا تستطيع معالجة DNA مُعاد التركيب بسهولة.

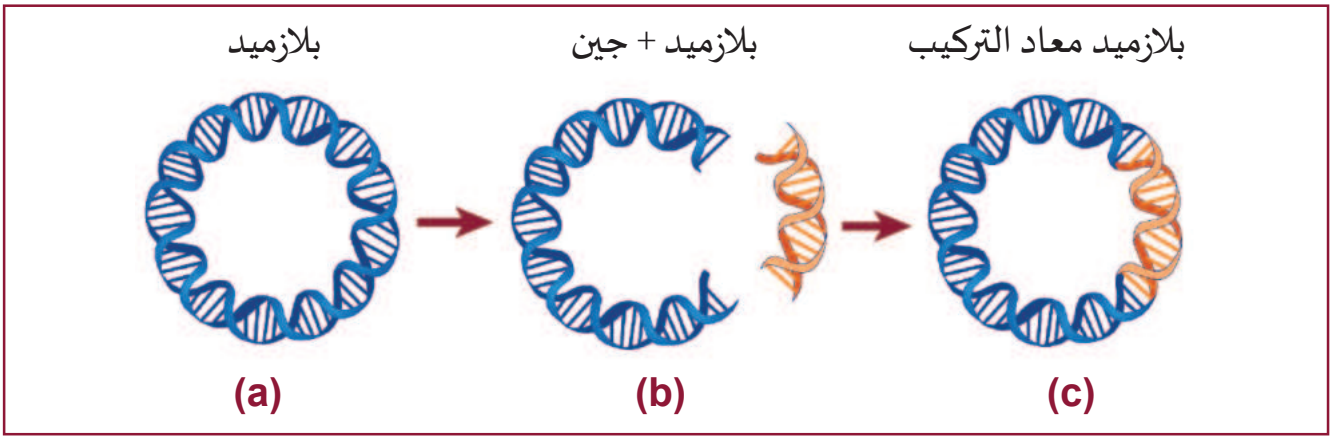


الشكل 8-6 رسم تخطيطي لبكتيريا يظهر DNA حلقيًا (البلازميد).

البلازميد هو DNA حلقي موجود في سيتوبلازم البكتيريا (**الشكل 8-6**). يزيد البلازميد من تكيف البكتيريا مع محيطها و من فرصة بقائها. تتكاثر البلازميدات بشكل مستقل عن DNA البكتيريا ويمكن أن تنقل الصفات، مثل مقاومة المضادات الحيوية. في العام 1973، عزل العلماء البلازميد من احد أنواع البكتيريا وتمّ تعديله وإدخاله في نوع آخر من البكتيريا لإعطائها المقاومة المرغوبة للمضادات الحيوية.

الأسلوب الأكثر شيوعًا هو إدخال جين جديد في بلازميد بكتيريا (*E. coli*)، *Escherichia coli* وهي نوع من البكتيريا تمت دراسته جيدًا (**الشكل 8-7**).

تقوم البكتيريا بمضاعفة DNA الجديد والأهم من ذلك، يمكن لرايبوسومات البكتيريا ترجمة rDNA إلى بروتينات جديدة أو معدّلة.



الشكل 8-7 عملية تكوين DNA مُعاد التركيب (rDNA) في بلازميد.

الانسولين المنتج بالهندسة الحيوية

- 1921: تم اكتشاف الأنسولين والحصول عليه لأول مرة من الحيوانات إلّا أنّ ذلك تسبّب بإحداث ردود فعل تحسّسية لدى البشر.
- 1955: تمّ تحديد تسلسل الأنسولين البشري ليصبح أول بروتين بشري تم تحديد تسلسله بالكامل.
- 1963: أصبح الأنسولين المُركّب كيميائيًّا متوفرًا.
- 1978: تم إنتاج الأنسولين باستخدام تقنيات DNA مُعاد التركيب، فأصبح أول بروتين بشري يتم إنتاجه باستخدام الهندسة الوراثية، والمعروفة أيضًا باسم **الهندسة الحيوية Bioengineering**.
- 1982: تم ترخيص الأنسولين المعدّل وراثيًّا للاستخدام البشري، فأصبح الأشخاص المصابون بمرض السكري من النوع الأول حيث لا تنتج خلايا البنكرياس الأنسولين، قادرين على استخدام حقن الأنسولين للسيطرة على مستويات السكر في الدم.

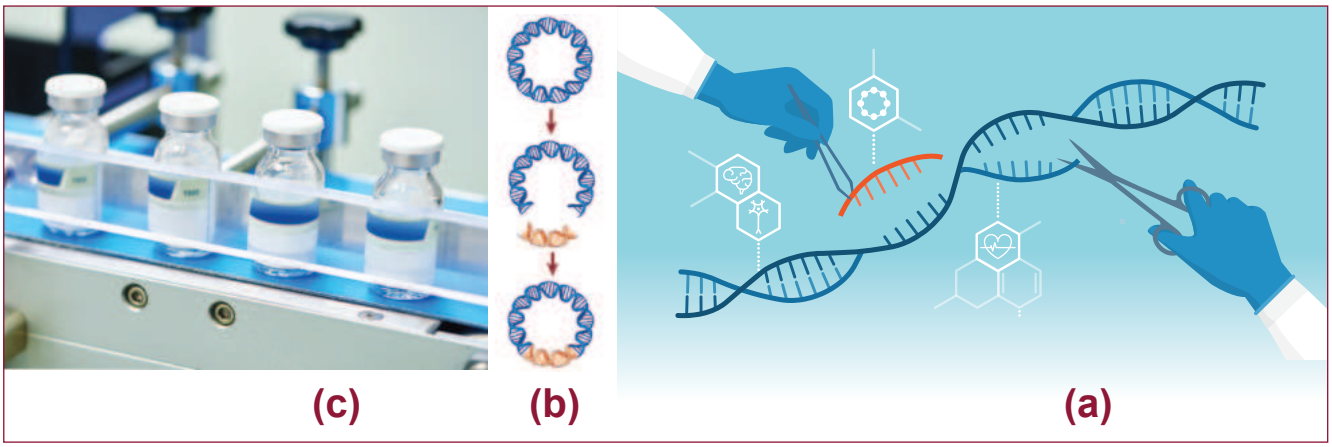
أدى استخدام البلازميدات المعدّلة بالهندسة الحيوية إلى تحويل البكتيريا المعدلة وراثيًّا إلى مصانع صغيرة لإنتاج الأنسولين البشري.

مراحل إنتاج الإنسولين البشري (الشكل 8-8):

a. تحديد الجين الذي ينتج الأنسولين واستخراجه من خلايا البشر الأصحاء (**الشكل 8-8 a**).

b. ربط تسلسل DNA المسؤول عن إنتاج الأنسولين ببلازميد مُعدّ لإنتاج rDNA. ثم إدخال rDNA في البكتيريا (أو خلية مضيفة أخرى) وتنميتها في وسط غذائي مناسب، حيث تم إنتاج الأنسولين (**الشكل 8-8 b**).

c. استخلاص الأنسولين ومعالجته ليصبح جاهزًا للإستخدام (**الشكل 8-8 c**).



الشكل 8-8 (a) استخراج DNA من الخلية المضيفة السليمة، (b) الارتباط بالبلازميد لتشكيل rDNA للأنسولين، (c) المنتج النهائي.

تحولت البكتيريا إلى مصانع صغيرة لإنتاج الأنسولين البشري من خلال الهندسة الوراثية.

نشاط a1-8 نموذج لإنتاج الأنسولين

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك بناء نموذج rDNA لإنتاج الأنسولين؟
الموادّ المطلوبة	مجموعة متنوعة من مواد صنع النماذج، أو الكمبيوتر أو هاتف ذكي.

الخطوات

1. قم ببناء نموذج بسيط لتوضيح خطوات عملية الهندسة الوراثية المستخدمة لإنتاج الأنسولين.
2. اعمل مع المجموعات الأخرى من أجل:
   a. توضيح تركيب جزيء rDNA.
   b. إدخال rDNA في البكتيريا.
   c. اظهار طريقة إنتاج البكتيريا للأنسولين البشري باستخدام مواد مثل الورق، ومعجون اللعب والمقصّ وغيرها.

الخطوات البديلة

1. قم بإعداد رسوم متحركة على الكمبيوتر أو فيديو بتقنية إيقاف الحركة (stop motion video). من أجل:
   a. توضيح تكوين rDNA.
   b. طريقة ادخال rDNA في البكتيريا.
   c. طريقة إنتاج البكتيريا للأنسولين.

الشكل 8-9 نموذج بسيط لسلسلتي أو لجزيئ DNA مصنوعة من البلاستيك.

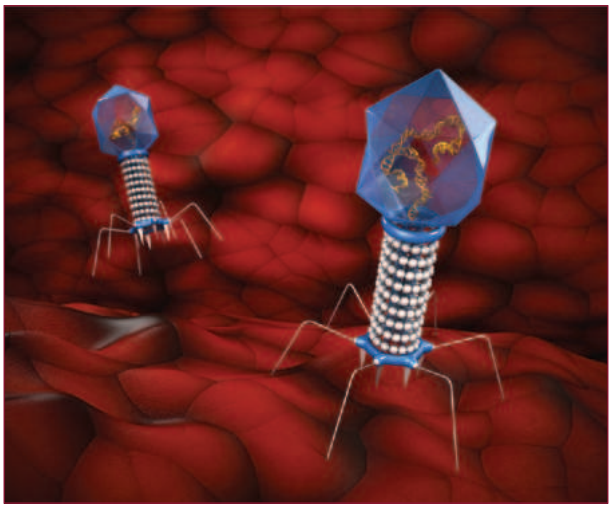
الأسئلة

a. كيف يختلف الأنسولين المستخرج من الهندسة الوراثية عن الأنسولين المستخلص من الحيوانات؟
b. **الشكل 8-9** هو نموذج لجزئ DNA. فيمَ يختلف نموذجك من rDNA عن هذا النموذج؟
c. كيف يتأثّر موقف المريض اذا علم أنَّ الأنسولين تم إنتاجه من البكتيريا؟

النواقل الفيروسية

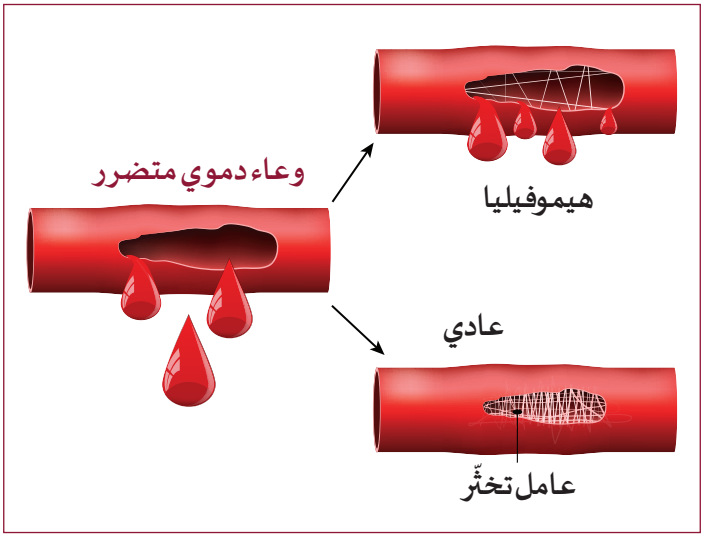
الناقل الفيروسي Viral vector هو وسيلة يستخدمها العلماء لإدخال الجينات المعدلة إلى الخلية المضيفة. تنتشر الفيروسات بشكل واسع لأن لديها طرائق متعدّدة لمهاجمة الخلايا السليمة (**الشكل 8-10**) تقوم بحقن جيناتها في الخلية و تسيطر على وظائف الخلية لتتكاثر المزيد منها. يتم استغلال هذه الوظيفة لإيصال الجينات المعدّلة إلى الخلايا. وعلى سبيل المثال، فإن بالإمكان إيصال DNA "العادي" إلى الخلايا التي تحمل DNA ناتج من طفرة.

- يُزيل العالِم الجينات الأصلية من الفيروس.
- يتم إدخال الجينات المعدّلة في الفيروس الفارغ.
- يحقن الفيروس DNA الخلية المستهدفة بـ DNA الصحيح.
- تمنع طريقة النقل الفيروسي الخلية من رفض DNA الجديد، والذي يتم دمجه بعد ذلك في الخلية.



الشكل 8-10 الفيروس يتهيأ لحقن الجينات في خلية سليمة.

الهيموفيليا Hemophilia مرض وراثي نادر تسبّبه طفرة في جين محمول على الكروموسوم الجنسي X. يحتوي الدم في الغالب على عامل تخثّر يوقف النزيف. الأشخاص الذين لديهم طفرة في هذا الجين لا ينتجون الكثير من عامل التخثّر، حتى الجرح الصغير فإنه يُعتبر خطيرًا، كما هو موضح في (**الشكل 8-11**). مرض الهيموفيليا ناتج عن أليل متنحّي محمول على الكروموسوم الجنسي X. ولأن الذكور لديهم كروموسوم X واحد فقط، فإنّ المرض هو أكثر شيوعًا عند الذكور.



الشكل 8-11 تأثير عدم تواجد (انتاج) عامل التخثر في الهيموفيليا .

تُستخدم النواقل الفيروسية لإيصال التركيب الجيني الصحيح إلى خلايا الكبد في الشخص المصاب وذلك لإنتاج عامل التخثر بمساعدة من عوامل أخرى، وعند وصول الجينات المعدّلة وراثيًا، تبدأ الخلايا في بناء عامل التخثر المطلوب.

قبل هذا العلاج، كان على المرضى أن يتلقّوا حقن عامل التخثر أسبوعيًا والذي كان يُنتَج باستخدام تقنيات استنساخ rDNA. كان هذا العلاج باهظ الثمن ومتوفرًا في الدول المتقدمة فقط.

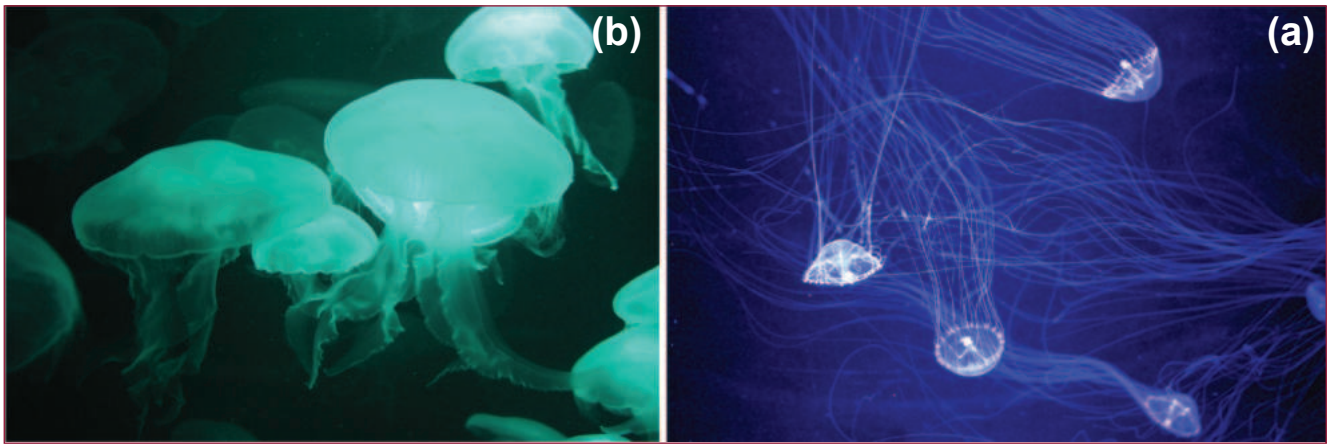
المؤشرات الحيوية

كيف يتحقق العلماء من أنّ الجين المعدّل قد تم دمجه بشكل صحيح في DNA الكائن الحي؟

الجواب هو أن جينًا آخر يرمز إلى مؤشر حيوي يضاف إلى الحزمة الجينية مع الجين المرغوب.

المؤشر الحيوي Biomarker مادة قابلة للقياس في الكائن الحي، وهي مؤشر لعملية حيوية. إذا ظهر المؤشر الحيوي في الجيلين الثاني والثالث، فإنّ العالِم يستطيع أن يتأكد من أن الحزمة الجينية تم توظيفها من قبل الكائن الحي المضيف.

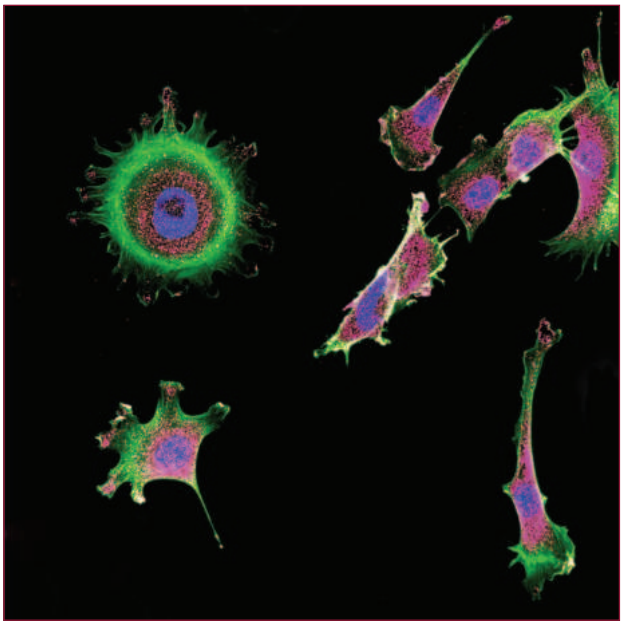
تستخدم المؤشرات الحيوية الفلورية بشكل شائع في الهندسة الوراثية ومن الأمثلة عليها **البروتين الفلوري الأخضر GFP, green fluorescent protein** (GFP) وهو البروتين المسؤول عن التوهج المتميز لقنديل البحر البلّوري *Aequorea victoria* (**الشكل 8-12**) . اكتشف هذا البروتين في الستينيات، وقد تم استنساخه واستخدامه على أنه مؤشر حيوي مرئي في كثير من التطبيقات. وتم تعديل البروتين أيضًا لإنتاج ألوان أخرى مثل "GFP الأحمر" أو "GFP الأصفر".



الشكل 8-12 قنديل البحر البلّوري (a) ، قنديل البحر القمري (b).

أصبح GFP جزءًا من تقنيات rDNA، وكان يستخدم لتتبّع توزيع الجينات المعدّلة في الخلايا السرطانية (**الشكل 8-13**).

يساعد GFP العلماء في تتبّع مسار كثير من التعديلات الجينية التجريبية. وقد نال البروتين اهتمامًا عالميًا عندما أنتج الباحثون أرنبًا معدّلاً يتوهّج في العتمة.



الشكل 8-13 المؤشرات الحيوية GFP في الخلايا السرطانية، وتستخدم لتتبّع فعالية العلاجات.

الاستنساخ

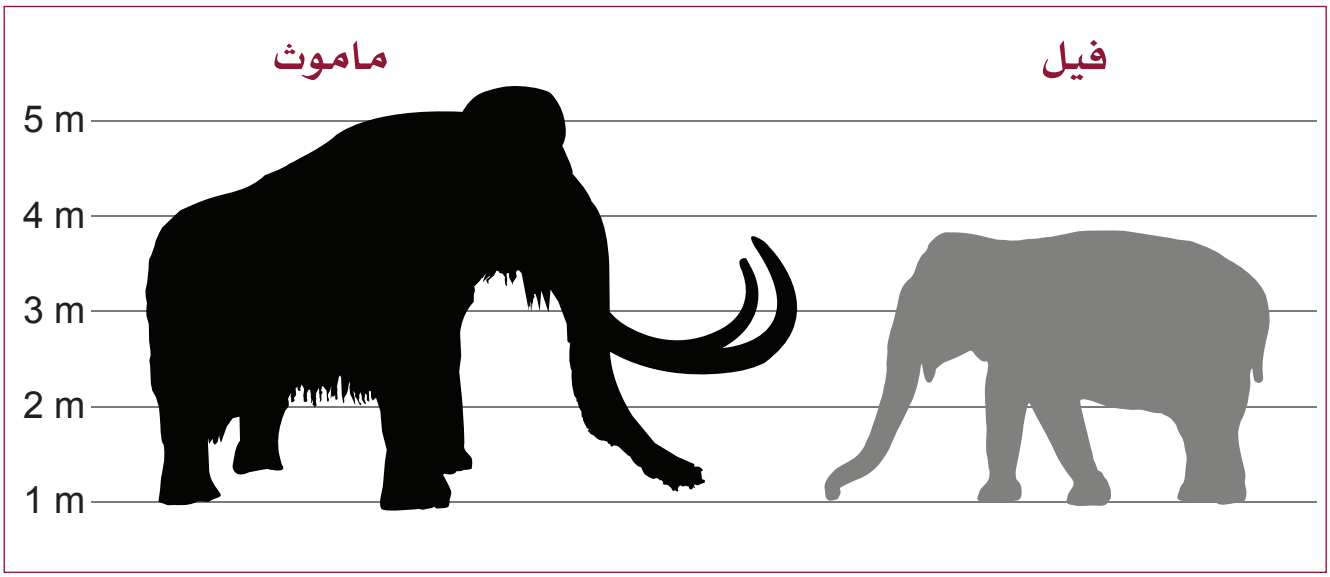
الاستنساخ Cloning هو عملية إنتاج نسخ متطابقة من جين أو خلية أو كائن حي. يتكاثر عدد من الكائنات الحية عن طريق الانقسام البسيط بعملية الانشطار الثنائي فتتكون مستعمرة من الخلايا. يأخذ المزارعون جزءًا من نبات لإنتاج نبات آخر ذي خصائص وراثية متطابقة. وهذا يُسمّى أيضًا "الاستنساخ". رأينا أن rDNA في البكتيريا يُستخدم لإنتاج نسخ متطابقة من المادة الوراثية للتضخيم خلال تحديد تسلسل DNA وفي إنتاج الأنسولين.

عندما يتم تطبيق هذه التقنيات على الخلايا التناسلية للكائن الحي، فقد ينمو ليصبح بالغًا مع جينات معدّلة، ويمكن أن ينقل تلك الجينات إلى نسله.

- 1952: تم تنمية الضفادع من ضفادع صغيرة مستنسخة.
- 1963: تم استنساخ الأسماك بأخذ DNA من ذكر سمكة الكارب ووضعه في بيضة أنثى الكارب.
- 1986: تم استنساخ فأر من خلايا جنينية.
- 1984: تم استنساخ الأغنام من خلايا جنينية.
- 1996: استنساخ النعجة "دوللي" من خلايا جسدية.

منذ ذلك الحين، ظهرت القرود والماشية والقطط والجرذان والخيول والكلاب والثدييات الأخرى التي تم استنساخها.

يجري البحث الآن لمحاولة إعادة الحيوانات المنقرضة، مثل الماموث الصوفي (**الشكل 8-14**) أو وعل جبال البرانس باستخدام تقنية الاستنساخ.



الشكل 8-14 الماموث الصوفي موضع اهتمام كبير للاستنساخ.

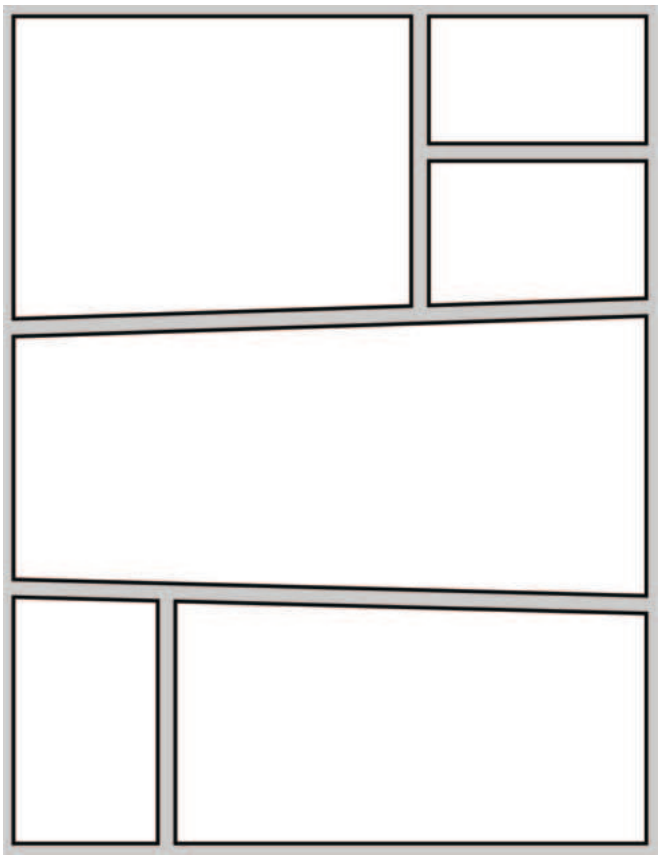
نشاط b1-8 استخدام الهندسة الحيوية لإنتاج الأدوية

سؤال الاستقصاء	كيف يمكن استخدام الكائنات الحية المعدلة وراثيا في صناعة الأدوية البشرية ؟
الموادّ المطلوبة	مواد البحث ومواد العرض.

الخطوات

اكتب تقريرًا مصورًا عن استخدام الكائنات الحية المعدّلة وراثيًا في إنتاج كميات كبيرة من الأدوية البشرية.

- التقرير المصوّر يمكن أن يأخذ شكل الرواية المرسومة أو كتاب قصص مصورة (**الشكل 8-15**). يتم استخدام الصور لنقل المفاهيم في طريقة مثيرة للاهتمام.
- يمكنك أيضًا إنشاء تقرير بوساطة برمجيات تسمح لك بتضمين الصور التي تم جمعها من البحث.



الشكل 8-15 تنسيق صفحة من كتاب قصص مصورة.

يتضمن تقريرك:

- الأنسولين.
- عوامل التخثر للمصابين بالهيموفيليا.
- هرمون النمو البشري.
- توضيحًا لمزايا هذه التقنيات.

الأسئلة

a. ما الاختلافات بين تقنيات إنتاج الأنسولين وعوامل التخثر وهرمون النمو البشري؟

b. أي من هذه التقنيات يقدّم حلًا أكثر استدامة للظروف الناتجة من نقص المادة المراد إنتاجها؟

c. ما السلبيات التي وجدتها في هذه التقنيات؟

تقويم الدّرس 8-1

1. أيّ العمليات الآتية ليست ضمن تقنية الهندسة الوراثية؟
   a. إزالة DNA من كائن حي، وتغيير التسلسل، ثم إعادته إلى الكائن الأصلي.
   b. استهداف جينات على وجه التحديد لتعزيز وظيفتها في المضيف بإيقاف تشغيل الجين أو تشغيله.
   c. وضع جينات "التتبع" الخاصة في الكائن الحي لدراسة أفضل لوظيفة خصائص معينة.
   d. إزالة البلازميدات من البكتيريا لملاحظة كيفية استجابة البكتيريا لبيئات مختلفة.
2. ما مصدر إنتاج البروتينات GFP؟
   a. قنديل البحر
   b. الخلايا السرطانية
   c. الدودة الأسطوانية
   d. التعديلات الوراثية
3. اذكر سببًا مهمًا لاستهداف جينات معينة في تقنية الهندسة الوراثية.
4. ماهي مخاطر استخدام الانسولين المستخلص من الحيوانات؟
5. لماذا تُعدّ الفيروسات ناقلًا جيدًا لإيصال الجينات المهندسة وراثيًا؟
6. ما مزايا التعديلات الوراثية لتصحيح الهيموفيليا بالمقارنة مع العلاجات التقليدية؟

تقنية كريسبر: 1993-المستقبل

الشكل 16-8 كريسبر Cas-9

تُعدّ تقنية كريسبر الاختراع الأكثر أهمية في القرن العشرين، وربما في القرن الحادي والعشرين. إنها تقنية دقيقة وسهلة الاستخدام في تطبيقات الهندسة الجينية الجديدة. في عام 2020، حصل العلماء الذين اخترعوا طريقة كريسبر لتعديل الجينات على جائزة نوبل في الكيمياء.

- 1987: تمّت ملاحظة تسلسل DNA متكرر غير عادي وعُرّف بإسم CRISPR في العام 2002.
- 1993: لوحظ أن تكرار التسلسلات تطابق مع قطع من جينوم الفيروس آكل البكتيريا *bacteriophage*.
- 2005: تم تحديد الجين Cas9 ليكون له نشاط نيوكليز. إنه إنزيم قادر على تكسير النيوكليوتيدات في DNA.
- 2008: تم نسخ تسلسل الفواصل إلى RNA الموجّه.
- 2008: كريسبر قادر على العمل على DNA المستهدف.
- 2011: عملت CRISPR Cas9 من سلالة من البكتيريا على سلالة أخرى. يمكن إعادة برمجة Cas9 لمواقع مستهدفة محددة.
- 2013: تعديل الجينوم باستخدام تقنية كريسبر.

الباحثون متفائلون بأن هناك فرصة لعلاج جميع الأمراض الوراثية تقريبًا، بالإضافة إلى مضيف للزيادات الحيوية، ستكون في متناول اليد.

الوحدة 8

مراجعة الوحدة

الدرس 8-1 التعديل الوراثي

- **الهندسة الوراثية Genetic engineering** تقنية حديثة يتمّ فيها نسخ أو نقل أو تعديل الجينات بهدف تعديل خصائص الكائن الحي أو تحسينها.
- يمكن إجراء الهندسة الوراثية عن طريق عزل **البلازميد Plasmid** من البكتيريا ودمجه في جزء من DNA من مضيف مختلف في عملية تُعرف باسم DNA **مُعاد التركيب Recombinant DNA**.
- يستخدم **استنساخ Cloning** تسلسل DNA عملية rDNA للمساعدة في الهندسة الحيوية **Bioengineering** لخصائص جديدة في الكائنات الحية.
- **البروتين الفلوري الأخضر GFP, green fluorescent protein** يساعد على تتبّع التقدم المحرز في الجينات المعدّلة ويعمل **كمؤشر بيولوجي Biomarker** لتحديد الجينات المتغيرة.
- يستخدم **الناقل الفيروسي Viral vector** فيروسًا معدّلا لإيصال جينات متغيرة للمساعدة في علاج مرض وراثي في الدم يُعرف **بالهيموفيليا Hemophilia** كجزء من علاج يسمى **العلاج الجيني Gene therapy**.

أسئلة اختيار من متعدد

1. ما هو أقدم شكل من أشكال الهندسة الوراثية؟
   a. كريسبر
   b. الاستنساخ
   c. التهجين الانتقائي
   d. DNA مُعاد التركيب

2. ما هو التركيب الموجود في البكتيريا والمستخدم في إنتاج DNA مُعاد التركيب؟
   a. البلازميد
   b. الثغور
   c. الإنزيمات
   d. المؤشرات الحيوية

3. فيمَ يختلف rDNA عن DNA؟
   a. يحتوي DNA على عدد أقل من أزواج القواعد.
   b. يعمل rDNA في النباتات فقط.
   c. يتم تكوين DNA من نوعين مختلفين.
   d. يتم تكوين rDNA من نوعين مختلفين.

4. ما هو أول بروتين بشري تم إنتاجه باستخدام تقنيات DNA مُعاد التركيب؟
   a. GFP
   b. crRNA
   c. الأنسولين
   d. عامل التخثر

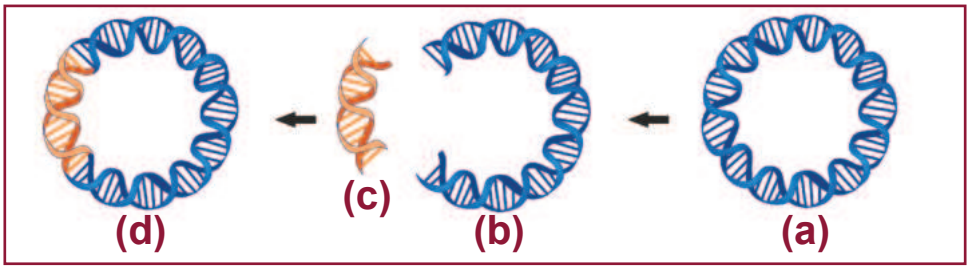
5. لماذا يُعدّ الرجال أكثر عرضة من النساء للإصابة بالهيموفيليا؟
   a. يتعرّض الرجال للجروح أكثر من النساء.
   b. لدى الرجال المزيد من الطفرات.
   c. الرجال لديهم كروموسوم X واحد فقط.
   d. الرجال أكثر عرضة لجميع الجينات المتنحية.

6. كيف يتم إيصال تصحيح جين الهيموفيليا المهندس وراثيًا إلى الكبد؟
   a. الاستنساخ البكتيري
   b. الفيروسات المعدّلة
   c. RNA الموجّه في تقنية CRISPR
   d. حقنه مباشرة في مجرى الدم

الدرس 8-1: التعديل الوراثي

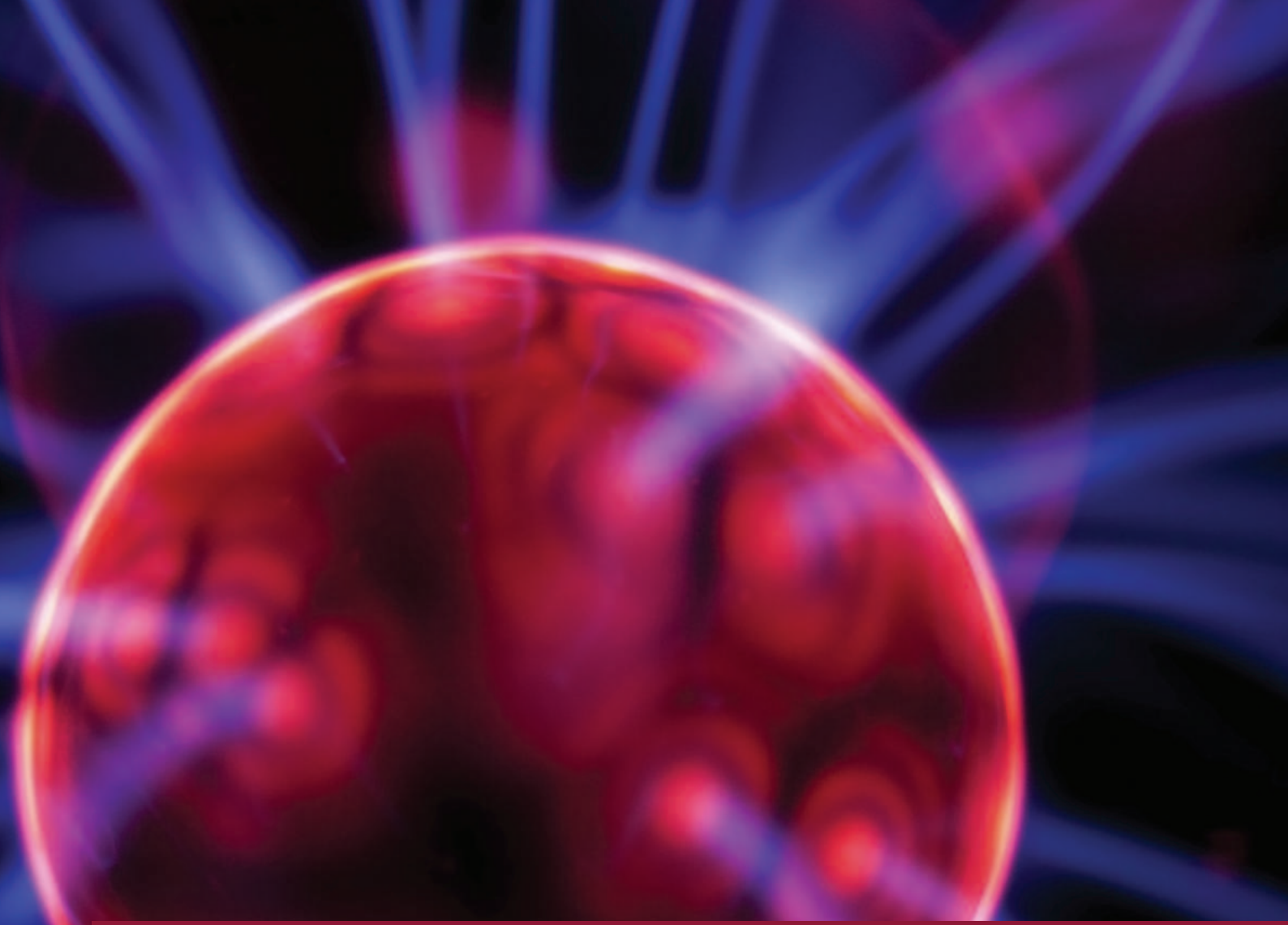
7. ماذا يعني مصطلح "الهندسة الوراثية" في العالم الحديث؟
8. أي جزء من البكتيريا يسمح لها بتبادل مقاومة المضادات الحيوية؟
9. ماذا يعني مصطلح "DNA مُعاد التركيب"؟
10. ما دور DNA مُعاد التركيب في خطوة التضخيم في تحديد تسلسل DNA؟

استخدم **الشكل 8-17**، للاجابة عن الأسئلة من **11** إلى **14**:



الشكل 8-17 استخدم هذا الرسم للاجابة عن الأسئلة 11-14

11. ما الذي يمثّله (a)؟
12. ما الذي يُستخدم للقيام بعملية القطع الموضحة في (b)؟
13. ماالمصدر العنصر(c)؟
14. ماذا يُسمّى التركيب (d)؟
15. ما الكائن الحي الذي ينتج الأنسولين في الأنسولين المصنّع حيويًا؟
16. اذكر بعض استخدامات البروتين الفلوري الأخضر.



الوحدة 9
الانشطار النووي والاندماج النووي
Fission and Fusion

في هذه الوحدة

الدرس 9-1: الانشطار النووي والاندماج النووي GP1205

الدرس 9-2: الاندماج والمستقبل GP1206

الوحدة 9

مقدّمة الوحدة

لعدة أجيال سابقة، كان الناس يجلسون حول نيران التخييم ليدفعوا عنهم برودة الليل منتظرين بلهفة شروق الشمس. درس قدامى العلماء النجوم جيدًا، واستخدموها بعد ذلك لتحديد مسار رحلاتهم وتحديد مواعيد مناسبة لزراعة المحاصيل. وعلى كوكب الأرض تستمر حياة الإنسان بسبب طاقة الشمس.

إذا قُدِّرَ للبشر يومًا أن يسافروا إلى أحد هذه النجوم، فمن المُرجَّح جدًا أن يستخدموا طاقة الشمس. لقد استفاد الإنسان من الانشطار النووي وحصلوا على طاقة هائلة من الذرة، ونحن على وشك الاستفادة من الاندماج النووي الناتج من طاقة الشمس.

الأنشطة والتّجارب

1-9 مسرحية الانشطار والاندماج النوويين

الدرس 9-1

الانشطار النووي والاندماج النووي
Fission and Fusion

إذا سبق لك اللعب بالدومينو (**الشكل 9-1**)، فربما تكون قد صنعت نمطًا من القطع الواقفة. عندما تدفع إحداها، فإنَّ ذلك يتسبَّب في سقوط القطع الأخرى على التوالي. هذا نشاط شائع حيث توجد مسابقات لبناء أنماط الدومينو الأكثر تعقيدًا. ربما سمعت عبارة "رد الفعل المتسلسل" لوصف قطع الدومينو المتساقطة.

الشكل 9-1 الدومينو

هناك طاقة مخزونة في الذرات، يمكن تشبيهها بنموذج الدومينو. العملية التي تطلق تلك الطاقة، تُستخدم بعد ذلك لإطلاق الطاقة من الذرات الآخرى وتسمى "التفاعل المتسلسل". قد تحلّ هذه الطريقة احتياجات العالم من الطاقة.

مخرجات التّعلُّم

GP1205.1 يصف عملية الانشطار النووي بأنها انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين أصغر، وانطلاق نيوترونين أو ثلاثة نيوترونات وانبعاث طاقة.

GP1205.2 يوضح أن الانشطار الاضافي الذي يحدث للانوية بسبب امتصاص النيوترونات الناتجة يمكن أن يتسبب في بدء تفاعل متسلسل، ويوضح الحاجة إلى التحكم في هذا التفاعل المتسلسل في محطات الطاقة النووية الانشطارية.

GP1205.3 يصف عملية الاندماج النووي كدمج نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل وإطلاق كميات كبيرة من الطاقة.

المفردات

Nuclear fission	الانشطار النووي
Chain reaction	تفاعل متسلسل
Critical mass	الكتلة الحرجة
Moderator	مهدىء السرعة
Control rods	قضبان التحكُّم
Nuclear fusion	الاندماج النووي
Electrostatic repulsion	التنافر الكهروستاتيكي
Inverse squared	التربيع العكسي
Strong nuclear force	القوة النووية القوية

الطاقة في الفضاء

- ما نوع الطاقة التي تشغّل مركبة كيوريوسيتي المتجوّلة والموجودة على المريخ **(الشكل 9-2)**؟
- هل هناك شكل من أشكال الطاقة يمكن أن يستخدم في أي مكان؟

الشكل 9-2 مركبة كيوريوسيتي (ناسا).

هبطت المركبة كيوريوسيتي على المريخ في 6 أغسطس 2012.

يتم تشغيل المركبة، مثل الكثير من المركبات الفضائية، بواسطة مولد نووي. يستخدم هذا المولد الطاقة الحرارية الناتجة عن الانحلال الإشعاعي لنظير مشع، مثل البلوتونيوم -238، لإنتاج الكهرباء في جهاز يُسمّى "المزدوج الحراري". تساعد الحرارة الناتجة أيضًا في منع المكونات من التجمّد.

تم استخدام مولدات النظائر المشعّة الكهروحرارية (RTG) لعدة عقود. يمكن لهذه المولدات أن تعمل نهارًا أو ليلًا، وتكون موثوقة وآمنة. سيكون هناك حاجة إلى مزيد من الطاقة للمحطات المستقبلية في الفضاء **(الشكل 9-3)**، أو على المريخ والقمر، لتوفير تلك الطاقة ستكون هناك حاجة لمفاعلات انشطارية صغيرة. روسيا والولايات المتحدة هما حتى الآن الدولتان الوحيدتان، اللتان أطلقتا في الفضاء مفاعلات تعمل بالطاقة الانشطارية.

الشكل 9-3 تصوُّر فَنّي لمحطة فضائية فوق المريخ.

ومن المتوقع أن تحفّز هذه المصادر اكتشافات الإنسان للفضاء، لأنها قادرة على توليد كميات هائلة من الطاقة الكهربائية لعدة سنوات. وربما يصبح في المستقبل هذا النوع من مصادر الطاقة جاهزًا للاستخدام على الأرض.

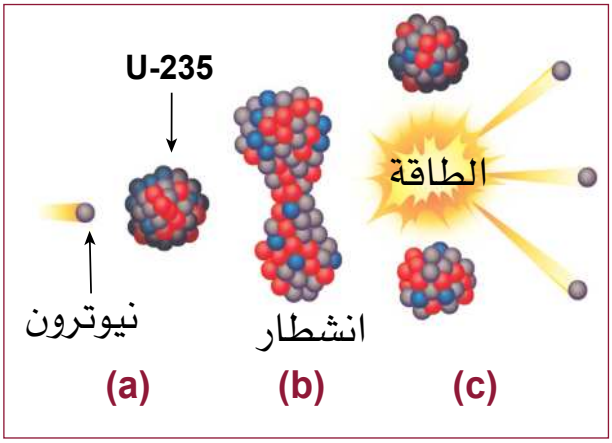
الانشطار النووي

الانشطار النووي Nuclear fission هو انقسام نواة كبيرة، بصورة طبيعية أو اصطناعية عند قذفها بجسيم آخر (**الشكل 9-4**).

a. يصطدم نيوترون بنواة ذرة يورانيوم-235 (U-235) بالسرعة المناسبة للسماح بامتصاص النيوترون.

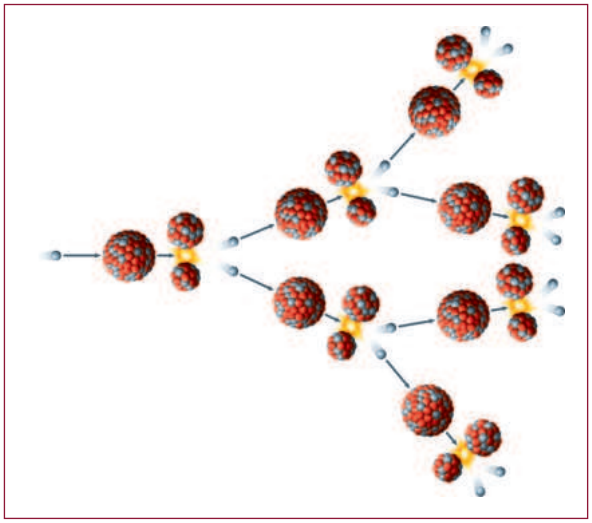
b. تنقسم النواة إلى أنوية أصغر في عملية تُسمّى "الانشطار".

c. يصاحب عملية الانشطار النووي اطلاق كمية كبيرة من الطاقة وعدد قليل من النيوترونات.



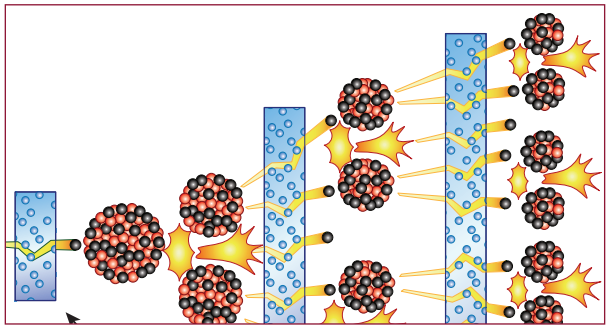
الشكل 9-4 انشطار U-235.

يحدث **التفاعل المتسلسل Chain reaction** عندما تصطدم النيوترونات الناتجة من تفاعل انشطاري واحد بذرات U-235 الأخرى بالسرعة المناسبة، وتسبب تفاعلات انشطارية إضافية (**الشكل 9-5**). إذا كانت الظروف مناسبة، وتوفرّ ما يكفي من U-235، فإن هذا التفاعل المتسلسل يطلق كمية كبيرة من الطاقة. **الكتلة الحرجة Critical mass** هي أقل كتلة من U-235 نحتاجها للبدء بتفاعل متسلسل. يحتاج مفاعل الانشطار النووي العملي إلى حل تحديين إضافيين:



الشكل 9-5 التفاعل المتسلسل.

- يحتوي اليورانيوم الطبيعي على 0.7% فقط من اليورانيوم -235. بينما يحتاج التفاعل المتسلسل إلى نسبة أعلى من اليورانيوم -235 لكي يستمر. لذلك فإنه يتم رفع النسبة المئوية لليورانيوم U-235 إلى 3% -4%.
- يحتاج التفاعل الانشطاري إلى التحكم بسرعة النيوترونات المنبعثة بسرعة عالية من كل تفاعل انشطاري حتى يمكن امتصاصها بواسطة U-235. لذلك يتم استخدام **مهديء السرعة Moderator** (**الشكل 9-6**) لابطاء سرعة النيوترونات بطريقة يمكن بها أن تسبّب تفاعلًا متسلسلًا. الماء الثقيل هو مُهدّئ السرعة الشائع لأنه يحتوي على الكثير من ذرات الهيدروجين. تصطدم النيوترونات السريعة بنواة الهيدروجين وتتباطأ.



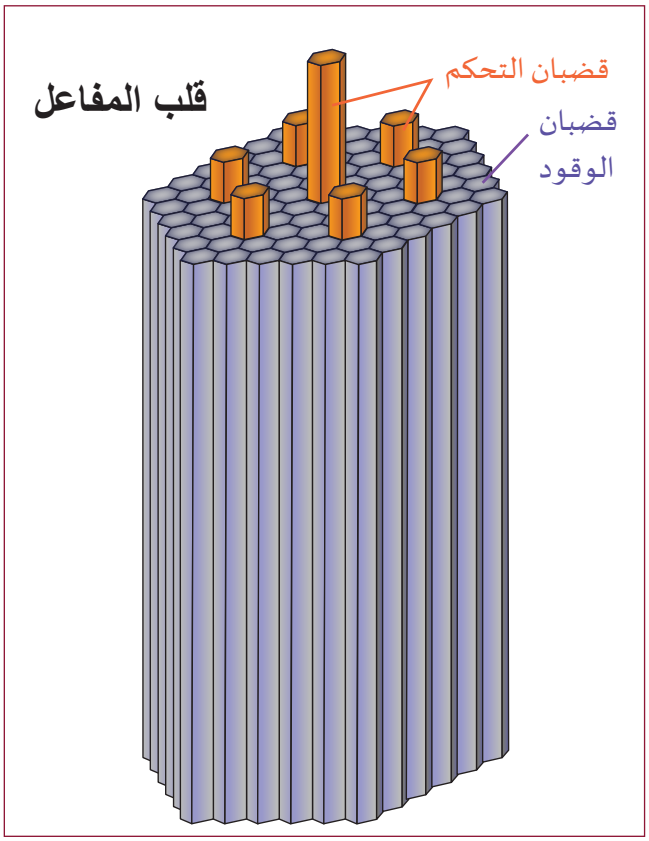
الشكل 9-6 يحدث الانشطار النووي بمساعدة مهديء السرعة.

التحكم في التفاعل الانشطاري

بما أن النيوترونات البطيئة تُحَفّز تفاعلات الانشطار النووي، فإن أفضل طريقة للتحكم في التفاعل هي التحكم في عدد النيوترونات. يتم ذلك في الغالب باستخدام مادة ماصّة للنيوترونات، مثل نظير الكادميوم - 113 (Cd-113)، الذي يمتص النيوترونات البطيئة ويتحول إلى نظير الكادميوم Cd-114 .

قضبان التحكُّم Control rods (الشكل 9-7)
قضبان مصنوعة من مادة مثل الكادميوم Cd-113 التي تمتصّ النيوترونات البطيئة. توضع القضبان في الفراغات بين قضبان الوقود كما هو موضح في **الشكل 9-7**. ويمكن لمشغلي المفاعل زيادة معدّل الانشطار أو خفضه برفع قضبان التحكُّم أو خفضها. وهذا ما يسمح للمفاعل بتوليد طاقة أكبر أو أقل.

يوجد وقود اليورانيوم المخصب بالنظير U-235 داخل مجموعات تُسمّى "قضبان الوقود". تُرتّب قضبان الوقود بنمط هندسي حول قضبان التحكم. يوجد داخل كل قضيب وقود ممرات تبريد لتدوير الماء الثقيل. يقوم الماء الثقيل بإبطاء سرعة النيوترونات وينقل الحرارة بعيدًا عن مركز المفاعل لإدارة التوربينات البخارية التي تُشَغّل المولدات الكهربائية.



الشكل 9-7 يتم توزيع قضبان التحكُّم بين قضبان الوقود في قلب المفاعل.

الشكل 9-8 غرفة تحكم لمفاعل انشطار نووي مع شاشات تعرض حزمة الوقود ومواضع قضبان التحكم.

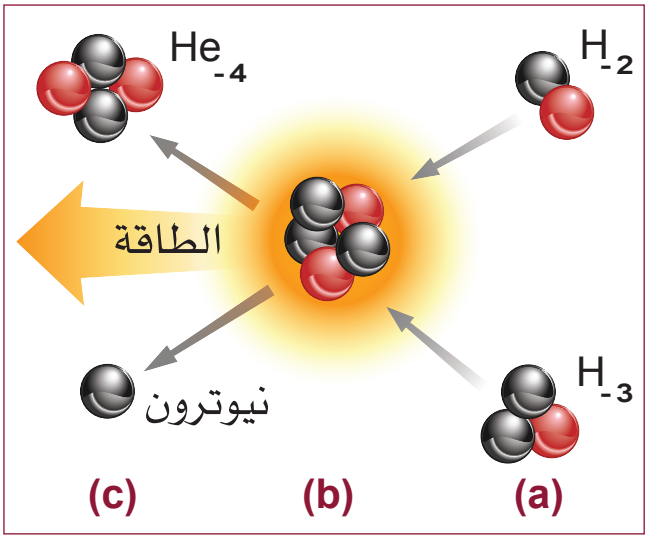
الاندماج النووي

الاندماج النووي Nuclear fusion هو دمج نواتين صغيرتين لتكوين نواة أكبر، ويصاحب ذلك انبعاث كمية هائلة من الطاقة. يوضح **الشكل 9-9** تفاعل الاندماج النووي.

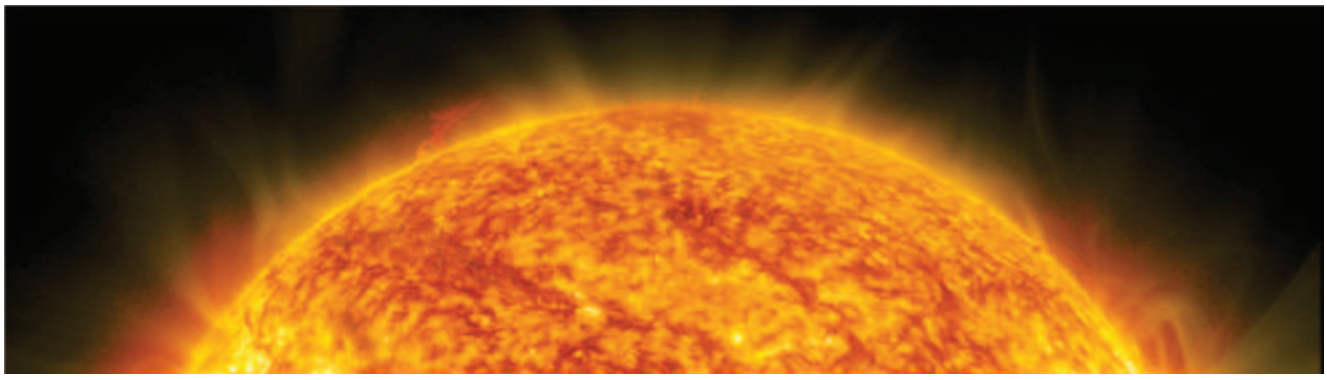
a. يبدأ التفاعل بنظيرين من الهيدروجين (الديوتيريوم H-2) و(التريتيوم H-3).

b. يخضع النظيران للاندماج.

c. ينتج عن التفاعل الهيليوم وانبعاث للطاقة ونيوترون إضافي.



الشكل 9-9 الإندماج النووي للهيدروجين ليُكوِّن الهيليوم.

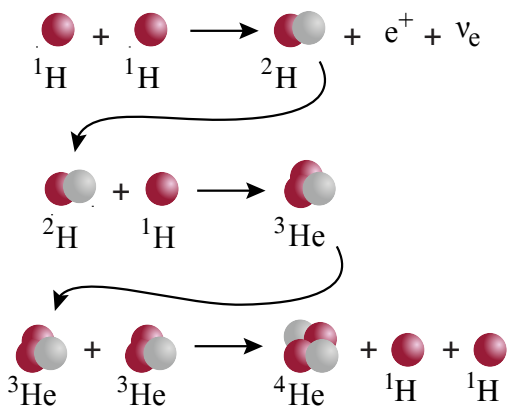


الشكل 10-9 الشمس هي أضخم مفاعل نووي اندماجي طبيعي.

تُنتِج الشمس طاقتها من خلال سلسلة من تفاعلات الاندماج التي تحول الهيدروجين إلى هيليوم (**الشكل 9-10**). أهم تسلسل يُسمّى "سلسلة بروتون-بروتون"، كما هو موضح في **الشكل 9-11**.

أصبح صنع مفاعل اندماج عملي على الأرض هدفًا مستمرًا للأبحاث في جميع أنحاء العالم لمدة 70 عامًا. بسبب صعوبة توفير ظروف مشابهة لمركز الشمس ذات الكثافة والحرارة العاليتين في مفاعل عملي على الأرض حيث تبلغ درجة الحرارة عند مركز الشمس 15 مليون درجة مئوية وكثافة مركزها $150 g/cm^3$، وهي أكثر من 10 أمثال كثافة الرصاص.

تفاعل اندماجي متسلسل للبروتون ـ بروتون داخل الشمس



الشكل 11-9 سلسلة من تفاعلات الاندماج تسمى "سلسلة بروتون- بروتون" تنتج الطاقة في الشمس.

نشاط 9-1 مسرحية الانشطار والاندماج النوويين

سؤال الاستقصاء	كيف يمكنك شرح الانشطار والاندماج للأطفال؟
الموادّ المطلوبة	سيناريو المسرحية , مواد للقيام بالأدوار

خطوات التجربة

1. في مجموعات صغيرة، يطور الطلاب لعبة تمثيلية يمكن استخدامها مع التلاميذ الأصغر سنًا لوصف عملية الانشطار و الاندماج النوويين.
   - تضمين مفهوم التفاعل المتسلسل.
2. قم بدور تمثيلي حول الاندماج النووي، أو حول الاندماج والانشطار معًا.
   - ضع في الحسبان أن جمهورك سيكون من التلاميذ الصغار. لا تقدم الكثير من المعلومات.
   - من ناحية أخرى، لا تجعل العرض بسيطًا، بحيث لا يكون صحيحا من الناحية العلمية.
   - صمّم عرضك التقديمي بما يتناسب مع جمهورك.
3. تقوم مجموعات مختلفة بتمثيل الأدوار
   - قَيّم، حسب رأيك، أهمّية القيام بالأدوار.
   - قَيّم، حسب اعتقادك، ما إذا كان ذلك نموذجًا تعليميًا مثمرًا.

الأسئلة

a. ما المواضيع المحددة التي وجدت صعوبة في تبسيطها للأطفال الصغار؟
b. ما المعايير التي استخدمتها لتقييم العروض التقديمية لزملائك في الفصل؟
c. ما التقنيات التي ترى أنها فعّالة بشكل خاص؟

تقويم الدّرس 9-1

1. لماذا ترى أن سرعة النيوترون مهمة في التفاعل الإنشطاري المتسلسل؟
   a. يجب أن تصل درجة حرارة النيوترون إلى 100 مليون درجة.
   b. يجب إبطاء النيوترون بدرجة كافية ليتم امتصاصه بواسطة نواة أخرى.
   c. يجب تسريع النيوترون ليمرّ عبر أنوية مجاورة.
   d. النيوترونات البطيئة تتنافر مع الشحنة الموجبة الكبيرة على نواة اليورانيوم.

2. كيف يتم الإستفادة من الطاقة في معظم المفاعلات النووية الحديثة؟
   a. يطلق الانشطار الطاقة المستخدمة لإحداث الاندماج.
   b. يطلق الانشطار طاقة يمكن أن يوقفها مُهدئ السرعة.
   c. يطلق الانشطار الطاقة التي يمكن استخدامها لغلي الماء وتحويله إلى بخار ودفع التوربينات.
   d. يسبب الانشطار نشاطًا إشعاعيًا يمكن استخدامه بعد ذلك لتدفئة المنازل والمجمّعات الصناعية.

3. ما المطلوب لإنتاج تفاعل انشطار نووي؟

4. قارن بين مصادر الإشعاع النووي الطبيعية والمصادر التي من صنع الإنسان، من حيث كيفية حدوثها. ثم اذكر مثال على كل منهما..

5. لماذا لا يُعدّ سحب مهدئ السرعة النيوترونات من معظم المفاعلات النووية أمرًا جيّدًا؟

6. كيف يتم وضع قضبان التحكُّم داخل مفاعل الانشطار النووي؟

الدرس 9-2

الاندماج والمستقبل
Fusion and the Future

كما هو الحال في الكثير من الاختراعات المهمة، استُخدِمت الطاقة الاندماجية لأول مرة في الأسلحة. أُختبرت القنبلة الهيدروجينية في العام 1952. حيث استخدمت قنبلة انشطارية لتوليد الحرارة والضغط اللازمين لتوليد الاندماج النووي. في الوقت الحاضر يعي البشر خطورة استخدام مصدر الطاقة هذا في الاغراض الحربية.

الشكل 9-12 انفجار نووي حراري.

لقد جُرب استخدام الأسلحة النووية الحرارية في وقت السلم فعلًا في روسيا؛ وكان ذلك عندما أُستخدمت ثلاث قنابل صغيرة للمساعدة في حفر قناة. وهناك الآن محاولات لبدء تجارب اندماج نووي بطرائق أصغر وأكثر تحكّمًا. ولا تزال متطلبات تحقيق ذلك ثابتة وهي: حرارة عند 100 مليون درجة سيليزية لبدء الاندماج النووي.

مخرجات التّعلُّم

GP1206.1 يصف دراسة الاندماج النووي في المرافق التجريبية مثل السوار الأوروبي المشترك (JET) في أكسفورد، ومناقشة التحديات في تطوير محطات طاقة اندماجية تعمل بكامل طاقتها.

GP1206.2 يوضح إيجابيات تطوير محطات الطاقة النووية الاندماجية في المستقبل وسلبياته.

المفردات

البلازما	Plasma
الحصر المغناطيسي	Magnetic confinement

كثافة الطاقة

- هل نفد البنزين يومًا من خزان سيارتك؟
- هل هناك نوع من الوقود يمكنك وضعه في خزان سيارتك فيسمح لك بالسفر إلى مسافات طويلة؟
- ما أهمية أن يكون بإمكانك ملء خزان سيارتك بالوقود مرة واحدة فقط، بحيث لا ينفذ بعدها أبدًا؟

الشكل 9-13 بطاريات حجم AA ذات كثافات طاقة مختلفة.

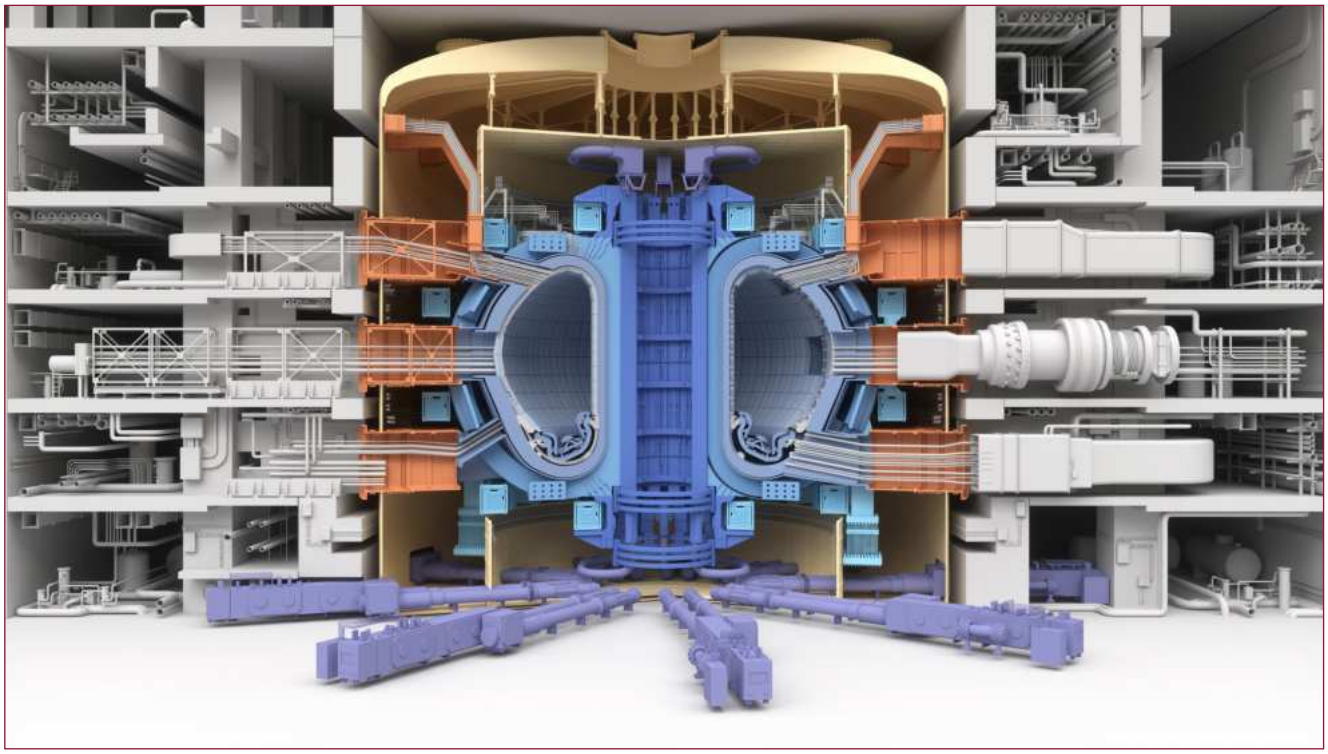
عندما تحصل على جهاز إلكتروني يحتوي على بطاريات موجودة في داخله، فأنت تعلم أن هذه البطاريات لا تدوم طويلًا. وقد يكون بإمكانك أن تستخدم بدلًا منها بطاريات أخرى مختلفة، لها الحجم نفسه، ولكنها تدوم لفترة أطول. لبعض البطاريات ذات الحجم نفسه كميات مختلفة من الطاقة كما في (**الشكل 9-13**). تُصَنّع البطاريات من مواد كيميائية مختلفة، وبعض المواد تنتج طاقة أكثر من غيرها.

تعبر كثافة الطاقة عن مقدار الطاقة بوحدة مليون جول، التي تنتج من كيلوجرام واحد من المادة وتقاس بوحدة (MJ/kg). والجدول الآتي يوضح مقارنة بين كثافة الطاقة لبعض أنواع الوقود المختلفة، والطاقة النووية.

المادة، كتلتها (1kg)	نوع الطاقة	الطاقة الناتجة
السكر والكربوهيدرات	كيميائية/ احتراق	17 MJ
الخشب	كيميائية/ احتراق	18 MJ
الفحم	كيميائية/ احتراق	2633 MJ
الغاز الطبيعي	كيميائية/ احتراق	53 MJ
اليورانيوم	نووية/ انشطار	83,000,000 MJ
الهيدروجين	نووية/ اندماج	830,000,000 MJ

يُطلق اليورانيوم والبلوتونيوم ما يصل إلى 83,000,000 MJ/kg من الطاقة. تشتمل هذه الطاقة على نفايات نووية وإشكاليات أخرى.

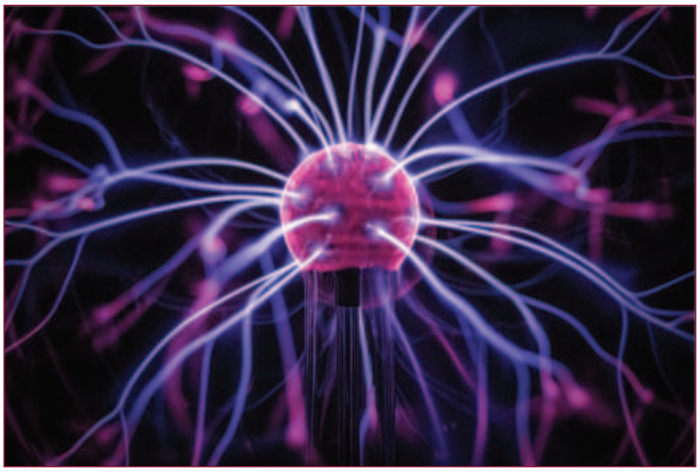
تفاعل الاندماج النووي، والذي ينتج من دمج نظائر الهيدروجين، لديه كثافة طاقة أكبر بعشر مرات من تفاعل الانشطار النووي. فإذا أمكن التوصل إلى انتاج الطاقةبصورة آمنة من مفاعل الاندماج (**الشكل 9-14**)، فإنَّ السيارة التي تحتوي على مصدر الطاقة هذا ستكون قادرة على السير إلى مسافة طويلة جدًا من دون أن تتزوّد بالوقود.



الشكل 9-14 صورة لمفاعل الاندماج النووي.

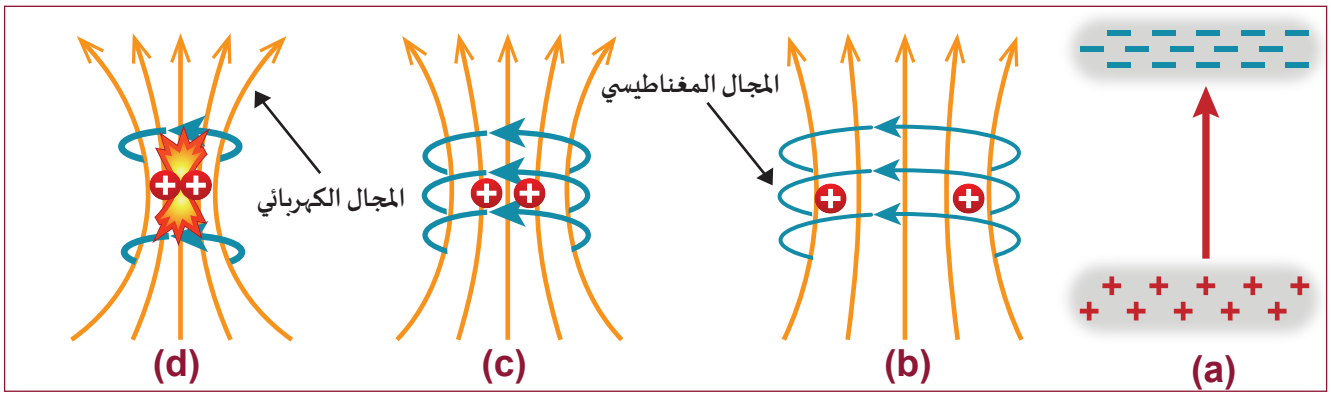
تحقيق الاندماج

تُسخّن نظائر الهيدروجين إلى حالة البلازما لإنشاء تفاعل اندماجي. **البلازما Plasma** هي حالة من حالات المادة التي جُرِّدت فيها ذرات كثيرة من إلكتروناتها، ما يجعلها مشحونة بشحنة موجبة. يمكن التعامل مع البلازما بالطاقة الكهرومغناطيسية. فاذا كنت قد رأيت "كرة بلازما" في متحف العلوم، فإنك رأيت البلازما مجمّعة في حُزم متوهّجة اللون (**الشكل 9-15**).



الشكل 9-15 حُزم البلازما المتدفقة من كرة بلازما.

يستخدم **الحصر المغناطيسي Magnetic confinement** المجالات المغناطيسية والكهربائية لتسخين البلازما وضغطها. ويسمى هذا أحيانًا "تأثير القرص".



الشكل 9-16 نظام الحصر المغناطيسي.

يبيّن **الشكل 9-16** خطوات الحصر المغناطيسي.

a. يسمح الجهد الكهربائي بتجميع البلازما المشحونة.

b. يمر التيار الكهربائي في البلازما لتسخينها.

c. يضغط المجال المغناطيسي البلازما ويسخنها، فيزيد من كثافة البلازما المحصورة.

d. إذا استمرت هذه الظروف، فإن الاندماج النووي يمكن أن يحدث، وتنبعث النيوترونات من التفاعل كمؤشرات على بداية حدوثه.

•طريقة حصر البلازما وتسخينها باستخدام مجالات مغناطيسية وكهربائية من اجل تحقيق تفاعل اندماج نووي تشتمل على مشكلات أهمها؛ تسرّب البلازما من المجال المغناطيسي عند إغلاقه، وكذلك صعوبة الوصول إلى درجات حرارة عالية بالقدر المطلوب. لحل بعض هذه المشكلات استخدمت حلول تقوم على تصميمات هندسية مختلفة لحصر البلازما وعدم تسربها.

إيجابيات الاندماج النووي وسلبياته مقارنة بالانشطار النووي

الشكل 9-17 هيكل المفاعل يصبح مُشعًّا بسبب النيوترونات.

هناك إيجابيات متعدّدة لتكنولوجيا الاندماج النووي في إنتاج الطاقة، منها:

- ينتج عن الاندماج نيوترونات تؤثر في المعدات المستخدمة، فتصبح تلك المعدات مشعة (**الشكل 9-17**)، ولكن بمستويات أقل بكثير من حالة الانشطار، ويكون عمر النصف لها أقصر بكثير منه في نواتج الانشطار النووي.
- تُعدّ طاقة الاندماج أكثر أمانًا من تفاعلات الانشطار. ولا يوجد خطر انبعاث إشعاعات إلى البيئة المحيطة.
- كمية الوقود اللازمة للاندماج أقل بكثير من تلك اللازمة للانشطار.
- مصدر وقود الإندماج (الديوتيريوم) وفير ويمكن استخراجه بسهولة من مياه البحر من دون تعدين أو معالجة مكلفة.
- لا يمكن تحويل النفايات النهائية الناتجة عن الاندماج إلى مواد تصلح لصنع الأسلحة، كما هو الحال في مفاعلات الانشطار الحالية.

ولكن هناك بعض السلبيات المحتملة من طاقة الاندماج النووي منها :

- التريتيوم غاز خطير، وانطلاقه يسبب مخاطر على الصحة والسلامة.
- بالرغم من أن تطورات تكنولوجيا الاندماج واعدة في المستقبل، ولكن الحصول على مفاعل اندماج تجاري ينتج طاقة أكثر من الطاقة الداخلة ربما لن يكون في المتناول قبل 20 إلى 50 سنة قادمة.

تشير التقديرات إلى أن مفاعل الاندماج التجاري لن يكون قيد العمل قبل 20 إلى 50 سنة.

لا يزال حلم الحصول على مصدر طاقة نظيف وآمن وغير محدود يدور في أذهان العلماء. فمن الناحية النظرية الامور تسير على ما يرام والاحتمالات المتوقعة حقيقية كما صاغها علماء الرياضيات. ونحن ببساطة ننتظر التصميمات الهندسية لتحقيق هذا الهدف. ومع ذلك، فإنَّ هناك من يبحثون عن طرائق مختصرة لذلك.

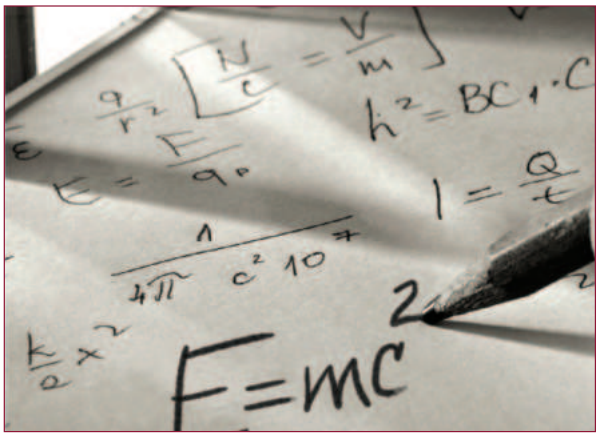
تقويم الدّرس 9-2

1. كيف تحقّق درجات حرارة عالية داخل مجال مغناطيسي محصور؟
   a. يكون للجسيمات شحنة تجعلها تسخن.
   b. تزداد درجة الحرارة بسبب الشكل الهندسي للمعدات.
   c. تمر الكهرباء من خلال الجسيمات فتجعلها تسخن.
   d. تتوهج الجسيمات بالضوء، ما يجعلها تصبح أكثر سخونة.
2. ما الخاصية الأساسية للبلازما؟
3. لماذا تُعدّ الطاقة الاندماجية حلًا لحاجة العالم من الطاقة؟

إضاءة على عالم

ألبرت أينشتاين Albert Einstein: 1879-1955

أشهر معادلة في الفيزياء، وربما في كل العلوم هي $E = mc^2$ (**الشكل 9-18**). ترتبط هذه المعادلة بأكثر العلماء شهرة، وهو ألبرت أينشتاين. نشر أينشتاين هذه المعادلة في العام 1905 كجزء من نظريته النسبية وطبق هذه الصيغة على القصور الذاتي للكتلة ومحتوى الطاقة. وكان فريتز هسينوهرل قد نشر صيغة مماثلة ولكنها لم تكن كاملة في العام 1904 تتناول الطاقة وإشعاع الجسم الأسود.



الشكل 9-18 تبيّن المعادلة $E = mc^2$ أن الطاقة (E) تساوي الكتلة (m) مضروبة في مربع سرعة الضوء (c^2).

لم يكن إسهام أينشتاين في قدرته على اشتقاق المعادلة بشكل صحيح فحسب، بل في تفسيره الآثار المترتبة على نتائجها بشكل صحيح، واقتراح تجارب لاختبار النظرية، وترك للآخرين ربط المعادلة بالاندماج وبعد ذلك بالانشطار.

عرف السيد آرثر ستانلي إدينجتون من مرصد كامبريدج في العام 1920 أن كتلة مكونات الهيدروجين أكبر من كتلة الهيليوم الذي نتج عنها. توضح المعادلة "$E = mc^2$" ارتباط الكتلة بالطاقة. وباستخدام معادلة أينشتاين، تمكن إدينجتون من خلال حساباته أن يعرف أن طاقة الشمس يجب أن تأتي من الاندماج النووي للهيدروجين إلى الهيليوم.

أجرى الكيميائي النووي أوتو هان في العام 1938 تجربة تركت نتائج محيّرة. حيث قذف اليورانيوم بالنيوترونات. بهدف الحصول على نواة أكبر قليلًا. وبدلًا من ذلك، حصل على نظائر أصغر بكثير وهي الكريبتون والباريوم وبعض الطاقة وبعض الجسيمات الأصغر، بما في ذلك النيوترونات. قاس النتائج بعناية وأرسل بياناته إلى ليز مايتنر وهي زميلة سابقة له كانت تعمل في معهد نوبل للفيزياء في ستوكهولم.

قامت مايتنر مع ابن أخيها أوتو فريش بتحليل البيانات واستخلصا بشكل صحيح أن الكتلة المفقودة تتناسب مع $E = mc^2$ تمامًا، وشرح فريش كمية الطاقة المنبعثة، وأطلق على هذه العملية اسم "الانشطار النووي".

الوحدة 9

مراجعة الوحدة

الدرس 9-1 الانشطار النووي والاندماج النووي

- **الانشطار النووي Nuclear fission** هو عملية انقسام الأنوية الكبيرة لإنتاج أنوية أصغر.
- يمكن للنيوترونات الناتجة عن الانشطار أن تسبب تفاعلات انشطارية أخرى في عملية تعرف باسم التفاعل النووي المتسلسل **Chain reaction**.
- تنتقل النيوترونات المنبعثة بسرعة كبيرة في المفاعل النووي، ويجب إبطاء سرعتها باستخدام **مُهدئ السرعة Moderator**، مثل الماء أو الجرافيت.
- تستخدم قضبان التحكّم **Control rods** في المفاعل النووي لامتصاص النيوترونات.
- **الاندماج النووي Nuclear fusion** العملية التي يتم التغلب فيها على التنافر الكهروستاتيكي بين الأنوية الخفيفة ذات الشحنة الموجبة إلى أن تتسبب القوة الشديدة للنواة في اندماجها معًا.
- يخضع **التنافر الكهروستاتيكي Electrostatic repulsion** لقانون **التربيع العكسي Inverse squared**: كلّما قلّت المسافة تزداد قوة التنافر لتتناسب عكسيًا مع مربع المسافة.
- يجب أن تُزوّد الأنوية بمقدار كبير من الطاقة لكي تندمج، بحيث تصل **درجة الحرارة Temperature** إلى100 مليون درجة سيليزية.

الدرس 9-2 الاندماج والمستقبل

- للحصول على طاقة الاندماج تضغط مكونات الغاز المتأيّن المعروف باسم **البلازما Plasma** معًا عن طريق **الحصر المغناطيسي Magnetic confinement**، حيث يُحصر ويُسخّن.

اسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي لا يمكن استخدامه في تفاعل الانشطار؟
   a. التريتيوم (H-3)
   b. اليورانيوم- 235 (U-235)
   c. البلوتونيوم- 238 (Pu- 238)
   d. البلوتونيوم- 242 (Pu-242)

2. ما المقصود بالكتلة الحرجة لليورانيوم- 235؟
   a. كمية كافية من اليورانيوم- 235 لإحداث تفاعل انشطاري.
   b. كمية كافية من اليورانيوم- 235 لإحداث تفاعل متسلسل سريع.
   c. كمية كافية من اليورانيوم- 235 لإنتاج درجة نقاء أقل من 10% .
   d. كمية كافية من اليورانيوم- 235 لإطلاق مزيد من النيوترونات.

3. كيف تتحكّم قضبان التحكّم في المفاعل النووي؟
   a. تهدئ النيوترونات لإبطاء التفاعل المتسلسل.
   b. تمتص النيوترونات لإبطاء التفاعل المتسلسل أو إيقافه.
   c. تمتص اليورانيوم- 235 لمنعه من الانشطار.
   d. تتصل بالتوربينات البخارية للتحكّم في كمية الكهرباء المتولّدة.

4. ما المؤشر على حدوث تفاعل اندماج نووي؟
   a. إمتصاص الحرارة.
   b. انبعاث نيوترونات وتولد حرارة.
   c. الحصول على تفاعل متسلسل.
   d. الحصول على جزيئات أصغر.

5. أي الجمل الآتية تمثل سببًا لصعوبة حدوث الاندماج النووي؟
   a. الكتلة الحرجة
   b. التفاعل المتسلسل
   c. التنافر الكهروستاتيكي
   d. التجاذب الكهروستاتيكي

6. أي مما يأتي ينتج أكبر قدر من الطاقة؟
   a. اندماج نواتين.
   b. انشطار نواة.
   c. ذرة تتحد كيميائيًا مع ذرة أخرى.
   d. انفصال ذرة كيميائيا عن ذرة أخرى.

7. ما الخاصية المميزة للبلازما التي تسمح لها بأن تُحصَر في مجال كهرومغناطيسي؟
   a. أنها غاز.
   b. أنها ساخنة جدًا.
   c. تستمر في الحركة داخل المجال.
   d. جميع الجسيمات المكوّنة لها موجبة الشحنة.

8. ما المؤشرات الأولى على أن الاندماج قد تحقّق في أثناء الحصر المغناطيسي؟
   a. يضيء.
   b. ينتج حرارة.
   c. ينتج نيوترونات.
   d. ينتج طاقة أكثر من المطلوب لتشغيل المعدات.

9. عند مقارنة عملية الاندماج النووي مع الانشطار النووي، أي من العبارات الآتية تُعدّ من سلبيات الاندماج؟
   a. انتاج نيوترونات تؤثر في المعدات المستخدمة وتجعلها مشعة.
   b. يمكن تحويل المخلفات إلى مواد تصلح لصناعة الأسلحة.
   c. انتاج مخلفات ونفايات مشعة لها عمر نصف طويل جدًا.
   d. انبعاث إشعاعات ضارة بالبيئة في حال حدوث خلل.

10. أين يوجد الديوتيريوم؟
   a. يوجد في مناجم الليثيوم.
   b. يمكن استخراجه من مياه البحر.
   c. يوجد في احتياطيات النفط في العالم.
   d. ينشأ باستخدام حصر القصور الذاتي.

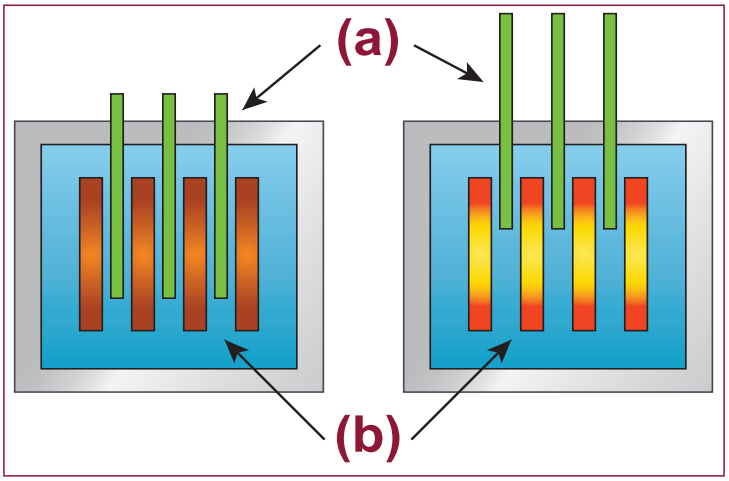
11. ما سلبيات مفاعلات الانشطار التي لا توجد في مفاعلات الاندماج؟
   a. لا تُنتِج نفايات مشعة.
   b. تنتج نفايات يمكن استخدامها في صنع الأسلحة.
   c. تفاعل الانشطار النووي يحتاج رفع درجة حرارة الوقود إلى درجة عالية جدًا أكثر من تفاعل الاندماج.
   d. يمكن إيجاد وقود مفاعل الانشطار في كل مكان ويصعب إيجاد وقود مفاعل الاندماج.

الدرس 9-1: الانشطار النووي والاندماج النووي

12. ما الشروط الواجبة للمحافظة على التفاعل المتسلسل؟

13. كيف يؤدي سحب المهديء من المفاعل النووي إلى إيقافه عن العمل؟

14. استخدم الشكل 9-19 للإجابة عن السؤالين الآتيين:



الشكل 9-19 رسم تخطيطي بسيط لمفاعل الانشطار.

a. ما مكوّن المفاعل النووي المشار إليه في **الشكل 9-19** بالحرف (a)؟

b. ما مكوّن المفاعل النووي المشار إليه في **الشكل 9-19** بالحرف (b)؟

15. ما الخاصية الأساسية لقضبان التحكّم في مفاعل الانشطار ؟

16. ما الاستخدامات المختلفة للماء الثقيل في مفاعل الانشطار التجاري الحديث؟

17. ما دور النيوترون في تفاعل الاندماج؟

18. لماذا يصعب دمج الديوتيريوم في التريتيوم؟

19. أين يجب أن تذهب للحصول على جهاز اندماج يعمل بشكل مستمر؟

20. ما الفرق بين التنافر الكهروستاتيكي والتجاذب الكهروستاتيكي؟

21. لماذا يتطلب بدء تفاعل الاندماج كثيرًا من الطاقة ؟

22. ما الدور الذي تقوم به القوة النووية الشديدة في تفاعل الاندماج؟

23. فيمَ يختلف تفاعل الانشطار النووي عن تفاعل الاندماج النووي؟

الدرس 9-2: الاندماج والمستقبل

24. ما الغرض من الجهد الكهربائي في الحصر المغناطيسي؟

25. كيف تسخن البلازما في عملية الحصر المغناطيسي؟

26. لماذا يكون من المهم زيادة كثافة البلازما لبدء تفاعل الاندماج؟

27. ما الهدف الذي يجب تحقيقه لأي تكوين في مفاعل الاندماج ليكون ناجحًا ويدخل مرحلة الإنتاج؟

28. ما إيجابيات الطاقة الاندماجية التي تميزها عن الطاقة الانشطارية؟

29. ما المشكلة الرئيسة في محطات توليد طاقة الاندماج النووي؟

30. لماذا يوجد الكثير من مفاعلات الانشطار قيد التشغيل، ولا يوجد في الوقت نفسه مفاعلات اندماج تستخدم لتوليد الكهرباء؟

31. البلازما حالة تصل إليها المادة نتيجة رفع درجة حرارتها بمقدار كبير جدًا. فسّر سبب ظهور الشحنة الموجبة للمادة في حالة البلازما.

32. ما المقصود بالماء الثقيل؟

الوحدة 10
مشكلة اللدائن (البلاستيك)
The Plastic Problem

في هذه الوحدة

الدرس 10-1: المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن (المواد البلاستيكية)

الدرس 10-2: الحلول القابلة للتطبيق لمشكلة استخدام المواد البلاستيكية

GC1207
GC1208

الوحدة 10

مقدّمة الوحدة

يسعى الكثير من العلماء والمهندسين لإيجاد حلول قابلة للتطبيق للمشكلات التي تواجههم. ففي العالم ذي الموارد المحدودة، ينبغي أن تكون المادة المثالية منخفضة التكلفة، وقوية، ومتينة وقابلة للتحمل، وسهلة التشكيل. فمثل هذه المادة يمكن أن تساعد في الحفاظ على صحة الناس، وتحسين نمط حياتهم، وقد تعني أيضًا نجاحًا ماليًا بالنسبة للمخترعين. لذلك تعتبر اللدائن (المواد البلاستيكية) موادًا مهمة في مُعظم مجالات التكنولوجيا. فمثلاً، استخدام الأجهزة الطبية البلاستيكية المعقّمة التي تُستخدم لمرّة واحدة قلّل بشكل كبير من خطر العدوى. كذلك يُقلّل عزل الأجهزة والأسلاك الكهربائية بالبلاستيك من مخاطر حدوث الحرائق والإصابة بالصعقات الكهربائيّة. إضافةً إلى ذلك، إنّ استخدام موانع التسرّب والمواد العازلة البلاستيكية سمح للأجهزة بتحمّل الضغوط المرتفعة دون أن تُصاب بخلل. فالمواد البلاستيكية تُشكّل جزءًا لا يتجزّأ من جميع الأجهزة الإلكترونيّة التي نستخدمها.

وتعد المواد البلاستيكية مواد متينة وقابلة للتحمل، كما أنها تدوم لعدة عقود دون أن تتحلل أو تتفكك إلى أجزاء، وإذا تلفت فإن عملية استبدالها تكون غير مكلفة.

إلا أن الميزة الرائعة للمواد البلاستيكية، وهي قابلية التحمل، تُعدّ أيضًا إحدى مشكلاتها الكبيرة، فاليوم يوجد لدينا الكثير من المواد البلاستيكية، لذا ما الذي سنفعله بالنفايات البلاستيكية؟

الأنشطة والتّجارب

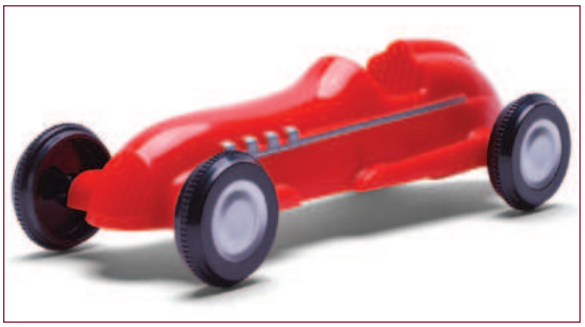
10- 1 بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي

a2-10 مؤتمر الحدّ من استخدام اللدائن (البلاستيك)

b2-10 أسلوب حياة خال من النفايات

الدرس 10-1
المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن
Problems with Plastic (المواد البلاستيكية)

هنالك فيلم أُنتج عام 1967م، بطله شاب تخرج من الجامعة، يتساءل فيه حول ما سيفعل في مستقبله، ثم يقابل رجلًا ناجحًا وأكبر منه سنًا أخذه جانبًا، وقال له:" سأقول لك كلمة واحدة، اللدائن (المواد البلاستيكية)، هنالك مستقبل باهر في الاستثمار في المواد البلاستيكية" في ذلك الوقت كان ذلك يعد أمراً مستهجناً؛ لأن المواد البلاستيكية كانت عبارة عن مواد رخيصة الثمن، وغير طبيعية، يتم إنتاجها بكميات كبيرة (**الشكل 10-1**)، وسهلة الكسر، ومن المفترض أن يتم التخلص منها.



الشكل 10-1 لعبة بلاستيكية رخيصة الثمن.

لقد توجّه الكثير من المهندسين الكيميائيين نحو صناعة المواد البلاستيكية، وخلال عقد من الزمن، أصبحت المواد البلاستيكية الجديدة التي تم اختراعها قابلة للتحمّل، وتم تصنيعها بدقة عالية. وقد أصبحت المواد البلاستيكية مواد ذات جودة عالية ويمكن استخدامها في الكثير من التطبيقات، حيث تمتاز هذه المواد البلاستيكية بخفة الوزن، والقوة، والتنوُّع، وقوة التحمُّل. وللأسف، فإنّ جانب واحد يتعلق بالمواد البلاستيكية ما يزال مُتبقيًا، وهو أنها مواد يتم التخلص منها باستمرار، وقد نشأ عن ذلك مشكلة بيئيّة كبيرة للعالم.

مخرجات التّعلُّم

GC1207.1 يفهم أنه يمكن إعادة تدوير العديد من اللدائن (المواد البلاستيكية)، أو استعادة المواد الكيميائية، أو استعادة الطاقة من خلال حرقها.

GC1207.2 يصف المشكلات المحددة المرتبطة باللدائن (المواد البلاستيكية) المتراكمة في المحيطات.

GC1207.3 يفهم سبب قابلية بعض اللدائن (المواد البلاستيكية) للتحلّل الحيوي.

المفردات

Biodegradation	التحلل الحيوي
Photodegradation	التحلل الضوئي
Single use	استخدام لمرة واحدة
Recycling	إعادة التدوير
Thermal depolymerization	إزالة البلمرة الحرارية
Heat compression	الانضغاط الحراري
Chemical recycling	إعادة التدوير الكيميائية
Micro-plastics	المواد البلاستيكية المجهرية
Landfill	مكب النفايات
Bagasse	مخلفات قصب السكر (التفل)

الأضرار البيئية التي تسبّبها الماصات البلاستيكية

- هل تستخدم الماصّات البلاستيكية في شرب مشروباتك (**الشكل 10-2**)؟
- كم مرة تحصل فيها على مشروب يحتوي على ماصة بلاستيكية؟
- هل تعتقد بأن هذا عامل مساهم رئيس في التلوث العالمي؟

الشكل 10-2 ماصّات بلاستيكية.

الماصة الواحدة عبارة عن مادة بلاستيكية كتلتها 0.4 g، وقد يبدو لك أن رمي ماصة واحدة لا يعد مشكلة، فمعظم المواد البلاستيكية ذات الاستخدام الشخصي تقريبًا والتي يتم رميها تمثل كمية ضئيلة جدًا، إلا أنه من الصعب عند البعض تخيل بأن تلك الكميات الضئيلة يمكن أن تكون بحد ذاتها مشكلة.

ولكن، فكر في الآخرين الذين ينظرون إلى هذا الأمر بنفس الطريقة! إذ تقدّر المنظمات العالمية لتنظيف الشواطئ بأن 8.3 بليون ماصة بلاستيكية ينتهي بها المطاف لتنتشر على امتداد سواحل العالم ، وهذا يمثل ما مجموعه 3.3 مليون كيلوجرام من البلاستيك، أي أن هنالك 7 ماصات بلاستيكية موجودة في كل متر على امتداد السواحل في كوكبنا. ذلك لأنّه من الصعب إعادة تدوير الماصات؛ لأنها تسقط عبر معدات المعالجة. كما أنّها غالبًا ما تُستخدم لدقائق معدودة فقط، وتُعتبر مُجرّد وسيلة ترف للبعض ، باستثناء استخدامها من الأشخاص الذين يعانون من ظروف ومشكلات صحية.

أدّى مقطع فيديو واحد إلى إثارة تحرُّكات لحظر استخدام الماصات البلاستيكية، حيث يصور مقطع الفيديو فريقًا من العلماء وهم ينزعون ماصة بلاستيكية طولها 12 cm من فتحة أنف سلحفاة بحرية (**الشكل 10-3**). بدأ الناس يفهمون حجم الضرر الناجم عن شيء بسيط جدًا، وأثره في الأنواع المختلفة من الكائنات الحية المهددة بالانقراض.

الشكل 10-3 سلحفاة بحرية يوجد في فتحة أنفها ماصة بلاستيكية.

وبالرغم من أن التلوث بالبلاستيك يسبب الكثير من الضرر للمحيطات، فقد أصبحت السلحفاة البحرية رمزاً للمشكلة.

إنّ السلاحف البحرية ليست الحيوانات الوحيدة المستخدمة من قبل المنظمات للتشجيع على تقليل التلوث على سطح الأرض، إذ على ما يبدو بأن البشر أنفسهم أكثر استعدادًا لاتخاذ إجراءات حاسمة عندما يشاهدون أفعالهم تؤثر في حيواناتهم المحبوبة أكثر من أفعالهم تلك التي تؤثر في الناس الآخرين.

مدى مقاومة البلاستيك للتحلل

بالعودة إلى محاولة العلماء الأولى في تصنيع منتج يمكنه أن يدوم لفترة زمنية طويلة، لم يكن بإمكانهم توقع مدى نجاحهم في تحقيق ذلك.

- تستغرق عملية تحلل بعض المواد البلاستيكية في البيئة فترة زمنية مقدارها 450 عامًا.
- ويمكن أن تستغرق عملية تحلل بعض الأنواع الأخرى فترة زمنية مقدارها 1000 عام تقريبًا.
- أما عبوة الماء المصنوعة من البلاستيك من نوع بولي إيثيلين تيرفثالات PET فلن تتحلل أبدًا.
- ويمكن أن يتحلل الكيس البلاستيكي الموجود في المحيط، والذي يكون معرضًا للأشعة فوق البنفسجية، في فترة زمنية مدتها أقل من عام، ومع ذلك فإنّ القطع الأصغر منه تكون سامة بالنسبة للأسماك.

خذ كيس تسوّق بلاستيكي وعلّقه خارجًا بحيث يكون معرضًا لأشعة الشمس.
راقبه يوميًا لبضعة أسابيع.

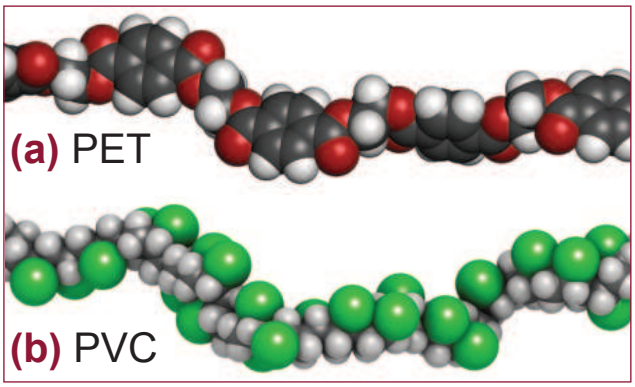
قارنه بكيس آخر مشابه له احتفظت به في الداخل.
ناقش ما الذي لاحظته.

لقد أصبحت قوة المواد البلاستيكية ومدى مقاومتها للتحلل جزءًا من مشكلتها، فالبكتيريا عادة لا تحلل المواد البلاستيكية البترولية مثلما تحلل معظم المواد العضوية، كما في:

التحلل الحيوي Biodegradation وهو العملية التي تُفكّك فيها البكتيريا المواد إلى مركبات مفيدة، فالمواد البلاستيكية غير قابلة للتحلل الحيوي.

التحلل الضوئي Photodegradation وهو العملية التي يمكن أن تُكسّر فيها الأشعة فوق البنفسجية الروابط الموجودة في البوليمرات، بحيث تُفكّكُها إلى جزيئات أصغر. فالعديد من المواد البلاستيكية سوف تتحلل بفعل أشعة الشمس، إذا أعطي لها الوقت الكافي. ولسوء الحظ، فإنّ ذلك لن يحل المشكلة، لأنّ الأجزاء المُتكونة من التحلل الضوئي غالبًا ما تكون سامّة، وغير مفيدة.

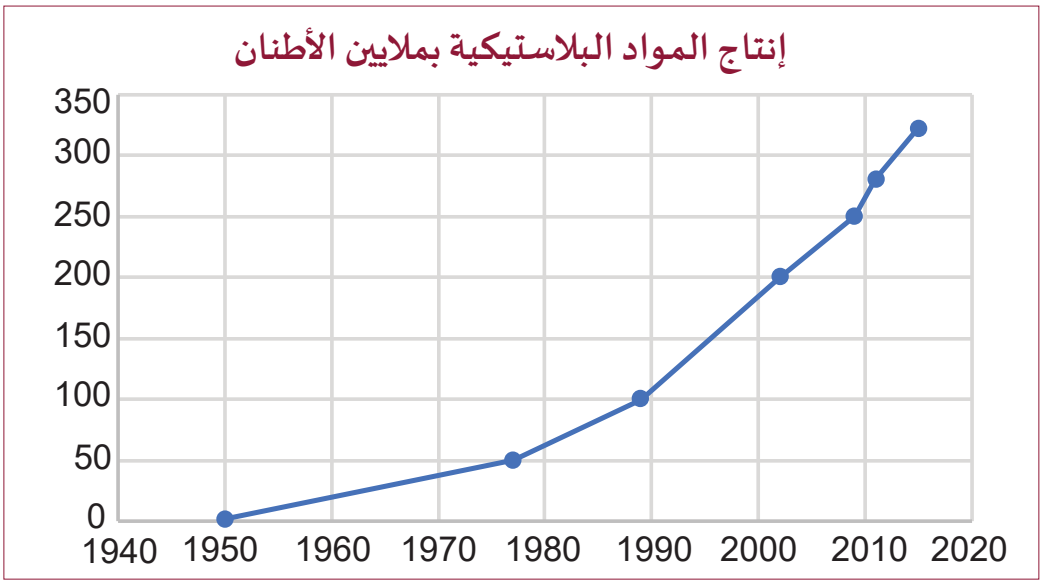
يمكن أن يُطلق مُصطلح "المواد البلاستيكية" على مجموعة متنوعة من البوليمرات، إلا أنها تُستخدم بشكل أساسي لوصف الجزيئات التي تتكون من سلاسل طويلة من ذرات الكربون (التي تشبه العمود الفقري) والتي تحتوي على عناصر أو مجموعات كيميائية مختلفة مضافة إليها (سلاسل جانبية). فالمجموعات أو السلاسل الجانبية تُكسب المواد البلاستيكية خصائصها المميزة المختلفة والتي تتضمن القوة، والمرونة، وإمكانية صهرها، أو أي خصائص كيميائية أخرى كما في **الشكل 10-4**.



الشكل 10-4 النماذج الجزيئية لكل من:
(a) بولي إيثيلين تيرفثالات PET
(b) بولي كلوريد الفينيل PVC

كمية المواد البلاستيكية

نحن ننُتج الكثير من المواد البلاستيكية، مع العلم أنّه لم يكن كذلك في أولى فترات تصنيعه، إلا أن استخدام المواد البلاستيكية قد نما بشكل كبير (**الشكل 10-5**)، حيث يوجد الآن أكثر من 900 kg من المواد البلاستيكية لكل رجل، وامرأة، وطفل على قيد الحياة موجود على سطح الأرض.



الشكل 10-5 إنتاج المواد البلاستيكية بملايين الأطنان (كل طن واحد = 1000 kg).

يوجد الآن أكثر من 900 kg من المواد البلاستيكية لكل رجل، وامرأة، وطفل على قيد الحياة موجود على سطح الأرض.

أسباب تراكم البلاستيك

- ليست المشكلة أننا نُنتج الكثير من المواد البلاستيكية فحسب، إلا أنها تكمن أيضًا في أن المواد البلاستيكية متينة، ولا يوجد محللات طبيعية مثل البكتيريا، أو الفطريات تكيّفت لتحليلها. فالمواد البلاستيكية التي يتم التخلص منها تستمر في التراكم عامًا بعد عام.
- يمكن أن تكون قائمة الأشياء التي تستخدم المواد البلاستيكية طويلة، وفي بعض الأحيان تكون مثيرة للدهشة، لدرجة أنّه أصبح من الأسهل تحديد الأماكن التي لا تُستخدم فيها المواد البلاستيكية.

تتبّع عدد الأشياء البلاستيكية التي تتخلص منها في يوم واحد.

اضرب عدد الأشياء في 365.

اضرب الناتج في 10 أعوام.

الآن، اضرب الناتج في عدد سكان دولة قطر.

- إن المساهم الرئيس لتراكم المواد البلاستيكية هو **الاستخدام لمرة واحدة Single use** للبلاستيك. وهذه الأشياء يتم تصنيعها لكي تُستخدم لمرة واحدة فقط، ومن ثم تُرمى، حيث يمثل استخدام المواد البلاستيكية لمرة واحدة ما يقارب 50% من النفايات البلاستيكية.

إعادة تدوير المواد البلاستيكية

إعادة التدوير Recycling هي عملية تحويل المخلفات والنفايات إلى منتجات أخرى مفيدة.

يجد بعض الناس طرائق فريدة من نوعها لإعادة استخدام المواد البلاستيكية الموجودة، خاصة العبوات البلاستيكية (**الشكل 10-6**، و**الشكل 10-7**).

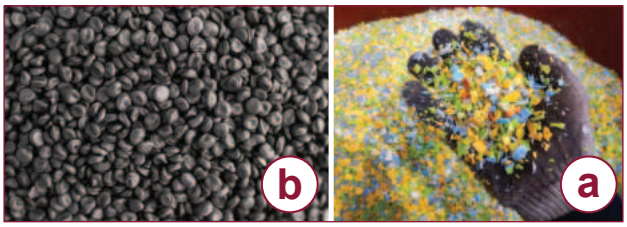
الشكل 10-6 استخدام العبوات البلاستيكية كمواد بناء.

الشكل 10-7 مستنبتات بلاستيكية

إن استخدام العبوات البلاستيكية لبناء الجدران، أو عمل المستنبتات عملية إبداعية، وتجذب الانتباه إلى المشكلة، لكن لا يمكنها معالجة حجم النفايات البلاستيكية المُتكدسة كل عام. إذ يجب استخدام الطرائق الصناعية لاستعادة المكونات، والطاقة الكامنة الموجودة في المواد البلاستيكية وتوظيفها. ومن هذه الطرائق:

- **التفكك الحراري للبوليمر Thermal depolymerization** هي تقنية لتسخين المواد البلاستيكية لاستعادة المنتجات الكيميائية التي يمكن استخدامها كوقود في إنتاج الكهرباء.
- **الانضغاط الحراري Heat compression** هي تقنية تستخدم الحرارة لصهر بعض أنواع النفايات البلاستيكية، وتحويلها إلى مواد أولية بلاستيكية والتي يمكن إعادة تشكيلها إلى منتجات جديدة. ومع ذلك، فإن تكلفة الحرارة المُستخدمة يمكن أن تكون أكبر من قيمة المادة الناتجة المستخلصة.
- **إعادة التدوير الكيميائية Chemical recycling** هي عملية تفكيك بعض البوليمرات إلى مونومرات، حيث يمكن تحويل المونومرات النقية إلى غاز اصطناعي (خليط غازات يحتوي على كميات مختلفة من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون و الهيدروجين)، ومركبات أخرى.

كما يمكن إعادة استخدام بعض المواد البلاستيكية إذا تم فرزها وترتيبها، حيث يبين **الشكل 10-8** كيف يمكن تقطيع المواد البلاستيكية من نوع PET (الشكل a)، ومن ثم صهرها إلى حبيبات صغيرة (الشكل b) لإعادة استخدامها في منتجات جديدة.

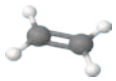
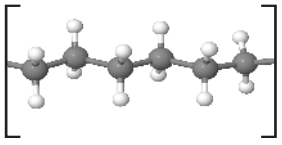
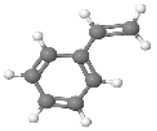
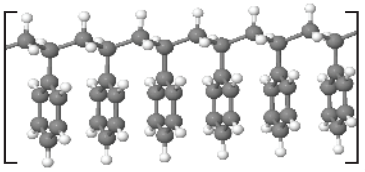
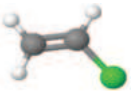
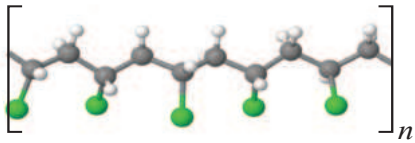


الشكل 10-8 إعادة تدوير المواد البلاستيكية من نوع PET.

أنواع البلاستيك

المواد البلاستيكية ليست مادة واحدة فقط، فالمواد البلاستيكية تتضمن مجموعة واسعة ومتنوعة من الأنواع المختلفة. والشيء المشترك في ما بينها هو أن المواد البلاستيكية جميعها عبارة عن بوليمرات عضوية، ومعظمها عبارة عن مشتقات بترولية. إنّ مُصطلح "البوليمر" يُعبّر عن السلاسل الطويلة للوحدات الكيميائية المتماثلة التي تسمى "المونومرات"، ويبين **الجدول 10-1** ثلاثة أنواع فقط من عدة آلاف من أنواع المواد البلاستيكية المختلفة التي تم إنتاجها، وكل مونومر يُنتج نوعًا مختلفًا من المواد البلاستيكية.

الجدول 10-1 بعض الأمثلة على مواد بلاستيكية مختلفة.

اسم البوليمر	المونومر	صيغة البوليمر	مثال على الاستخدام
بولي إيثيلين	 C_2H_4	 $[C_2H_4]_n$	أكياس بلاستيكية
بولي ستايرين	 C_8H_8	 $[C_8H_8]_n$	أكواب من الفوم
بولي كلوريد الفينيل **(PVC)**	 C_2H_3Cl	 $[C_2H_3Cl]_n$	أنابيب بولي كلوريد الفينيل **(PVC)**

يمكن تشكيل الأنواع المختلفة من البوليمرات إلى أشكال مختلفة لتناسب الاحتياجات المختلفة، فبعض هذه البوليمرات لينة ومرنة مثل البولي إيثيلين، وبعضها الآخر أكثر قساوة مثل بولي كلوريد الفينيل PVC.

إن التنوع الكبير في المواد البلاستيكية يجعل من الصعب إعادة تدويرها؛ لأنّ الأنواع المختلفة منها تتطلب عمليات مختلفة لإعادة التدوير. فبعض أنواع المواد البلاستيكية لا يمكن إعادة تدويرها نهائيًا، ومعظم الأنواع الأخرى تحتاج إلى فصلها بحسب نوعها، ويبين **الجدول 10-2** أنواع المواد البلاستيكية التي يمكن إعادة تدويرها، إضافة إلى بعض الاستخدامات الشائعة لها.

الجدول 10-2 بعض الأمثلة على مواد بلاستيكية مختلفة.

1 PET	2 HDPE	3 PVC	4 LDPE	5 PP	6 PS
بولي إيثيلين تيرفثالات	بولي إيثيلين مرتفع الكثافة	بولي كلوريد الفينيل	بولي إيثيلين مُنخفض الكثافة	بولي بروبيلين	بولي ستايرين
• عبوات المشروبات الغازية • التغليف والأوعية	• عبوات سائل غسيل الشعر • الألعاب • مواد تغليف الطعام	• الأنابيب • صواني الطعام	• الأكياس البلاستيكية • العبوات البلاستيكية	• الألعاب • صدّامات السيارات	• أوعية الطعام • أكواب من مادة الفوم

التخلّص من المواد البلاستيكية

يعاد تدوير ما نسبته 10% فقط من المواد البلاستيكية التي صُنعت واستُخدِمت في العالم، فالكثير من طرائق إعادة التدوير عبارة عن صناعات ثقيلة، وسوق المواد البلاستيكية المعاد تدويرها ليس كبيرًا بشكل كاف لتعويض كلفة هذه العملية. إلا أنّه في حال ازدادت مُساهمة المُستهلك، عندها سيكون سوق إعادة التدوير أفضل، وبالتالي كميّة أكبر من البلاستيك سيُعاد تدويرها. وبناء على ذلك، فإنّ رمي البلاستيك كقُمامة في مكب النفايات يكون أسهل. إلّا أنّ حجم هذه القمامة المهملة يُنتج العديد من المُشكلات منها:

1. انتشار ومحدودية سعة مكبّات النفايات.
2. تراكم البلاستيك.
3. استنفاد المصادر غير المُتجددة.

الشكل 10-9 مكبات النفايات هي مصير القمامة في معظم دول العالم.

1. **مكبات النفايات Landfills** هي المناطق التي تُفرّغ فيها النفايات، وهي الطريقة التي تلجأ إليها الكثير من البلدات والمدن للتخلُّص من نفاياتها، (**الشكل 10-9**) ومكب النفايات عبارة عن مكان تم تصميمه لتكديس "القمامة" فيه، ثم في النهاية يتم طمره بالتراب. وقد قامت بعض الدول ببناء بعض الحدائق فوق مواقع مكبات النفايات القديمة.
2. **تكدّس البلاستيك** وفقًا للمعدل الحالي، فقد قُدّر أنه بحلول العام 2050م، سيكون هنالك 12 بليون طن متري من البلاستيك في مكبات النفايات (الطن يساوي 1000 كيلوجرام). أي أنه سيكون هناك أكثر من طن واحد من البلاستيك لكل شخص على قيد الحياة.
3. **نفاد الموارد** تقريبًا جميع المواد البلاستيكية مصنوعة من البترول. يعتبر البترول مصدرًا غير مُتجدد ومحدود، ويُستخدم أيضًا في توليد الطاقة. يتوقع بعض العلماء أنه في المستقبل، عندما تصبح الموارد الطبيعية نادرة، سينبغي على البشر "تعدين" مكبات النفايات القديمة؛ وذلك من أجل الحصول على الموارد.

تلوّث المُحيطات بالمواد البلاستيكية

إنّ المشكلات الناشئة من المواد البلاستيكية أصبحت تكبر وتتفاقم. فسوء إدارة بعض الدول يتيح للمواد البلاستيكية بأن تسلك طريقها نحو المحيط، حيث تتعمّد هذه الدول إلقاء نفاياتها في المحيط، وتأثيرات ذلك لم يعد بالإمكان تجاهلها لأنها تؤثر على جميع سكان الأرض.(**الشكل 10-10**).

الشكل 10-10 لا يمكن للصور التقاط حجم الدمار الذي لحق بالحياة في المحيطات نتيجة التلوث بالمواد البلاستيكية

- كل عام، يدخل إلى المحيط ما يقارب 8 ملايين طن متري من المواد البلاستيكية من مصادر مختلفة. وهذا يعادل 15 كيس تسوّق بلاستيكي مليء بالمواد البلاستيكية لكل متر على امتداد الشاطئ في العالم. هذا بالإضافة إلى 150 مليون طن متري تم تقديرها بأنها موجودة بالفعل في داخل المحيط.
- تُحطّم حركة أمواج البحر المواد البلاستيكية إلى قطع صغيرة، تعرف باسم **المواد البلاستيكية المجهرية Micro-plastics**، والتي ينتهي بها المطاف إلى داخل أجسام الكائنات الحية البحرية جميعها تقريبًا. بما في ذلك الأسماك والسلاحف والثدييات البحرية والطيور.
- يتم التخلص من كمية كبيرة من النفايات البلاستيكية الناتجة عن معدات الصيد، وشباك الصيد، والتي تتشابك معًا وتقتل الحياة البحرية.
- تبدو أكياس التسوق البلاستيكية في الماء مثل قناديل البحر (**الشكل 10-11**)، والتي غالبًا ما يتم تناولها من قبل الكائنات البحرية الأخرى مثل الثدييات البحرية الكبيرة والأسماك والسلاحف البحرية.

الشكل 10-11 الكيس البلاستيكي يشبه قنديل البحر.

إن الإعلانات المتعلقة بالضرر الذي تُلحقه المواد البلاستيكية بالمحيطات دفع البعض إلى اتخاذ إجراء شخصي وتشريعي؛ وذلك في محاولة لحل المشكلة، إلا أن الحل الفعلي والحقيقي لهذه المشكلة هو تقليل استخدام المواد البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة.

تنظيف الشاطئ

تُكرّس جماعة بيئية تُسمّى **منظمة الحفاظ على المحيطات Ocean Conservancy**، عملها لحماية المحيطات والحياة البحرية التي تسميها الموطن (**الشكل 10-12**)، فعلى مدى 30 عامًا الماضية، وفي السبت الثالث من شهر سبتمبر، تُنظم هذه المنظمة برنامجًا دوليًا لتنظيف الشاطئ.

الشكل 10-12 الحوت الأزرق، والذي يبلغ طوله 28 مترًا، يعد أكبر المخلوقات الحية التي تعيش على هذا الكوكب، وهذا النوع من المخلوقات عرضة للتلوث البلاستيكي بسبب الكيفية التي يتغذى بها.

يعمل متطوعون من أكثر من 100 دولة مختلفة في تنظيف الشواطئ، ويتتبعون كل شيء يجدونه، وإليك قائمة بكمية بعض الأشياء التي وجدوها أثناء عملية التنظيف التي قاموا بها عام 2017م:

- أعقاب سجائر (2,412,151)
- أغلفة الطعام (1,739,743)
- عبوات مشروبات غازية (1,569,135)
- أغطية عبوات بلاستيكية (1,091,107)
- أكياس تسوق بلاستيكية (757,523)
- أكياس بلاستيكية أخرى (746,211)
- ماصات، وأعواد تحريك بلاستيكية (643,562)
- أوعية حافظات طعام بلاستيكية (632,874)
- أغطية أوعية بلاستيكية (624,878)
- أوعية حافظات طعام رغوية (إسفنجية) (580,570)

ومن ضمن ما يقارب 9.3 مليون كيلوجرام من القمامة التي جُمعت، حصدت المُنتجات البلاستيكية المراكز العشرة الأولى.

بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي

المواد البلاستيكية مواد متينة و سهلة الاستخدام، لذا، يفضل الناس حفظ أطعمتهم في أوعية مصنوعة من المواد البلاستيكية، إلا أن هذا الاعتقاد الشائع بدأ يتغير بسبب الأثر التدميري للمواد البلاستيكية، وخاصة ما يحدث في المحيطات، والذي أصبح واضحًا للجميع. و بالتالي أصبح هناك رغبة أكبر في تجربة بدائل و أشكال أخرى لتغليف وحفظ المواد بدلاً عن المواد البلاستيكية.

الشكل 10-13 إن الرغبة في استخدام المواد ذات الأصل النباتي في ازدياد بوصفها بديلًا عن المواد البلاستيكية.

يوضح **(الشكل 10-13)** بعض المواد ذات الأصل النباتي الجديدة والقابلة للتحلل الحيوي، والتي يمكنها أن تساعد على استبدال المواد البلاستيكية.

a. مخلفات قصب السكر (التفل) Bagasse عبارة عن اللّبّ المتبقي عند صناعة السكر من نبات قصب السكر، فالكثير من أماكن بيع الوجبات السريعة التي تستخدم حافظات مصنوعة من مواد البولي إيثيلين منخفض الكثافة تحاول تجربة الأوعية المصنوعة من مخلفات قصب السكر. وهذه الأوعية قابلة للتحلل الحيوي، وقابلة للوضع في جهاز المايكروويف.

b. استُخدمت الماصات منذ 5,000 عام تقريبًا، وحديثًا فقط تم استخدام الماصات المصنوعة من المواد البلاستيكية، فهذه الماصات البلاستيكية تعد سابع أكثر المواد الشائعة التي تم جمعها من الشواطئ. لذا، حظرت الكثير من المدن استخدام الماصات البلاستيكية، وشجعت على استخدام الماصات الورقية والعضوية الأخرى عوضًا عن الماصات البلاستيكية.

c. تستخدم الكثير من الشركات المصنّعة المنتجات ذات الأصل السيليلوزي لاستبدال مواد التغليف المصنوعة من رغوة البولي ستايرين، ذلك أنّ السيليلوز يمكن أن يتفكك ويُعالج بسهولة.

تمتلك الأنواع المختلفة من المواد البلاستيكية البديلة القابلة للتحلل الحيوي والمصنوعة من أصل نباتي خصائص فريدة من نوعها والتي تُحدّد كيف تُستخدم، وكيف تتحلل إذ:

- يجب تحويل الأشياء المصنوعة من المواد ذات الأصل النباتي إلى سماد لكي تتحلل، فعندما يتم دفنها كما هي ببساطة تحت سطح الأرض في مكب النفايات، فإنها تبقى سليمة ولا تتلف.
- تحتوي بعض بدائل المواد البلاستيكية ذات الأصل النباتي على أجزاء صغيرة من المعادن التي لا يمكن أن تتحوّل إلى سماد.
- إنّ بعض بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي تكون مصنوعة من مواد بتروكيماوية، ولكن تم هندستها لكي تتحلل بشكل أسرع.

نشاط 10-1 بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي

سؤال الاستقصاء	هل يمكن أن تتحلل بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي في المحيط؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية، عينة من مادة بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي، مصدر ضوء، مصدر حرارة، ماء، مجهر.

الخطوات المخبرية

1. يبحث الطلاب في أنواع بدائل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي.
   - ابحث عن مصدر محلي لبديل مادة بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي، مثل أكياس "غير بلاستيكية"، أكياس عضوية مصنوعة من نشاء نباتي. ومواد أخرى مأخوذة من مصادر متجددة. بعض هذه المواد متوافرة في متاجر البقالة في دولة قطر.
   - خذ عينات من المادة، وعرّضها للحرارة، والضوء، والهواء، والماء.
   - خذ عينات أخرى لم يتم تعريضها للظروف التجريبية.
   - قارن بحذر بين المجموعتين، واستخدم المجهر إذا لزم الأمر.
   - ابحث عن أي اختلافات بين المجموعتين.
2. ابحث عن الظروف التي يجب توفيرها لهذه المادة لكي تتحلل.
3. تذكر بأن "الزمن" يمكن أن يكون عاملًا مهمًا في عملية تحلل المادة.
4. فكّر إن كانت الظروف الموجودة في المحيطات سوف تجعل المواد البلاستيكيةالقابلة للتحلل الحيوي تتحلل.

الأسئلة

a. ما الفرق، إن وُجد، الذي لاحظته بين مجموعة التحكم –الضابطة- (وهي المادة البلاستيكية التي لم تتعرض للحرارة، والضوء، والهواء، والماء) والمجموعة التجريبية.

b. إذا حدّدت، سواء بشكل تجريبي أو عن طريق بحثك، بأن الأكسجين كان جزءًا من العملية، فهل سيكون متوافرًا إذا انتهى الأمر بمنتجك في المحيط؟

c. لماذا يمكن لشركة ما أن تروّج "لمادة بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي" إذا كانوا على علم ودراية بأن المتغيرات المطلوبة لجعل هذه المادة تتحلل حيويًا ليست متاحة بهذه السهولة؟

تقويم الدّرس 10-1

1. لماذا لا تصلح عملية التحلل الحيوي على المواد البلاستيكية؟
   - a. لأن المواد البلاستيكية تحتوي على الكثير من المواد الكيميائية.
   - b. لأن البكتيريا لا يمكنها القيام بعملية تحليل للمواد الكيميائية الموجودة في المواد البلاستيكية.
   - c. لأن تأثير الأمواج غير كاف لتكسير سلاسل الكربون الطويلة.
   - d. لأن عملية التحلل الحيوي في النهاية سوف تحلل المواد البلاستيكية، ولكنها سوف تستغرق سنوات كثيرة.
2. لماذا لا تُقدّم عملية تحطيم المواد البلاستيكية إلى أجزاء أصغر حلاً للمشكلة المُرتبطة بالتلوث البلاستيكي ؟
   - a. لأن هذه الأجزاء الصغيرة تمر دون أن تتم ملاحظتها.
   - b. لأن هذه الأجزاء تكون متناهية في الصغر لكي يكون لها تأثير بيئي.
   - c. لأن المواد الكيميائية السامة لا تتحطم عندما تتكسّر سلسلة الكربون الطويلة.
   - d. لأن هذه الأجزاء الصغيرة تمتلك قوة أكبر من قطعة البلاستيك الأصلية، لذا، يفضل تركها صلبة كما هي.
3. لماذا يُستخدم المحيط للتخلّص من القمامة غير المرغوب فيها؟ ناقش كلًا من النقاط الآتية في بضع جمل.
   - i . لأن المحيط يبدو كبيرًا جدًا وبالتالي لن تسبب النفايات البشرية مشكلات خطرة.
   - ii . لأن معظم القمامة تغرق، لذا لا يتم اعتبارها تلوثًا بعد ذلك.
   - iii . لأن الحكومات تأمل بأن تحملها التيارات البحرية بعيدًا، بحيث لا ينبغي عليهم التعامل معها بعد ذلك.
   - iv . المحيط غير مهم بالنسبة للبشر؛ ذلك لأنهم يعيشون على اليابسة وليس في الماء.
4. لماذا يمكن أن تكون عبوات الماء البلاستيكية، المملوءة بالتراب، مادة بناء جيدة بالنسبة لجدران المنزل؟
5. لماذا يمكن أن يكون اهتمام إدارة النفايات بتلوث البحر (تلوُّث المياه) في مدينة الدوحة أكثر مما هو عليه في روضة راشد؟
6. لماذا تعد أكياس التسوق البلاستيكية ضارة جدًا لمجموعة كبيرة من الكائنات البحرية؟
7. ما أكثر مادة من مواد القمامة شيوعًا موجودة على الشواطئ حول العالم؟

الدرس 10-2

الحلول القابلة للتطبيق لمُشكلة استخدام المواد البلاستيكية
Solutions for the plastics usage problem

توجد أماكن قليلة في هذا العالم يمكنك الذهاب إليها دون أن تجد فيها مواد بلاستيكية، فالمواد البلاستيكية المجهرية موجودة في أكثر أماكن المحيط عمقًا، كما أن أطنانًا من النفايات البلاستيكية يتم تركها كل عام من قبل المتسلقين على قمة جبل إيفرست. وإذا راقبت الغبار الناتج عن عاصفة رملية وسط الصحراء، من المحتمل أن تشاهد كيس تسوق بلاستيكي يمر من أمامك تحمله الرياح.

الشكل 10-14 تحف أثرية قديمة .

لم يكن الأمر كذلك على الدوام، فقد عاش أجدادك وتربّوا في عالم لم يكن موجود فيه البلاستيك نهائيًا، فالمعادن، والخشب، والعظام، والجلود، ومواد أخرى هي التي كانت تُستخدم لصناعة أي شيء بهدف تلبية احتياجاتهم (**الشكل 10-14**). فقد استُكشف العالم و تم صناعة العديد من الاختراعات بدون استخدام المواد البلاستيكية.

قد يكون للمواد البلاستيكية مستقبل كبير، إلّا أنه أصبح من الضروري اليوم إيجاد بدائل عنها.

مخرجات التّعلُّم

GC1208.1 يقترح بدائل لاستخدام اللدائن (البلاستيك).

المفردات

Butcher paper	ورق الجزّار
Waxed paper	ورق مشمّع
Zero waste	خال من النفايات

الوضع الطبيعي الجديد

ما التغيرات التي قمت بها في أسلوب حياتك نتيجة لجائحة كورونا (COVID-19)؟

ما مدى صعوبة إعتيادك على ارتداء الكمامة في الأماكن العامة؟

هل هنالك أشخاص تعرفهم لا يفضلون هذا التغيير؟

إلى أي مدًى تعتقد أنك ستكون مجبرًا على الاستمرار في ارتداء الكمامة في الأماكن العامة كجزء من حياتك اليومية؟

الشكل 10-15 ارتداء الكمّامة كإجراء احترازي

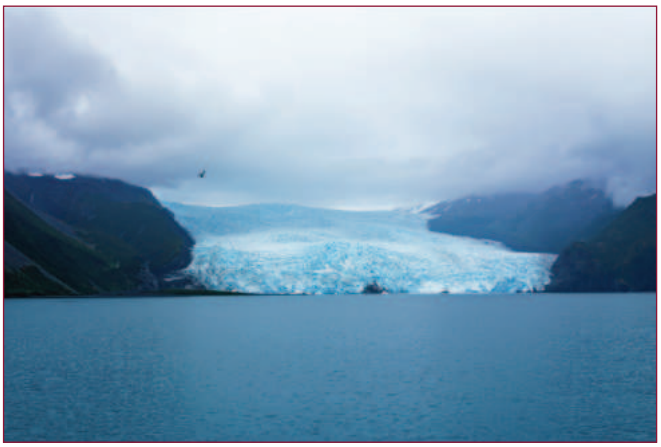
في عام 2020م، انتشرت جائحة كورونا (COVID-19) في جميع أنحاء العالم، وأظهرت البيانات أنه من السهل انتقاله من شخص لآخر، لذلك تم اعتماد بعض الإجراءات الاحترازية للسكان من قبل بعض الحكومات؛ ومنها ضرورة ارتداء الكمامات في الأماكن العامة (**الشكل 10-15**).

هنالك بعض الثقافات أو الحضارات، خاصة في البلدان ذات الكثافة السكانية المرتفعة، إلتزمت بارتداء الكمامات كجزء لا يتجزأ من حياتهم اليومية؛ وذلك لتجنب انتشار الأمراض والأوبئة، وتعد هذه الثقافة دلالة على احترام الآخرين. أما في ثقافات أخرى فقد كان من الصعب إقناع السكان بارتداء الكمامات، لذا تم فرض المخالفات، والغرامات على المخالفين لتحقيق الالتزام بالقوانين.

وقد استُخدمت عبارة "الوضع الطبيعي الجديد" لوصف هذا التحول المفاجئ في التوقعات الثقافية والحضارية للتعامل مع جائحة كورونا (COVID-19)، والأنواع الأخرى من الأمراض والأوبئة.

ماذا لو كانت جائحة كورونا (COVID-19) عبارة عن فيضان يهدد العالم، أو تلوث البيئة، أو تغير المناخ؟ حالها كحال الأنهار الجليدية: تتدفق ببطء، ولا مفر منها، وقد تكون أكثر تدميرًا وفتكًا.

ما نوع الإجراءات التي يجب اتخاذها لإنشاء "وضع طبيعي جديد" لمنع هذا الدمار، وهل سيكون قد فات الأوان على ذلك؟



الشكل 10-16 نهر جليدي يتدفق ببطء

تقليل استخدام المواد البلاستيكية

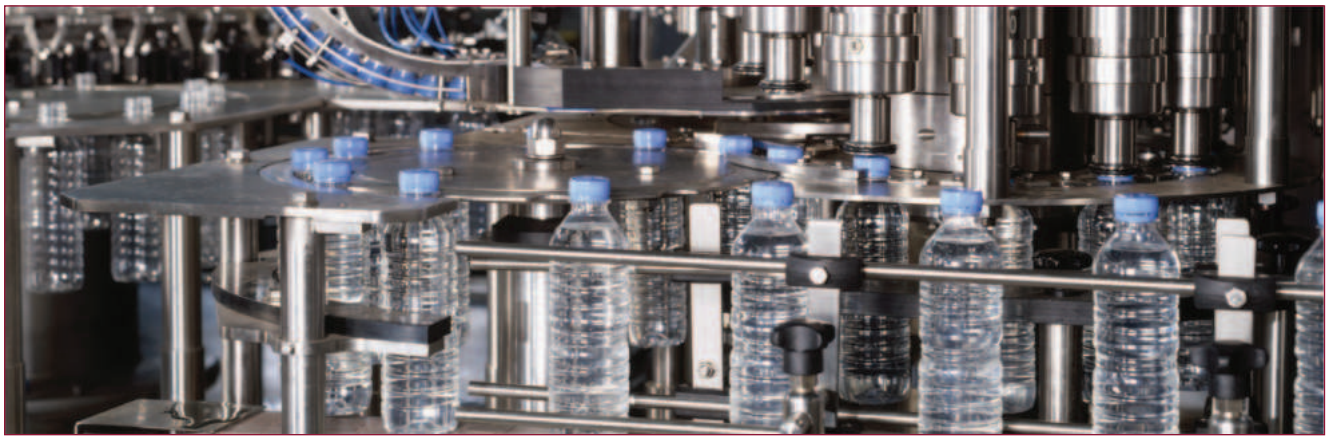
كيف يمكنك أن تتأقلم بدون وجود البلاستيك؟

افترض أنّ الموادّ البلاستيكية التي تُستخدم لمرّة واحدة ممنوعة. هل توجد أعمال نقوم بها حاليًا والتي ستُصبح مُستحيلة بسبب هذا المنع؟

كيف يمكنك استبدال البلاستيك في حياتك؟

يطور العلماء نوعًا من البكتيريا "تتغذى" على المواد البلاستيكية، لذا تخيل ما الذي يمكن أن يحدث إذا كانت هذه التكنولوجيا ناجحة جدًا، وتم التخلُّص من المواد البلاستيكية جميعها الموجودة في العالم، مع عدم وجود أمل في إعادتها مرة أخرى. فكر في الكيفية التي يمكن أن تتغير بها حياتك، وكيف من المحتمل أن تتأقلم مع العالم الجديد دون وجود للمواد البلاستيكية.

قد تتجاوز الفائدة من استخدام بعض المواد البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة التكاليف البيئية. فعلى سبيل المثال، عندما تضرب كارثة طبيعية منطقة ما، فإن أُولى المنتجات التي سيحتاج لها الناس هي عبوات الماء البلاستيكية؛إذ من المُحتمل أيضًا أن تتعرّض البنية التحتية للدمار، وخاصةً مرافق معالجة المياه، فقد تكون تعرّضت للضرر. وبالتالي سيكون من المُهم تأمين مياه نظيفة للشرب، وسيكون ذلك سبباً لاستخدام عبوات الماء البلاستيكية.



الشكل 10-17 مصنع تعبئة مياه يستخدم مياه الشرب المَحليّة (مياه الصنبور).

أما بالنسبة لبقية العالم، فإن الاهتمام بالمياه المعبأة ما هو إلا نتيجة التسويق الذكي الذي يدّعي أن المياه التي يبيعونها نظيفة وآمنة (**الشكل 10-17**).

- معظم المياه المعبأة في عبوات بلاستيكية تكون مملوءة بمياه الشرب المُعبّأة محليًا، ليتم شحنها حول العالم.
- غالبًا ما تدفع نقودك مقابل العبوة البلاستيكية، أما الماء فإنك تحصل عليه مجانًا.
- لذلك من الأفضل أن تُملأ العبوات القابلة لإعادة الاستخدام (**الشكل 10-18**) بالمياه المحلِيّة، مما يوفر الكلفة، والطاقة، واستخدام البلاستيك.

الشكل 10-18 حافظات ماء.

نقل الغذاء وبدائل الأكياس و حافظات الطعام البلاستيكية

تذهب إلى السوق لشراء المواد الغذائية الطازجة (**الشكل 10-19**)، فتختار ما تريد شراءه، ثم بعد ذلك يضع البائع مشترياتك النظيفة والطازجة من المواد الغذائية في كيس بلاستيكي يُستخدم لمرة واحدة. يمكن استبدال هذا الكيس البلاستيكي بكيس مصنوع من القماش، بحيث يمكنك إحضاره معك إلى السوق. وهذا النوع من الممارسات كان مستخدمًا حول العالم حتى وقت قريب، إلا أن "وسيلة الراحة" والمتمثلة بالحصول على كيس من المكان الذي يزودك بالخدمة أصبحت أكثر شيوعًا.

الشكل 10-19 منتجات غذائية طازجة.

الشكل 10-20 نقل الغذاء.

فهنالك الكثير من الأماكن في العالم تمنع استخدام الأكياس البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة فقط، فبعض البائعين يعرضون أكياسًا مصنوعة من القماش أو النايلون ذات الاستخدامات المتعددة، مع وضع إعلاناتهم الخاصة والمطبوعة على هذا النوع من الأكياس. وكلما ازداد التخلّي عن استخدام الأكياس التي تُستخدم لمرة واحدة، سوف يصبح "من المألوف بيئيًا" استخدام المنتجات الأكثر متانة وتحملًا لعملية نقل الغذاء (**الشكل 10-20**).

سوف يصبح "من المألوف بيئيًا" استخدام المنتجات الأكثر متانة وتحملًا لعملية نقل الغذاء.

هنالك مجال آخر يمكن فيه استبدال البلاستيك؛ وهو حافظات الوجبات الجاهزة. فمعظم الناس يُحضرون حافظات الطعام الخاصة بهم عندما يذهبون لتناول الطعام في الخارج، وعند انتهائهم، يضعون طعامهم المتبقي في الحافظات، ولهذا لا يحتاجون إلى استخدام الحافظات المعروضة ذات الاستخدام لمرة واحدة (**الشكل 10-21**)، وعلى الرغم من أنّ ذلك يحتاج إلى بذل المزيد من الجهد، إلا أنه أفضل بكثير بالنسبة للبيئة.

الشكل 10-21 وجبات جاهزة.

ورق الجزار وورق المشمع

في الكثير من متاجر البقالة، سوف تجد لحومًا مقطعة ومُغلّفة. فالغلاف البلاستيكي النظيف يتيح لك رؤية قطع اللحم ونوعيتها، والتغليف بالبولي ستايرين يكون مقنعًا أكثر لك لاتخاذ القرار بالاختيار. (**الشكل 10-22**).

الشكل 10-22 طريقة عرض اللحوم في أحد متاجر البقالة، والتي تكون مغلفة بالبلاستيك.

وخلف هذا المشهد، هنالك فريق من الجزارين يقطّعون هذا المنتج ويغلفونه. فعندما تتحدث إلى أحدهم وتطلب إليه قطعة لحم محددة، سوف يقطع لك القطعة الطازجة، ويغلفها لك في ورق خاص.

ورق الجزار Butcher paper: هو ورق يُستخدم لتغليف اللحم أو السمك؛ لنقله من المتجر إلى المنزل. وورق التجميد هو ورق جزار بغلاف يمنع التسريب، ويمكن استخدامه لتجميد المنتج لمدة تصل إلى عام كامل.

الشكل 10-23 ورق مشمع.

ورق المشمع Waxed paper: هو ورق مطلي بطبقة رقيقة من مادة البارافين، ويُستخدم أيضًا لتغليف الطعام (**الشكل 10-23**).

- هذه المنتجات تقلل من كمية المواد البلاستيكية المستخدمة لنقل المنتجات الغذائية.
- وأحد مساوئها هي أنه لا يمكنك رؤية المحتوى قبل شرائك للمنتج.
- أما ميزتها فهي أنك تتحدث للشخص الذي يبيعك المنتج، والتي غالبًا ما تؤمن اتصالًا شخصيًا مع شخص مختص بعمله. ويعرف الشخص الذي يحصل على المنتج، ومن المحتمل أن يبذل جهدًا أكبر للتأكد من مدى رضائك عن ما يقدم لك من خدمات.

وكمثل الأشخاص الذين أصبحوا أكثر قلقًا بشأن بصمة الكربون الخاصة بهم، فالكثير من الأشخاص حالياً أصبحوا أكثر حذرًا من بصمة البلاستيك الخاصة بهم أيضًا، ومن المحتمل أن يتطلب البحث عن بدائل المواد البلاستيكية جهودًا فردية أكثر، لكنه قد يُعطي فوائد مهمة.

الزجاج كبديل للمواد البلاستيكية

يتم عرض العبوات الزجاجية بأشكال وأحجام مختلفة لتخزين الطعام (**الشكل 10-24**)، فأغطيتها المحكمة الإغلاق والمصنوعة من البلاستيك أو الفلين أو المعدن يمكنها التأكيد على أن إغلاقها محكم لمنع التسرب.

الشكل 10-24 عبوات طعام زجاجية لها أنواع أغطية مختلفة.

- يعد الزجاج مادة قابلة لإعادة التدوير بنسبة 100%، ويمكن إعادة تدويرها مرة تلو الأخرى دون أن تفقد شيئًا من نوعيتها أو نقاوتها، في حين أنّ أفضل أنواع المواد البلاستيكية يمكن إعادة تدويرها لعدة مرات فقط.
- تطلُب العديد من اللوائح والقوانين إيداعًا نقديًا لبعض العبوات الزجاجية، بحيث يمكن استرداده لجمع هذه العبوات من أجل إعادة تدويرها.
- 80% من الزجاج المعاد تدويره يُصنع منه منتجات جديدة.
- يمكن أن تستغرق رحلة الزجاج المعاد تدويره، والذي صُنع منه عبوات جديدة، من منشأة إعادة التدوير إلى رفوف المتجر، أقل من 30 يومًا.
- الزجاج مادة غير مسامية، وغير منفّذة، وليس هنالك أي تفاعل كيميائي بين الوعاء الزجاجي ومحتوياته.
- الزجاج لن يرشّح المواد الكيميائية عندما يتعرض لأشعة الشمس مثل بعض أنواع البلاستيك.
- الأنواع الجديدة من الزجاج الصلب المُعالج من الصعب تكسُّرها، ويمكن تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة، أو طاقة الميكروويف.
- الزجاج مادة شفافة، وتقدّم وسيلة فنية لعرض الطعام بطريقة إبداعية (**الشكل 10-25**).

الشكل 10-25 وجبات طعام موضوعة في زجاج مع شِوَك خشبية.

إرشادات عامة لتقليل استخدامات العبوات البلاستيكية لمياه الشرب

المواد البلاستيكية ليست منتجًا سيئًا، فالمواد البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة ويتم التخلص منها هي السبب لكثير من المشكلات، حتى أن المواد البلاستيكية "القابلة لإعادة التدوير" تعد مشكلة عندما لا يعاد تدويرها، وأفضل حل لها هو إعادة استخدام المواد البلاستيكية قدر الإمكان.

الشكل 10-26 إعلان تجاري لجعلك ترغب بالمياه المعبأة.

1. يمكنك شراء عبوة مياه معبأة فاخرة لها شكل وتصميم مميّز لعلامتها التجارية ، فهنالك الكثير من الإعلانات الباهظة تجعل هذه العبوة علامة تجارية مشهورة لشرب الماء (**الشكل 10-26**).
2. ضع العبوة في حقيبتك عندما تنتهي منها.
3. خذها معك إلى المنزل، ونظفها بالماء الدافئ والصابون، واغسلها.
4. املأها مرة أخرى بالماء من منزلك.
5. استخدم العبوة مرة تلو الأخرى.

إذا استخدم كل واحد منا عبوة الماء التي تُستخدم لمرة واحدة مرتين على الأقل، من المحتمل أن يخفّض ذلك مجموع النفايات التي تأتي من تلك العبوات إلى النصف.

- بالنسبة لشركات عبوات الماء التي تريد منك شراء منتجاتها، هنالك الكثير من الادعاءات التي تفيد بأن إعادة استخدام عبوات البلاستيك سلوك غير صحي، فهي تحذر من التحلل الضوئي لها، لكن هذا يحدث فقط عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، وحسب نوع البلاستيك المستخدم في صناعتها، كما أنّ ذلك يستغرق وقتًا طويلًا. لذا لا تأخذ عبوتك إلى الخارج إذا كنت قلقًا من ذلك.
- يُمكن تعقيم بعض المواد البلاستيكية بدرجة مقبولة و بتكلفة زهيدة ليُعاد استخدامها في مجال الأطعمة. إنّ PET نوعٌ من المواد البلاستيكيّة الأكثر شيوعًا والمستخدمة في صناعة عبوات الماء، وهي من الأصناف ذات الاستخدام المتكرر.
- تذكّر بأن معظم الشركات التي تبيع عبوات الماء لا تبيعك الماء بالفعل، إنما تبيعك العبوات البلاستيكية!

نشاط a2-10 مؤتمر الحدّ من استخدام البلاستيك

سؤال الاستقصاء	ما البدائل لاستخدام المواد البلاستيكية؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية

الخطوات

1. اقترح معايير يجب أن تتوفّر؛ حتى تؤخذ بعين الاعتبار عند تحديد بدائل استخدام المواد البلاستيكية.
   - التكلفة
   - سهولة إعادة التدوير
   - قابلية التحلل الحيوي
   - معايير أخرى
2. في مكان انعقاد المؤتمر حيث يكون لجميع المشاركين تصويت متساو، ضع قائمة نهائية لتلك المعايير.
   - وسيط يقود المجموعة.
   - أفراد أو مجموعات صغيرة تطرح اقتراحات.
   - تتم مُناقشة كل اقتراح. (مثل: إذا كان من السهل إعادة تدويرها، فهل سيتم إعادة تدويرها بالفعل؟)
   - تحديد الإيجابيات والسلبيات.
3. التوصل إلى اتفاق.
   - ابحث عن الأشياء التي يعتبرها الغالبية مهمة.
   - خذ بالحسبان أنه من المحتمل أن تكون هنالك نقاط قوية ومهمة طرحتها الأقلية.

الأسئلة

a. ما المعيار الأكثر أهمية الذي تمّ تحديده؟

b. هل هنالك شيء ما مهم تم اقتراحه من قبل بعض المُشاركين؟

c. ما مدى صعوبة هذا النشاط إذا كنت "تحضر المؤتمر" كممثل لشركة تصنيع للبلاستيك؟

إيجابيات و سلبيات المواد القابلة للتحلل الحيوي

هناك توجّه نحو استخدام المنتجات التي يمكن إعادة تدويرها، أو إعادة استخدامها، أو القابلة للتحلل الحيوي. في حين أن هذه التوجهات تمثل الاتجاه الصحيح، إلاّ أنّ التكنولوجيا المستخدمة لذلك قد لا تكون مفيدة كما تزعُم الإعلانات.

a. نصف تريليون عبوة ماء بلاستيكية يتم شراؤها كل عام، و7% منها فقط يعاد تدويرها، وقد تم الادعاء بأن بعض المواد البلاستيكية البديلة المصنوعة من النباتات تتحلل في البيئة.

- يمكن أن تتحلل العبوات في ظروف شديدة التحكُّم تحت درجة حرارة مرتفعة ورطوبة عالية.
- تكون العبوات "مبطنة" بالمواد البلاستيكية والتي لا تتحلل بشكل طبيعي.
- تستمر هذه العبوات في دعم عقلية "الاستخدام لمرة واحدة".

b. أكثر من تريليون كيس بلاستيكي ذي الاستخدام لمرة واحدة يُستعمل كل عام، وأقل من ٥٪ منها يتم إعادة تدويره، فقد زُعِمَ بأن الأكياس القابلة للتحلل الحيوي آمنة بالنسبة للحيوانات، ولكن هذا ليس دقيقًا.

- ستواجه السلاحف البحرية التي تأكل هذه الأكياس مشاكل الجهاز الهضمي نفسها عندما تأكل الأكياس البلاستيكية الاعتيادية.
- تحتاج هذه الأكياس أيضًا إلى ظروف تحلُّل محددة من الحرارة والرطوبة، وبخلاف ذلك، سينتهي بها المطاف في مكبات النفايات.
- مثلها مثل العبوات البلاستيكية العادية، تواصل هذه الأكياس ممارسة عملية "الاستخدام لمرة واحدة".

c. تبدو الماصات المصنوعة من الخيزران وكأنها حل عضوي بالنسبة لمشكلة الماصات البلاستيكية.

- يتم حصاد الخيزران مع بصمة كربون كبيرة.
- الكثير من الماصات المصنوعة من الخيزران تبدو وكأنها طبيعية، إلا أنها تحتوي على 60% من مادة صمغية، وهي عبارة عن منتج بلاستيكي.

d. تُنتج صناعة الأزياء القماش المصنوع من مواد بلاستيكية المعاد تدويرها.

- ما تزال صناعة الأقمشة تُطلق مواد بلاستيكية مجهرية إلى البيئة والتي لها تأثير مدمر على الحياة.
- المشكلة الأساسية هي التحول السريع في اتجاهات الموضة، مع وجود أنماط جديدة تخرج كل بضعة أشهر.
- صناعة الأقمشة التي تدوم لفترة زمنية طويلة، وتقليل الطلب على أحدث صيحات الموضة من شأنها أن تفعل الكثير لحماية كوكب الأرض.

خال من النفايات

يعد مصطلح **خال من النفايات Zero waste** توجهًا لأسلوب حياة بعيدًا عن المواد البلاستيكية والأشياء التي تُستخدم لمرة واحدة، إذ يحاول الممارسون أن يخلّفوا ورائهم نفايات قليلة أو شبه معدومة في حياتهم اليومية. فعلى سبيل المثال، تشتري المتاجر الكبيرة الغذاء، والتوابل، والأشياء الأخرى بالجملة، ثم يحضر الناس أوعيتهم، أو يشترون أكياسًا مصنوعة من القماش قابلة لإعادة الاستخدام لنقل الأشياء التي اشتروها إلى منازلهم (**الشكل 10-27**).

الشكل 10-27 أصبحت المتاجر الخالية من النفايات أكثر شيوعًا في المدن.

يشمل التوجّه "خال من النفايات" على قوائم من الأفكار لمساعدة معظم الأشخاص على التقليل من بصمة البلاستيك الخاصة بهم، بالإضافة إلى تقليل النفايات. ومنها:

- استبدل شفرات الحلاقة البلاستيكية بشفرة حلاقة تقليدية، أو آلة حلاقة كهربائية.
- اصنع معجون الأسنان الخاص بك.
- اصنع سائل غسيل الشعر الخاص بك، وأعد تعبئة العبوة التي تحتويه.
- إذا حصلت على عملية تنظيف جاف لملابسك، اطلب إلى العامل عدم تغليف الملابس بالمواد البلاستيكية.
- استخدم حافظة طعام معدنية، و أصبح هناك أشكالاً و أحجاماً متنوعة منها في السوق.
- استخدم فرشاة أسنان غير بلاستيكية مصنوعة من مواد طبيعية يعاد تدويرها بسهولة.
- أحضر أوانيك الفضية عند الشراء من المتاجر ، وارفض الأواني البلاستيكية منها والتي يعرضها عليك بعض الباعة.
- أحضر معك كوب قهوة معدني نظيفًا ومعزولًا لتعبئته بالقهوة من المقهى.

التغيير في أسلوب الحياة

الشكل 10-28 شعار تسويق "خال من النفايات".

تتبنّى العديد من البلديات سياسات "خال من النفايات"، فهناك بعض الدول الصغيرة التي تضررت بشدّة من التلوث تعمل على تسويق نفسها كمناطق خالية من النفايات (**الشكل 10-28**).

- تراقب هذه الدول كمية القمامة عن كثب، وتركز بشكل كبير على حرق النفايات.
- كما تتأكد من أن مكبات النفايات يتم الإشراف عليها بالشكل الأمثل.
- الهدف النهائي من ذلك هو تقليل الضرر البيئي الذي يلحق بالبيئة والذي يؤثر على صحة البشر و الكائنات الحية الأخرى.

على الرغم من أن هذه الأهداف رائعة، إلا أن الإجراءات المتخذة أعلاه لا تعكس بالفعل الرؤية الحقيقية للتوجّه المسمى "خال من النفايات".

إذ يتمحور ما يسمى "خال من النفايات" في الواقع حول تغيير طريقة تفكيرك في نمط الحياة نفسها. ولاحتضان هذا التوجّه، يجب عليك التصرف كما لو أن المواد البلاستيكية القابلة للتخلص منها قد استُغني عنها بالكامل، وتخطط لحياتك وفقًا لذلك (**الشكل 10-29**).

تصرف كما لو أن المواد البلاستيكية القابلة للتخلص منها قد استُغني عليها بالكامل، وخطط لحياتك وفقًا لذلك.

الشكل 10-29 يغيّر نهج "خالٍ من النفايات" الطريقة التي تنظر فيها إلى مختلف جوانب الحياة.

بوجود التوجّه "خال من النفايات"، سيصبح ما يسمى "الاستخدام لمرة واحدة" مُعاكسًا لطريقة تفكيرك، وسوف تفكر في طرق أخرى لاستخدام شيء ما مرة تلو الأخرى، كما ستشتري الأشياء التي تُغلف بالورق، وستكون حريصًا على موعد ومكان قيامك بعملية تدوير هذه الأشياء، وتستخدمها كسماد بقدر ما تستطيع.

لقد ظهرت المشكلة المتعلقة بالمواد البلاستيكية نتيجة التقاعس من قبل الأفراد، ويمكن حلّها عن طريق المبادرات الفردية أيضًا.

نشاط b2-10 أسلوب حياة خال من النفايات

سؤال الاستقصاء	هل يمكن العيش باتباع أسلوب حياة خال من النفايات ليوم واحد؟
الموادّ المطلوبة	دفتر ملاحظات

الخطوات

1. المهمة هي أن تعيش أسلوب حياة خال من النفايات ليوم واحد.
2. احتفظ بدفتر ملاحظات لكل حدث يتطلب منك الاختيار بين القيام بشيء ينتج عنه نفايات، أو عدم القيام به.
3. حاول، قدر الإمكان، عدم توليد نفايات إضافية بوصفها نتيجة لاختياراتك الشخصية.
4. ابحث عن فرص لتقليل استخدام المواد البلاستيكية، أو تجنب استخدامه نهائيًا.
5. بالنسبة لأي قمامة أو نفايات تكوّنها، اجمعها واخرج باستخدامات بديلة لها قدر الإمكان.
6. لا تنظر إلى ذلك على أنّه مهمة مُتعبة، بل اعتبره لغزًا يحتاج إلى حل.
7. اجتمعوا معًا كصف واحد، وقارنوا خبراتكم في ما بينكم، وأعطوا أنفسكم علامة على كل فرصة لم ينتج عنها أي نفايات.
8. رتب علاماتك في جدول، وقارنها مع علامات بقية طلاب الصف.

الأسئلة

a. ما المواقف التي كانت تعد الأكثر سهولة لتجنب إنتاج النفايات؟

b. ما المواقف التي كانت تعد الأكثر صعوبة لتجنب إنتاج النفايات؟

c. هل معرفتك بأنك ستحصل على "نقاط" من خلال تقليلك كمية النفايات سوف يُشجعك على التقليل منها؟ كيف يمكننا تشجيع الآخرين على تقليل نفاياتهم؟

d. ما نوع الاستجابة التي حصلت عليها من أصدقائك، أو عائلتك أو من كليهما معًا حول هذا النشاط، وكيف يمكن أنها ستشكّل عملية صنع قرارك؟

e. كيف أدى عامل حالة المنزل في اختياراتك؟ فاللذين يقطنون المنزل، قد يكونون أفرادًا أكبر سنًا في العائلة، ومن الممكن أنهم مستمرون في القيام بالأشياء بطريقة تقليدية دون استخدام المواد البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة؟

تقويم الدّرس 10-2

1. لماذا تمنع بعض الأماكن استعمال الأكياس البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة؟
   a. لأنها لا تعمل بشكل جيد.
   b. لأنها تُنتج مشكلة تلوث كبيرة.
   c. لوجود سوق جديد لأكياس أفضل بالنسبة للبقالة.
   d. لأن أصحاب الإعلانات الذي يضعون شعارهم على الأكياس الأخرى يمارسون ضغطًا للتخلص من الأكياس البلاستيكية.
2. بما تتميّز إعادة تدوير الزجاج عن إعادة تدوير المواد البلاستيكية؟
   a. المواد البلاستيكية لا يمكن إعادة تدويرها.
   b. يجب فصل الزجاج قبل إمكانية إعادة تدويره.
   c. لا يرغب الناس بإعادة تدوير المواد البلاستيكية، في حين يرغبون بإعادة تدوير الزجاج.
   d. لا يمكن إعادة تدوير المواد البلاستيكية سوى عدة مرات، أما الزجاج فيمكن إعادة تدويره مرة تلو الأخرى.
3. ما الفرضية الأساسية وراء التوجّه نحو أسلوب حياة خال من النفايات؟
   a. تناول الأغذية العضوية فقط.
   b. اشتر المنتجات من المتاجر المتخصصة لبيعها فقط.
   c. لا تستخدم أي منتج يحتوي على المواد البلاستيكيةبأي شكل من الأشكال.
   d. حاول الحفاظ على أسلوب حياة معين ينتج عنه نفايات أقل قدر الإمكان.
4. لماذا تظهر عبوات الماء البلاستيكية في المشهد عند حدوث كارثة طبيعية؟
5. كيف يمكن أن يساعد استخدام الورق المُشمّع على تقليل استخدام المنتجات البلاستيكية؟
6. ما أثر استخدام الزجاج على محتويات العبوة الزجاجية؟
7. كيف يمكن أن تعرف بأنك تتسوق في متجر يدعم التوجّه "خال من النفايات"؟
8. ما بعض المشكلات المصاحبة للعبوات التي تُستخدم لمرة واحدة والقابلة للتحلل الحيوي؟

إضاءة على عالم

جاك إيف كوستو Jacques-Yves Cousteau: 1910-1997

كان جاك كوستو (**الشكل 10-30**) ضابطًا بحريّاً ومستكشفاً وعالم بيئة وصانع أفلام وثائقية ومصوّراً ومؤلفاً وباحثا فرنسياً . كرّس حياته لدراسة البحار و المحيطات وما فيهما من أشكال الحياة. فقد أجرى كوستو تحسينات على أجهزة التنفس تحت الماء ذات الاكتفاء الذاتي، والتي أتاحت للغواصين البقاء تحت الماء لفترات زمنية طويلة، وفتحت أعماق البحار لاستكشافها.

الشكل 10-30 جاك إيف كوستو، منحوتة بواسطة ليف رازوموفسكي، الصورة بواسطة ماريا رازوموفسكي.

كما أجرى كوستو تحسينات على آلات التصوير التي تعمل تحت الماء، وأنتج أول فيلم له عام 1942م، وتوثيقاته المؤيدة والمدعومة للمحيطات والحياة فيها استمرت مدة خمسين عامًا، فقد أسَرَت الناس حول العالم، خاصة العجائب التي وُجدت تحت الأمواج. فقد تألق في عدة مسلسلات تلفزيونية وثائقية، وأسّسَ ما يسمى مجتمع كوستو لحماية حياة المحيط عام 1973م، حيث قوبل هذا المجتمع بدعم عالمي.

لقد كان جاك كوستو أحد أول حماة المحيطات، ومحذرًا من مخاطر ازدياد التلوث، كما كان له رأي مثير للجدل، وهو أن الطريقة الوحيدة لمنع تدمير المحيطات كانت تقليل عدد البشر الذين يعيشون على هذا الكوكب.

إنّ توثيقه الدقيق للممرات البحرية، والبحيرات، والأنهار الموجودة في العالم استمر في توضيح تدهور ظروف الحياة في الماء.

لقد كان جاك كوستو يعمل بجد ونشاط حتى وفاته عام 1997م، وعمله ما يزال مستمرًا في ذاكرته. ينظم الغواصون حول العالم رحلات غوص لتنظيف الضرّر الأكثر سوءًا، حيث يجمعون البلاستيك والملوثات الأخرى التي تتناثر على أرض المحيط، وتقتل الكائنات الحية التي تعتبر المحيط موطنها (**الشكل 10-31**).

الشكل 10-31 سلحفاة بحرية تأكل كيسًا بلاستيكيًا؛ لأنها تعتقد بأنه قنديل بحر.

الوحدة 10

مراجعة الوحدة

الدرس 10-1 المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن (المواد البلاستيكية)

- **التحلل الحيوي Biodegradation** عملية طبيعية تُحطم فيها البكتيريا النفايات إلى مواد قابلة للاستخدام.
- **التحلل الضوئي Photodegradation** عملية تُحطم فيها الأشعة فوق البنفسجية بعض الروابط الموجودة في البوليمرات لتكسيرها وتحويلها إلى جزيئات أصغر.
- **الاستخدام لمرة واحدة Single use** مصطلح يُطبق على الأشياء التي يتمّ استخدامها مرة واحدة فقط، ثم يتم التخلص منها.
- **إعادة التدوير Recycling** مفهوم يشير إلى تحويل "القمامة" ، أو تحطيمها لاستخلاص الطاقة والمواد المختلفة لاستخدامها في أغراض جديدة، وتشتمل إعادة التدوير على عدة طرائق منها:

التفكك الحراري للبوليمر Thermal depolymerization، و**الإنضغاط الحراري Heat compression**، و**إعادة التدوير الكيميائية Chemical recycling**.

- **مكب النفايات Landfill** مكان يتم فيه تفريغ "القمامة" للتخلص منها عندما يكون من المكلف جدًا، وغير المقنع إعادة تدويرها.
- **الطن المتري Metric ton** كمية تساوي 1000 كيلوجرام، وهي الوحدة المستخدمة عند إجراء قياس للكتل الكبيرة، كما تُكتب في هيئة أطنان في بعض المناطق.
- **مخلفات قصب السكر Bagasse** هو اللب الناتج من قصب السكر عند تصنيع السكر، والذي غالبًا ما يُستخدم في المواد المعاد تدويرها.

الدرس 10-2 الحلول القابلة للتطبيق لمشكلة المواد البلاستيكية

- تشتمل الكثير من الحلول للمشكلات الناجمة عن استخدام البلاستيك على التكنولوجيا الموجودة قبل اختراع المواد البلاستيكية، منها **ورق الجزار Butcher paper**، و**الورق المشمع Waxed paper** المستخدم في تغليف المنتجات الغذائية.
- **خال من النفايات Zero waste** توجّه متنامي يهدف إلى التقليل أو التخلص من النفايات جميعها الناتجة من حياة الأفراد اليومية.

الوحدة 10

تقويم الوحدة

أسئلة اختيار من متعدد:

1. ما الذي يمنع البلاستيك من أن يتحلّل في البيئة؟
   a. لأنّ البلاستيك بوليمر.
   b. كثافة البلاستيك أكبر من كثافة الخشب.
   c. عدم وجود بكتيريا طبيعية يمكنها تحليل البلاستيك.
   d. وجود البلاستيك لم يتجاوز المئة عام.

2. ما التقدير الأقرب لكميّة القمامة البلاستيكية في البيئة حتى الآن؟
   a. أكثر من 900 كيلوجرام.
   b. أكثر من 350 طن متري.
   c. أكثر من 900 كيلوجرام لكل شخص على قيد الحياة.
   d. أكثر من 350 طن متري لكل شخص على قيد الحياة.

3. ما السبب الأهم الذي يجعل الكثير من المواد البلاستيكية تنتهي في القمامة؟
   a. لأن البلاستيك مُكلف في إعادة تدويره.
   b. أكثر من 50% من المواد البلاستيكية مُعدّة للاستخدام لمرة واحدة.
   c. لأنّ الكثير من المواد البلاستيكية يتحطم بشكل سريع، ويجب استبدالها.
   d. لأنّ المواد البلاستيكية رخيصة الثمن، وتتحطم بسهولة، لهذا يجب صنع الأشياء الجديدة لتواكب الطلب عليها.

4. ما اسم العمليّة التي تجمع المنتجات المصنوعة من مواد بلاستيكية وتعيد تصنيعها من أجل الحصول على منتجات بلاستيكية جديدة؟
   a. إعادة التدوير.
   b. التحلل الحيوي.
   c. إعادة الاستخدام.
   d. التحلل الضوئي.

5. ما العملية التي يتم فيها تسخين المواد البلاستيكية لاسترجاع المواد الكيميائية من أجل استخدامها كوقود؟
   a. التحلل الحيوي.
   b. الإنضغاط الحراري.
   c. إعادة التدوير الكيميائية.
   d. التفكك الحراري للبوليمر.

6. ما العملية التي تدوّر المواد البلاستيكية باستخدام درجات الحرارة المرتفعة؟
   a. التحلل الضوئي.
   b. الإنضغاط الحراري.
   c. إعادة التدوير الكيميائية.
   d. التحلل الحيوي.

7. ما العملية التي تكسّر البوليمرات إلى مونومرات بسيطة؟
   a. التحلل الضوئي.
   b. الإنضغاط الحراري.
   c. إعادة التدوير الكيميائية.
   d. التفكك الحراري للبوليمر.

8. ما التقدير الأقرب لكمية المواد البلاستيكية التي تدخل المحيطات كل عام؟
   a. 8 طن متري.
   b. 8 آلاف طن متري
   c. 8 مليون طن متري.
   d. 8 مليار طن متري.

9. ما الوصف الأفضل لمكب النفايات؟
   a. مكان نحصل منه على الفلزات.
   b. مكان لدفن القمامة وباقي النفايات الأخرى.
   c. سَهل طبيعي غني بسماد جديد.
   d. موقع يمكن أن يكون جيدًا لأن يتحول إلى حديقة عامة.

10. لماذا تعد عبوات الماء البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة فقط مشكلة؟
   a. لأن الماء فيها ليس جيدًا بما يكفي.
   b. لأن المواد البلاستيكية لا يمكن إعادة تدويرها.
   c. لأن المواد البلاستيكية لا تتحلل ولذلك تتراكم وتسبب مشكلة بيئية.
   d. لأنها تحل محل عبوات الماء ذات الاستخدامات المتعددة.

11. أي من الخيارات الآتية ليست تكلفة خفيّة للماء المعبأ في عبوات؟
   a. تكلفة العبوة.
   b. تكلفة الماء الموجود في داخل العبوة.
   c. تكلفة تسويق العلامة التجارية للعبوة.
   d. تكلفة نقل العبوات من المصنع إلى المتجر.

12. ما الميزة التي يمتلكها الزجاج، وتفوق الحافظات البلاستيكية؟
   a. لا يُحدث تسربًا.
   b. يمكن إعادة تدويرها.
   c. يمكنه تكوين سدادات محكمة الإغلاق.
   d. هي أثقل بكثير من الحافظات البلاستيكية.

الدرس 10-1: المشكلات المرتبطة باستخدام اللدائن (المواد البلاستيكية)

13. اذكر مثالين لأنواع المواد البلاستيكية التي لا تتحلل.

14. ما الذي يُسبّب التحلل الحيوي؟

15. كيف يختلف التحلل الضوئي عن التحلل الحيوي؟

16. ما التركيب الجزيئي الأساسي للبوليمرات؟

17. ماذا يحدث للمواد البلاستيكية التي تصل الى المحيطات؟

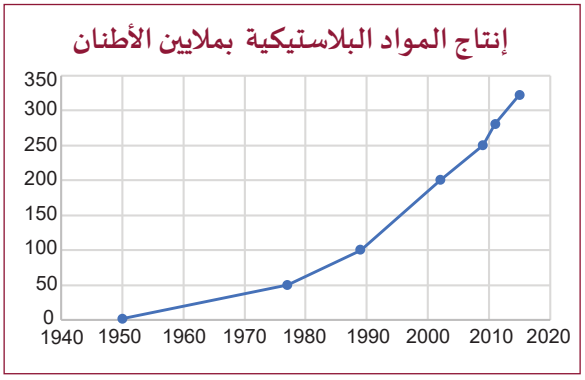
18. كيف يمكن أن يكون هنالك المزيد من المواد البلاستيكية في البيئة أكثر مما يتم إنتاجه في عام واحد؟

19. كيف تختلف المواد البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة عن أنابيب PVC المستخدمة في التمديدات الصحية؟

20. لماذا أصبحت المواد البلاستيكية شائعةً جدًا؟

21. استنادًا إلى **الشكل 10-32**، كم المدة الزمنية التي تفصل بين بداية إنتاج المواد البلاستيكية لأول مرة، وبداية إنتاج 50 مليون طن منها؟

22. استنادًا إلى **الشكل 10-32**، كم المُدة الزمنيّة استُغرقت لمضاعفة الإنتاج من 100 مليون طن، إلى 200 مليون طن من المواد البلاستيكية؟



الشكل 10-32 رسم بياني لعملية إنتاج المواد البلاستيكية بملايين الأطنان.

23. استنادًا إلى **الشكل 10-32**، كم ستبلغ كمية الإنتاج تقريبًا في عام 2020م؟

24. ما أهمية فصل المواد البلاستيكية إلى أنواع مختلفة عند إعادة تدويرها؟

25. لماذا تعد مكبات النفايات طريقة مرغوبة للتخلص من المواد البلاستيكية التي لم يعاد تدويرها؟

26. ما الفائدة المستقبلية لمكبات النفايات؟

27. لماذا لا تعد المواد البلاستيكية الموجودة في المحيط آمنة بمجرد تحطمها إلى أجزاء صغيرة؟

28. لماذا تعد بعض الشواطئ أكثر تلوثًا بالمواد البلاستيكية من شواطئ أخرى؟

29. ما الذي تفعله مجموعة الحفاظ على المحيط كل عام في السبت الثالث من شهر سبتمبر؟

30. لماذا من المحتمل أن تكون الحيتان الزرقاء، وهي ثدييات تتغذى عن طريق ترشيح الماء للحصول على الطعام، أكثر عرضة للتلوّث بالمواد البلاستيكية؟

31. ما المقصود بمخلفات قصب السكر؟

32. لماذا تعد عملية المُعالجة مهمة للغاية بالنسبة للمواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي؟

33. لماذا لا يمكن تحويل بعض المواد البلاستيكية القابلة للتحلل الحيوي إلى سماد؟

الدرس 10-2: الحلول القابلة للتطبيق لمشكلة استخدام اللدائن (المواد البلاستيكية)

34. لماذا تعد الأكياس البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة فقط مشكلة على البيئة؟

35. لماذا قد يرغب أصحاب الإعلانات وضع شعارهم على الأكياس ذات الاستخدامات المتعددة؟

36. لماذا لا يتم تغليف منتجات اللحوم بورق الجزار؟

37. ما بعض ميزات شراء اللحم بشكل مباشر من الجزار، عوضًا عن شراء لحم مغلف بالمواد البلاستيكية والبولي إيثيلين؟

38. لماذا من الممكن أن تكون عملية إعادة تدوير الزجاج أسهل مما هي للمواد البلاستيكية؟

39. كيف يمكن أن يكون وجود تكلفة إضافية، على هيئة إيداع نقدي، أن يزيد من احتمالية إعادة تدوير الزجاج؟

40. اذكر خمس طرائق يمكنك فيها إعادة استخدام عبوات المياه الفارغة بدلاً من التخلص منها.

41. اذكر ثلاثة أسباب اقتصادية وراء عدم توقف الشركات عن انتاج عبوات المياه، على الرغم من أنها تستحدث كمية كبيرة من النفايات البلاستيكية.

42. اذكر بعض أشكال التوفير المصاحبة لصنع معجون الأسنان الخاص بك؟

43. عدد بعض الأشياء التي يمكنك فعلها لتقليل النفايات البلاستيكية عندما تخرج لتناول الطعام في أحد المطاعم.

44. لماذا لا تعد الماصات المصنوعة من الخيزران بديلًا آمنًا بيئيًا للماصات البلاستيكية؟

45. لماذا يكون لصناعة الأزياء أثر سلبي على البيئة؟

46. ما الأمل المعقود على تطبيق أسلوب حياة خال من النفايات؟

مشروع تقييم دورةحياة بوليمر صناعي

سؤال الاستقصاء	ما أهمية تقييم دورة حياة بوليمر صناعي؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية

الخطوات

1. سيعطي المعلم مقدمة حول تقييم دورة الحياة، ويلفت انتباه الطلاب إلى الموارد المناسبة لذلك.
2. بعد ذلك، سيعمل الطلاب ضمن مجموعات ثنائية للتفكير في دورة حياة بوليمر صناعي من انتاجه إلى طريقة التخلص منه، مع التركيز على النهايات المحتملة له (إعادة التدوير، استرجاع المواد الكيميائية، استرجاع الطاقة، ومكب النفايات).
3. يبحث الطلاب في المشكلات المصاحبة لكل من العمليات الآتية:
   - إعادة التدوير
   - استرجاع المواد الكيميائية
   - استرجاع الطاقة
   - مكب النفايات
4. أنشئ عرضًا تقديميًا يُوضّح هذه المشكلات، وفكّر باستخدام رسم بياني.
5. في المجموعة الثنائية نفسها، يبحث الطلاب في المشكلات المحددة للنفايات البلاستيكية التي ينتهي بها المطاف في داخل المحيطات، سواء بشكل متعمد أو غير متعمد.

فكّر بالمتغيرات الآتية:

- حجم النفايات
- أين ينتهي بها المطاف
- التأثيرات على الحياة البحرية

6. يقدم الطلاب نتائجهم في هيئة ملصق، أو نشرة موجّهة لعامة الناس.

الأسئلة

a. إلى جانب المنتج النهائي، كم عدد الخطوات الموجودة في دورة الحياة، والتي تُسهم أيضًا في التلوث البيئي؟

b. هل هنالك أماكن يمكن فيها اتخاذ خطوات للحد من النفايات الناتجة؟

الشكر والتقدير

جميع الرسوم الفنّية الواردة في هذا العمل صمَّمتها شركة تطوير العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في الولايات المتَّحدة الأميركية. وهي وحدها تملك الحق القانوني لإجازة استخدام تلك الرسوم.

يشكر المؤلفون والناشرون المصادر الآتية على السماح لهم باستخدام ملكياتهم الفكرية كما أنهم ممتنون لهم لموافقتهم على نشر الصور.

Illustration: Muhammad Farouk/Shutterstock; Photo: DnD-Production/Shutterstock; 3D image: FXartist/Shutterstock; Illustration: Alexander Sergeevich/Shutterstock; Stamp art: spatuletail/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Illustration: Designua/Shutterstock; Photo: Rabbitmindphoto/Shutterstcock; Illustration: Andrey Suslov/Shutterstock; Illustration: zffoto/Shutterstock; Photo: Ken Stocker/Shutterstock; Photo: Kobkit Chamchod/ Shutterstock 1218821710; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Photo: Nobuhiro Asada/ Shutterstock; Photo: AjayTvm/Shutterstock; 3D Image: ktsdesign/Shutterstock; Photo: Abdelrahman Hassanein/ Shutterstock; 3D image: KateStudio/Shutterstock; Photo illustration: adike/Shutterstock; 3D image: Giovanni Cancemi/ Shutterstock; 3D Illustration: Axel_Kock/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design 3D Illustration: Image Craft/Shutterstock; Photo: ThePowerPlant/Shutterstock; Photo: pogonici/Shutterstock; Photo Ton Photographer 7824/Shutterstock; Illustration: elenabsl/Shutterstock; Photo: David Evison/Shutterstock; Photo: Augustine Bin Jumat/Shutterstock; Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design Illustration: Muhammad Farouk/Shutterstock 1800616687, DnD-Production/Shutterstock 278922299, 3D image: VFXartist/Shutterstock 1483410965, illustration: Alexander Sergeevich/Shutterstock 1230374893, Stamp art: spatuletail/Shutterstock 1812900445, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design, Illustration: Designua/Shutterstock 1472540423, photo: Rabbitmindphoto/Shutterstcok 1487654072, Illustration: Andrey Suslov/Shutterstock 589410938, Illustration: zffoto/Shutterstock 389695105, Photo: Ken Stocker/Shutterstock 1082226821, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design , Photo: Nobuhiro Asada/Shutterstock, 144455530, Photo: AjayTvm/Shutterstock 757231510, 3D Image: ktsdesign/Shutterstock 430949605, Photo: Abdelrahman Hassanein/Shutterstock 1230989149, 3D image: KateStudio/Shutterstock 1159868263, Photo illustration: adike/Shutterstock 1036533352, 3D image: Giovanni Cancemi/Shutterstock 76423743, 3D Illustration: Axel_Kock/Shutterstock 1625661736, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design, 3D Illustration: Image Craft/Shutterstock 1466789552, ThePowerPlant/Shutterstock 1652355403, Photo: pogonici/Shutterstock 262939175, Photo Ton Photographer 7824/Shutterstock 1074125777, Illustration: elenabsl/Shutterstock 1567621081, Photo: David Evison/Shutterstock 77061922, Photo: Augustine Bin Jumat/Shutterstock71913914, Design: unit and lesson spreads: Jane Holland Design

Janaka Dharmasena / Shutterstock, Nasky/ Shutterstock, adike/ Shutterstock, Richard Peterson/ Shutterstock, stihii/ Shutterstock, NoPainNoGain/ Shutterstock, Teguh Mujiono/ Shutterstock, Improvisor/ Shutterstock, Jose Luis Calvo/ Shutterstock, Rattiya Thongdumhyu/ Shutterstock, Peter Hermes Furian/ Shutterstock, Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock, VectorMine/ Shutterstock, bsd/ Shutterstock, Blamb/ Shutterstock, MikeMartin / Shutterstock, Photographee.eu/ Shutterstock, Jason Boyce/ Shutterstock, Maridav, Eugene Onischenko/ Shutterstock, CI Photos/ Shutterstock, Sergey Nivens, Vasyl Shulga/ Shutterstock, Sea Wave, Tanya Sid/ Shutterstock, belushi, / Shutterstock,Birger Olovson, Dionisvera/ Shutterstock

1.28 sportpoint / Shutterstock,ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock, Catalin Grigoriu/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, LightField Studios/Shutterstock, lotan/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Pawel Graczyk/Shutterstock, Studio BKK/Shutterstock, Kateryna Kon/Shutterstock, GraphicsRF/Shutterstock, nayef hammouri/Shutterstock, adike/Shutterstock, Maridav/Shutterstock, Lukas Budinsky , Jacob Lund/Shutterstock, iPreech Studio/Shutterstock, ChiccoDodiFC/Shutterstock, Blazej Lyjak/Shutterstock, design36/Shutterstock, udaix/ Shutterstock, Animashka, electra/Shutterstock, Viktoria_P/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, Emre Terim, Aksanaku/Shutterstock, Blamb/Shutterstock, Tefi/Shutterstock, icsnaps/Shutterstock, Artemida-psy/ Shutterstock, OLESHKO GANNA/ Shutterstock Aninna/Shutterstock, Public Domain/Shutterstock, Public domain/ Shutterstock, Juan Gaertner/Shutterstock, Andrey_Popov/Shutterstock, iambasic_Studio/Shutterstock, Sirirat/ Shutterstock, ibreakstock/Shutterstock, Belish, Arthur Didyk/Shutterstock, Yenyu Shih, Eugene Onischenko/ Shutterstock, Robert Przybysz/Shutterstock, matimix/Shutterstock, Alex Kravtsov/Shutterstock,Babka/Shutterstock, Makalex69/Shutterstock, illustrator graphic/Shutterstock, OSTILL is Franck Camhi, Eugene Onischenko, /Shutterstock, Sergey Nivens/Shutterstock, Alan Freed/Shutterstock, Microgen/Shutterstock,Alfredo Ottonello/Shutterstock, Dmitrydesign/Shutterstock, ZouZou (jumping/Shutterstock, alphaspirit/Shutterstock, George Rudy/Shutterstock, Kati Finell/Shutterstock, haeryung stock images/Shutterstock, sportpoint/Shutterstock, Gwoeli/Shutterstock, Fauad A. Saad/Shutterstock, Oksana Volina/Shutterstock, VectorMine/Shutterstock, sportoakimirka/Shutterstock, Sergii Chemov/ homydesign/ Ivan Sm/Shutterstock, vectorfusionart/Shutterstock, Inspiring/Shutterstock, courtyardpix/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, Toa55/ Digital Storm/Shutterstock, David Prahi/ mezzotint/ brizmaker/ Shutterstock, Fauad A. Saad/Shutterstock, yanik88/ sportpoint/ Andrea Izzotti/Shutterstock, sezer66/ Thomas C. Altman sportpoint/Shutterstock, Mauricio Graiki/Shutterstock, Swapan Photography/ Shawn Hampel/ cloki/ Dan Thornberg/Shutterstock, Georgios Kollidas/Shutterstock, Lia Koltyrina/Shutterstock, matsabe/Shutterstock, Ksenia Raykova/Shutterstock, Bill McKelvie/Shutterstock, Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/Shutterstock, Imagesines/ Shutterstock, Diagram/Shutterstock, HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin//Shutterstock, Alex Kravtsov/ sirtravelalot/ Suzanna Tucker/Shutterstock, Graph/Shutterstock, Gwoeii/Shutterstock, Graph/ Oleksii Sidorov/Shutterstock, sizov/ LUKinMEDIA/Shutterstock, BUY THIS/Shutterstock, Stock image/Shutterstock, TLaoPhotography/Shutterstock,

TASER/Shutterstock, Roger costa morera/Shutterstock, Preto Perola/ HomeArt/Shutterstock, topimages/ NDT/ KKulikov/Shutterstock, OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia Ljupco Smokovski/ Alexander Kirch/ Stefan Schurr/ Jonah_H/Shutterstock, Brocreative/ Motion Arts/ Dan Thornberg/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, faboi/ TASER/ faboi/Shutterstock, Miriam Doerr Martin Frommherz/ Bjoern Wylezich/Shutterstock, Inna Bigun/ Shutterstock, Steven_Mol/Shutterstock, goffkein.pro/Shutterstock, EugenePut/ RomanVX/Shutterstock, fotoliza/ Shutterstock, IDKFA/Shutterstock, Yosanon Y/ VarnakovR/Shutterstock, Rost9/ Tyler Boyes/ Dimarion/Shutterstock, Maridav/Shutterstock, Dmitry Markov152/Shutterstock, Rudenkois/Shutterstock, Patthana Nirangkul/Shutterstock, KpixMining/ Moon Light PhotoStudio//Shutterstock, -V-/ koya979/ amfroey/ Andrey Armyagov/Shutterstock, Billion Photos/Shutterstock, Christopher Boswell/ DenisVolkov/Shutterstock, Hein Nouwens/ Dragance137/Shutterstock, Everett Collection/ BrunoRosa/ sportspoint/Shutterstock, Dennis van de Water/Shutterstock, Michael Rolands/ Shutterstock,Thomas C. Altman/Altman Science marekuliasz/ Melinda Nagy/Shutterstock, Brostock/ Digital Storm/ Shutterstock, D.Pimborough/ SolidMaks/ Stanislaw Mikulski/Shutterstock, Wikipedia, Dainis Derics/Shutterstock, Doug Lemke/Shutterstock, dotshock/Shutterstock, Dmitry Yashkin/Shutterstock, Jose L. Stephens/Shutterstock, PCHT/Shutterstock, Chokniti Khongchum/Shutterstock, BlueRingMedia/Shutterstock, Quick Shot/ J_K/ Vibrant ImageStudio/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman ScienceStudioMolekuul/Shutterstock, OlegD/Shutterstock, Rudmer Zwerver/Shutterstock, Fouad A. Saad/ dioch/Shutterstock, Magcom/ StudioMolekuul/Shutterstock, Trooper2000/Shutterstock, kwanchai.c/ inewsfoto/ Chamille White/Shutterstock, Fotokostic/Shutterstock, LuckyStep/ Shutterstock, Prill/Shutterstock, Shine Nucha/ Toa55/ Idambies/Shutterstock, Chokniti Khongchum/ Perception 7/ Shutterstock, AlexLMX/Shutterstock, Iricat/ petrroudny43/ Yuriy Seleznev/Shutterstock,

Shaijo/Shutterstock, Patrick Salsbury/ Altman Science, BalLi8Tic/Shutterstock, losmandarinas/Shutterstock, Wlad74/Shutterstock, Dudarev Mikhail/Shutterstock, VectorMine/Shutterstock, Michael Stifter/Shutterstock, Tom Wang/Shutterstock, Everett Historical/Shutterstock, PhotoHouse/Shutterstock, Callipso/Shutterstock, alice-photo/ Shutterstock, udaix/Shutterstock, Designua/Shutterstock, magnetix/Shutterstock, enzozo/Shutterstock, Designua/ Shutterstock, Vshivkova/Shutterstock, ktsdesign/Shutterstock, angellodeco/Shutterstock, Billion Photos/Shutterstock, Ody_Stocker/Shutterstock, kanyanat wongsa/Shutterstock, Zita/Shutterstock, Aha-Soft/Shutterstock, Gorodenkoff/ Shutterstock, Designua/Shutterstock, Katy Pack/ nevodka/Shutterstock, Rattiy Thongdumhyu/Shutterstock, Kateryna Kon/Shutterstock, Juan Gaertner/Shutterstock, Elena Pavlovich/ Shawn Hempel/Shutterstock, Spectral-Design/ Shutterstock, Katiekk/Shutterstock, Natali_Mis/Shutterstock, OSweetNature/Shutterstock, Soleil Nordic/Shutterstock, Dmitry Kalinovsky/ elenabsl/Shutterstock, Lorna Roberts/ THAIFINN/Shutterstock, DrimaFilm/Shutterstock, Mari-Leaf/Shutterstock, 3d_man/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Nathan Devery/Shutterstock, gritsalak karalak/ Shutterstock, Olga Rudyk/Shutterstock, petrroudny43/Shutterstock, Kapitosh/Shutterstock, Nate troyer/Shutterstock, machimorales/Shutterstock, acceptphoto/Shutterstock, Tomasz Klejdysz/Shutterstock, Kaentian Street/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Sawat Benyenngam/Shutterstock, JIANG HONGYAN/ Mvolodmyr/Shutterstock, Dr Morley Read/Shutterstock, symbiot/ sigit wiyono/ Linas T/Shutterstock, Thomas C. Altman/Altman Science, Fourleaflover/ Shutterstock, igorstevanovic/ HEDADZI PE/CHAN/nexusby/Shutterstock, Panchenko Vladimir/Shutterstock,

Peter Hermes Furian/Shutterstock, Everett Historical/Shutterstock, OSweetNature/Shutterstock, Triff/Shutterstock, Fouad A. Saad/Shutterstock, KanKhem/Shutterstock, Cq photo juy/Shutterstock, CandMe/Shutterstock, dani3315/ vrx/ /Shutterstock, Mishakov Valery/ sivVector/Shutterstock, Efman/Shutterstock, Art-Perfect/Shutterstock, Negro Elkha/Shutterstock, Designua/Shutterstock, Benson HE/ udaix/Shutterstock, Fouad A. Saad/Shutterstock, BetterPhoto/Shutterstock, Mega Pixel/Shutterstock, StudioMolekuul/ /Shutterstock, urfin/Shutterstock, kondr. konst/Shutterstock, suteelak phundang/ shltz/Shutterstock, Aonprom Photo/Shutterstock, Andrew Balcombe/ Don Mammoser/ Vladimir Gjorgiev/Shutterstock, Richard Whitcombe/Shutterstock, Chase Dekker/Shutterstock, paulynn/ Anna Hoychuk/ Dalibro/Shutterstock, Yana Gershanik/ Lalandrew/Shutterstock, Alaettin YILDIRIM/ Shutterstock, Matej Kastelic/Shutterstock, Poring Studio/Shutterstock, g_dasha/Shutterstock, Billion Photos/ Shutterstock, shtukicrew/Shutterstock, Amy Newton-McConnel/ Ongkan/Shutterstock, bonchan/Shutterstock, MITstudio/Shutterstock, 200dgr/Shutterstock, SpelaG91/ UlrikaArt/ Luis Echeverri Urrea/Shutterstock, Rich Carey/ Shutterstock, Davdeka/Shutterstock, Newman Studio/Shutterstock,

gstraub/Shutterstock; Jenny_Tr/Shutterstock; Fer Gregory/Shutterstock; Crystal-K/Shutterstock; 3Dsculptor/ Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; BeataGFX/Shutterstock; ZikG/Shutterstock; focal point/Shutterstock; u3d/ Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc ;Tuba Rehman/Shutterstock; Arpon Pongkasetkam/Shutterstock; JPC-PROD/Shutterstock; Lutsenko_Oleksandr/Shutterstock; gstraub/Shutterstock; ggw/Shutterstock; Kim Christensen/Shutterstock; Blue Lemon Photo Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; botazsolti/Shutterstock; Kriengsak tarasri/Shutterstock; David Plo Caviedes/Shutterstock, Toltemara/Shutterstock; sasha2109/Shutterstock; LeysanI/Shutterstock; ggw/Shutterstock; Ajamal/Shutterstock; helfei/Shutterstock; Fablok/Shutterstock; gogoiso/ Shutterstock; HAFIZULLAHYATIM/Shutterstock; ninikas/Shutterstock; Monkey Business Images/Shutterstock; public domain , Surasak_Photo/Shutterstock; White_Fox/Shutterstock; chemistrygod/Shutterstock; SUWIT NGAOKAEW/ Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific, Inc.; StudioMolekuul/Shutterstock; Rabbitmindphoto/Shutterstock; petrroudny43/Shutterstock; kesipun/Shutterstock; wellphoto/Shutterstock; Toa55/Shutterstock; PNOIARSA/ Shutterstock; ggw/Shutterstock; Rattiya Thongdumhyu/Shutterstock; Satienpong P/Shutterstock; DariaRen/ Shutterstock; tanewpix168/Shutterstock;

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته
نرحب بكم في
موقع ومنتديات صقر الجنوب التعليمية المنهاج القطري
ويسعدنا ويشرفنا ان نستمر معكم في تقديم
كل ما هو جديد للمنهاج المحدثة المطورة ولجميع
المستويات والمواد
ملفات نجمعها من كل مكان ونضعها لكم في مكان واحد
ليسهل تحميلها
علما ان جميع ما ننشر مجاني 100%

أخي الزائر - أختي الزائرة انا دعمكم لنا هو انمامكم لنا
فهو شرف كبير لنا
صفحتنا على الفيس بوك هنا
مجموعتنا على الفيس بوك هنا
مجموعتنا على التلقرام هنا
قنواتنا على اليوتيوب هنا

جميع ملفاتنا نرفعها على مركز تحميل خاص في صقر الجنوب

نحن نسعى دائما الى تقديم كل ما هو أفضل لكم و هذا وعد منا ان شاء الله
شجعونا دائما حتى نواصل في العطاء و نسأل الله ان يوفقنا و يسدد خطانا

في حال واجهتك اي مشكلة في تحميل اي ملف من منتديات صقر الجنوب المنهاج القطري
صفحة اتصل بنا

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

قنوات تيليجرام منهاج دولة قطر الفصل الأول والثانى محدث

قناة المستوى الأول	قناة المستوى الثانى	قناة المستوى الثالث
قناة المستوى الرابع	قناة المستوى الخامس	قناة المستوى السادس
قناة المستوى السابع	قناة المستوى الثامن	قناة المستوى التاسع
قناة المستوى العاشر	قناة المستوى الحادى عشر	قناة المستوى الثانى عشر

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

قنوات اليوتيوب التعليمية للمنهاج القطري من المستوى 01-10

قناة المستوى الأول	قناة المستوى الثاني	قناة المستوى الثالث
قناة المستوى الرابع	قناة المستوى الخامس	قناة المستوى السادس
قناة المستوى السابع	قناة المستوى الثامن	قناة المستوى التاسع
قناة المستوى العاشر	قناة المستوى الحادي عشر	قناة المستوى الثاني عشر

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

مجموعات الفيس بوك للمنهاج القطرى الفصل الاول والفصل الثانى محدث

رياض الاطفال

مجموعة المستوى الأول	مجموعة المستوى الثانى	مجموعة المستوى الثالث
مجموعة المستوى الرابع	مجموعة المستوى الخامس	مجموعة المستوى السادس
مجموعة المستوى السابع	مجموعة المستوى الثامن	مجموعة المستوى التاسع
مجموعة المستوى العاشر	مجموعة المستوى الحادى عشر	مجموعة المستوى الثانى عشر

صفحتنا على الفيس بوك

الهدف الرئيسي

لمنتديات صقر الجنوب

هو

منصة تعليمية مجانية

هدفنا المنفعة ونشر العلم

نشر العلم مجاناً لكل من يطلب العلم في جميع أنحاء العالم

لا نفرض أي رسوم أو نفقات على العضويات في الموقع

علما انه مجاني بدون تسجيل عضوية

لنستمر في البقاء ان شاء الله

يمكن ان تساهم في استمرارنا والتخفيف

عنا مصاريف السيرفر والاستضافة

مهما كانت مساهمتك صغيرة أو كبيرة، لها أثر كبير في استمرار

الموقع لتقديم خدماته المجانية من ملفات حصرية ومنقولة

من خلال دعمنا على حسابنا الخاص على

من خلال الضغط هنا PayPal