العلوم العامة

كتاب الطالب

المستوى الثاني عشر

GENERAL SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE
12

الفصل الدراسي الثاني - الجزء الأول
SECOND SEMESTER - PART 1
2020 - 2021

(نسخة تجريبية - Trial version)

© وزارة التعليم 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 التعليم 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.

الطبعة التجريبية 2021-2020 م

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

وَحَمَائِمٌ يَوْمَ السَّلاَمْ ... جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة تقييم الطلبة

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 يحتاج إليها الطلاب 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) ما 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

تناولت وحدات الفصل الدراسي الأوّل الرياضة ومختلف العوامل التي تلعب دورًا في رفع فاعليّة الأداء الرياضي. تواكب الوحدة الخامسة من الفصل الدّراسي الثاني الوحدات السابقة وتركّز على أهميّة الدّقة والضبط في قياس الزمن في الأحداث الرّياضيّة. فالمتبارون في المسابقات الكبرى قد تفصل بين نتائجهم أجزاء من الثانية!

تحسين استخدام الطاقة لمتزلجي السباقات القصيرة.

لذلك أصبح الحكّام يعتمدون على التكنولوجيا الحديثة في تحديد الفائز حيث يتمّ استخدام أجهزة الاستشعار الضوئيّة والليزر بدلًا من ساعات التوقيت وشرائط القياس.

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

صورة تربط إنتاج ثاني أكسيد الكربون بتغير المناخ.

تنتقل الوحدة السادسة إلى موضوعٍ يشكّل محورًا للعديد من الدراسات والأبحاث والنقاشات على صعيد العالم وهو محدوديّة مصادر الطاقة والتغيّر المناخي. سوف ندرس في هذه الوحدة بعض التقنيات التي تمّ توظيفها لحلّ المشكلات المتعلّقة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وبمصادر الوقود غير المتجدّدة. إذ أنّ العلماء في سعي مستمرّ لتطوير مصادر بديلة للطاقة لتعزيز أسلوب حياتنا الحديثة وتحديد الصورة المستقبليّة لعالمنا.

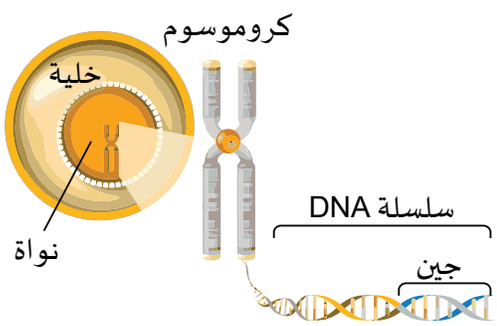
رسم بياني لفيروس كورونا ولتحديد تسلسُل الـ DNA.

هل تحلم بعالمٍ صحيّ خالٍ من الأمراض؟ لا شكّ في أنّ جميع البشر الذين عايشوا انتشار كوفيد 19 في جميع أنحاء العالم يحلمون بذلك أيضًا. من المهمّ جدًّا في هذا الإطار دراسة الاختلافات بين الأشخاص على الصعيد الجينيّ. حيث تقوم البحوث المشتركة للمؤسسات في جميع الدول بدراسة المزيد من التفاصيل كل عام. لذلك يمكّن استخدام الخريطة الجينية الأطباء من معرفة سبب الأعراض عند مرضاهم، وتصميم علاجات مخصّصة لهم. سوف ندرس في الوحدة السابعة تطوّر تقنيات تحديد تسلسل DNA بمرور الوقت وكيف سمح مشروع جينوم الإنسان في معظم دول العالم ومن بينها دولة قطر باكتشاف تسلسل 3 بلايين من أزواج القواعد النيتروجينية في DNA البشري. سوف ندرس أيضًا كيف تمّ الوصول إلى علاجات جذريّة مثل علاجات الخلايا الجذعيّة وحلول لأمراض وراثيّة مثل الثلاسيميا ولأمراض خطيرة ومميتة لديها العديد من عوامل الخطر الوراثي مثل أمراض القلب والشرايين والأمراض السرطانيّة.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

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



أسئلة للمناقشة

هل توصّل البشر إلى طريقة لإزالة ثاني أكسيد الكربون الفائض من الغلاف الجوي؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

شريط الأفكار المهمّة

هناك قضايا أخلاقية مرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية.

تحديد النقاط الرئيسة وتذكُّرها.

العلاقات والمعادلات

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O \qquad \Delta H = -891\ kJ/mol$$

تقديم العلاقات والمعادلات من خلال المُتغيّرات وتحديد قياسها بشكل واضح.

الأمثلة

مثال 1

يقطع مزلاج مسافة 120 m في فترة 3 s. احسب سرعة المزلاج.

الحلّ

$d = 120\ m$ $\quad v = \frac{d}{t}$

$t = 3\ s$ $\quad v = \frac{120 m}{3\ s}$

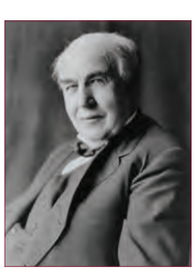
$v =$ $\quad v = 40\ m/s$

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.

العلم والعلماء

إضاءة على عالم

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



الشكل 6-35 توماس أديسون

كان توماس ألفا أديسون (**الشكل 6-33**) 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 ألهم مثاله الحي الكثيرين لتجربة طرائق جديدة لحل المشكلات.

ومن الجدير بالذكر أن الكثير من اختراعات أديسون هي التي أدت إلى

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

الأنشطة

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

نشاط a2-5 سرعة الرياضيين

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ترتيب الرياضيين بحسب سرعتهم المتوسطة؟
المواد المطلوبة	آلة حاسبة، ورقة رسم بياني.

الخطوات

تقويم الدّرس

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

تقويم الدّرس 2-7

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

مراجعة الوحدة

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

الوحدة 7

مراجعة الوحدة

الدرس 7-1: تسلسُل DNA

- **النيوكليوتيد Nucleotide** هو الجزء الأساسي في DNA، ويُشكّل نصف زوج قواعد **Base pair**.
- يتضمّن **تحديد تسلسل DNA DNA Sequencing** ترتيب أزواج القواعد النيتروجينية في DNA.

تقويم الوحدة

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

تقويم الوحدة

أسئلة مُتعدِّدة الاختيارات

1. أي من القواعد النيتروجينية الآتية لا تتواجد في DNA؟
   a. اليوراسيل
   b. الأدنين
   c. الجوانين
   d. الثايمين

أسئلة الإجابات قصيرة

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

تقويم الوحدة

الدرس 7-1 تسلسُل DNA

13. لماذا كانت الكروموسومات هي الجزء الأول الذي تمّ اكتشافه من المادة الوراثية؟
14. لماذا لم يتمّ العثور على أيّة كمّية من اليوراسيل في DNA؟

الوحدة 5 القياس والتوقيت 2

الدّرس 5-1 المسافة والزمن 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 .

الدّرس 5-2 حركة الرياضيين 15

يساعد قياس سرعة الرياضيّين بدقّة على تحسين أدائهم وتجنّب الإصابات. يسمح لنا تحليل الرسومات البيانية للسرعة والمسافة بتفسير وفهم حركة الرياضيّين. كلّما ازدادت بيانات الأداء الرّياضي، كان ذلك أفضل في مقارنة أداء الرياضيّين وتحسين طرق تدريبهم.

الوحدة 6

الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية، وبالوعات الكربون 34

الدّرس 6-1 الوقود الحيوي والكتلة الحيوية 36

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 الجيوي 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.

الدّرس 6-2 بالوعات الكربون 50

لكلٍ من الكائنات الحيّة والآلات والعمليّات أو الأنشطة في الحياة بشكلٍ عامّ "بصمة الكربون" الخاصة بها لوصف كميّة غاز ثاني أكسيد الكربون التي تتسبّب بانبعاثها. يعتبر هذا الغاز من الغازات الدفيئة التي تسبّب الاحتباس الحراري العالمي. لذا من المهمّ إزالته من الغلاف الجوّي عبر تخزينه في بالوعات الكربون وهي مجمّعات تخزين ثاني أكسيد الكربون الرئيسة (المحيطات، والبالوعات الجيولوجية، والكربنة المعدنيّة).

الوحدة 7 استخدام تسلسُل الحمض النووي (DNA) والجينوم 68

الدّرس 7-1 تسلسل DNA 70

تركّز الأبحاث الحاليّة في علم الوراثة على كيفيّة انتقال الصفات والخصائص والمشكلات الصحيّة من الآباء إلى الأبناء. وتعتمد الوراثة على DNA وهو تشفير المعلومات الوراثيّة في جميع الكائنات الحيّة. تطورت تقنيات الجيل الثالث لتحديد تسلسل الحمض النووي (DNA) بمرور الوقت، وأصبحت أسرع وأرخص ومتاحةً أكثر في كلّ وقت. .

الدّرس 7-2 استخدام الجينوم 81

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 7-3 الخلايا الجذعية 93

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 بديلًا عن زراعة الأعضاء. هناك قضايا أخلاقية مرتبطة باستخدام الخلايا الجذعية الجنينية البشرية .

الوحدة 5
القياس والتوقيت
Measuring and Timing

في هذه الوحدة

الدرس 5-1: المسافة والزمن

الدرس 5-2: حركة الرياضيين

GP1201
GP1202

الوحدة 5

مقدّمة الوحدة

تتيح التكنولوجيا والتدريب لنتائج الرياضيين ذوي المستوى العالي أن تكون متقاربة إلى حدّ التطابق. يتحقّق الفوز في كثير من السباقات 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 الحكام 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 يمكن للرسومات البيانية تفسير وفهم حركة الرياضيين.

الأنشطة والتّجارب

1-5 حساب زمن ردّ الفعل

2-5 a سرعة الرياضيين

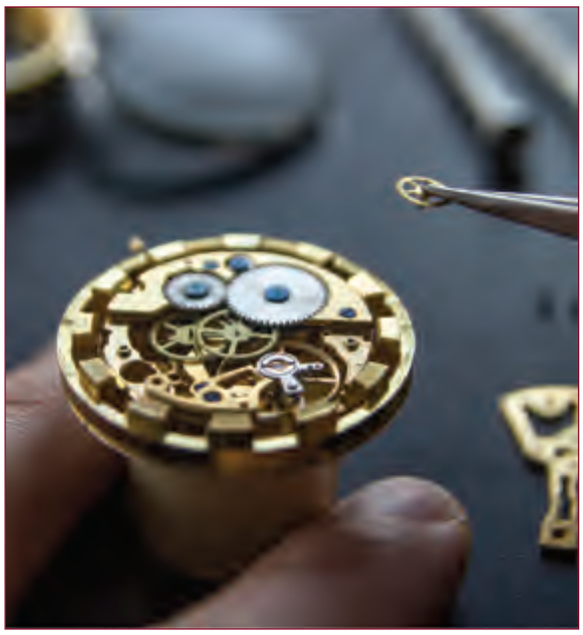
2-5 b الرسومات البيانية لحركة الألعاب الرياضية

2-5 c إعادة تمثيل بالرسم البياني

الدرس 5-1
المسافة والزمن
Distance and Time

الساعة المصنوعة يدويًا في **الشكل 5-1** هي رمز للحرفية المبدعة. الساعة الجميلة هي رمز للثراء، ولكنها أداة للاستخدام اليومي أيضًا. وإذا كانت الساعة جميلة ولكن غير دقيقة، فلا فائدة منها.

الساعات الحديثة، حتى الميكانيكية منها، تضبط الوقت بدقة تصل إلى ثانية واحدة لأكثر من 30 سنة! ويحدث هذا بوساطة 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	الضبط
Precision	الدقة
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.

- أغمض عينيك واجلس بهدوء في أثناء تشغيل زميلك للمؤقت.
- عندما تلاحظ أن 60 ثانية قد مرت، أخبر زميلك ليوقف المؤقت.
- انظر إلى مدى قرب تقديرك من الزمن الفعلي.

نفذ الآن التجربة نفسها أثناء قراءة كتاب، فقد يكون النشاط ممتعًا. اطلب إلى زميلك تشغيل المؤقت عندما تبدأ بالقراءة، ثم اطلب إليه إيقافه عندما تعتقد أن دقيقة واحدة 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 متوسط معدل نبضات القلب يكون بين 60 و 100 نبضة في الدقيقة.

متوسط معدل نبضات القلب البشري عند الرجال يكون بين 60 و 100 نبضة في الدقيقة. شغّل المؤقت وعدّ نبضات قلبك بوساطة قياس عدد نبضات رسغك. افعل ذلك مرتين.

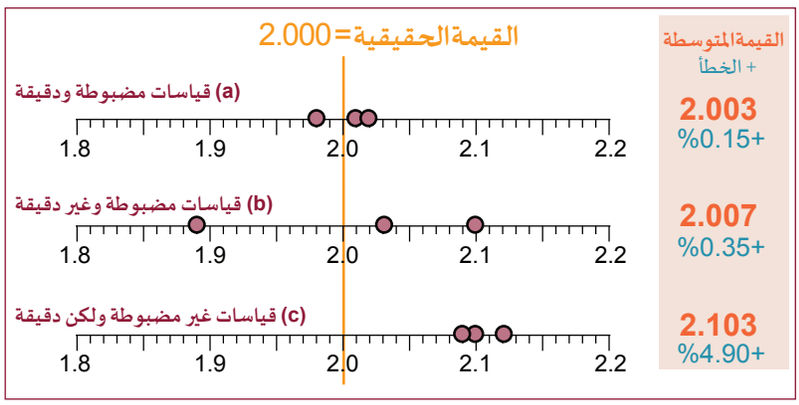
بمجرد أن تعرف معدل نبضات قلبك، أعد التجربة مرة أخرى، وعدّ نبضات قلبك في 60 ثانية. هل كنت أكثر دقة في تحديد 60 ثانية باستخدام نبضات قلبك كمقياس؟

ما العوامل التي قد تغيّر معدل نبضات قلبك؟

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

القياس والضبط والدقة ودرجة 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 المقيسة (**الشكل 5-4**).



الشكل 5-4 الضبط والدّقّة

a. **الضبط Accuracy** هي مدى قرب القياس من القيمة الحقيقية.

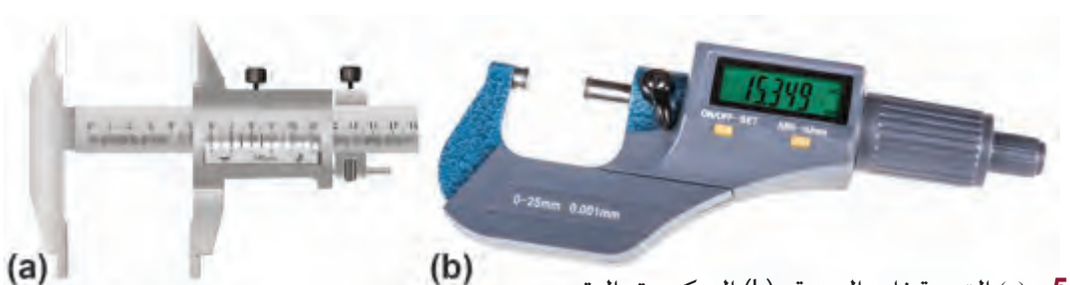
b. **الدقة Precision** هو مدى قرب القياسات بعضها من بعض.

c. **دقّة الوضوح Resolution** هي وصف لأصغر اختلاف يمكن تحديده بوساطة أداة معينة أو باستخدام التكنولوجيا الحديثة.

لنفرض أن القيمة الحقيقية لكمية معينة هي 2.000. يوضح **الشكل 5-4** (a) أن القِياسات مضبوطة ودقيقة. بينما يُظهِر **الشكل 5-4 (b)** قياسات مضبوطة وغير دقيقة. أما في **الشكل 5-4 (c)** ، فالقياسات دقيقة ولكن غير مضبوطة.

الدقّة والضبط ودقّة الوضوح لها حدود في جميع القياسات

تعتمد دقّة الوضوح على أداة القياس (**الشكل 5-5**). حيث يمكن أن يصل ضبط القدمة ذات الورنية إلى عُشر المليمتر، أمّا قياس الميكرومتر فقد يصل إلى جزء من مئة من المليمتر.



الشكل 5-5 (a) القدمة ذات الورنية و(b) الميكرومتر 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. فمثلًا تستطيع المسطرة المترية القصيرة عند بدايتها ببضعة سنتيمترات أن تقيس بدقة تصل إلى 0.5 mm. ومع ذلك، فإن القياسات ستكون غير مضبوطة.

قياس الزمن

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

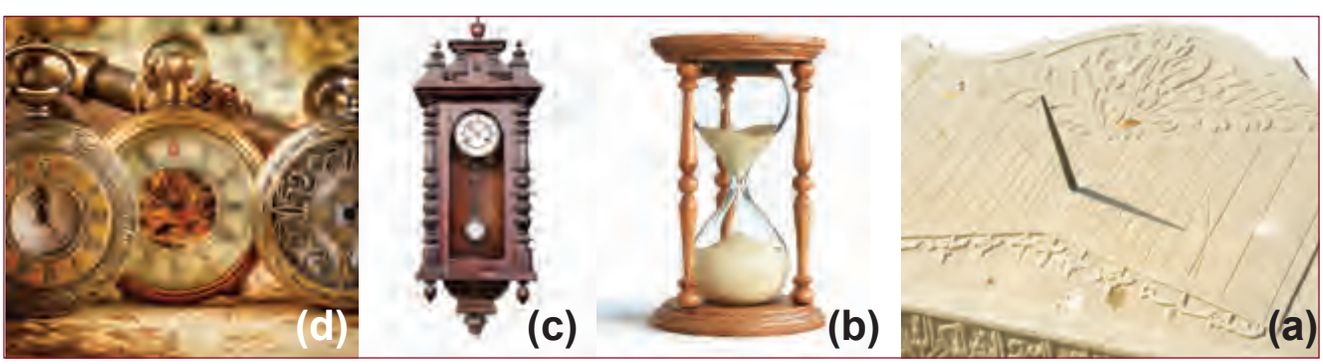
- كانت حركة الأرض والشمس والنجوم هي الأساس في حساب الزمن في العصور القديمة. وكان هذا القياس دقيقًا لجزء صغير من اليوم.
- الفترات الزمنية الأقل من يوم واحد يمكن قياسها بوساطة ظل "المزولة" (الساعة الشمسية). هذه التقنية دقيقة إلى حدود نصف ساعة، إلّا أنها لا تستطيع قياس الزمن بالدقائق بدقة.

تحتاج الملاحة إلى قبطان سفينة لتحديد خط الطول والعرض الخاص بها.

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

اشرح أهمية الساعات في تحديد خط الطول.

- 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**).



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

- تعتمد الساعات الرقمية على اهتزازات بلّورة كوارتز صغيرة جدًا تهتز بتردد 32768 اهتزازة في الثانية (Hz).
- تعتمد الساعات الذرية على اهتزاز إلكترون السيزيوم بتردد 9.2 GHz.

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

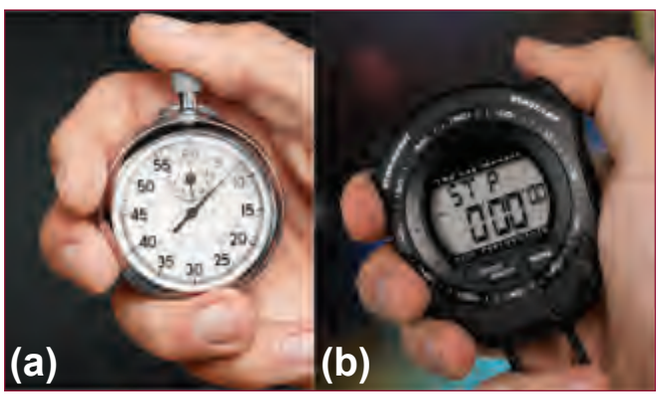
- يمكن قياس نمو المحاصيل بالتقويم.
- يمكن قياس الماراثون بالثواني باستخدام ساعة إيقاف.
- يمكن قياس الجري السريع لجزء من المائة من الثانية باستخدام مؤقت ليزر.

زمن ردّ الفعل

زمن ردّ الفعل Reaction time هو مقدار الزمن الذي تستغرقه ملاحظة شخص لحدثٍ ما 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، إلى أن تنقبض العضلات استجابة لذلك.

- زمن رد فعل البشر الطبيعي لمثير بصري 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 توقيت رقمية بدقة 0.01 ثانية. ومع ذلك، فإن دقة القياس وضبطه باستخدام ساعة توقيت 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 توقيت. زمن ردّ فعل الإنسان يكون في الغالب أكبر مصدر لعدم الدقة.



الشكل 5-7 ساعتا توقيت بدرجتي دقة (a) 0.1 ثانية و(b) 0.01 ثانية.

متوسط زمن رد فعل الإنسان للمثير البصري يكون في حدود 0.25 ثانية.

معظم الناس على معرفة بالعبارة: "قف عند علامتك، استعدّ، انطلق!". يسمح استخدام هذه العبارة للمشاركين والمؤقتين بتوقّع بدء الحدث الرياضي. التوقّع هو إحدى الطرائق لتقليل زمن ردّ الفعل. 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 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 الخلوي يشتّت انتباه السائق، ما يزيد بشكل كبير من زمن ردّ الفعل.

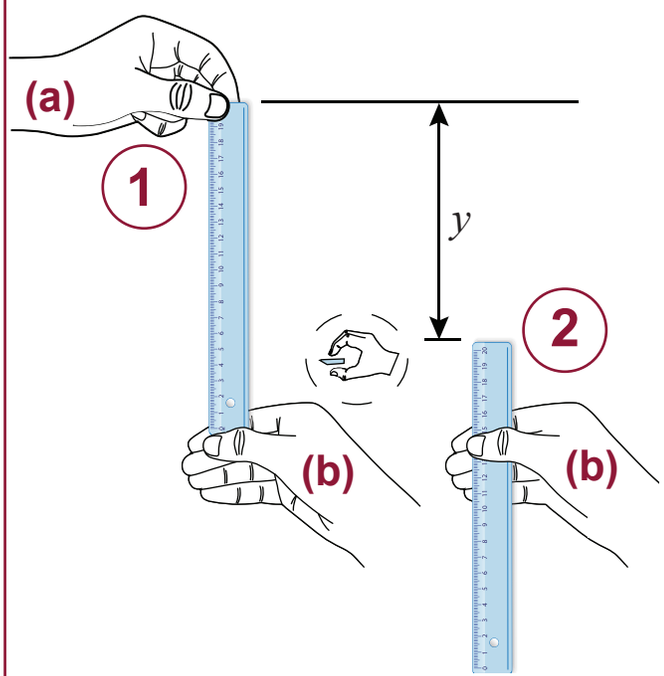
نشاط 5-1 حساب زمن ردّ الفعل

سؤال الاستقصاء	هل 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. دوّن 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

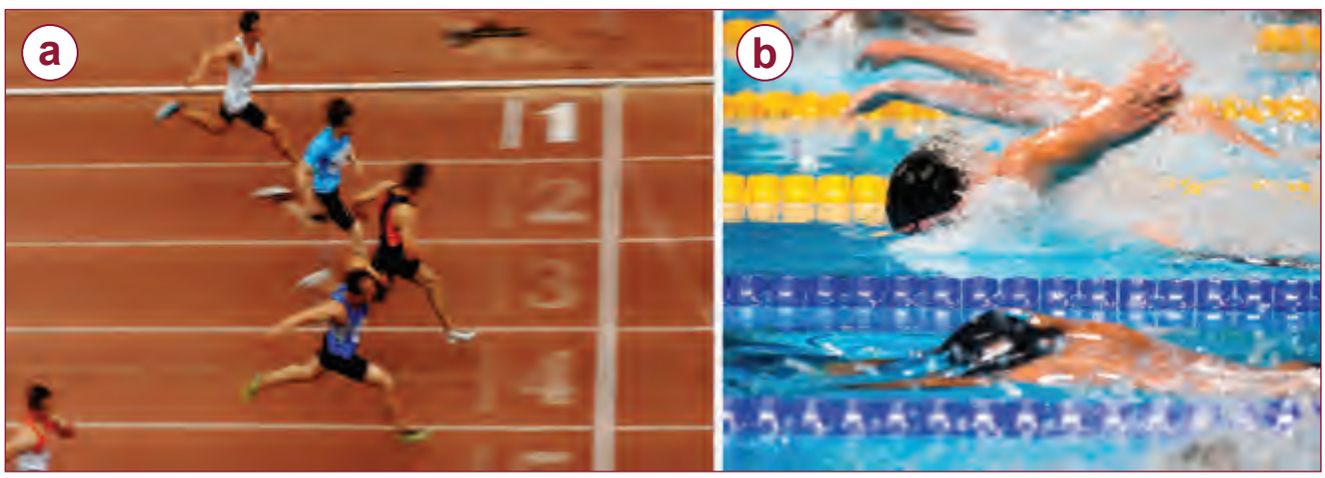
$$t = \sqrt{\frac{2y}{981 cm/s^2}}$$

الأسئلة

a. كيف تقارن 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

كان الناس يتنافسون منذ آلاف السنين. وكان الشخص الأول الذي يعبر خط النهاية هو الفائز. هناك حالات يصعب فيها تحديد الشخص الذي يعبر خط النهاية أولًا (**الشكل 5 -10**). في الأحداث التي يتفاوت فيها الفائزون في المركز الأول بعضهم عن بعض في حدود جزء من مئة من الثانية، يكون زمن ردّ الفعل البشري هنا بطيئًا جدًا لتحديد الزمن المحدّد لكل مشارك. لذا، يجب استخدام التكنولوجيا في هذه الحالة.



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

صور النهاية هي جزء أساسي من توقيت معظم المنافسات الحديثة. لقد وجد تسجيل لقطات الفيديو أيضًا طريقه إلى عدد من الألعاب الرياضية التي تعتمد على التحكيم لاتخاذ قرار فيها. وقد أدّت القدرة على إبطاء حركة الفيديو إلى كشف كثير من أخطاء التحكيم.

لقد سمح استخدام تكنولوجيا الفيديو أيضًا للرياضيين بالتحليل وفق التقنيات المثالية. فأصبحت القدرة على إيقاف الفعل الذي حدث بسرعة كبيرة جدًا، ويتعذّر على البشر ملاحظته، جزءًا مهمًا من كثير من الألعاب الرياضية المختلفة (**الشكل 5-11**). يسمح **معدّل الأُطُر Frame rate**، أو الزمن بين كل ومضة 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 بدرجة 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.

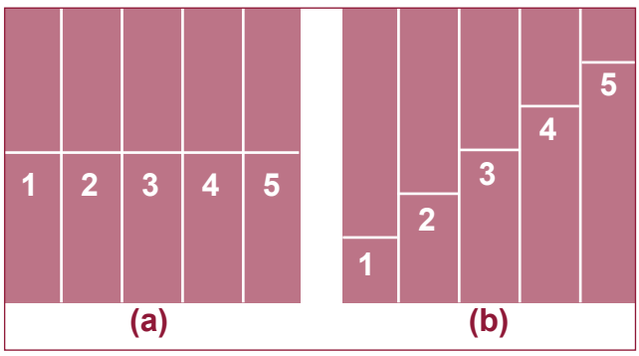
هناك عدد من التقنيات التي تستخدم لإيقاف المؤقت عند نهاية السباق، فإذا كان المتنافسون فرادى كما في حالة التزلج، فيمكن التوقيت باستخدام بوابة ضوئية بسيطة.

البوابة الضوئية photogate هي فتحة تنتقل فيها حزمة ضوئية من جانب 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 المبدأ نفسه. تُحجب الحزمة الضوئية بوساطة 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 منافس خط النهاية، يمكن استخدام بوابة ضوئية لتشغيل آلة تصوير عالية السرعة، فإذا لم يكن الفائز واضحًا، يُراجع شريط الفيلم لتحديد من عبر خط النهاية أولًا.
- في أحداث السباحة، حيث يكون لكل متسابق مسار خاص به، يمكن استخدام لوحة اللمس لإيقاف المؤقت وتحديد من وصل أولًا.

المسافة

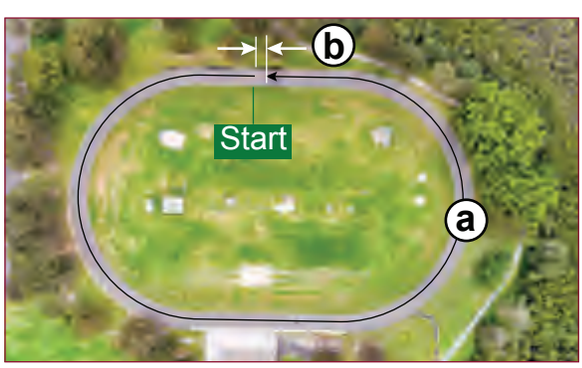


الشكل 5-14 خط البداية العادي (a) وخط البداية المتعاقب(b).

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**). فإذا لم يكن هناك خط بداية متعاقب، ويُطالب المتسابقون بالبقاء في ممراتهم، فإنّ الشخص الموجود في الممر الخارجي سيكون حظّه من الفوز قليلًا، وسيتعين عليه الركض لمسافة 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 متماثلة 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. كلّهم يريدون أن يكونوا 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 فهي طول المسار الدائري وليست صفرًا.

قياس المسافة

أصبحت أدوات قياس المسافة في الأحداث الرياضية أكثر دقة من قياسات الشريط المستخدم تقليديًا. 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. تتيح دحرجتها على طول سطح قياس مسافات طويلة، وتستخدم 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. وهو ما يستخدم 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 البُعد بدقة.

في رياضة لعبة الكيرلنج، تُسجل الصخرة الأقرب إلى البيت (وسط الحلقة)درجة. وتكون الصخرتان المتنافستان قريبتين جدًا من البيت، 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. المزولة (الساعة الشمسية)
   b. الساعة الرملية
   c. ساعة الإيتربيوم
   d. ساعة البندول

3. ما الرياضة التي تتطلب من المتسابقين أن يكون لديهم أسرع زمن ردّ فعل؟
   a. الجولف
   b. كرة القدم
   c. السباحة
   d. رفع الأثقال

4. كيف يُقلِّل التوقّع من معدل زمن ردّ الفعل؟

5. كيف يمكن لساعة الجيب العتيقة 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 اللعبة الرياضية التي لا تتطلب معدات لتحديد الفائز.

الدرس 5-2
حركة الرياضيين
Motion of Athletes

رياضة الزحّافة الثلجية (**الشكل 5-19**) هي أسرع رياضة أولمبية. يتسابق رياضيو الزحّافة الثلجية إلى أسفل مسار جليدي بسرعة 140 km/h (أقصى سرعة مسجّلة حتى الآن هي 154 km/h). لتحقيق السرعة القصوى، يستخدم المتسابقون أحدث معدات الديناميكا الهوائية للحفاظ على وضع مثالي يكون تحت السيطرة. لتجنّب الإصابات، هناك حاجة إلى سنوات من التدريب البدني لتحمل قوًى تصل إلى خمسة أضعاف قوة الجاذبية عند المنعطفات. الخطأ البسيط عند هذه السرعات قد يعني الإصابة أو الموت.

الشكل 5-19 رياضي الزحافة الثلجية

كثير من الناس يستمتعون بالسرعات العالية. سنتعلّم في هذا الدرس المتغيرات المؤثّرة في السرعة، وكيف يمكننا قياس السرعة في هذه الرياضة.

مخرجات التّعلُّم

GP1202.1 يحسب متوسط سرعة الرياضيين في مجالات رياضية مختلفة باستخدام المعادلة:
السرعة المتوسطة (m/s) = المسافة المقطوعة (m) ÷ الزمن (s).

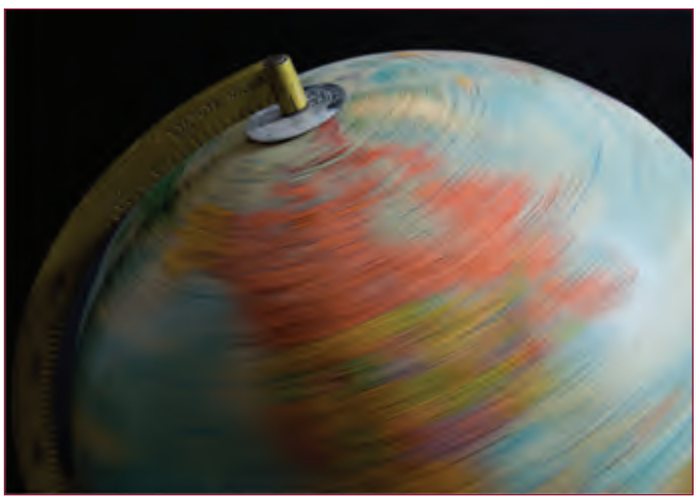
GP1202.2 يفسر ويرسم منحنى المسافة مقابل الزمن، ومنحنى السرعة مقابل الزمن لبيانات معينة لوصف حركة الرياضيين في أحداث رياضية مختلفة.

المفردات

Average speed	السرعة المتوسطة
Velocity	السرعة المتّجهة
Acceleration	التسارع
Velodrome	مضمار الدراجات المنحني
Sonic range finder	كاشف المدى الصوتي

إدراك الحركة

كم تبلغ سرعة سَيرِك الآن؟ قد تظنّ أنك لا تتحرّك على الإطلاق. الجلوس على كرسي في الغرفة يوهمك بأنك لا تتحرّك. أدى عدم القدرة على إدراك الحركة إلى أن يظنّ الناس أن الأرض ثابتة والشمس والنجوم تتحرّك من حولنا.



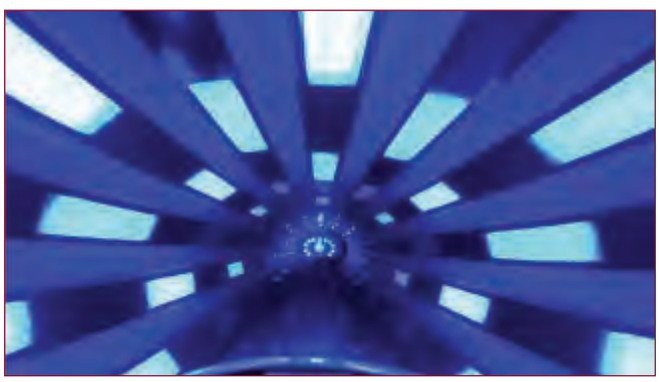
الشكل 5-20 دوران الارض.

نحن نعلم الآن أن الأرض تتحرك كما في **الشكل 5-20**، وهي تتحرك عند خط الاستواء بسرعة 1656 km/h، لكنك لا تشعر بهذه الحركة.

- لماذا لا تشعر بحركة دوران الأرض؟
- تخيّل المواقف التي تشعر فيها بالحركة. حاول تحديد ما تشعر به. إذا كنت في سيارة سريعة الحركة، فكيف تعرف أنك تتحرك؟
- هل سبق أن توقفت سيارتك عندما كانت السيارات الأخرى تتابع سيرها؟ هل تشعر أنك تتحرك إلى الخلف؟

الحركة النسبية

يعتمد إحساسنا بالحركة في كثير من الأحيان على كيفية تحركنا بالنسبة إلى شيء آخر. نحن نعلم أن الأرض تسير بنا بسرعة كبيرة، وأننا نتحرك بالمعدل نفسه. تستفيد العاب الملاهي الحديثة من كيفية إدراكنا للحركة وللسرعة التي نتحرك بها فتجعل الاضواء توهمنا بأننا نتحرك بسرعة اكبر من سرعتنا الحقيقية (**الشكل 5-21**).



الشكل 5-21 ألعاب الملاهي الحديثة مع أضواء متحركة.

كم تكون السرعة النسبية بين سيارتك وسيارة أخرى في كل من الحالتين التاليتين؟

1. سيارتك متوقفة، بينما تتحرك السيارة الثانية باتجاهك بسرعة 50 km/h .
2. سيارتك تسير بسرعة 50 km/h بينما تتحرك السيارة الثانية باتجاهك بسرعة 50 km/h أيضًا.
3. سيارتك تسير بسرعة 50 km/h بينما تتحرك السيارة الثانية إلى جانبك بالسرعة 50 km/h ذاتها وفي الاتجاه نفسه.

السرعة المتوسطة

تخبرك علامة الارشاد المرورية أن الحد الأقصى للسرعة هو 100 km/h، وتدل وحدة قياسها على المتغيرات المستخدمة لحساب السرعة. يُسمح لك بالسفر مسافة 100 km في كل ساعة من القيادة. يتم حساب **السرعة المتوسطة Average speed** بقسمة إجمالي المسافة المقطوعة على الزمن المطلوب لقطع تلك المسافة (2.5).

2.5 السرعة

السرعة المتوسطة

$$v = \frac{d}{t}$$

v	السرعة m/s
d	المسافة الكلية (m)
t	الزمن المستغرق (s)

في هذا الدرس سوف نقيس المسافة بوحدة المتر(m) والزمن بوحدة الثانية (s).

مثال 1

يقطع مزلاج مسافة 120 m في فترة 3 s. احسب سرعة المزلاج.

الحلّ

$d = 120$ m
$t = 3$ s
$v =$

$v = \frac{d}{t}$
$v = \frac{120\text{m}}{3\text{ s}}$
$v = 40$ m/s

مثال 2

يعتبر طائر الشاهين من أسرع الطيور على سطح الأرض. فهو يحلّق مسافة 321 m خلال 3 s، فما هي سرعته؟

الحلّ

$d = 321$ m
$t = 3$ s
$v =$

$v = \frac{d}{t}$
$v = \frac{321\text{m}}{3\text{ s}}$
$v = 107$ m/s

بمعرفة السرعة المتوسطة، يمكن قياس المسافة المقطوعة في فترة محددة (d=vt). ويمكننا حساب الزمن المستغرق بمعرفة المسافة المقطوعة ($t = \frac{d}{v}$). ولأننا نستخدم السرعة في رحلاتنا اليومية، فإنَّ بإمكاننا حساب الزمن ذهنيًا: إذا كانت السرعة 100 km/h، فإننا نحتاج إلى نصف ساعة لقطع مسافة 50km. لحساب الزمن المستغرق نقسم المسافة على السرعة.

نشاط a2-5 سرعة الرياضيين

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ترتيب الرياضيين بحسب سرعتهم المتوسطة؟
الموادّ المطلوبة	آلة حاسبة، ورقة رسم بياني.

الخطوات

1. استخدم **الجدول 5-1**، الذي يضم مجموعة من الألعاب الأولمبية كالجري والسباحة و التزلج. ويشتمل على المسافة المقطوعة والزمن المستغرق لكل من الفائزين بالميدالية الذهبية.
2. احسب السرعة المتوسطة لكل حدث.
3. سجّل رقمين فقط بعد الفاصلة العشرية.
4. رتّب أنواع الرياضات من أدنى سرعة متوسطة إلى أعلى سرعة متوسطة.
5. أنشئ رسمًا بيانيًا بالأعمدة لعرض نتائجك من أدنى سرعة متوسطة إلى أعلى سرعة متوسطة.

الجدول 5-1 مناسبات أولمبية مع المسافة (m) والزمن (s)

الحدث	الزمن (S)	المسافة (m)
سباحة	21.30	50
جري	9.63	100
سباحة	47.05	100
حواجز	12.91	110
جري	19.30	200
سباحة	102.96	200
جري	43.03	400
حواجز	46.78	400
سباحة	220.14	400
تزلّج	34.41	500
جري	100.91	800
تزلّج	67.18	1000
جري	212.07	1500
تزلّج	103.95	1500
سباحة	871.02	1500
جري	369.76	5000
تزلّج	391.97	5000
جري	1621.17	10000

الأسئلة

a. كيف تقارن السرعة المتوسطة لكل رياضة؟

b. إذا أعطت الآلة الحاسبة النتيجة 3.33333333 m/s، فلماذا تكون معظم الخانات العشرية غير صالحة عند قياس السرعات الفعلية؟

c. أيٌّ من الرياضات المدرجة لديها نظام مدمج للحد من سرعة الرياضي؟

السرعة المتّجهة

يتم التعامل مع السرعة والسرعة المتجهة في الغالب على أنهما الشيء نفسه.

ما هي اقصى سرعة توصل لها الإنسان بالاعتماد على عضلاته فقط؟

في الفيزياء، **السرعة المتّجهة Velocity** هي كمية أكثر تحديدًا. أمّا السرعة فهي المسافة المقطوعة في فترة زمنية معيّنة. نعرف السرعة المتجهة بالإزاحة المقطوعة في فترة زمنية.

السرعة المتجهة هي كمية متّجهة يمكن تمثيلها بسهم يشير إلى اتجاه الحركة. الشيء الوحيد الذي يشعر به جسمك أثناء الحركة هو التغير في السرعة (عندما تزداد أو تقل أو يتغير اتجاهها).

الشيء الوحيد الذي يشعر به جسم الإنسان هو تغير السرعة المتجهة.

التسارع Acceleration هو التغير في متّجه السرعة. نحتاج إلى قوة لجعل الكتل تتسارع، ويمكننا أن نشعر بهذه القوى. القوى التي تشعر بها عندما تستخدم ألعاب الملاهي (**الشكل 5-22**) تعتمد على تسارعك (زيادة سرعتك أو تباطؤك أو تغيير اتجاه سرعتك).

الشكل 5-22 تنتج السفينة الدوارة التسارع

يمكن أن نفهم القدر الكبير من الميكانيكا بدراسة تغيير الرياضيين سرعتهم. بعض الرياضيين يركضون بسرعة عالية في بداية السباق، ويبقى لديهم القليل من الطاقة عند النهاية، في الوقت الذي يحافظ فيه آخرون على الطاقة أثناء السباق، ويكون تسارعهم في وقت متأخر فلا يساعدهم على الفوز. فهم ميكانيكا السرعة يساعد الرياضيين على تحسين جهودهم (**الشكل 5-23**)، ما يهديهم إلى معرفة المكان الذي يجب أن تزداد سرعتهم فيه لتحقيق الفوز في السباق.

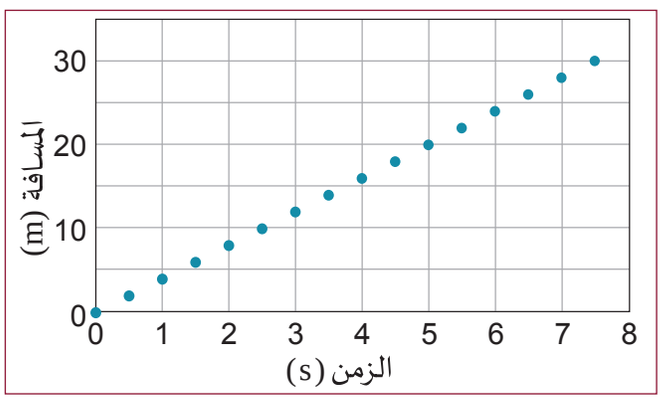
الشكل 5-23 تحسين استخدام الطاقة لمتزلجي السباقات القصيرة.

الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن

يظهر **الجدول 5-2** المسافة الكلية التي يقطعها متسابق كل نصف ثانية ولمدة 5.5 ثانية. **الشكل 5-24** يظهر المسافة على المحور الرأسي y والزمن على المحورالأفقي x . تشكل البيانات خطًا مستقيمًا له ميل موجب. ميل الخط هو حاصل قسمة المسافة على الزمن، ويمثل السرعة.

الجدول 5-2 بيانات السرعة 4 m/s.

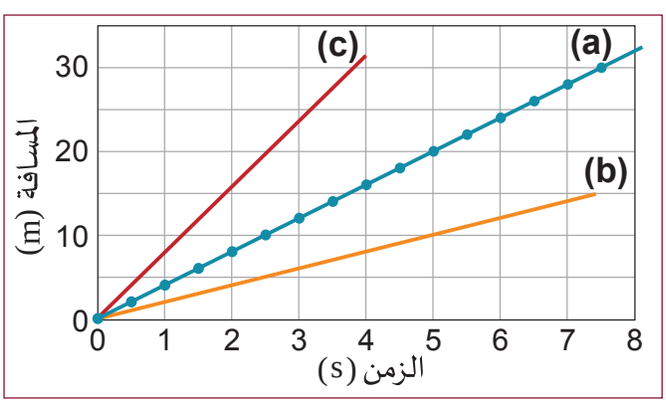
الزمن (S)	المسافة (m)
0	0
0.5	2
1.0	4
1.5	6
2.0	8
2.5	10
3.0	12
3.5	14
4.0	16
4.5	18
5.0	20
5.5	22



الشكل 5-24 المسافة مقابل الزمن.

السرعة هي ميل خط الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن.

الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن، هو طريقة مرئية لمقارنة سرعة الأجسام المتعددة. كمثال، يوضح **الشكل 5-25** نتائج ثلاثة متسابقين يسيرون بسرعات مختلفة.



الشكل 5-25 المسافة مقابل الزمن.

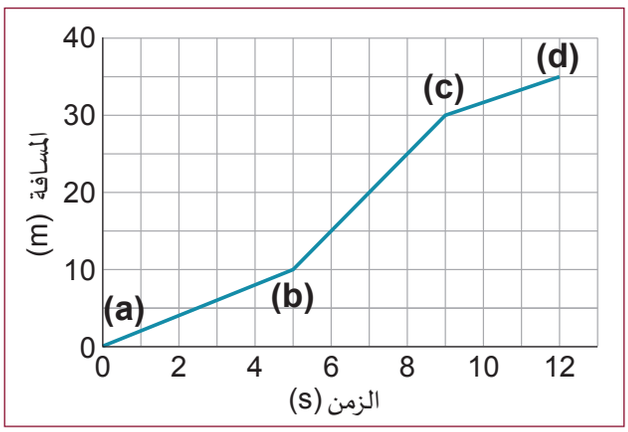
a. يمثل الخط (a) بيانات لمتسابق يسير بسرعة 4 m/s.

b. يمثل الخط (b) سرعة متسابق آخر سرعته 2 m/s. الميل أقل حدة من الميل في (a)، فهو يقطع 10 m كل 5 ثوان. فالسرعة تزداد بازدياد ميل الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن.

c. الخط (c) أكثر ميلًا من الخط (a)، وهذا يعني أنه يسير بسرعة أعلى. يوضح الرسم البياني أن هذا العدّاء يقطع مسافة 32 m في 4 s، أي إنَّ سرعته 8 m/s.

تحليل رسوم بيانية للمسافة مقابل الزمن

الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن لسباق تتغير فيه السرعة قد يبدو كما في **الشكل 5-26**. العداء في هذا السباق لديه ثلاث سرعات مختلفة.



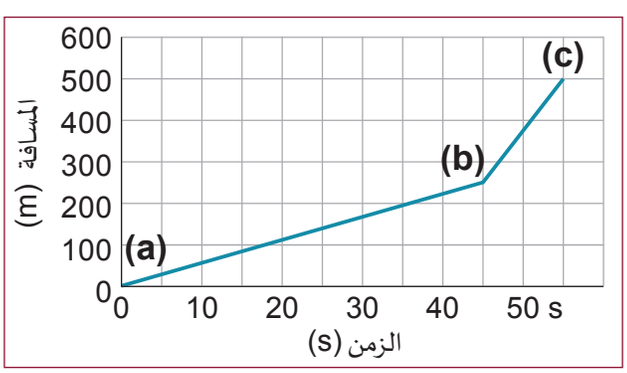
الشكل 5-26 المسافة مقابل الزمن لعدّاء واحد.

- القسم من الرسم البياني من النقطة (a) إلى النقطة (b) يشير إلى بداية بطيئة، يقطع فيها العدّاء 10 m كل 5 ثوان.
- تزداد السرعة بين النقطتين (b) و (c)، ليقطع العدّاء 20 m إضافية في 4 ثوان فقط.
- الجزء الأخير من النقطة (c) إلى (d) يشير إلى تباطؤ، فيقطع العدّاء 5 m فقط في 3 ثوان.

تحليل بسيط لهذا السباق يُظهرأن العدّاء قطع 35 m في 12 ثانية بسرعة متوسطة 2.9 m/s. يكشف هذا التحليل عن نظرة فاحصة لسلسلة أكثر تعقيدًا من المعلومات التي يمكن أن تساعد المدرب على تحسين أداء العداء.

الشكل 5-27 سباق دراجات الفيلودروم.

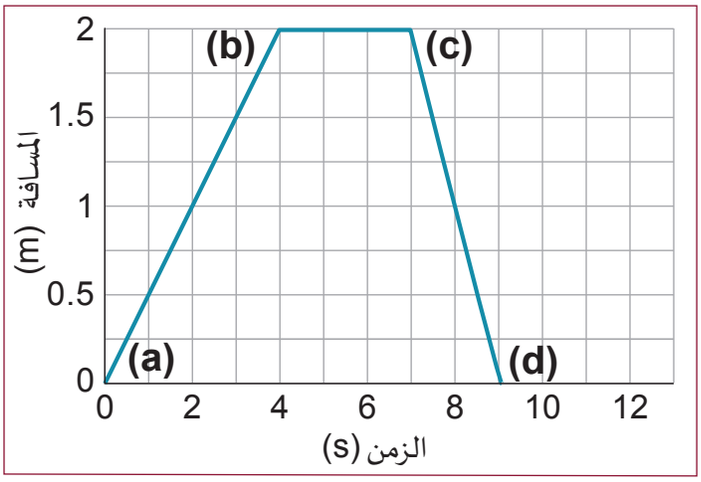
مضمار الدراجات المنحني Velodrome عبارة عن مضمار عالي الانحناء، يستضيف سباقات السرعة العالية (**الشكل 5-27**) كما في حلبة لوسيل في قطر. في السباق الذي يشتمل على لفتين، يقوم المتسابقون بقيادة درّاجاتهم في اللفة الأولى بسرعة بطيئة تكون فيها درّاجاتهم منتصبة على المسار. ولا يمكنهم اجتياز الخط للبدء في اللفة الثانية إلا عند قرع الجَرَس. وإذا لمست أرجلهم أرض الحلبة يخرجون من السباق. على المتسابقين الاقتراب من خط الانطلاق قدر الإمكان دون تَجَاوزه. وعند قرع الجرس، تبدأ اللفة الثانية العادية والسريعة من السباق على "أطول لفّة".



الشكل 5-28 سباق أطول لفّة.

- يمثل **الشكل 5-28** الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن لسباق أطول لفة.
- يوضح الجزء من (a) إلى (b) أول لفة حيث يتم قطع 250 m في 45 s.
- الجزء من (b) إلى (c) يمثّل اللفة الثانية التي يقطع فيها المتسابق 250 متر في زمن مقداره 10 ثوانٍ.

تحليل السرعة من الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن



الشكل 5-29 الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن لعدّاء واحد.

يُطلق أحيانًا على الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن اسم "الرسم البياني للسرعة". ميل الرسم البياني يوضح كيف تتغير السرعة بمرور الزمن. كمثال، سنقوم بتحليل السرعة لحركة شخص كما هو موضح في **الشكل 5-29**. لاحظ أن هذه الحركة تتضمن قسمًا بميل سالب، ما يعني أن الحركة عكست اتجاهها.

a. عند النقطة (a) تكون المسافة المقطوعة صفرًا، فالمتسابقون يقفون بشكل صحيح عند "خط البداية".

b. بوصوله إلى النقطة (b)، يكون العدّاء قد قطع مترين في 4 ثوان، فتكون السرعة المتوسطة:

$$\frac{2\ \text{m}}{4\text{s}} = 0.5\ \text{m/s}$$

c. عند النقطة (c) نلاحظ أن المسافة المقطوعة لا تزال مترين على الرغم من مرور 3 ثوان إضافية. يعني ذلك أن العدّاء لم يتحرك، فقد بقي عند المسافة نفسها من نقطة البداية خلال هذه الفترة الزمنية.

d. عند النقطة (d) تكون الإزاحة المقطوعة صفرًا، ما يعني أن العدّاء عاد إلى خط البداية مرة أخرى. هذه المرة قطع العدّاء مسافة المترين إلى الخلف في ثانيتين، وبسرعة متوسطة تبلغ 1 m/s إلى الوراء. يتم تمثيل السرعة في هذه الحالة بسرعة سالبة، أي 1- m/s، أي في الاتجاه المعاكس.

الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن يظهر كيف تتغير السرعة والمسافة بمرور الزمن.

هذا الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن منذ لحظة البداية عند t = 0، إلى نهاية الرسم البياني. السرعة الأولى 0.5 m/s بطيئة نوعًا ما. وهو ما يمكن تفسيره بعدة مواقف حياتية. فعلى سبيل المثال، ربما كان لاعب كرة القدم يخرج من أرض الملعب إثر صرخة من المدرب، ثم أوقفه المدرب وتحدّث إليه قليلًا. أخيرًا أدرك اللاعب خطأه وعاد بسرعة إلى خط التماس.

أو قد يكون شخصًا يخرج من سيارته فيبتعد قليلًا، ويتوقف للحظات فقط ليدرك أنه نَسِيَ شيئًا وراءه، ثم يسرع لاستعادته من السيارة.

نشاط b2-5 الرسوم البيانية لحركة الألعاب الرياضية

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك القيام بإنشاء رسم للمسافة مقابل الزمن لحدث رياضي؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية

خطوات التجربة

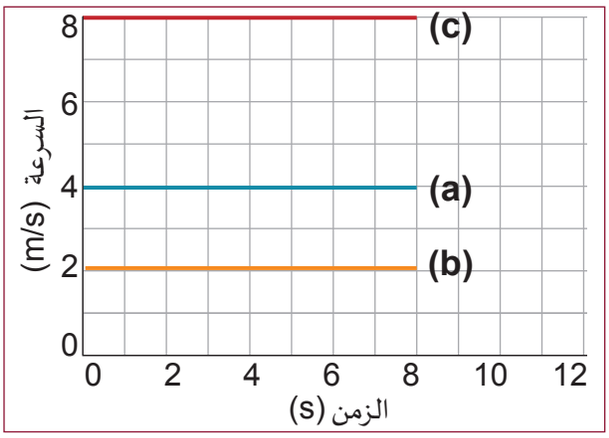
1. ابحث عن بيانات حول سباقات مختلفة (على سبيل المثال، سباق 100 m).
   - ابحث عن عددٍ من السباقات لمعرفة البيانات المتاحة.
   - اختر سباقًا واحدًا فقط.
   - لا تحصل على المسافة الإجمالية والوقت الإجمالي فقط.
   - احصل على البيانات عند نقاط مختلفة من السباق.
   - كلما كان هناك نقاط أكثر، حصلت على نتائج أفضل.
2. أنشئ الرسوم البيانية للمسافات مقابل الزمن لمختلف الرياضيين.
   - اختر مقياسًا للرسم البياني الخاص بك بما يتناسب مع الحدث الرياضي..
   - أنشئ رسمًا بيانيًا مختلفًا لكل متسابق.
   - تأكد من استخدام المقياس نفسه لكل رسم بياني.
3. فسّر نتائج الرسم البياني كتعليق على سباق الرياضيين.
   - لا تتردد في جعل الأمر يبدو مثيرًا.
   - يمكنك أن تكتب الموضوع كقصة أو سيناريو أو أن تسجّلها لعرضها في حصة الدرس.

الأسئلة

a. في أيّ جزء من المسابقة تم تسجيل أعلى سرعة متوسطة؟
b. كيف تقارن بين السرعة عند نقاط محددة من السباق والسرعة المتوسطة للسباق بأكمله؟
c. في المسابقة التي اخترتها، هل حصل المتسابقون الذين بداوا بسرعات مرتفعة على مراكز متقدمة في نهاية المسابقة؟ أم أنهم تعبوا بسرعة؟

الرسم البياني للسرعة مقابل الزمن

في الرسم البياني للسرعة مقابل الزمن، تكون السرعة على المحور الرأسي y. يُمثِّل الخط الأفقي السرعة الثابتة. يوضح **الشكل 5-30** ثلاثة متسابقين أنهوا السباق جميعًا في 8 s. كل عدّاء ركض بسرعة ثابتة لمدة ثماني ثوان. تبدو السرعات مختلفة كما هو موضح بالمكان الذي يتقاطع فيه الخط الأفقي مع المحور y.



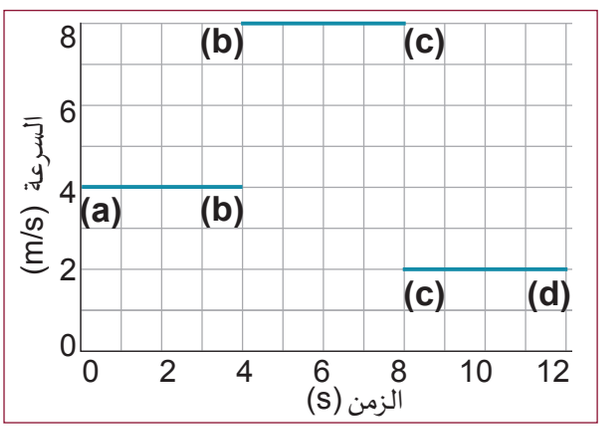
الشكل 5-30 السرعة مقابل الزمن.

a. العداء (a) يتحرك بسرعة 4 m/s.

b. العداء (b) يتحرك بسرعة 2 m/s.

c. العداء (c) يتحرك بسرعة 8 m/s.

يمكن أن يُظهر الرسم البياني للسرعة مقابل الزمن سرعات متغيرة أيضًا. يوضح **الشكل 5-31** على سبيل المثال حركة تشتمل على ثلاث سرعات مختلفة:

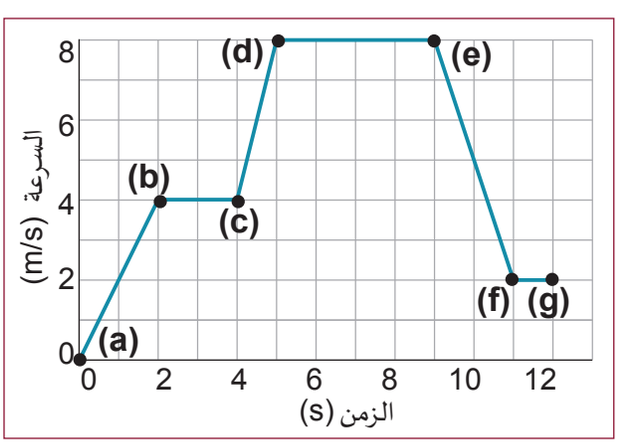


الشكل 5-31 السرعة مقابل الزمن.

1. السرعة 4 m/s للثواني الأربع الأولى.
2. تزداد السرعة إلى 8 m/s في الثواني الأربع التالية.
3. تنخفض السرعة إلى 2 m/s في الثواني الأربع الأخيرة.

الحركة في **الشكل 5-31** غير ممكنة عمليًا لأنها توضح أنَّ السرعة تتغيّر لحظيًّا. في الواقع، يحتاج تغيّر السرعة إلى بعض الوقت ولا يحصل فجأة. الميل الموجب يعني زيادة في السرعة، وهو ما يؤدي إلى التسارع. والميل السالب يعني أن السرعة تتناقص، وهذا يعني التباطؤ.

يوضح **الشكل 5-32** حدثًا رياضيًا واقعيًا حيث تكون التغييرات في السرعة تدريجية:

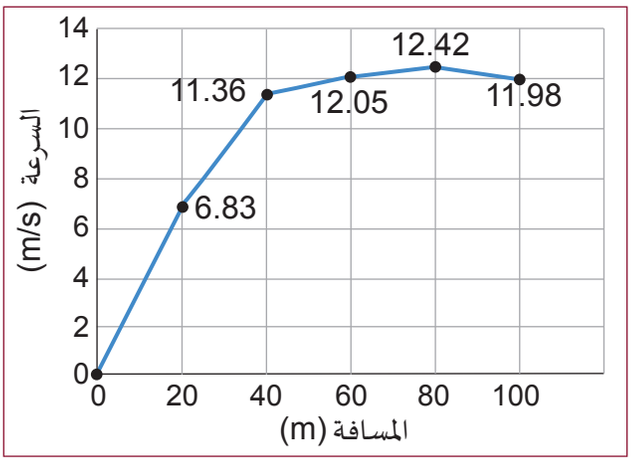


الشكل 5-32 السرعة مقابل الزمن.

- من (a) إلى (b): تسارع لمدة 2 s.
- من (b) إلى (c): سرعة ثابتة لمدة 2 s.
- من (c) إلى (d): تسارع لمدة 1 s.
- من (d) إلى (e): سرعة ثابتة لمدة 4 s.
- من (e) إلى (f): تباطؤ لمدة 2 s.
- من (f) إلى (g): سرعة ثابتة لمدة 1 s.

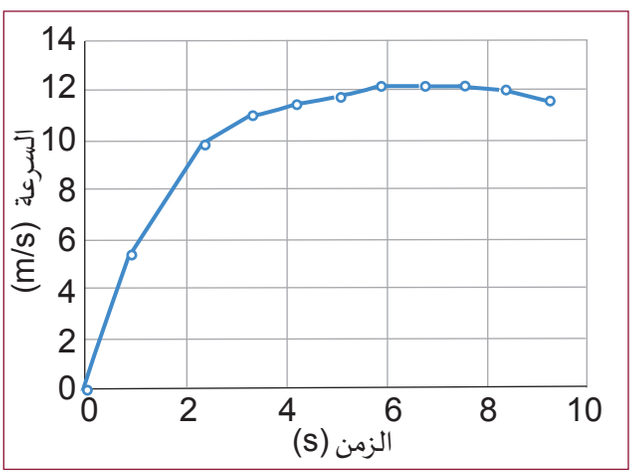
الرسوم البيانية لأداء الرياضيين

يُظهِر **الشكل 5-33** الرسم البياني للسرعة بدلالة المسافة لمتسابق في دورة الألعاب الأولمبية التي أقيمت في الدوحة في العام 2019. كانت السرعة المتوسطة للمتسابق خلال السباق 10.38 m/s، بينما يوضح الشكل أنها لم تكن ثابتة خلال مراحل السباق. ازدادت السرعة بشكل سريع من لحظة الانطلاق وإلى أن قطع المتسابق مسافة 40 m. ووصلت سرعته القصوى إلى 12.42 m/s بعد قطعه مسافة 80 m .



الشكل 5-33 السرعة مقابل المسافة.

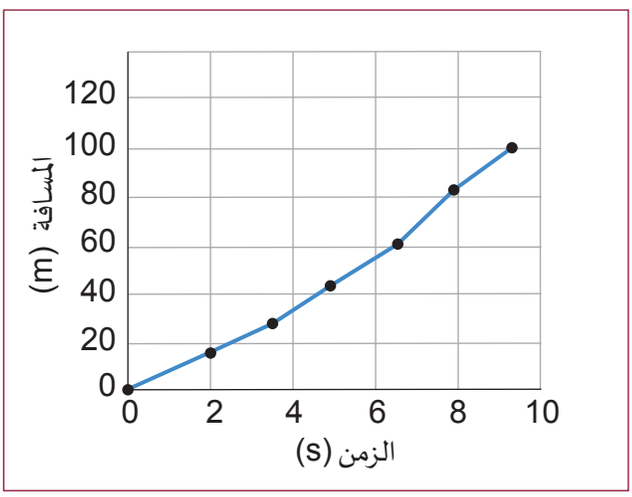
من المتعارف عليه في سباقات كهذه أن نرسم السرعة مقابل الزمن. الرسم البياني للسرعة مقابل الزمن للحدث الرياضي نفسه (**الشكل 5-34**) يكشف المزيد من التفاصيل. ولكن المسافات المقطوعة والفترات الزمنية تكون متقاربة في سباقات العدو السريع، ما يجعل السرعة والزمن قابلَين لتبادل المحاور. لذلك، فإنَّ علينا التحقق عند دراسة الرسوم البيانية للأداء من بيانات المتغيرات على كل من المحورين.



الشكل 5-34 السرعة مقابل الزمن.

الرسم البياني لمسافات السباق مقابل الزمن (**الشكل 5-35**) سيستمر في الارتفاع حتى وإنْ تباطأ المتسابق قليلًا عند نهاية السباق، لأن المسافة المقطوعة ستستمر في الازدياد، ولكن ليس بالمعدّل نفسه.

كلما ازدادت بيانات الأداء الرياضي كان ذلك أفضل في مقارنة أداء الرياضيين.



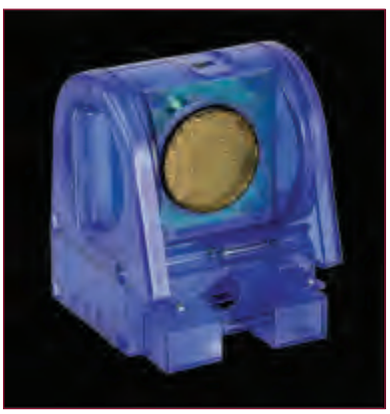
الشكل 5-35 المسافة مقابل الزمن.

نشاط c2-5 إعادة تمثيل الرسم البياني

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك الحصول، من خلال حركتك، على رسوم بيانية مطابقة لرسوم سرعة مقابل الزمن ومسافة مقابل الزمن؟
الموادّ المطلوبة	كاشف المدى الصوتي ، برامج دعم إلكتروني، عيّنة نماذج الرسوم البيانية.

جهاز **كاشف المدى الصوتي Sonic range finder** (**الشكل5-36**)
هو جهاز يرسل صوتًا عالي التردد (لا يمكنك سماعه)، ويسجل الزمن اللازم لعودة الصدى.

عند توصيله بجهاز كمبيوتر مزوّد ببرنامج مناسب، فإنه يسمح لك بإعداد رسوم بيانية للمسافة مقابل الزمن، أو السرعة مقابل الزمن. استخدام هذا الجهاز يجعل هذا النشاط أكثر متعة.



الشكل5-36 جهاز كاشف المدى الصوتي.

خطوات التجربة

1. العمل في ثنائيات.
2. ينشئ الطالب الأول رسمًا بيانيًا للمسافة مقابل الزمن، أو يختار واحدًا من الخيارات المتاحة في البرنامج.
3. يحاول الطالب الثاني التحرُّك بشكل يكرّر الحركة التي يمثّلها الرسم البياني.
4. يقوم الطالب الأول بإنشاء رسم بياني للسرعة مقابل الزمن.
5. يحاول الطالب الثاني التحرُّك بطريقة تؤدّي إلى تكرار السرعات التي يمثلها الرسم البياني.
6. اعكس الأدوار ليكون لكل طالب فرصة لتكرار الرسم البياني للمسافة مقابل الزمن والرسم البياني للسرعة مقابل الزمن.

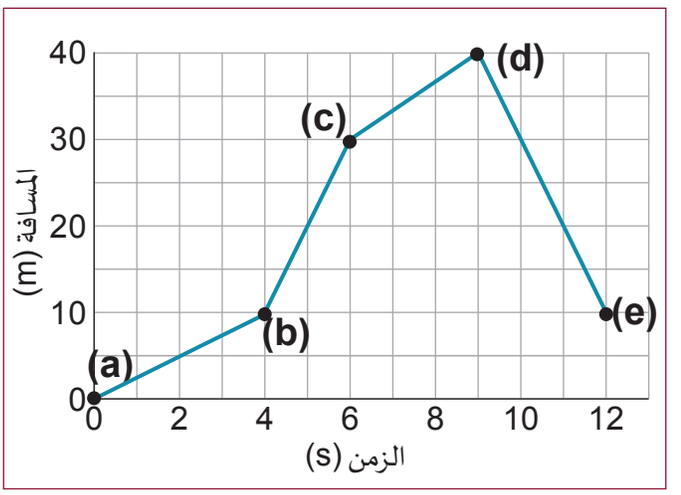
التحليل

a. أيُّ نوع من الرسم البياني كان تكراره أكثر سهولة؟
b. أيُّ نوع من الرسم البياني كان تكراره أكثر صعوبة؟
a. عند إنشاء الرسوم البيانية ، هل أنشأت قيمًا تتجاوز نطاق قدرة شريكك؟ اشرح

تقويم الدّرس 5-2

1. في **الشكل 5-37**، ما هي السرعة المتوسطة للجزء من (a) إلى (b)؟
   - a. 2.5 m/s
   - b. 4.0 m/s
   - c. 10 m/s
   - d. 40 m/s

2. في **الشكل 5-37**، ما هي السرعة المتوسطة من (b) إلى (c)؟
   - a. 2.4 m/s
   - b. 4.0 m/s
   - c. 10 m/s
   - d. 15 m/s

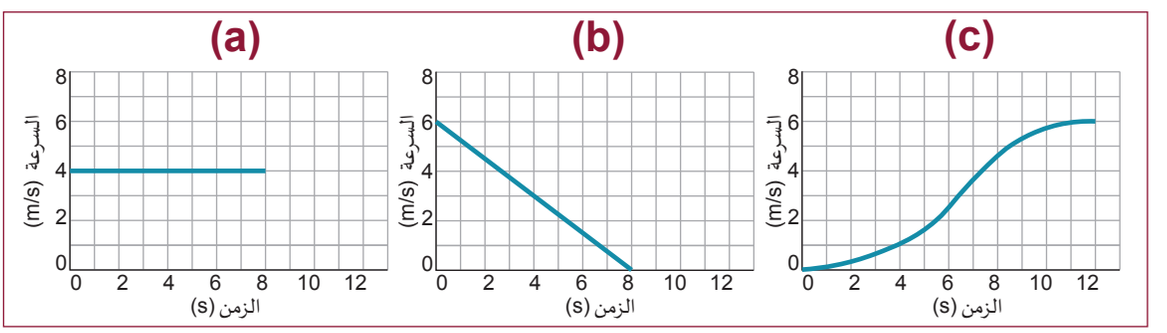


الشكل 5-37 المسافة مقابل الزمن.

3. في الشكل **5-37** ، ما هي السرعة المتوسطة بين النقطتين (a) و(d)؟
   - a. 4.4 m/s
   - b. 9.2 m/s
   - c. 12 m/s
   - d. 40 m/s

4. في **الشكل 5-37** ، ما هي المسافة الإجمالية المقطوعة في 12 ثانية؟

5. في **الشكل 5-37**، ما إجمالي الإزاحة في نهاية الـ 12 ثانية؟



الشكل 5-38 السرعة، مقابل الزمن (a)، (b)، (c).

6. استخدم **الشكل 5-38** لوصف ما يحدث لحركة عدّاء في الرسم البياني (a).

7. استخدم **الشكل 5-38** لوصف ما يحدث لكرة في الرسم البياني (b).

8. استخدم **الشكل 5-38** لوصف ما يحدث لمتسابق في الرسم البياني (c).

إضاءة على عالم

هارولد إدجيرتون Harold Edgerton: 1903-1990

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

الشكل 5-39 السرعه العالية لصورة كرة التنس عندما تضرب الخط.

دفع إدجيرتون بتقنيّته في التصوير إلى خارج المختبر، فنقل أحداثًا بسرعة كبيرة تجاوزت سرعة النظر في تسجيل الصورة.

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 5-40 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 القياس من القيمة المقبولة (الحقيقية). ويعتمد ذلك على جودة المعدات المستخدمة.
- **الدقة Precision** هو طريقة لتحديد مدى قرب القياسات بعضها من بعض، وهو مؤشر على العناية التي يتم اتخاذها في القياس.
- **دقّة الوضوح Resolution** هي وصف لأصغر اختلاف يمكن تحديده بوساطة أداة معيّنة.
- **زمن ردّ الفعل Reaction time** البشري يقيس مدى سرعة استجابة الشخص لحدث ما. يزداد هذا الزمن مع عدم التركيز أو استخدام الأدوية. و يمكن تقليل زمن رد الفعل بالممارسة و التدريب.
- **معدّل تتابع الأُطُر Frame rate** لجهاز التسجيل يحدد عدد الصور التي يمكن تسجيلها في غضون 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.
- توصف **المسافة Distance** بأنها الطول الإجمالي لمسار معين، بغض النظر عن الاتجاه، أمّا **الإزاحة Displacement** فهي الخط المستقيم الذي يصف التغير في موضع الجسم، من بداية الحدث إلى نهايته، بغض النظر عن طول المسار.

الدرس 5-2 حركة الرياضيين

- السرعة **المتوسطة Average speed** هي حاصل قسمة المسافة المقطوعة على الفترة الزمنية، بغض النظر عن الاختلافات في السرعة أثناء تلك الفترة.
- **السرعة المتّجهة Velocity** هي كمية متجهة تشير إلى نسبة الإزاحة في خط مستقيم على الفترة الزمنية المُستَغرَقة. في الاستخدام الشائع، يتم الخلط بين السرعة والسرعة المتجهة، على الرغم من اختلافهما الشديد من الناحية التقنية العلمية.
- **الرسوم البيانية Graphs** للمسافة بدلالة الزمن هي طريقة بيانية لمقارنة السرعات. والرسوم البيانية للسرعة بدلالة الزمن تفيدنا في معرفة التسارع والتباطؤ.
- **التسارع Acceleration** هو مقياس لمدى تغيّر السرعة بالنسبة إلى الزمن. ولأن التسارع يتطلّب قوة، فهو المتغير الذي نشعر به عندما نتحرك.
- **مضمار الدراجات المنحني Velodrome** هو نوع من مسارات سباق الدراجات ذات المنحنيات المرتفعة.
- **كاشف المدى الصوتي Sonic range finder** هو أداة قياس يمكنها تسجيل الزمن المطلوب لصوت عالي التردد للانتقال إلى جسم معين ثم الانعكاس إلى الكاشف، وهو يسمح بقياس المسافات بدقة.

تقويم الوحدة

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. أيٌّ مما يأتي يدل على معدّات القياس المرتبة من الأقل دقة إلى الأكثر دقة؟
   a. القدمة ذات الورنية، المايكرومتر، العصا المترية
   b. القدمة ذات الورنية، العصا المترية، المايكرومتر
   c. العصا المترية، المايكرومتر ، القدمة ذات الورنية
   d. العصا المترية ، القدمة ذات الورنية ، المايكرومتر

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

3. أيٌّ من الطرائق الآتية تقلّل زمن رد الفعل إلى أقصى حد عندما يتم إسقاط شيء 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 دوارات حول المضمار. ما الذي يصحّ في سباق الـ 1600 m؟
   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 الكرلينغ

7. ما سرعة سيارة السباق التي تقطع 1600 m في زمن 8 s ؟
   a. 20 m/s
   b. 200 m/s
   c. 400 m/s
   d. 800 m/s

8. ما المسافة التي يقطعها رياضي يعدو بسرعة 15 m/s خلال فترة 120 s ؟
   a. 8 m
   b. 18 m
   c. 180 m
   d. 1800 m

9. يمكن لمتزلّج أن يصل إلى سرعة 5 m/s. ما الزمن الذي يحتاجه لقطع مسافة 3 km؟
   a. 0.6 s
   b. 6 s
   c. 60 s
   d. 600 s

10. استغرق سباق "أطول لفة" وطولها 250 m، 75 s في اللفة الأولى و12 s في اللفة الثانية. ما هي السرعة المتوسطة لسباق اللّفتين؟
   a. 3.33 m/s
   b. 5.74 m/s
   c. 12.0 m/s
   d. 20.8 m/s

11. ينتقل الصوت بسرعة 344 m/s. كم من الوقت يستغرق كاشف المدى الصوتي لاكتشاف جسم على بعد 12 m؟
   a. 0.03 s
   b. 0.3 s
   c. 3.0 s
   d. 30 s

12. أيٌّ مما يأتي سيشعر به جسمك أكثر؟
   a. التحرك بسرعة عالية.
   b. التحرك بسرعة منخفضة.
   c. التسارع ببطء.
   d. التسارع بسرعة.

الدرس 5-1: المسافة والزمن

13. ما مستوى الدقة الذي يمكن تحقيقه باستخدام المسطرة المترية الموجودة في غرفة الصف؟

14. ما الفرق بين الدقة والضبط؟

15. لماذا لا يمكن الاعتماد على الساعات التي تستخدم البندول المهتزّ على متن سفينة في البحر؟

16. اشرح الطريقة التي يمكن بها التقليل من زمن رد الفعل مع وجود تحفيز الانتباه.

17. لماذا تشتمل بعض الأدوية على تعليمات بعدم القيادة أثناء استخدام الدواء؟

18. ما المشكلة التي يمكن أن تتضمنها الصورة النهائية لسباق السباحة؟

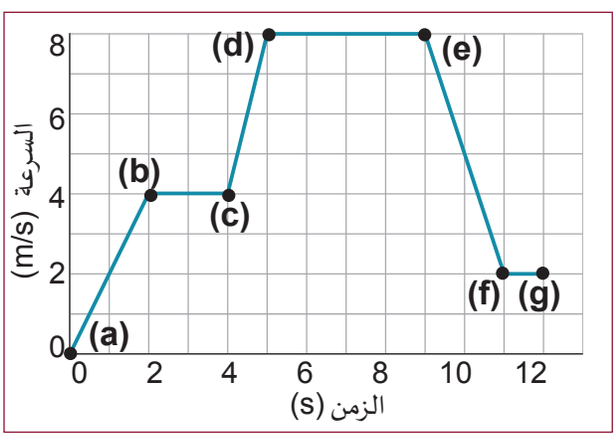
19. صف كيفية استخدام البوابة الضوئية لقياس فترة زمنية في تجربة معيّنة.

20. لماذا لا تُقام كل السباقات على مضمار مسار انطلاقٍ متتالٍ؟

21. كيف يعمل جهاز تحديد المدى بالليزر؟

الدرس5-2 حركة الرياضيين

استخدم البيانات في **الشكل 5-41** للإجابة عن الأسئلة من 22 إلى 25. يمثّل هذا الرسم البياني حركة عدّاء في سباق.



الشكل 5-41 السرعة مقابل الزمن.

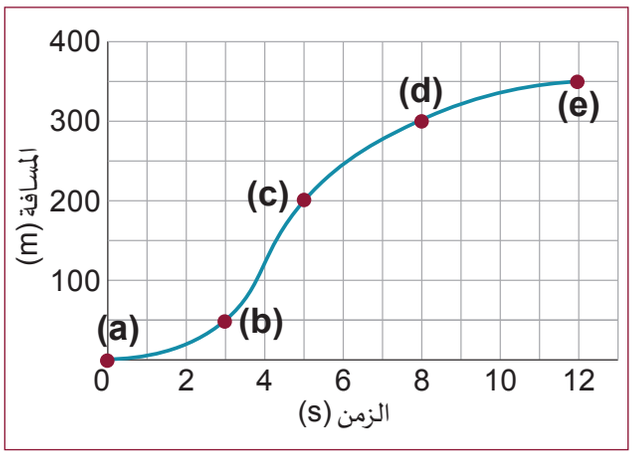
22. ما المسافة المقطوعة في الجزء من (b) إلى (c)؟

23. ماذا يحدث في الجزء (b) - (a)؟

24. ما المسافة التي قطعها العدّاء من (d) إلى (e)؟

25. ما الفترة الزمنية لتباطؤ العدّاء؟

استخدم الرسم البياني في **الشكل 5-42** لسباق 350 m للإجابة عن الأسئلة من 26 إلى 31.



الشكل 5-42 المسافة مقابل الزمن.

26. ما السرعة المتوسطة من (a) إلى (b)؟

27. ما السرعة المتوسطة من (b) إلى (c)؟

28. ما السرعة المتوسطة من (c) إلى (d) ؟

29. ما السرعة المتوسطة من (a) إلى (e)؟

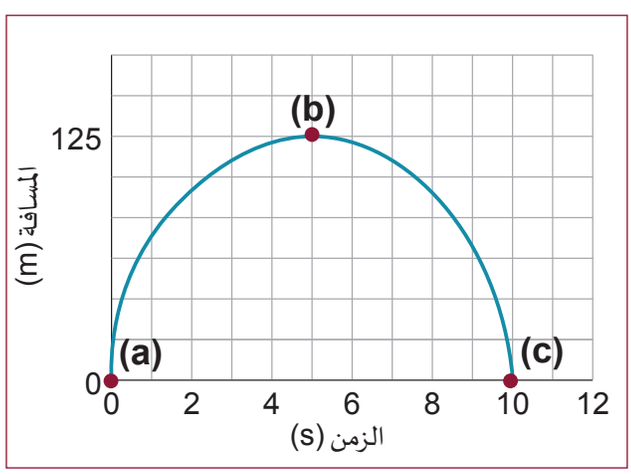
30. ماذا يحدث بين (a) و (c)؟

31. ماذا يحدث بين (c) و (e)؟

32. ما الفرق بين المسافة والإزاحة؟

33. لماذا تشعر بتغير السرعة؟

استخدم **الشكل 5-43** للإجابة عن الأسئلة 34 إلى 42. الرسم البياني يمثّل حركة كرة أُلقيت رأسيًا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 50 m/s.



الشكل 5-43 المسافة مقابل الزمن.

34. ما أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة في الهواء؟

35. ما السرعة المتوسطة للكرة من النقطة (a) إلى النقطة (b)؟

36. ما مقدار سرعة الكرة عند النقطة (b)؟

37. ما السرعة المتوسطة للكرة من النقطة (b) إلى النقطة (c)؟

38. ما هي سرعة الكرة عند النقطة (c)؟

39. ما الذي جعل الكرة تتبع هذا المسار؟

40. ما هو البعد بين مكان هبوط الكرة ومكان الانطلاق الابتدائي؟

41. ماذا يحدث للكرة بين النقطة (a) والنقطة (b)؟

42. ماذا يحدث للكرة بين النقطة (b) والنقطة (c)؟

الوحدة 6
الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية، وبالوعات الكربون

في هذه الوحدة

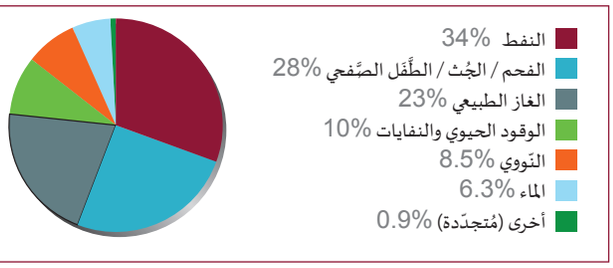
الدرس 6-1: الوقود الحيوي والكتلة الحيوية GC1205

الدرس 6-2: بالوعات الكربون GC1206

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

1-6 a الكتلة الحيوية

1-6 b الوقود الحيوي

2-6 a هيدرات الميثان

2-6 b تفاعُل الكربونات

الدرس 6-1
الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية
Biofuels, and Biomass

ينتج عن الكيمياء في العالم من حولنا تنوّع مذهل من الجزيئات، 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	انبعاثات الكربون
Biogas	الغاز الحيوي
Anaerobic	اللاهوائي
Biomethane	الميثان الحيوي
Fermentation	التخمُّر
Petrodiesel	الديزل البترولي
Monoculture	الزراعة الأحادية
Thermochemical	الكيمياء الحرارية
Pyrolysis	التحلل الحراري
Gasification	التحويل إلى الغاز
Syngas	الغاز المصنّع

الوقود والطعام

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

أيُّها ستختار، إذا كنت تحاول إنقاص وزنك؟

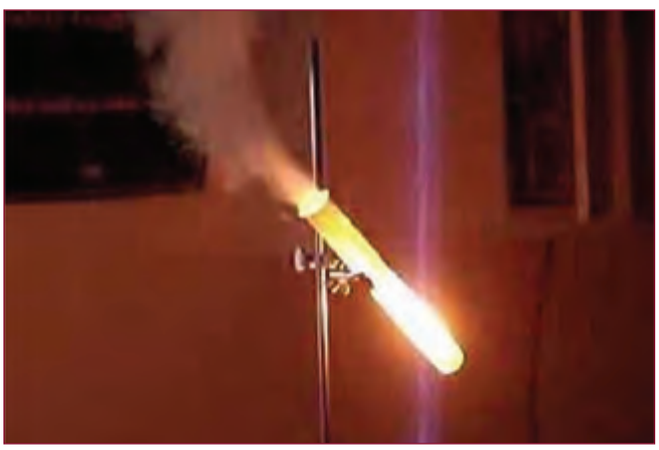
ولماذا؟

الشكل 6-3 تفاحة وقطعة معجنات.

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 أنسجة تختزن الطاقة. الجزء الصعب من فقدان الوزن هو أن حجم الطعام ليس مؤشرًا على كمية الطاقة التي يحتويها، فعلى الرغم من أن التفاحة والكعكة المحلاة قد تبدوان بالحجم نفسه تقريبًا، إلّا أن قطعة المعجنات 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 مؤكسدًا قويًا يسمح لك بإطلاق الطاقة المُختزنة في قطعة صغيرة من الحلوى بسرعة، قد يبدو الأمر خطير، ولكنه عرض مُثير للطاقة الموجودة في الطعام.



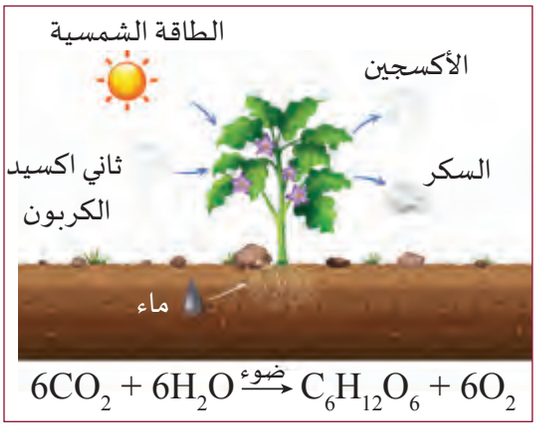
الشكل 6-4 كلورات البوتاسيوم المؤكسدة، وقطعة صغيرة من الحلوى الهلامية.

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.



الشكل 6-5 البناء الضوئي.

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

- الطاقة الكيميائية المُختزنة تُستخدم بواسطة الحيوانات عندما تتغذى على النباتات.
- كل تلك الطاقة تكون محتواة في الكتلة الحيوية للمنطقة.

الوقود الحيوي Biofuel هو طريقة لاستخلاص طاقة الكتلة الحيوية تلك لاستخدامها في أغراض أخرى غير الغذاء. وقد أدى تغيّر التوجه السياسي والاقتصادي ليكون أقل اعتمادًا على الوقود الأحفوري، إلى زيادة الاهتمام بالكتلة الحيوية كمصدر لطاقة الوقود.

الوقود الحيوي هو طريقة لاستخلاص طاقة الكتلة الحيوية، لاستخدامها في أغراض أخرى غير الغذاء.

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، وإنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مُجمل دورة الإنتاج. قد نحتاج إلى ممارسات إدارية معينة، واجراء تغييرات في استخدام الأراضي لإنماء 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:

الخشب

تشكل النباتات أكثر من 80% من الكتلة الحيوية الموجودة على الكوكب، فلقد كان الخشب هو الوقود الحيوي الأساسي منذ بدأ التسجيل للتاريخ.

يُعدّ الخشب مصدر طاقة لانبعاثات الكربون. و**انبعاثات الكربون Carbon neutral** مصطلح يُستخدم لوصف مصدر نباتي يستخلص الكربون من الغلاف الجوي كجزء من عملية البناء الضوئي، إلا أنه يطلقه مرة أخرى عند احتراقه. والخشب مصدر طاقة متجدد (مع وجود قيود، بحيث يجب إتاحة الوقت للغابات لتنمو من جديد)، وهو جزء مهم من ملف الطاقة للكثير من الدول.

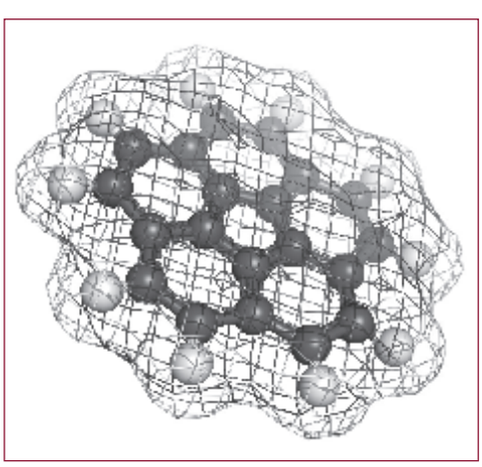
الشكل 6-7 (a) وقود الحبيبات الخشبية، (b) نظرة عن قرب لهذا الوقود، (c) وعاء يحرق هذه الحبيبات الخشبية.

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، 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 ثاني أكسيد الكربون أكثر من 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 إنتاج الغازات، مثل الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات.



الشكل 6-8 الكورانولين.

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 الهضمية. يستخدم أكثر من ملياري شخص في جميع أنحاء العالم روث الحيوانات المجفّف الذي يأتي من الماعز والأغنام والفيلة واللاما وثور الجبل والماشية للحصول على الطاقة. والروث مادة رخيصة، ومتجددة، وذات كثافة طاقة مُناسبة، ويمكن العثور عليها في أي مكان ترعى فيه الحيوانات.

إن بعض الثقافات تجد استخدام الروث أمرًا غير مقبول، ولكن المناطق التي تواجه تحديات اقتصادية، ترى هذا الاستخدام مناسب لمصدر طبيعي، لذلك 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.

الشكل 6-9 وقود روث مجفّف.

يكون لبعض المناطق خيارات أخرى قليلة، لكن هذه الممارسة لها بعض العيوب أو السلبيات:

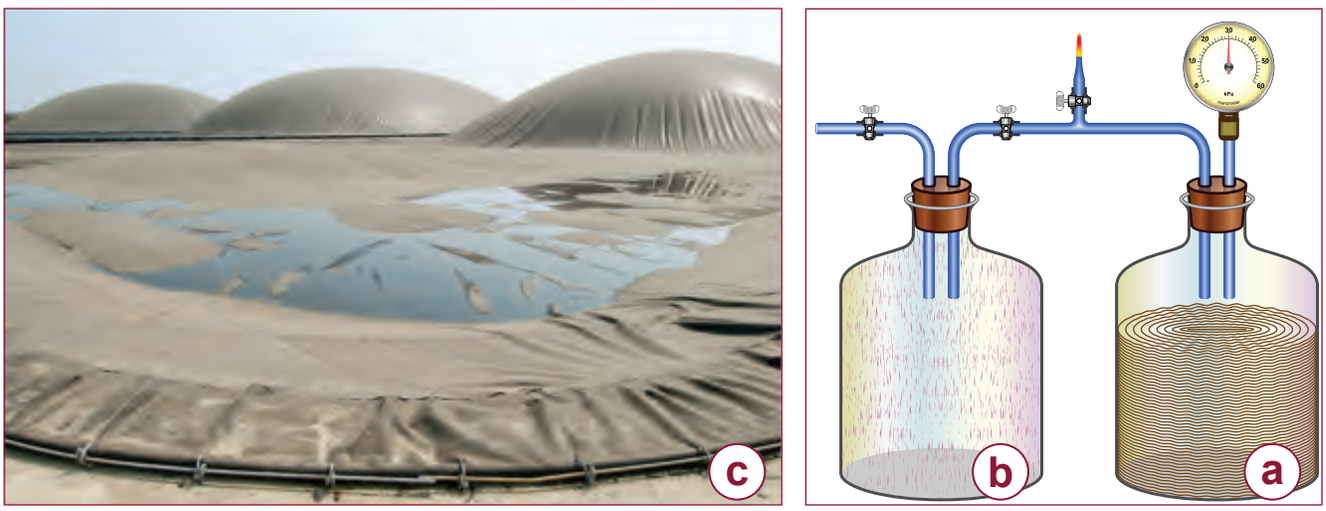
- الروث له قيمة كسماد للأرض، فإذا لم يتوافر، يجب إضافة الأسمدة الكيماوية البديلة للحقول المزروعة.
- ينبعث عن حرق الروث مستويات عالية من الديوكسينات (مواد سامة) والهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات.
- هناك طرائق أكثر كفاءة في معالجة الروث واستخدامه مصدرًا للطاقة.

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 نظام الغاز الحيوي الحديث.

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.

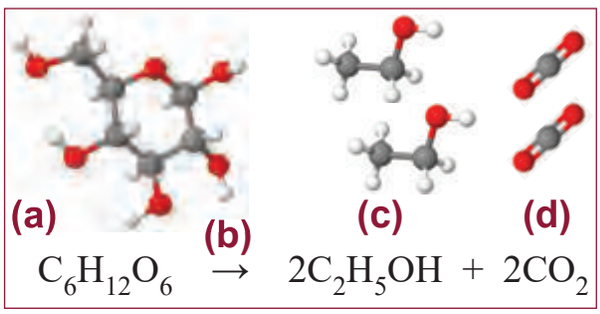
تشمل المواد الأولية لإنتاج الغاز الحيوي على ما يأتي:

- **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 تُعدّ في 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 نفايات الصرف الصحي، إلا أنها تحرق الميثان عوضًا عن جمعه للاستخدامه.

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.

الجلوكوز (السكر)

هنالك عملية طبيعية أخرى تسمى **التَخمُّر Fermentation**، وهي عملية تفكيك الجلوكوز (السكر) إلى إيثانول بفعل الخميرة، والبكتيريا، والكائنات الحية الدقيقة الأخرى. يتم صنع الجلوكوز (السكر) غالبًا من قبل النباتات أثناء حدوث عملية البناء الضوئي. والسليلوز، الذي يُعدّ البنية الرئيسة للنباتات، يمكن تفكيكه أيضًا إلى جلوكوز.



الشكل 6-12 تَخمُّر الجلوكوز (السكر).

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 الدول الثانيّة 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

نسبة عالية من النشا والسكر	نسبة عالية من السيليلوز
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: تاخذ 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 في البترول، ويباع استنادًا إلى نسبة الإيثانول الموجودة فيه (E85، تعني أن 85% منه هو الإيثانول)، فتوضع السيارات علامة حد للإيثانول (**الشكل 6-13**) تكون مطبوعة على غطاء الوقود.

الشكل 6-13 سيارة لها حد الإيثانول E20.

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، وشجرة الباباسو، وجوز الجاتروفا، والجوز البترولي، 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 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 يسد 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% وقود بترولي.

الجدول 6-3 ميزات وعيوب وقود الديزل الحيوي.

ميزات الوقود الحيوي	عيوب الوقود 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 لمعالجة مشاكل الانسداد، ويكون 20% من B_{20} وقود الديزل الحيوي، و 80% وقود بترولي.

تعقيدات 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 التعقيدات 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، إلّا انّه 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 تصبح مُتاحة لإنتاج الغذاء، وبالتالي تظهر مُشكلة أخرى تتمثّل في أنّ الطلب على الوقود الحيوي يكبر بإطراد الأمر الذي 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 في 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، مثل المواد الأولية التي تُستخدم لإنتاج الوقود، وتتطلب في الوقت نفسه تقنية إضافية مثل التقنيات التالية بعد عرض مفهوم المعادلات الكيميائية الحرارية.

- تصف معادلات **التفاعلات الكيمياء الحرارية Thermochemical** كمية الطاقة المُمتَصَّة أو المنبعثة من تفاعل كيميائي. على سبيل المثال، الميثان هو وقود حيوي شائع. يُطلق احتراق الميثان (CH_4) 891 kJ من الطاقة لكل مول من الميثان.

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O \qquad \Delta H = -891\ kJ/mol$$

- **التحلّل الحراري Pyrolysis** هوعملية كيميائية حرارية تحدث في غياب الأكسجين؛ ويمكن استخدام هذه العملية لتكسير النفايات الناتجة عن الزراعة، وتشجير مناطق واسعة لتحويلها إلى مواد لإنتاج الزيوت الحيوية التي يمكن استخدامها في تطبيقات زيت الوقود. هذه الزيوت تحتاج إلى مزيد من المعالجة لجعلها مواد قابلة للاستخدام بديلًا عن النفط الخام.

- **التحويل إلى الغاز Gasification** هوعملية كيميائية حرارية تحدث بوجود الأكسجين في هيئة هواء أو بخار. هذه التقنية تُستخدم في معالجة الفحم والنفط الخام، ويمكن تطبيقها على المواد الأولية الأخرى للكتلة الحيوية. فينتج عنها الغاز المُصنّع، والميثانول الحيوي، ومجموعة متنوعة من المواد الأخرى.

- **الغاز المصنّع Syngas** هو خليط الغازات التي تحتوي على كميات مختلفة من ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين. ويمكن معالجته وتحويله إلى مادة بترولية مصنعة لاستخدامها كوقود او مادة تشحيم. وقد تم استخدام هذا الغاز كمادة بديلة عن الجازولين أثناء الحرب العالمية الثانية (**الشكل 6-17**). يمتلك الغاز المصنّع أقل من نصف كثافة الطاقة التي يمتلكها الغاز الطبيعي، إلا أنه يُعدّ بديلًا مهمًا للوقود الأحفوري.

الشكل 6-17 سيارة قديمة تم تصميمها لتعمل بالغاز المصنّع الناتج عن الخشب.

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.

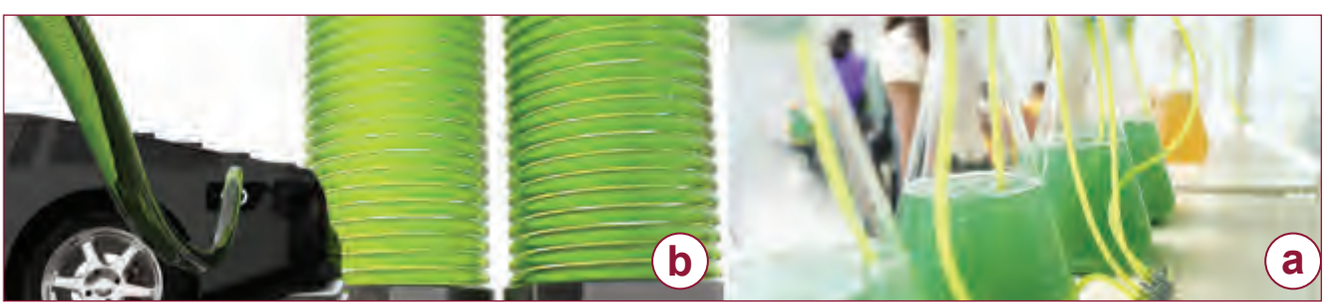
الطحالب

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 (**الشكل 6-18**) ذات محتوى دهون مرتفع للغاية.

الشكل 6-18 (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، 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 (6-19)**.



الشكل 6-19 (a) طحالب تنمو في المختبر، (b) تصوّر فني للطحالب، بحيث يتم تحويل هذا الطحالب التي تنمو في الأنابيب إلى قود ديزل حيوي بشكل مباشر ليستخدم كوقود للسيارات.

من المحتمل أن يكون الديزل الحيوي المستخلص من الطحالب من أكثر المشاريع الواعدة لإنتاج هذا الديزل الحيوي.

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.

	المُعتمدة على الإيثانول	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. مكبات النفايات.
   b. فضلات الطعام
   c. روث الحيوانات
   d. البترول الطبيعي

2. أي من الجمل الآتية تصف عملية التخمُّر؟
   a. يتحطم الجلوكوز (السكر) بفعل الخميرة والبكتيريا 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. ما المشكلة التي قد تنشأ عن عملية حرق فضلات الحيوانات الجافة لاستخدامها في إنتاج الطاقة؟
   a. رخيصة.
   b. 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؟

الدرس 6-2
بالوعات الكربون
Carbon Sequestering

قد يكون لديك دراية بالخزائن التي تستخدم لحفظ الأشياء الثمينة وحمايتها (**الشكل 6-20**). ولكنك قد تجهل أن أكثر المُنشآت أمانًا في العالم هي تلك التي تُستخدم لحفظ السموم والفيروسات والمواد شديدة الخطورة.

الشكل 6-20 خزنة للأشياء الثمينة.

مع ازياد وعي الناس بالأضرار الناجمة عن ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، ازدادت الحاجة إلى تقليل انبعاث ثاني أكسيد الكربون وإزالته من الهواء واحتجازه بعيدًا. عندما تُزال الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري، يجب تخزينها. ويجب أن يكون هذا التخزين آمنًا بما يكفي لمنع أي تسرّب لها الى البيئة لمدة لا تقل عن 10,000 عام، سيوضح هذا الدرس بعض هذه التقنيات المستخدمة لهذا الغرض.

مخرجات التّعلُّم

GC1205.3 يفكر في إيجابيات وسلبيات استخدام الغاز الطبيعي الصلب (هيدرات الميثان) كوقود.

GC1206.1 يتعرّف إلى (بالوعات ثاني أكسيد الكربون) مجمعات تخزين ثاني أكسيد الكربون الرئيسة (المحيطات، والجيولوجية، والكربنة المعدنيّة).

GC1206.2 يقيّم ميزات وعيوب كل طريقة لتخزين ثاني أكسيد الكربون.

المفردات

Methane hydrate	هيدرات الميثان
Sequestering	البالوعات
Carbon capture	احتجاز الكربون
Carbon sequestering	بالوعات الكربون
Afforestation	تشجير الغابات
Reforestation	إعادة تشجير الغابات
Carbon farming	زراعة الكربون
Cap rock	غطاء صخري
Mineral carbonation	الكربنة المعدنية
Direct air capture	الاحتجاز المباشر للهواء

بصمة الكربون الخاصة بك

يستخدم مصطلح "بصمة الكربون" لوصف كمية الكربون المنبعثة من عملية، أو نشاط ما، أو من الكائنات الحية نفسها. ما هي بصمة الكربون الخاصة بك؟ هل تظن أنك تنتج الكثير من CO_2؟

للحصول على فكرة عن بصمة الكربون الخاصة بك، فإننا سنتفحص أحد المصادر. يستقل مُعظمنا السيّارة كل يوم تقريبًا. ما كمية CO_2 الناتجة عن قيادتنا اليومية للسيارة؟

افترض أن البترول كله عبارة عن أوكتان C_8H_{18}. يتحد الأوكتان مع الأكسجين لإنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون وفقًا للتفاعل الآتي:

$$2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 18H_2O + 16CO_2$$

إنّ المحاكاة التفاعلية لبناء المعادلة الكيميائية هي آلة حاسبة يمكن من خلالها تقييم المعادلات الكيميائية.

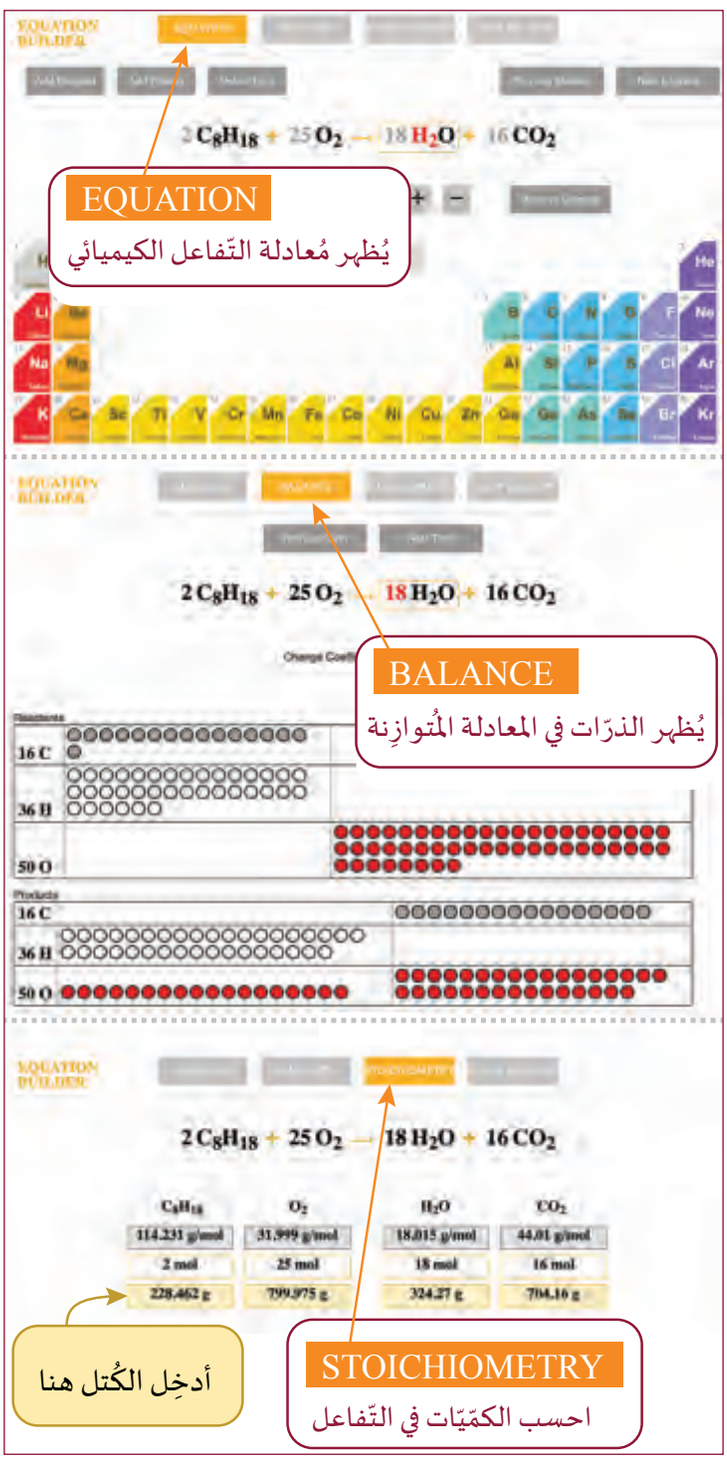
يمتلك اللتر الواحد من البترول كتلة مقدارها 780g. استخدم شريط الحسابات الكيميائية لمعرفة عدد جرامات CO_2 التي سيتم إنتاجها عند استخدام لتر واحد من البترول.

قدّر عدد اللترات التي تستخدمها في أسبوع واحد. كم تبلغ كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة؟

بعد ذلك، اضرب الناتج في 52 أسبوعًا للحصول على بصمة الكربون السنوية الخاصة بك، والناتجة عن قيادة السيارة.

كيف يمكن لكمية مقدارها 1 g من النفط أن تُنتج كمية مقدارها 3 g من CO_2؟

وهل تختلف بصمة الكربون لأنواع الوقود المختلفة الأخرى؟

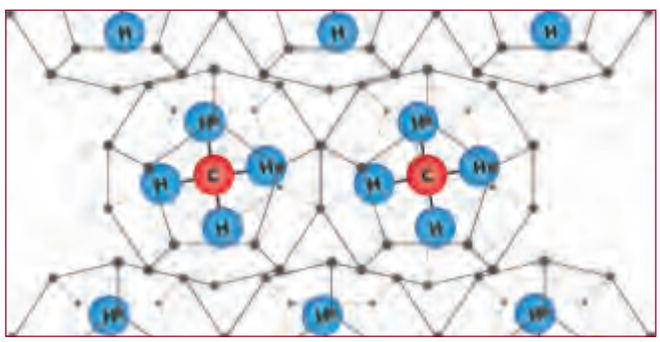


الشكل 6-21 آلة حاسبة تفاعلية للتفاعلات الكيميائية.

هيدرات الميثان

هيدرات الميثان Methane hydrate هي مخزن جيولوجي يحدث بشكل طبيعي للهيدروكربونات. قد تكون رواسب هيدرات الميثان أكبر من مصادر الهيدروكربون المعروفة في هذا الكوكب. يُطلق على هيدرات الميثان اسم "الثلج المُحترق" (**الشكل 6-22**)، لأنه يشبه الثلج، إلا أنه يحترق. تتشكّل هيدرات الميثان تحت ضغط مرتفع عندما تتجمد جزيئات الماء وتتشابك حول جزيئات الميثان (**الشكل 6-23**). وقد تم العثور على رواسب تحت التربة الجليدية في القطب الشمالي، وتحت الجليد في القارة المتجمدة الجنوبية (أنتاركتيكا)، وفي الرواسب الرسوبية القارية البحرية حول العالم.

الشكل 6-22 صورة توضيحية للثلج المُحترق.



الشكل 6-23 جزيئات الميثان المحتجزة في أقفاص من جزيئات الماء.

يعتمد استقرار هيدرات الميثان على الضغط العالي ودرجة حرارة المناطق المحيطة به. وقد أظهرت الجهود المبذولة لاستخراجه أنه غير مستقر خارج حدود الضغط ودرجة الحرارة، ما يجعل دراسته عملية صعبة على العلماء.

من الصعب استخراج هيدرات الميثان، إلا أن الجهود مستمرة لتسخير هذا المصدر الوفير للطاقة. ويمكن دفع الميثان خارج القفص الجليدي بحقن ثاني أكسيد الكربون في الطبقات، فينتج متر مكعب واحد من هيدرات الميثان 160 مترًا مكعبًا من غاز الميثان. إلا أن هناك عددًا من المخاوف التي يجب أخذها بعين الاعتبار حول هيدرات الميثان، وهي:

- عند استخراج الطبقات الجيولوجية، يمكن أن تتعرض للتفكك، فينفصل الغاز والماء، ما يؤدي إلى تحويل ما كان طبقة صلبة إلى طبقة غازية وسائلة، مع حدوث انهيارات أرضية لاحقة.
- قد يؤدي ارتفاع درجة حرارة الطبقة الجليدية الموجودة في القطب الشمالي إلى إطلاق كميات هائلة من غاز الميثان المسببة للاحتباس الحراري إلى الغلاف الجوي مترافقًا ذلك مع ارتفاع في درجات الحرارة العالمية.

نشاط a2-6 هيدرات الميثان

سؤال الاستقصاء	هل تُعدّ هيدرات الميثان مصدرًا مفيدًا؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية

خطوات التجربة

1. أجرِ بحثًا عن هيدرات الميثان.
2. وضح تركيب هيدرات الميثان: استخدم مخططًا أو نموذجًا.

التركيب

3. حدد الظروف التي يمكن أن توجد فيها.
4. فكّر بمزايا استخدامها كوقود، بخاصة من حيث نسبة الهيدروجين إلى الكربون.
5. حدد كمية ثاني أكسيد الكربون المُنبعثة بالمقارنة مع أنواع الوقود الهيدروكربوني الأخرى.

هيدرات الميثان	الديزل	النفط	أخرى

6. فكّر في سلبيات استخدام هيدرات الميثان كمصدر للوقود.

الأسئلة

a. كيف تم اكتشاف هيدرات الميثان لأول مرة؟
b. في أي مكان في العالم تُجرى التجارب لاستخراج هيدرات الميثان من أجل استخدامها في إنتاج الطاقة؟
c. ما بعض الاهتمامات الرئيسة في استغلال هيدرات الميثان؟

بالوعات الكربون

البالوعة Sequestering تعني إخفاء أو عزل شيء ما. لقد تعرّفنا كيف تم احتجاز الميثان الناتج عن تحلل المواد العضوية القديمة داخل هياكل الجليد في هيئة هيدرات الميثان.

هل توصّل البشر إلى طريقة لإزالة ثاني أكسيد الكربون الفائض من الغلاف الجوي؟

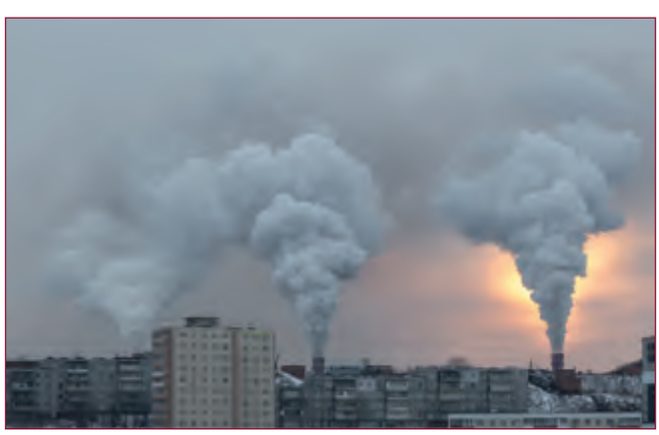
يتضمن **احتجاز الكربون Carbon Capture** طرائق متعدّدة لاستخلاص ثاني أكسيد الكربون، أما **بالوعات الكربون Carbon sequestering** فهي عملية تخزين ثاني أكسيد الكربون الجوي. يوجد في البيئة ثلاثة خزانات رئيسة تم فيها احتجاز الكربون في بالوعات عبر الزمن:

- تحتجز المحيطات الكربون، حيث سيذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء، ويُستخدم في عملية البناء الضوئي للنباتات الموجودة في الماء.
- يمكن أن يدخل جزء كبير من هذا الكربون إلى أصداف الكائنات البحرية، ليصبح بشكل تدريجي جزءًا من الصخور الرسوبية والرواسب المعدنية الأخرى.
- عندما تسقط نباتات المحيطات وحيواناتها في قاع المحيط، فإن هذا الكربون سيكون محتجزًا في تكوينات جيولوجية في هيئة نفط وغاز طبيعي.
- يتم احتجاز الكربون في التركيب البنائي للكائنات الحية والنباتات، والتي قد تصبح جزءًا من التربة، ويتم حجزها في بالوعات في هيئة خث (نباتات متفحّمة) وفحم.

النطاق الزمني للعمليات الطبيعية لعزل الكربون في بالوعات قد يصل إلى مئات أو ملايين من السنين.

مع استمرار البشر في الإسهام بإطلاق الكربون في الغلاف الجوي، لم تتوقف الجهود المبذولة للحد من انبعاث هذا الكربون، بل إن جهودًا إضافية تُبذل لإزالة ثاني أكسيد الكربون الموجود من الغلاف الجوي.

على الرغم من أهمية هذه المسألة، فلا تزال هنالك أماكن تستمر في إضافة ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى التي تسبب الاحتباس الحراري لأسباب اقتصادية بحتة (**الشكل 6-24**).



الشكل 6-24 التلوث في إحدى المدن.

بالاستفادة من بالوعات الكربون الطبيعي، يعمل العلماء على استكشاف طرائق لإزالة ثاني أكسيد الكربون من الجو.

احتجاز الكربون

الشكل 6-25 غابات المنغروف في الذخيرة.

الأشجار هي وسيلة طبيعية ممتازة لاحتجاز الكربون. تسمح عملية البناء الضوئي للغابات حول العالم باحتجاز 2 تريليون كيلوجرام من الكربون سنويًا. باتّجاه جنوب الدوحة تقع غابات المنغروف الجميلة في الذخيرة. تم العثور على13.9 مليون متر مربّع من أشجار المنغروف قُبالة الساحل، مما يجعل الساحل ومدينة الخور أكثر مواطن غابات القرم كثافة في دولة قطر.

للسهول الساحلية إمكانات أكبر لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون، وعزله بواسطة بالوعات في الغلاف الجوي، وغابات المنغروف في منطقة الذخيرة هي مثال على ذلك. تتمتع الأعشاب البحرية وغيرها من النباتات الموجودة في مستنقعات المد والجزر بسِعَة أكبر لكل منطقة على ابتلاع CO_2 مقارنة بالغابات حيث يكون الأكسجين في تلك المياه الضحلة قليلًا. وعندما تموت النباتات، فإنها لا تتحلل، ما يؤدي إلى إطلاق الكربون مرة أخرى في الهواء. وعوضًا عن ذلك، يتراكم الغطاء النباتي في هيئة طبقات، فيُحتجز الكربون في داخل الأرض.

تحمي السهول الساحلية أيضًا المناطق الداخلية من التآكل الناجم عن العواصف، أو من ارتفاع مستوى سطح البحر، ما يسهم بشكل أكبر في احتجاز الكربون العالمي.

زراعة الكربون Carbon farming هي عملية زراعة المحاصيل بقصد احتجاز CO_2، وهي طريقة أخرى لاستخدام البناء الضوئي لابتلاع الكربون. وعوضًا عن حصاد المحاصيل للاستهلاك، يتم إنماء المحاصيل ذات النظام الجذري الأطول ثم غرسها في الأرض، فيُحتجز الكربون في بالوعات في التربة. ويمكن لتقنيات الزراعة الجديدة التي تحافظ على المزيد من الكربون في التربة التقليل من ثاني أكسيد الكربون الجوي.

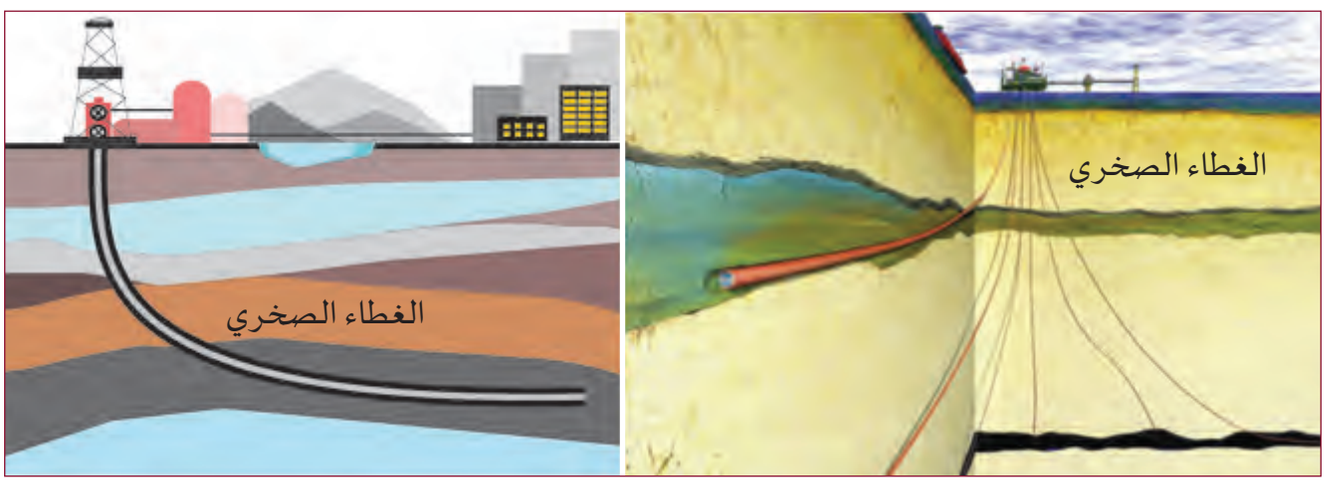
تشجير الغابات Afforestation هو عملية زراعة أشجار جديدة، أما **إعادة تشجير الغابات Reforestation** فهي عملية استبدال الأشجار التي تم قطعها للاستخدام، تُدمج هاتان العمليتان لإزالة ما يصل إلى 14 تريليون كيلوجرام من ثاني أكسيد الكربون سنويًا.

البالوعات الجيولوجية

احتجاز الكربون والبالوعات (CCS) هو العملية التي تلتزم فيها الصناعة، وبخاصة صناعة الطاقة، بالقوانين الجديدة التي تتطلب تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

يمكن استخلاص الكربون من الهواء، إلا أن التقاطه من المصدر يكون أسهل بكثير، حيث يكون موجودًا بتراكيز عالية جدًا. وتوجد تقنيات متنوعة لاستخلاص ثاني أكسيد الكربون، إلا أنها جميعًا تواجه المشكلة نفسها، وهي: ماذا تفعل به عند احتوائه؟

يقع أحد المواقع الأساسية للتخلُّص من الكربون تحت الأرض، في طبقات مستقرة جيولوجيًا، حيث يتم تسييل ثاني أكسيد الكربون، ثم ضخه مرة أخرى إلى داخل آبار النفط والغاز الطبيعي القديمة.



الشكل 6-26 الحفر الأفقي تحت الغطاء الصخري.

توجد رواسب النفط تحت الأرض أسفل ما يسمى **الغطاء الصخري Cap rock**، أو طبقات من الحجر غير المنفذة. ويهاجر كل من النفط والغاز الطبيعي صعودًا نحو الأعلى عبر الطبقات المسامية للأرض إلى أن يصل إلى الغطاء الصخري حيث يتم احتجازه هناك. تبحث شركات النفط في ذلك المكان عن هذه الرواسب، وتنقب فيها (**الشكل 6-26**)، وتحفرها، ثم تَستخرج ما تحتويه من مصادر.

تم العثور على رواسب ثاني أكسيد الكربون التي تحدث بشكل طبيعي بهذه الطريقة أيضًا، فبعضها محتجز هناك لعشرات الآلاف من السنين. ومن المنطقي توقع احتجاز ثاني أكسيد الكربون الفائض عند السطح، والذي تم ضخه تحت الغطاء الصخري، حيث يُحتجز في بالوعات تحت الأرض لفترة طويلة مماثلة.

كانت هناك أيضًا مخاوف من أن يغير ثاني أكسيد الكربون كيمياء الغطاء الصخري، ويسمح للمواد المحتجزة في بالوعات بالتسرب إلى السطح؛ وقد أظهر التحليل الأخير للجيوب الطبيعية تأثيرًا ضئيلًا جدًا في الغطاء الصخري على مدى 100,000 عام تقريبًا.

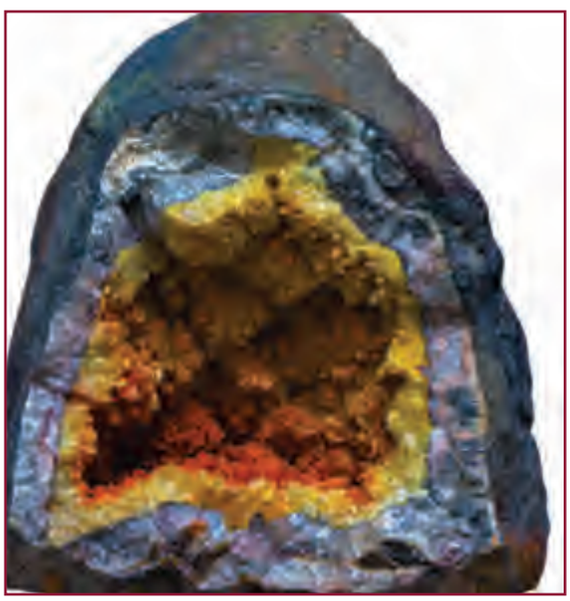
الكربنة المعدنية

الشكل 6-27 كربونات المغنيسيوم.

الكربنة المعدنية Mineral carbonation هي عملية جيولوجية بطيئة يتفاعل فيها ثاني أكسيد الكربون مع الكالسيوم أو المغنيسيوم لتكوين معادن كربونيّة مستقرّة. الكربون الشائع الذي يحتوي على معدن هو كربونات المغنيسيوم (**الشكل 6-27**) الموجودة في التكوينات الصخرية الكبيرة والمُستَخدَمة في عدد من الصناعات.

إن عملية تسريع الكربنة المعدنية باستخدام الطاقة الحرارية تسمح لكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون بأن تتفاعل مع المعادن، مثل سيربنتينين (أملاح السيليكات الغنيّة بالمغنيسوم) سيليكات المغنيسيوم لتكوين كربونات المغنيسيوم ورمل السيليكا.

يمكن بعد ذلك استخدام كربونات المغنيسيوم بشكل كلي في الخرسانة، أو تشكيلها لتكون مواد بناء أخرى. يمكن أن تعمل هذه العملية على النحو الآتي:



الشكل 6-28 الأنكريت.

- تولّد محطة الفحم الطاقة.
- عوضًا عن إطلاق ثاني أكسيد الكربون، فإنّ محطة التوليد تقوم باحتجازه.
- يتم نقل ثاني أكسيد الكربون إلى مصنع الكربنة المعدنية.
- يتم استخدام بعض الطاقة الناتجة عن محطة توليد الطاقة، والتي تعمل بالفحم في تسخين سيليكات المغنيسيوم لإطلاق الماء، والسماح لثاني أكسيد الكربون بالتفاعل.
- المواد الناتجة هي: الماء، والرمل، وكربونات المغنسيوم.

في الآونة الأخيرة، استخدمت إحدى منشآت الطاقة الحرارية الأرضية في أيسلندا عملية الكربنة المعدنية بطريقة فريدة من نوعها ، وذلك بضخ ثاني أكسيد الكربون السائل في أعماق الأرض بالقرب من التكوينات البازلتية البركانية التي تشكلت مؤخرًا، واحتجاز السائل في بالوعات على هيئة مادة صلبة. وفي مشروع مشابه، تم تحديد كربونات معدن الأنكريت (**الشكل6 -28**) والذي له الصيغة الآتية: $Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$. يتكوّن المعدن في أقل من عامين. يمكن استخدام هذه التقنيات في يوم من الأيام لعزل الكربون في المعادن المستقرّة مثل الأنكريت بأقل تكلفة ممكنة للطاقة أو بدون تكلفة على الإطلاق.

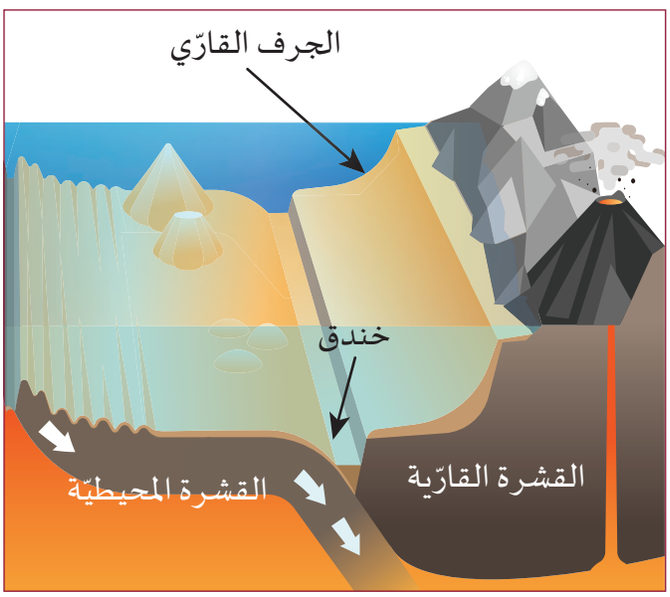
بالوعات المحيط

توجد مواقع يكون فيها عزل ثاني أكسيد الكربون الأرضي في بالوعات غير عملي وغير آمن. وعلى سبيل المثال، فإن اليابان تمتلك قاعدة جيولوجية نشطة، وبالتالي، فإن هروب الغازات المحتجزة تحت الأرض يبدو أمرًا لا مفر منه، ولهذا يتم التحقق من طرائق احتجاز ثاني أكسيد الكربون في بالوعات في قاع المحيط.

يمكن ضخ ثاني أكسيد الكربون السائل نزولًا نحو قاع المحيط، حيث يؤدي الضغط المرتفع ودرجة الحرارة المنخفضة إلى إبقائه في صورة سائلة، وستمنعه كثافته العالية من الارتفاع نحو الأعلى. تعيش معظم أسماك المحيط بالقرب من السطح (**الشكل 6-29**)، إلا أن أعماق المحيطات غير مأهولة نسبيًا. ومع ذلك، توجد حياة في قاع المحيط، فقد أظهرت الدراسات الحديثة أن زيادة ثاني أكسيد الكربون ستكون خطرة للغاية على تلك الأشكال، والتي تعد ضرورية للصحة الكلية للمحيطات.

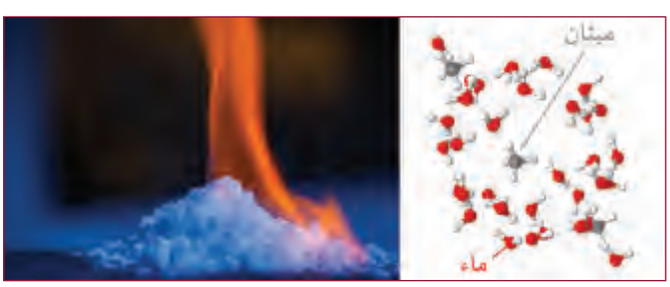
الشكل 6-29 معظم حياة المحيط تكون بالقرب من السطح.

اقترح عدد من الباحثين في جامعة كولومبيا إجراءات وقائية إضافية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون المسال هذا في بالوعات. فإذا تم ضخه إلى داخل الرواسب التي في قاع خنادق أعماق المحيط (**الشكل 6-30**) والموجودة في مناطق معينة من العالم. تتفاعل الرواسب الموجودة في أسفل هذه الخنادق مع ثاني أكسيد الكربون لتكوّن بلورات جليد هيدراتية (مائية). قد يُشكّل ذلك نوع من الغطاء الصلب لتحصين ثاني أكسيد الكربون السائل في الجزء الأعمق من الخندق. فيوفّر موقع عزل غير محدود تقريبًا.



الشكل 6-30 خنادق المحيط الموجودة مقابل بعض القشور القارية.

كما اقتُرح إمكانية اختزان الكربون كمادة من هيدرات الميتان الصُلبة في أعماق البحار. حيث تحتجز هيدرات الميتان 4 جزيئات من CH_4 لكل 23 جزيء ماء.



الشكل 6-31 هيدرات الميثان.

نشاط b2-6 تفاعل الكربونات

سؤال الاستقصاء	هل تستطيع ملاحظة تفاعلات بالوعات الكربون؟
الموادّ المطلوبة	أقراص مضادة للحموضة، وعاء ماء، خل، ميزان رقمي.

خلفية معرفية

تستغرق التفاعلات التي تشكّل المعادن من الكربون في الهواء آلاف السنين. ومع ذلك، يمكن بسهولة ملاحظة التفاعلات الانعكاسية التي تطلق الكربون من المعادن الصلبة. تحتوي أقراص مضادات الحموضة على كربونات الكالسيوم المعدنية $CaCO_3$.

خطوات التجربة

1. قِس الكتلة ثم ضع قرص واحد مضاد للحموضة (**الشكل 6-32**) في 150 mL من الخل.
2. لاحظ تأثير الخل على القرص. هل ترى أي فقاعات؟ ماذا يحدث للقرص؟
3. استخدم العنصر التفاعلي لكتابة المعادلات الكيميائية لكتابة هذا التفاعل.
4. استخدم الآلة الحاسبة في نفس العنصر التفاعلي لتحديد كمية ثاني أكسيد الكربون المخزنة في 1000 g من كربونات الكالسيوم.

الشكل 6-32 أقراص مضادات الحموضة ومعادلة الكيمياء التفاعلية.

الأسئلة

a. كم جرام من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كان موجودًا في القرص الذي قمت بتذويبه؟

b. هل تستطيع تحديد أمثلة في العالم لكيفية تأثير التفاعل بين الحمض وكربونات الكالسيوم على الأرض لعمل تكوينات صخرية مميزة (مثل الكهوف)، والتي يوجد بعض منها في دولة قطر؟

c. اجرِ بحثًا حول كتلة 1 متر مكعب من كربونات الكالسيوم.

d. احسب كتلة ثاني أكسيد الكربون CO_2 المُختزنة في 1 m^3 من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ باستخدام العنصر التفاعلي السابق.

تقنيات جديدة لبالوعات الكربون

احتجاز الهواء المباشر Direct air capture هو التكنولوجيا التي تستخدم التفاعلات الكيميائية لإزالة ثاني أكسيد الكربون بشكل مباشر من الهواء. هذه التقنية تُستخدم في الغواصات (**الشكل 6-31**)، التي تظل في أعماق البحار في بعض الأحيان لأسابيع. تستخدم هذه التقنية أيضًا في محطة الفضاء الدولية، تستخدم هذه التقنية لإزالة ثاني أكسيد الكربون بكفاءة تزيد ألف مرة عن النباتات.

الشكل 6-33 غواصة.

قد تكون هذه التقنية، التي يطلق عليها في وسائل الإعلام اسم"الأشجار الاصطناعية"، هي طريقة لإزالة ثاني أكسيد الكربون في المناطق التي لا تتمركز فيها، كما هو الحال في المدن، حيث يتفاعل ثاني أكسيد الكربون لتكوين كربونات الصوديوم باستخدام مراوح كبيرة لدفع الهواء عبر مذيب هيدروكسيد الصوديوم. يمكن أيضًا تسخين الكربونات لإطلاق ثاني أكسيد الكربون، فيتمّ تسييله وحجزه في بالوعات.

وكحلّ واسع النطاق لتقليل ثاني أكسيد الكربون الجوي، لا تزال هذه التقنية في المرحلة التجريبيّة، وستحتاج إلى التزام مالي، يكون عبارة عن جزء من الجهود الكليَة لتقليل مستويات ثاني أكسيد الكربون. هذه التقنية لديها القدرة على أن تُستخدم في أي مكان على هذا الكوكب، وخارجه.

الشكل 6-34 صورة تربط إنتاج ثاني أكسيد الكربون بتغير المناخ.

وبغض النظر عن التكنولوجيا المتعلقة باحتجاز الكربون، أو عزله في بالوعات الكربون، فإن تنفيذ هذه التقنيات تحددها في الغالب الاعتبارات المالية. وإلى أن يتم التوصل الى اتفاقية عالميّة مقبولة للحد من ثاني أكسيد الكربون، وتقديم حوافز مالية لضمان الالتزام ببنود الاتفاقية، ستستمر السوق العالميّة في الدفع بخياراتها، بغض النظر عن العواقب الناتجة على المدى الطويل.

تقويم الدّرس 6-2

1. أين يمكن العثور على هيدرات الميثان؟
   a. في أي مكان يمكن أن توجد فيه الهيدروكربونات.
   b. في بيئة يكون فيها الجو باردًا بشكل كاف لتكوين الجليد.
   c. في قاع المحيط فقط، حيث يكون الضغط كبيرًا.
   d. في الظروف التي يكون فيها الضغط ودرجة الحرارة مثاليّين، وحيث يتشكل الميثان.

2. فيمَ يختلف احتجاز الكربون عن عزله في بالوعات الكربون؟
   a. يمنع احتجاز الكربون دخول ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء، أما بالوعات الكربون فتمنع دخوله إلى الأرض.
   b. يزيل احتجاز الكربون ثاني أكسيد الكربون من الهواء، أما عزل الكربون في بالوعات فيختزنه بعيدًا، وأحيانًا في داخل الأرض.
   c. تمنع بالوعات الكربون دخول ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء، أما احتجاز الكربون فيمنع دخوله إلى الأرض.
   d. تمنع بالوعات الكربون دخول ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء، أما احتجاز الكربون فيختزنه بعيدًا، وأحيانًا في داخل الأرض.

3. لماذا يمكن احتجاز ثاني أكسيد الكربون السائل في بالوعات في قاع المحيط؟
   a. لأنها أكثر كثافة وستغرق في القاع.
   b. لأنها ليست جزءًا من المحيط، ولن تتأثر الحياة البحرية.
   c. لعدم وجود تيارات في أعماق المحيطات لنشر ثاني أكسيد الكربون السائل حولها.
   d. لأن هذا الأمر سيستغرق وقتًا طويلًا للصعود نحو الأعلى والعودة إلى الغلاف الجوي، ولن يسبب ذلك مشكلة.

4. ما الفرق بين تشجير الغابات وإعادة تشجير الغابات؟

5. ما هو النطاق الزمني لتكوين بالوعات الكربون الطبيعي؟

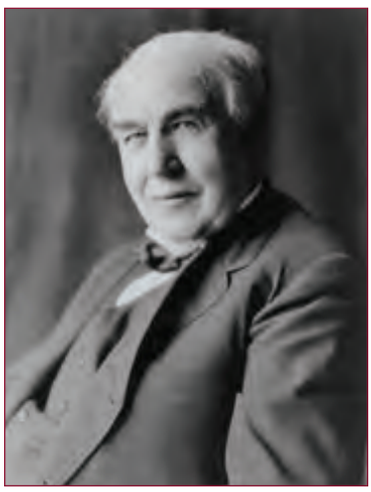
6. كيف يكون للكربنة المعدنية تطبيقات مزدوجة؟

7. ما بعض مزايا تقنية احتجاز الهواء المباشر؟

إضاءة على عالم

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

كان توماس ألفا أديسون (**الشكل 6-33**) 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 ألهم مثاله الحي الكثيرين لتجربة طرائق جديدة لحل المشكلات.



الشكل 6-35 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 6-34**)، أصم عمليًا فقد كان يعضّ الطاولة حيث كان مشغّل الموسيقى يعمل، لكي يتمكن من "الشعور" بالاهتزازات من خلال جمجمته.

الشكل 6-36 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 مجموع الحياة القائمة على الكربون في منطقة ما، ويمكن تحويلها إلى **وقود حيوي Biofuel** لاستخدامات أخرى غير الغذاء.
- **المواد الأولية Feedstock** هي مواد محددة تُستخدم في صنع الوقود الحيوي.
- **انبعاثات الكربون Carbon neutral** مصطلح يُستخدم لوصف مصدر نباتي يستخلص الكربون من الغلاف الجوي كجزء من عملية البناء الضوئي، إلا أنه يطلقه مرة أخرى عند احتراقه.
- **الغاز الحيوي Biogas** هو غاز الميثان المستخرج من المواد الحيوانية.
- **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.
- **الكيميائية الحرارية Thermochemical** هي المعادلات التي تصف التفاعلات الكيميائية التي تمتص أو تُطلق الطاقة. ومن الأمثلة عليها **التحلل الحراري Pyrolysis** و**التحويل للغازات Gasification**.
- **الغاز المصنع Syngas** هو خليط الغازات الناتج من الكتلة الحيوية. يمكن مُعالجته إلى مادة بترولية مُصنّعة واستخدامه كوقود.

الدرس 6-2 بالوعات الكربون

- **هيدرات الميثان Methane hydrate** مادة تتكوّن بشكل طبيعي وهي مخزن جيولوجي يحدث بشكل طبيعي للهيدروكربونات، حيث تُحتجز جزيئات الميثان ضمن شبكة من جزيئات الماء المُتجمد.
- **بالوعة Sequestering** هي عملية احتجاز شيء ما بعيدًا، وعندما يتم تطبيقها على ثاني أكسيد الكربون يطلق عليها **بالوعات الكربون Carbon sequestering**.
- **احتجاز الكربون Carbon capture** مصطلح يُستخدم لوصف العمليات التي تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، أو هو العملية التي قد تطلق ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.
- **تشجير الغابات Afforestation** هو فكرة زراعة أشجار جديدة، أما **إعادة تشجير الغابات reforestation** فهي أن تُستبدل الأشجار المقطوعة بأشجار جديدة.
- **زراعة الكربون Carbon farming** هي عملية زراعة المحاصيل لغرض محدد، وهي إعادة زراعتها في التربة كأسلوب عزل في بالوعات.
- **الغطاء الصخري Cap rock** هو طبقة من الصخور يمكنها احتجاز الهيدروكربونات تحت الأرض.
- **الكربنة المعدنية Mineral carbonation** هي عملية طبيعية يتفاعل فيها ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الكربونات.

أسئلة متعدّدة الاختيارات

1. ما أفضل وصف لعملية البناء الضوئي؟
   a. يُدمج الضوء والسكر والماء لتكوين ثاني أكسيد الكربون.
   b. يُدمج السكر والماء وثاني أكسيد الكربون لتكوين ضوء.
   c. يُدمج الماء وثاني أكسيد الكربون والضوء لتكوين السكر.
   d. يُدمج ثاني أكسيد الكربون والضوء والسكر لتكوين الماء.

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 المصطلح "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 هو 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. الأمراض
   b. الزراعة
   c. الحصاد
   d. المعالجة

7. ما المطلوب لنجاح احتجاز ثاني أكسيد الكربون الجيولوجي في بالوعات؟
   a. الغطاء الصخري
   b. الآبار العميقة
   c. المواقع التي لم يتم اكتشافها بعد
   d. استخدام الرمل، أو الطبقات الأخرى التي يمكن تعبئتها بإحكام

8. أي مما يأتي يصف الكربنة المعدنية أفضَل وصف؟
   a. يتفاعل الكالسيوم مع المغنيسيوم، أو مع رمل السيليكا لتكوين الكربونات.
   b. تتفاعل الكربونات مع الكالسيوم، أو مع المغنيسيوم لتكوين ثاني أكسيد الكربون.
   c. يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع المغنيسيوم، أو مع الكالسيوم لتكوين الكربونات.
   d. يتفاعل المغنيسيوم مع الكالسيوم، أو رمل السيليكا لتكوين كربونات المغنيسيوم.

9. لماذا تم إجراء الكربنة المعدنية تحت الأرض بالقرب من المناطق النشطة بركانيًا؟
   a. لأنها ببساطة أقرب منطقة متاحة للتجربة.
   b. لأن البركان قد ثار مؤخرًا، فتكون الفرصة ضئيلة لثورانه مرة أخرى.
   c. لأن الحرارة المنبعثة من البركان تُسرّع عملية الكربنة المعدنية دون إضافة حرارة إضافية.
   d. لأن البراكين عبارة عن مناطق مستقرة جيولوجيًا، وسيكون ثاني أكسيد الكربون محتجزًا في بالوعات في مكان آمن.

10. لماذا تسمى بعض تقنيات التقاط الهواء المباشر "الأشجار الاصطناعية"؟
   a. لأنها تشبه الأشجار.
   b. لأنها تزيل ثاني أكسيد الكربون من الهواء، مثل الأشجار.
   c. لأنها تحتجز ثاني أكسيد الكربون في بالوعات في هيكلها الخارجي، مثل الأشجار.
   d. لأنها ستوضع في الحدائق وتطلى بالأخضر فتمتزج بالأشجار.

11. أين يتم استخدام تقنيات التقاط الهواء المباشر اليوم؟
   a. في مرشحات الهواء المنزلية اليومية.
   b. في البيئات التي يتنفس فيها الناس داخليًا، مثل البيت الزجاجي.
   c. في البيئات المغلقة، حيث يجب إعادة استخدام الهواء ، كما هو الحال في الغواصة.
   d. في أي مكان يريد الناس أن يكون الهواء فيه نظيفًا ومنعشًا، كما هو الحال في مركز تسوق أو حديقة.

الدرس 6-1 الوقود الحيوي، والكتلة الحيوية

12. ما الفرق بين الوقود الحيوي والكتلة الحيوية؟
13. ما بعض الأمثلة المحددة على البيئات الغنية بالكتلة الحيوية؟
14. عدد ثلاثة اعتبارات يجب على شركة إنتاج الطّاقة اتخاذها عند التفكير في استخدام المواد الأولية للوقود الحيوي؟
15. يُطلق الخشب ثاني أكسيد الكربون عندما يحترق. لماذا يُعدّ حرق الأخشاب وقودًا حيويًا كربونيًا طبيعيًا؟
16. ما بعض مميزات الحصة العالمية من ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن حرق الأخشاب كمصدر للوقود؟
17. لماذا يتم حرق فضلات الحيوانات المجففة في بعض أنحاء العالم من دون غيرها؟
18. كيف يمكن لمنشآت معالجة مياه الصرف الصحي أن تجعل عملها أكثر مسؤولية من الناحية البيئية؟
19. ما المطلب الأساسي للمادة الأولية الأكثر استخدامًا في عملية التخمُّر؟
20. ما الاهتمام المشترك لكل من الإيثانول كمادة أولية، ووقود الديزل الحيوي؟
21. ما المطلوب لتحويل زيت الطهي المستعمل إلى وقود حيوي؟ ولماذا يعد الزيت مادة أولية مفيدة؟
22. ما بعض التعقيدات العامة المرتبطة باستخدام الوقود الحيوي كمصدر رئيس للطاقة؟
23. لماذا لا يُعدّ التوازن الكلي لثاني أكسيد الكربون فكرة جيدة لشراء سيارة جديدة تعمل بالوقود الحيوي؟
24. ما السمة المميزة للجيل الثاني من الوقود الحيوي؟
25. ما الغرض من التفاعل الحراري الكيميائي في إنتاج الجيل الثاني من الوقود الحيوي؟
26. ما الفرق بين التحلل الحراري والتحويل للغازات؟
27. ما هي المتطلبات الواجب توافرها في المواد الأولية لإنتاج الغاز المصنَع؟
28. لماذا يكون استخدام الطحالب كمادة أولية قابلًا للتطبيق لإنتاج الوقود الحيوي في منطقة قاحلة مثل دولة قطر؟

الدرس 6-2 بالوعات الكربون

29. لماذا يصعب على العلماء دراسة هيدرات الميثان في بيئة مختبرية؟

30. ما الذي يجعل هيدرات الميثان جذّابة كمصدر للوقود؟

31. ما المخاوف المرتبطة باستخراج هيدرات الميثان من موقعها الحالي؟

32. ما هي المخاوف التي تتضمنها هيدرات الميثان والنمط الحالي لدرجات الحرارة العالمية؟

33. ما هي زراعة الكربون؟ وما هي الخطوات المتبعة في تقنيات "مزرعة الكربون" المتخصصة؟

34. لماذا يكون للمناطق الساحلية، مثل غابات المنغروف، قدرة على احتجاز ثاني أكسيد الكربون في بالوعات أكبر من الغابات العادية؟

35. هنالك عواقب ناتجة عن حرق الغابات المطيرة حتى الآن في ما يتعلق بثاني أكسيد الكربون الجوي، اذكر اثنتين من هذه العواقب.

36. اذكر سببين يجعلان موقع احتياطي النفط الموجود تحت الأرض مثاليًا لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في بالوعات؟

37. اذكر متغيرين، أو ثلاثة متغيرات، من شأنها أن تجعل شركةً ما تتردد بشكل كلي في احتجاز ثاني أكسيد الكربون في بالوعات؟

38. ما الأدلة الموجودة التي تشير إلى أن ثاني أكسيد الكربون المحتجز جيولوجيًا في بالوعات لن يتسرب عبر الغطاء الصخري فقط، بل يعود إلى الغلاف الجوي؟

39. ما الغرض من الحرارة في عملية الكربنة المعدنية؟

40. عدد بعض المشكلات التي يمكن أن ترتبط باحتجاز ثاني أكسيد الكربون السائل في بالوعات في قاع المحيط؟

41. ما هي ميّزة ضخ ثاني أكسيد الكربون السائل في أعماق الرواسب في خنادق المحيط؟

42. ما المطلوب من الشركات للمشاركة في تكنولوجيا احتجاز الكربون وعزله في بالوعات؟

الوحدة 7
استخدام تسلسُل الحمض النووي (DNA) و الجينوم

في هذه الوحدة

الدرس 7-1: تسلسُل DNA GB1205

الدرس 7-2: استخدام الجينوم

الدرس 7-3: الخلايا الجذعية GB1206

الوحدة 7

مقدّمة الوحدة

يحمل كل فردٍ منا الحمض النووي DNA الذي يجعلنا متشابهين في أوجهٍ كثيرة إلى حدٍّ كبير ومختلفين قليلًا 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 الخط الزمني لتحديد تسلسُل DNA

7-2 برنامج الجينوم القطري

7-3 الخلايا الجذعية

الدرس 1-7

تسلسُل DNA
DNA Sequencing

من المعروف منذ فترة طويلة أنّ خصائص الأبَوَين (الصفات الوراثية) يمكن أن تنتقل إلى الأبناء ويتمّ السعي إلى الاستفادة من هذه الحقيقة في تربية الأحصنة لإنتاج سلالات من الأحصنة المثالية.

ويُمكن للمهر الذي يولد ولديه الخصائص المطلوبة، أن يبرُز ويتميّز عن باقي الأحصنة (**الشكل 7-1**). باستخدام الانتقاء الدقيق على مدى فترة من الزمن، ويمكن تطوير الصفات المطلوبة في السلالة.

الشكل 7-1 اختلاف الخصائص الجسدية عند الخيول.

لم تكن الآليَّة الدقيقة للوراثة مفهومة حتّى زمن قريب وقد تمّ ابتداع الخرافات لشرحها ولا تزال بعض هذه الخرافات مُتجذّرةً في التقاليد حتى يومنا هذا. لقد سمح لنا العلم بالحصول على صورة تتَّضح باطِّراد حول آلية الوراثة على المستوى الجُزيئي. وتعتمد الوراثة على DNA، وهو تشفير المعلومات في جميع الكائنات الحية.

مخرجات التعلُّم

GB1205.1 يتعرّف على كيفية تطور تقنيات تحديد تسلسُل الحمض النووي (DNA) بمرور الوقت، وكيف أصبح أسرع وأرخص ومتاحًا أكثر في كل وقت.

المفردات

Nucleotide	النيوكليوتيد
Base pairs	أزواج القواعد
Sequencing DNA	تحديد تسلسُل DNA
Codon	الكودون
Parallel analysis	التحليل المتوازي
Genes	الجينات
Fragmentation	التجزئة
Amplification	التضخيم
Processing	المُعالَجة
Identification	التحديد
Compiling data	تجميع البيانات
Massive parallel analysis	التحليل المتوازي الضخم

الهندسة العكسية

هل سبق لك أن فكَّكت قلمك لترى كيف يعمل؟ كما في الشكل 7-2.

هل سبق لك أن فكَّكت لُعبة أو أداة ما، واكتشفت الخلل فيها، ثم قمت بإصلاحها؟

الشكل 7-2 أجزاء القلم الشائعة.

يمتلك عدد مُذهِل من العُلماء والمُهندسين صفة مُشتركة وهي قيامهم أثناء طفولتهم بتفكيك الأشياء ليرَوا كيفية عملها.

يُعرف هذا باسم "الهندسة العكسية"، حيث يتمّ تفكيك جهاز ما، ومحاولة اكتشاف كيف تتناسب أجزاؤه معًا، وما يفعله كل جزء كي يعمَل هذا الجهاز.

عندما تأخذ سيّارتك إلى ورشة التصليح، ويكون الميكانيكيّ على دراية بطراز السيّارة، يمكنه غالبًا معرفة الخطأ ببساطة من خلال الفحص، لكنَّه في بعض الأحيان قد يحتاج إلى تفكيك المُكوّن الذي يشكّ في أنّ به عُطلًا ما تفكيكًا كامِلًا للعثور على الجزء المكسور، أو الذي لا يعمل بشكل صحيح.

تتمثل إحدى أولى الخطوات الهندسيَّة في فهم الآليَّة التي تتلاءم فيها جميع المُكوِّنات الصغيرة معًا، وكيف يؤثِّر كلّ منها على المُكوّنات الأخرى.

1. اجمع أكبر عدد ممكن من أقلام الحبر الجاف الارتدادية.
2. فكّك قلمًا منها.
3. ما المُكوِّن المسؤول عن وظيفة تمدُّد رأس القلم إلى الخارج وتراجعه إلى الداخل؟
   كيف يتمّ في كلّ قلم تثبيت رأسه خارجًا للكتابة به؟
4. ما أوجه الشبه بين هذه الأقلام؟
5. ما وجه الاختلاف بين هذه الأقلام؟

يُمثِّل التصميم الميكانيكي للقلم الارتدادي "الحمض النووي DNA". وتُشبِه الاختلافات بين الأقلام الاختلافات بين DNA الأفراد من النوع نفسه. ويُعدّ اتّباع الهندسة العكسية مع الكائنات الحيَّة أكثر صعوبة! فبعد آلاف السنين من التطوُّر العلمي، أصبح ممكنًا الآن اكتشاف ما يجعل الأفراد مختلفين بعضهم عن بعض.

في يومنا هذا، أصبحنا نفهم أنّ الاختلافات الصغيرة في الـDNA هي سبب الاختلافات الموروثة بين الأفراد. ومع ذلك، وباستثناء حالات قليلة، فإنّنا لا نعرف الآليّات التفصيليّة التي توضِّح كيف تُسبّب اختلافات DNA الاختلافات التي نراها. فنحن مثلًا نجهل العوامل الوراثية التي تجعل بعض الأشخاص أكثر عرضة للسمنة، ولا تجعل بعضهم الآخر كذلك.

اكتشاف الحمض النووي DNA

لاكتشاف DNA تاريخ مُذهِل. فقد تزامَن مع تطوُّرات البرامج التكنولوجية اللازمة لكتابة أو تدوين الملاحظات.

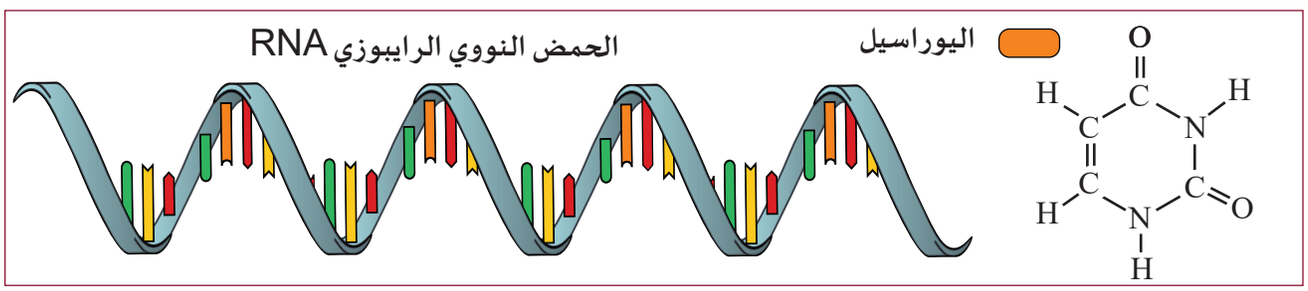
- عام 1863: حدّد مندل Mendel نمط الوراثة الجينية.
- عام 1869: حدّد ميشر Miescher "النيوكليين" في خلايا الدم البيضاء عند الإنسان.
- عام 1881: أطلق كوسيل Kossel على "النيوكليين" اسم DNA، وحدّد البروتينات والقواعد النيتروجينية.
- عام 1888: استحدث فون فالدير-هارتز Von Waldeyer-Hartz مُصطَلح "كروموسوم" لوصف التراكيب التي رآها داخل الخلايا تحت المجهر.
- عام 1902: ربط جارود Garrod نظريات Mendel بالأمراض البشرية، وركّز اهتمامه على البروتينات.
- عام 1944: حدّد أفري Avery أنَّ DNA هو المُكوِّن الذي من خلاله تنتقل الأمراض، وليس البروتينات.
- عام 1950: اكتشف شارغاف Chargaff أنَّ نِسب القواعد النيتروجينية، السايتوسين (C)، والجوانين (G)، والأدينين (A)، واليوراسيل (U)، والثايمين (T) تختلف باختلاف أنواع الكائنات الحية. وأن في جزيء DNA يتساوى عدد القواعد النيتروجينية C وG، وعدد القواعد النيتروجينية A وT.
- عام 1952: صوّرت روزاليند فرانكلين Franklin تسلسُل الـ DNA، بتقنية تصوير البلَّوْرات بالأشعَّة السينية، وكانت تعتقد بأنّ لها نمطًا لولبيًّا، وقام زميلها ويلكينز Wilkins بمشاركة عَملها مع واتسون Watson وكريك Crick.
- عام 1953: باستخدام صُوَر فرانكلين Franklin، طوّر واتسون وكريك نموذج اللولب المُزدَوِج لوصف تركيب DNA (**الشكل 7-3**).
- عام 1962: مُنِح واتسون Watson وكريك Crick وويلكينز Wilkins جائزة نوبل (توفيت فرانكلين Franklin في العام 1958. وبالتالي، لم يتسنَّ لها أن تحظى بما حظيَ به الآخرون).

الشكل 7-3 صورة الأشعة السينية لفرانكلين (a) ونموذج واتسون وكريك لـ DNA (b).

تخزين المعلومات في DNA ونقلها من خلال الحمض النووي الرايبوزي RNA

تمّ اكتشاف المفتاح الذي يُساعد على فهم شيفرة DNA لأوّل مرّة في الحمض النووي الرايبوزي RNA. يُطلع RNA الخلايا على كيفية تكوين البروتينات من تسلسُل الأحماض الأمينية.

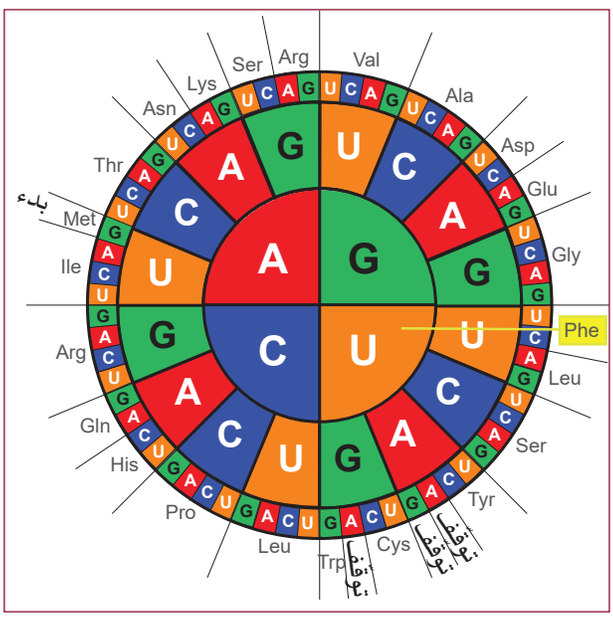
تركيب RNA مُشابه لتركيب DNA، إلا أنه يتكوَّن من سلسلة واحدة بدلًا من اثنتين (القواعد غير مزدوجة) كما ويحتوي RNA على اليوراسيل، بدلًا من الثايمين (**الشكل 7-4**).



الشكل 7-4 سلسلة RNA توضح القواعد النيتروجينية (السايتوسين - الجوانين- الادنين- اليوراسيل).

أظهر نيرنبرغ Nirenberg و ماثاي Matthaei في العام 1961 أنّ سلسلة تحتوي على قواعد اليوراسيل فقط يمكنها إنتاج بروتين يحتوي على الحمض الأميني الفينيل ألانين فقط. وقد أظهرت تجارب أخرى أن RNA لديه شيفرات تتكون كل شيفرة من ثلاث قواعد نيتروجينية، وأنّ الشيفرة الثلاثية UUU تشفّر للحمض الأميني الفينيل ألانين. وأُطلِق على المجموعات المُؤلَّفة من ثلاث قواعد نيتروجينية اسم **الكودونات Codons**. يُمكن تقسيم شيفرة سلاسل RNA إلى كودونات فردية. نال نيرنبرغ جائزة نوبل في عام 1965 تقديرًا لإنجازه.

يُمثِّل **الشكل 7-5** عجلة الكودون لتحديد الأحماض الأمينية التي يمثّلها كل كودون في RNA. أوّلًا ابحث عن حرف U في المركز، ثم انتقل إلى حرف U في الحلقة الخارجية التالية، ثم تابع إلى U النهائية. سترى ذلك يشير إلى Phe، وهو اختصار للفينيل ألانين.



الشكل 7-5 عجلة الكودون لفكّ تشفير المجموعات الثلاثية في RNA ، UUU المميزة باللون الأصفر، تشفّر إلى الحمض الأميني فينيل ألانين (Phe).

التكامل بين DNA و RNA لاستخدام المعلومات الجينية لبناء البروتين

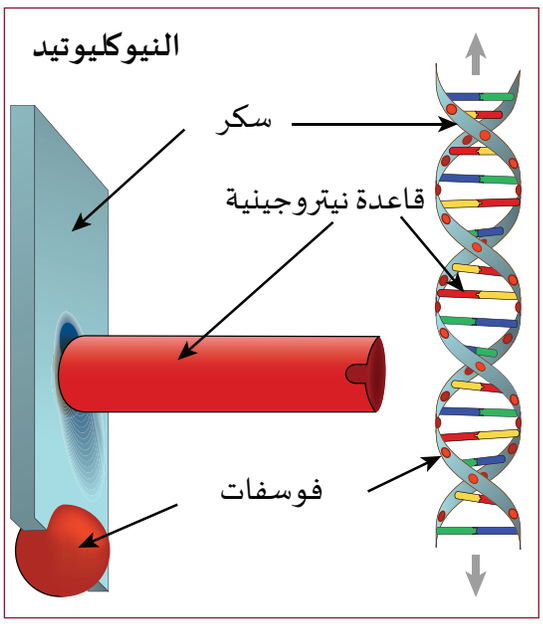
1. يتم نسخ كل تسلسُل من ثلاث قواعد نيتروجينية في DNA إلى سلسلة مُتمِّمة له من جُزيء RNA داخل نواة الخلية.
2. يحمل RNA المعلومات من DNA من النواة إلى سيتوبلازم الخلية، حيث تتكوّن البروتينات.
3. يحمل DNA معلومات لبناء كل بروتين في جسمك.

تحديد تسلسُل النيوكليوتيدات داخل جزيء DNA

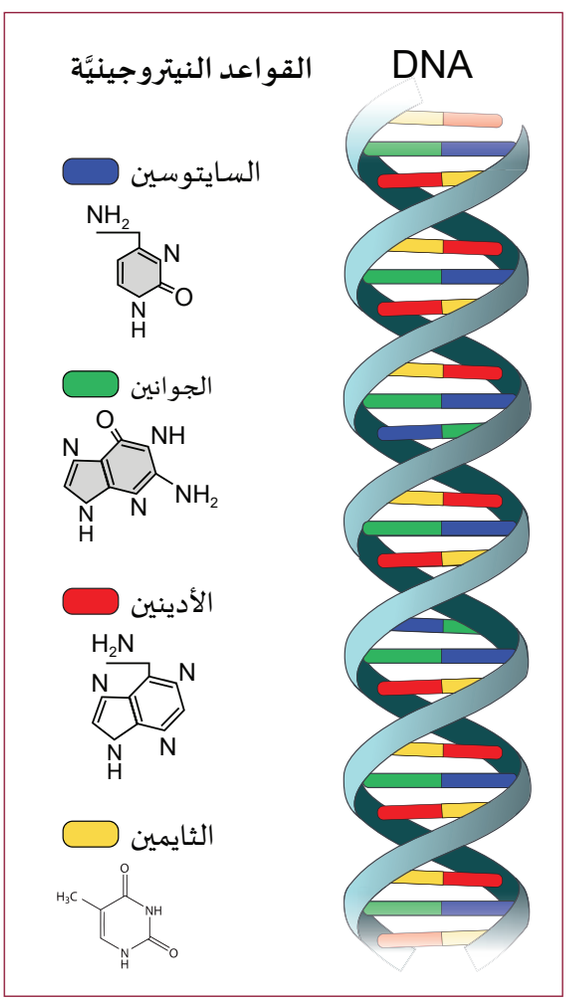
يتركب جزيء DNA من لولب حلزوني مزدوج يتكوَّن من هيكل داعم من الفوسفات و السكَّر (**الشكل 7-6**)، وتربط بين جانبيه جسور هي عبارة عن أزواج من القواعد النيتروجينية (**الشكل 7-7**).

يُخزِّن DNA المعلومات في تسلسُل القواعد النيتروجينية. على سبيل المثال، إنّ تتابع القواعد GGA يختلف عن تتابع القواعد GGT. عندما يتحدَّث العُلماء عن **تحديد تسلسُل DNA (Sequencing DNA)**، فإنهم قد اكتشفوا بذلك التسلسُل الدقيق للقواعد. وتُعَدّ هذه المُهِمَّة مُعقَّدة لأسباب مُتعدِّدة:

1. القواعد هي جُزيئات مفردة أصغر بآلاف المرّات من الخلية الواحدة. فكيف يُمكن مُلاحظتها؟
2. تسلسُل القواعد مضغوط بداخل جُزيء DNA، فلابُدَّ من فك الالتفافات الكثيرة في الجُزيء من أجل تحديد تسلسُل القواعد، دون إلحاق الضرر بجُزيء DNA نفسه.
3. يُعدّ DNA جزيئًا عملاقًا، و معلوم أن أكثر من 90% من تسلسل DNA لم يتم إكتشاف وظيفته حتى الآن. فكيف تعرف أجزاء DNA التي لا تزال تعني شيئًا ما؟
4. يحتوي DNA للإنسان على ثلاثة بلايين قاعدة تقريبًا. تم تحديد تسلسل الجينوم البشري، ونحن نعرف ترتيب الثلاثة بلايين قاعدة جميعها، للعديد من الأشخاص المختلفين.
5. يتشابه DNA بين فردٍ وآخر إلى حدٍّ بعيد، لكنّه يختلف في ملايين التفاصيل بشكل طفيف. فكيف يتم تحديد الأجزاء المتشابهة و المختلفة لدى جميع البشر؟ وأي الأجزاء تكون مختلفة بشكل طفيف؟

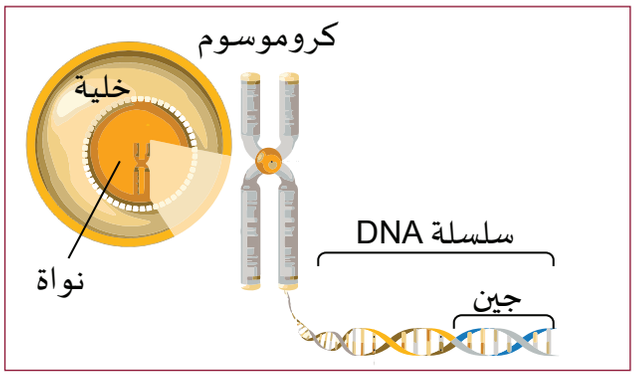


الشكل 7-6 تركيب النيوكليوتيد و DNA.



الشكل 7-7 القواعد النيتروجينيَّة و DNA.

الهدف من تحديد تسلسُل DNA



الشكل 7-8 الكروموسومات مكوّنة من DNA والجينات هي مقاطع من سلسلة DNA.

يهدف تحديد تسلسل DNA إلى إيجاد الجينات التي تتحكَّم بالصفات البشرية، وفهم وظيفتها.

الجينات هي وحدات الوراثة وقد أثبت العلماء أنَّ الجينات تتواجد على الكروموسومات بداخل النواة في الخلية. أما الآن، فإننا ندرك أنّ كل كروموسوم هو عبارة عن سلاسل كثيفة من DNA ملتفة حول بعضها البعض. تُعدّ **الجينات genes** الفردية أقسامًا من سلسلة DNA (**الشكل 7-8**).

تسلسل DNA هو سلسلة من الحروف المتتابعة تُمثّل القواعد النيتروجينية الأربعة (**الشكل 7-9**)، ولفهم تسلسُل DNA، يجب على العلماء أيضًا اكتشاف أي المقاطع من الثلاثة بلايين من القواعد المزدوجة في جُزيء DNA هي جينات فعلية. يتضمَّن الجين الواحد بين 10،000 و 30،000 زوج قاعدي ويُقدِّر العلماء أن عدد الجينات في DNA البشري قد يصل إلى 50،000 جين.

الشكل 7-9 يوضِّح عددًا من أزواج القواعد في سلسلة DNA واحدة.

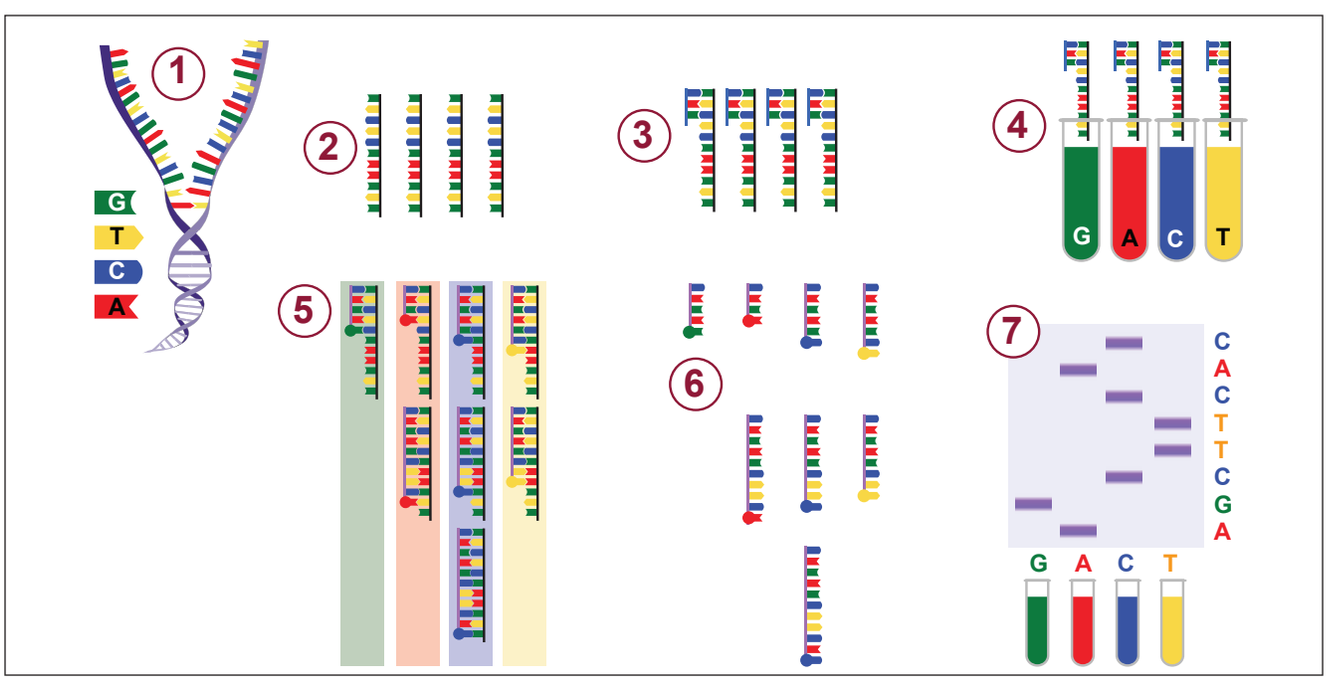
جُزيء DNA الكامل كبيرٌ جدًّا فلا يمكن إجراء كيمياء تحليلية له. تصوّر أنك تقرأ كتابًا صفحة صفحة، وهكذا يقرأ العلماء DNA. تكمن واحدة من الخطوات الأولى لتطوير تحديد تسلسُل DNA في إيجاد طريقة لتفكيك DNA إلى "صفحات" صغيرة بما يكفي لتحليلها، ويمكن إعادة تجميعها معًا في سلسلة DNA الكاملة.

- عام 1970: طوَّر راي وو Ray Wu تقنية تسمح بتفكيك سلسلة DNA إلى أجزاء في أماكن يُمكن توقّعها وسوف يسمح ذلك بتحليل الأجزاء الواحد تلو الآخر، مع إمكانية إعادة الأجزاء إلى خريطتها الأصلية.
- عام 1977: مُستخدمًا تقنيّة راي وو، قام سانجر Sanger بتطوير طريقة تحليل تُشبه الطريقة المُستخدمَة في تحديد تسلسُل RNA. لا تزال هذه الطريقة مُستخدَمة حتى يومنا هذا، وتُسمّى طريقة المنقوص الأكسجين الثنائي dideoxy، أو طريقة سانجر Sanger. وقد ساعد **التحليل المتوازي Parallel analysis** على دراسة الكثير من الأجزاء في الوقت نفسه.

كيف يجري تحديد تسلسُل DNA

طريقة سانجر الأصلية لتحديد تسلسُل DNA هي عمليةٌ طويلة ومُتعدِّدة الخطوات، وقد استغرق تطوير خطوة منها سنوات من البحث وتشمل هذه الخطوات:

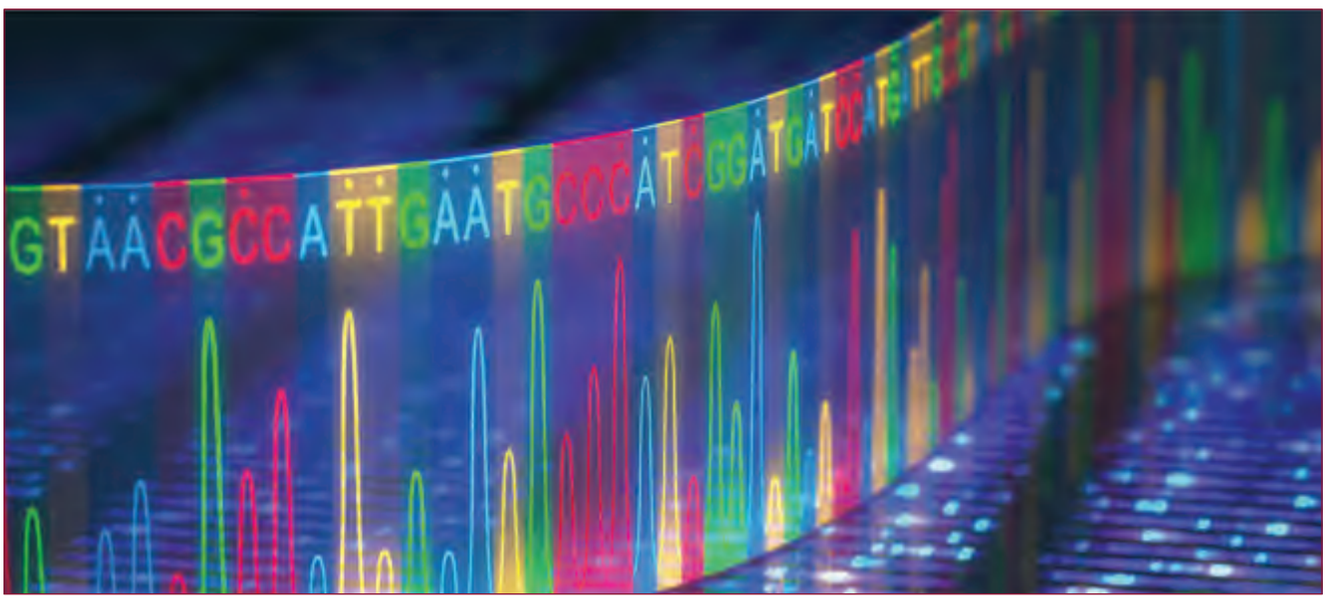
1. **استخلاص DNA DNA extraction:** إنّ الخطوة الأولى هي استخراج DNA النقي من داخل الكروموسوم أو من مصدر آخر. يمكن تفكيك سلسلة DNA بوساطة إنزيمات مُعيَّنة، وقد تبقى كاملة.
2. **التضخيم Amplification:** لا يمكن اكتشاف القطع المفردة الصغيرة جدًّا من DNA بالمُعدّات المتوافرة، بل نحن في حاجة إلى ملايين النسخ المُتطابِقة من DNA. يقوم تفاعُل يُسمّى PCR (تفاعُل بوليمريز المُتسلسِل)، بعمل نسخ متعددة من قطع DNA التي تقع بين معلَمَين بادئين محددين primer marker متوفرين.
3. **البادئ Primer:** يتمّ تمييز التسلسُل المُستهدَف باستخدام البادئ الذي يرتبط بالمكان نفسه على كل سلسلة من DNA.
4. **البوليمريز Polymerase:** يتم وضع DNA في أربعة محاليل بوليمريز يحتوي كلّ منها على نيوكليوتيد واحد، مثل "T" للثايمين (T).
5. **التضاعف باستخدام انزيم البوليميريز Polymerase replication:** تتم مضاعفة DNA إلى أجزاء تنتهي دائمًا بالنيوكليوتيد في المحلول.
6. **تغيير الطبيعة Denaturing:** في هذه الخطوة يتم فصل السلاسل التي تمّ إنشاؤها في الخطوة 5.
7. **الترحيل الكهربائي Electrophoresis:** يتم فصل سلاسل DNA التي نمت في المحاليل الأربعة بالترحيل الكهربائي. ويتمّ تصنيف القطع وفقًا لطولها، والتي عند ترتيبها يعطي تسلسُل DNA.



الشكل 7-10 عملية سانجر لتسلسُل DNA.

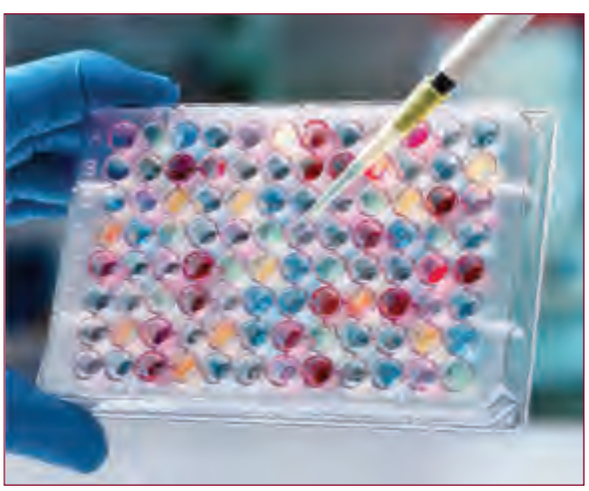
الجيل الثاني من تحديد تسلسُل DNA

ساهمت طريقة الإنارة لتحديد المُكوِّنات الفردية (**الشكل 7-11**)، والقُدرة على اكتشاف الإشارات الضوئية وتسجيلها تلقائيًّا بواسطة الكمبيوتر، في نقل تقنية تحديد تسلسل DNA إلى العصر الحديث. قامت برامج الكمبيوتر بكتابة وتجميع البيانات في وقت أقلّ بكثير.



الشكل 7-11 رسم بياني يوضِّح طريقة الإشارات المضيئة لدراسة DNA.

تمَّت مُعالجة العينات على ميكروبيدات microbeads خاصّة التى ترتبط بمقاطع منفردة على جزء DNA. وقد تم وضع هذه الميكروبيدات في "آبار دقيقة".



الشكل 7-12 لوحة سعة 96 بئر دقيقة

رُبَّما كنت على معرفة باللوحة التي تحتوي على 96 بئرًا، وتُستخدَم بكثرة في التحليل الكيميائي الحيوي (**الشكل 7-12**). يتمّ الآن تحديد تسلسُل DNA على نطاق آبار أصغر بكثير، بدءًا من 1،000 بئر دقيق إلى مليون بئر.

التحليل المتوازي الضخم Massive parallel analysis هو ممارسة استخدام الآبار الدقيقة لإجراء عدَّة آلاف من الاختبارات في الوقت نفسه. حيث تلتقط كاميرات CCD (جهاز اقتران الشحنة charge-coupled device) المجهرية الضوء المُنبعِث عند مُعالجَة كل عيّنة.

هذا الإعداد قادر على مُعالَجة 400-500 زوج قاعدي لكل بئر دقيقة.

أدّى التقدُّم في عمليتَي التجزئة والتضخيم إلى التقليل من عاملَي الوقت والتكلفة وزيادة حجم التسلسُل الذي يمكن تحليله. وقد سمح ذلك برسم خريطة الجينوم البشري بأكمله.

الجيل الثالث من تحديد تسلسُل DNA

يقوم الجيل الثالث من تحديد تسلسُل DNA، الذي يطلق عليه أحيانًا اسم تحديد تسلسُل DNA "الجيل التالي"، بتجاوز خطوة التضخيم.

وتُعرف التكنولوجيا الأكثر انتشارًا باسم تحديد تسلسُل الجُزيء الواحد (**الشكل 7-13**).

a. يتمّ تحضير تتابع DNA مع عناصر قواعد خاصّة لعمل نسخ من السلاسل بالاضافة لمكوّنات تنبعث منها ألوانٌ مختلفة من الضوء، عند تنشيطها بواسطة أشعة الليزر.

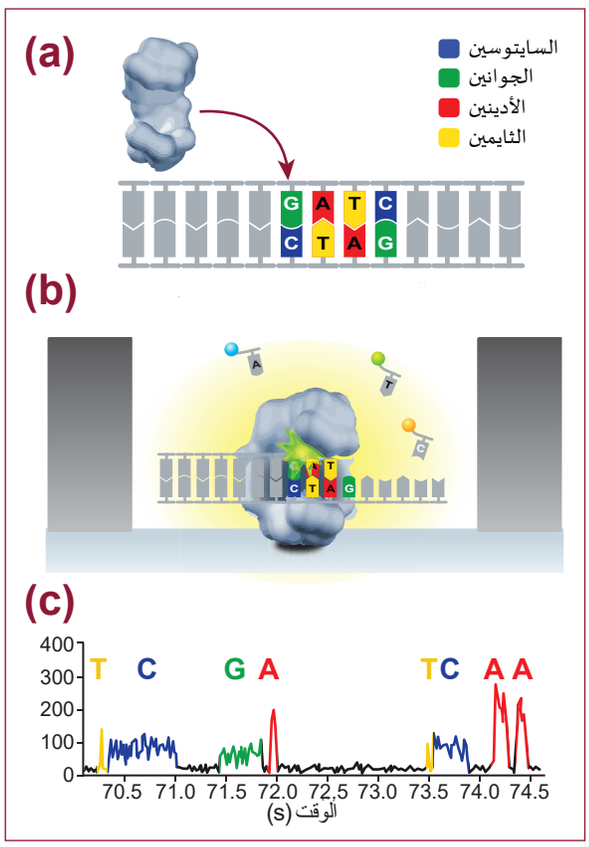
b. تتحرك سلسلة DNA إلى نوع خاص من الآبار الدقيقة، تبعًا للدليل الموجي الصفري، عند مرور السلسلة بفجوة صغيرة. يتمّ تنشيط جُزيء (DNA)، فينتج عن ذلك وميض من الضوء. بعد ذلك يتمّ التخلّص من الجُزيء، ويصبح الجهاز متاحًا للجزيء التالي.

c. يُحدِّد لون الضوء نوع القاعدة، ثم يتمّ إرسال البيانات للتحليل.

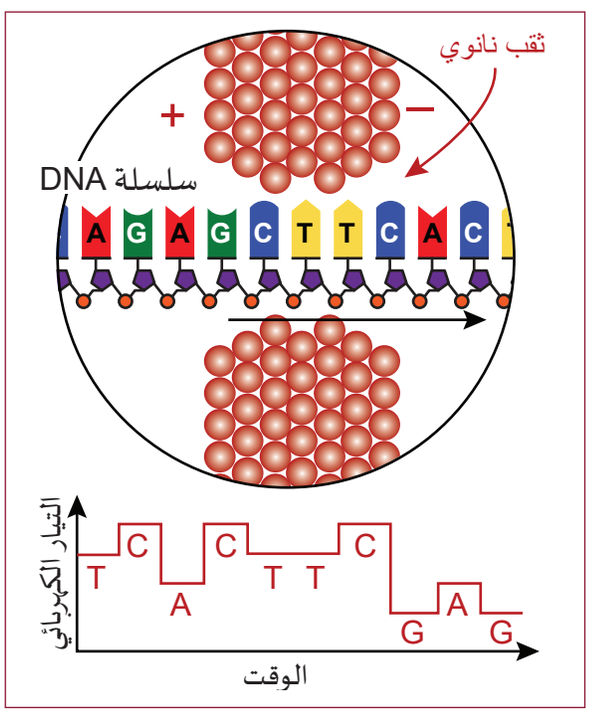
يمكن للشرائح التي تتجاوز 10،000 زوج قاعدي أن تُعالَج من خلال تفاعل البوليمريز المتسلسل بالزمن الحقيقي (Real Time PCR). هذا يُعطي تحديد تسلسل سريعًا للـ DNA مع عدد أقلّ من الخطوات التي يتمّ إنجازها في وقت أقلّ. ومن الجدير بالذكر أنَّ الجهاز بأكمله يقع في آلة واحدة.

أمّا تقنية الجيل الثالث الأخرى فتُسمّى "**تحديد تسلسُل الثقب النانوي**". حيث تُستخدَم ثقوب صغيرة جدًّا في لوحة الجرافين، وتُستخدَم البروتينات لإنشاء ثقوب نانوية (**الشكل 7-14**). يتمّ تمرير سلسلة DNA من خلال ثقب النانوية nanopore، ويتم الكشف عن القواعد من خلال قدرتها على التوصيل الكهربائي. تمتلك هذه التكنولوجيا إمكانية قراءة تسلسُلات طويلة جدًّا بدون خطوة التضخيم.

وقد أصبحت بعض أجهزة تحديد التسلسل الآن صغيرة جدًّا إلى درجة يمكن عندها أن تكون محمولة باليد، وهذا يُسهّل تحديد التسلسل الفوري في هذا المجال.



الشكل 7-13 (a) المُعالَجة، (b) التحديد، (c) تجميع البيانات.



الشكل 7-14 تقنية تحديد التسلسل النانوية.

نشاط 7-1 الخطّ الزمني لتحديد تسلسُل DNA

سؤال الاستقصاء	كيف تقدّم تاريخ تقنية تحديد تسلسُل DNA؟
الموادّ المطلوبة	موادّ البحث وموادّ العرض.

خُطوات التجربة

1. ابحث عن التطوّرات الرئيسة لتحديد تسلسُل DNA.
2. قم بإعداد خطّ زمني يُسلّط الضوء على التطوُّرات الرئيسة لتحديد تسلسُل DNA.
   - قم بتحديد الخُطوات التي زادت السرعة.
   - قم بتحديد الخُطوات التي خفضت التكلفة.
3. حدّد الشركات التي تُسوِّق أجهزة تحديد التسلسل، واحصل على أسعار تلك المُعدّات إن أمكن.
4. حدّد أهمّ مشروعات الجينوم الدولية.
5. قم بإعداد ملصق عرض يوضِّح خطَّك الزمني.

السنة	مُستوى التطوير	خُطوات مُهِمَّة في السرعة	خُطوات مُهِمَّة في التكلفة

الأسئلة

a. كم يبلغ عدد أزواج القواعد (الطول) التي تستطيع التقنية سلسلتها؟
b. ما القوة الدافعة إلى الرغبة في تحديد تسلسُل جينوم الإنسان؟
c. اذكر ثلاثة ابتكارات خفضت الزمن اللازم لتحديد تسلسُل الـ DNA.
d. هناك 4 خيارات للقاعدة في DNA. افترض أن تسلسُل الـ DNA كان طوله 3 أزواج قاعدية فقط. كم سيكون عدد الطرائق المختلفة التي يمكن من خلالها ترتيب القواعد الأربع على جانب واحد؟
e. ما أوّل كائن حي تم تحديد تسلسل جينومه؟
f. ما المُتطلّبات التعليمية للعمل في مُختبر علم الوراثة؟

تقويم الدّرس 7-1

1. أيُّ هذه المجموعات تُظهِر الترتيب الصحيح للاكتشافات المذكورة الآتية؟
   a. اللولب المُزدوج، الكروموسوم، DNA، القواعد النيتروجينية
   b. الكروموسوم، DNA، القواعد النيتروجينية، اللولب المُزدوِج
   c. DNA، القواعد النيتروجينية، اللولب المزدوج، الكروموسومات
   d. القواعد النيتروجينية، اللولب المُزدوِج، الكروموسوم، DNA

2. أيٌّ من القواعد النيتروجينية الآتية ترتبط بالسايتوسين؟
   a. اليوراسيل
   b. الأدنين
   c. الجوانين
   d. الثايمين

3. ما هي ميزة السرعة التي تمّ تحقيقها في عملية تحديد تسلسُل DNA من خلال تطوير الطرائق التي سمحت لقواعد نيتروجينية مُحدَّدة بإطلاق الضوء؟
   a. التسجيل التلقائي
   b. الاكتشاف الأسهل للقواعد
   c. الاكتشاف الأسهل للأنماط
   d. السماح بإجراء البحوث باستخدام المجاهر

4. ما التركيب الأساسي للنيوكليوتيدات؟

5. لماذا كان التضخيم ضروريًّا للسماح بتحديد تسلسُل DNA في تحديد تسلسُل DNA الجيل الأول؟

6. ما الدليل الذي تمّ الكشف عنه عند اكتشاف الكودونات التي أسهمت في البحث عن الجينات؟

7. ما هي ميزة التحليل المتوازي في تحديد تسلسل DNA؟

الدرس 7-2

استخدام الجينوم Uses of Genomics

تُعدّ طريقة عمل DNA لغزًا مُعقَّدًا حاول الباحثون والأطبّاء حلّه لسنوات طويلة (**الشكل 7-15**). كما نلاحظ في اللغز، فإن بعض القطع تتلاءم بسهولة، ويصعب ذلك على القطع الأخرى. 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 7-15 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

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 المكسور في جهاز مُعقَّد؟

الشكل 7-16 تشخيص للخطأ في جهاز كهربائي.

يُعدّ تشخيص الأعطال جُزءًا مهمًا لإصلاح أي جهاز مُعقَّد. تُستخدَم هذه العملية لتتبُّع المشكلة داخل الجهاز، بهدف اكتشاف سبب عطله. قد تكون المُشكلة بسيطة مثل فحص الدائرة الكهربائية (**الشكل 7-16**) بحثًا على المُكوِّن المُعطَّل، وقد تكون مُعقَّدة كدراسة مشهد انفجار المصنع لمعرفة السبب، وإصلاح الخلل.

- 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 مُكوِّن ما، كما هو مُتوقَّع. يتمّ بعد ذلك تشخيص العطل، واكتشاف اختلاف جديد.

في أثناء تحديد تسلسلات DNA، يبحث العلماء عن أنماط تدل على "الاضطرابات " الجينية، والطرق الممكنة لإصلاحها.

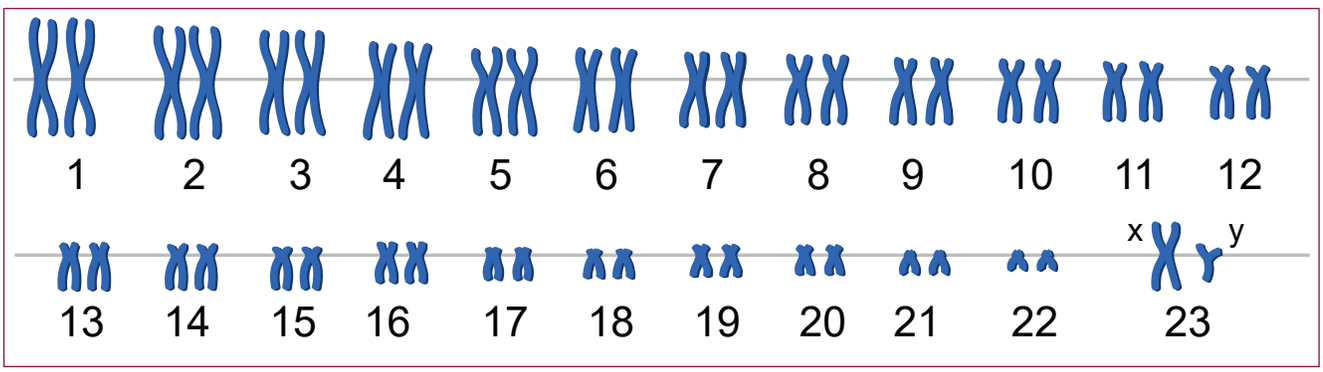
الشكل 7-17 صورة يد بالأشعة السينية

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. يبيّن **الشكل 7-17** صورة لليد بالأشعة السينية.

في تطوُّر مثير للاهتمام، تمّ استخدام الأشعَّة السينية لإجراء تشخيص المشاكل على كل شيء بدءًا من الهيكل العظمي (**الشكل 7-17**) وصولًا إلى اللحامات على الأنابيب.

الكروموسومات

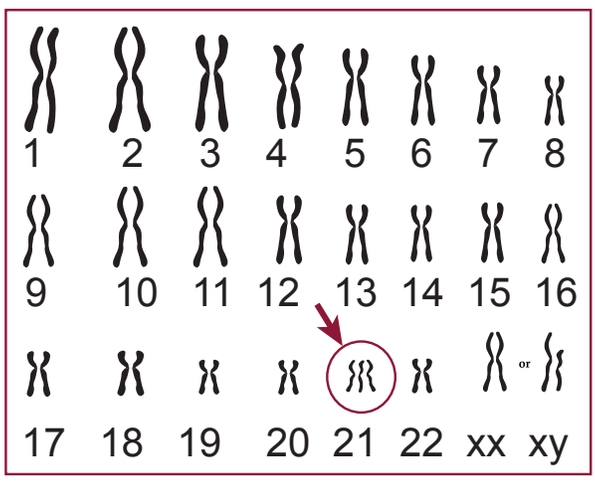
الكروموسومات Chromosomes هي التركيب الأساسي الذي يتواجد فيه DNA بداخل نواة الخلية. ويمكن رؤيتها باستخدام مجهر ذي قوة تكبير عالية، وقد تمّت دراستها منذ العام 1850 تقريبًا. يمتلك البشر 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية، والزوج رقم 23 الذي يختصّ بتحديد الجنس. تُحدّد أزواج الكروموسومات البشرية الثلاثة وعشرين بأرقام خاصة بها، كما هو مُبيّن في **الشكل 7-18**.



الشكل 7-18 شكل يوضح تسلسل أزواج الكروموسومات مرقمة في الإنسان.

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

يوضِّح **الشكل 7-19** 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 7-19 مخطط كروموسومي يُظهر توزيعًا غير طبيعي للكروموسومات عند الزّوج رقم 21.

يرتبط كل مرض وراثي باختلال في كروموسوم محدد خاص به.

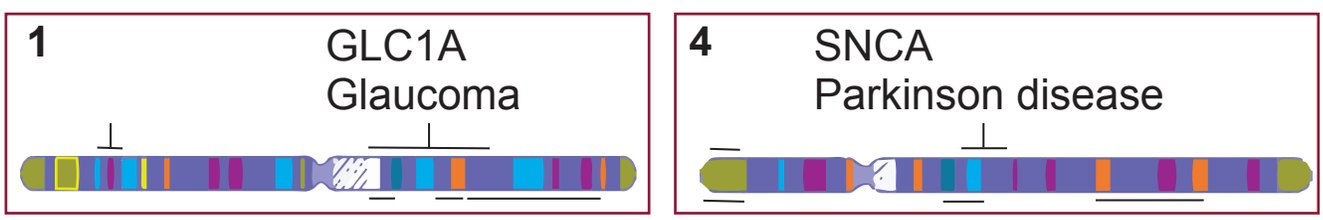
بات واضحًا، من خلال إنشاء مكتبة للمُخطَّطات الكروموسومية للسكّان، أنَّ بعض الحالات الطبّية كانت مُرتبِطة بخلل في كروموسوم مُحدَّد، وقد تمثّل ذلك أحيانًا بوجود كروموسومات إضافية (التثلُّث الصبغي، مثلًا)، و وجود كروموسومات مُشوَّهة في أحيان أخرى. وتتمثّل الخطوة المنطقية التالية في فحص كروموسومات الأفراد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

الأمراض الوراثية

وجد العلماء أن كل كروموسوم يتكون من مجموعات محددة من تسلسل أزواج القواعد النيتروجينية، المعروفة باسم "الجينات".فالكروموسوم رقم 1 مثلًا يتكوَّن من أكثر من 2000 جين مفرد.

الاضطرابات أو **الأمراض الوراثية Genetic diseases** هي الحالات التي يُمكن إرجاعها إلى اختلالات واضحة في كروموسومات الفرد، فإذا كان كروموسوم رقم 1 يتضمَّن ما يقرب من 249 مليون زوج من القواعد النيتروجينية، فإن المنطقي أن نفترض أن جُزءًا واحدًا فقط من هذا الكروموسوم بأكمله سيكون مسؤولًا عن مرض مُرتبط بهذا الكروموسوم.

تم تجميع الخرائط الجينية للكروموسومات التي حُدّدت فيها مواقع جينات مُعيَّنة، بالإضافة إلى بعض الحالات الناتجة عن طفرات في تلك الجينات (**الشكل 7-20**).



الشكل 7-20 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 الجلوكوما وبعضهم الآخر لا يُعاني. قارنت البحوث تسلسُل DNA في جميع الأفراد، وبحثت 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 بالجلوكوما.

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؟

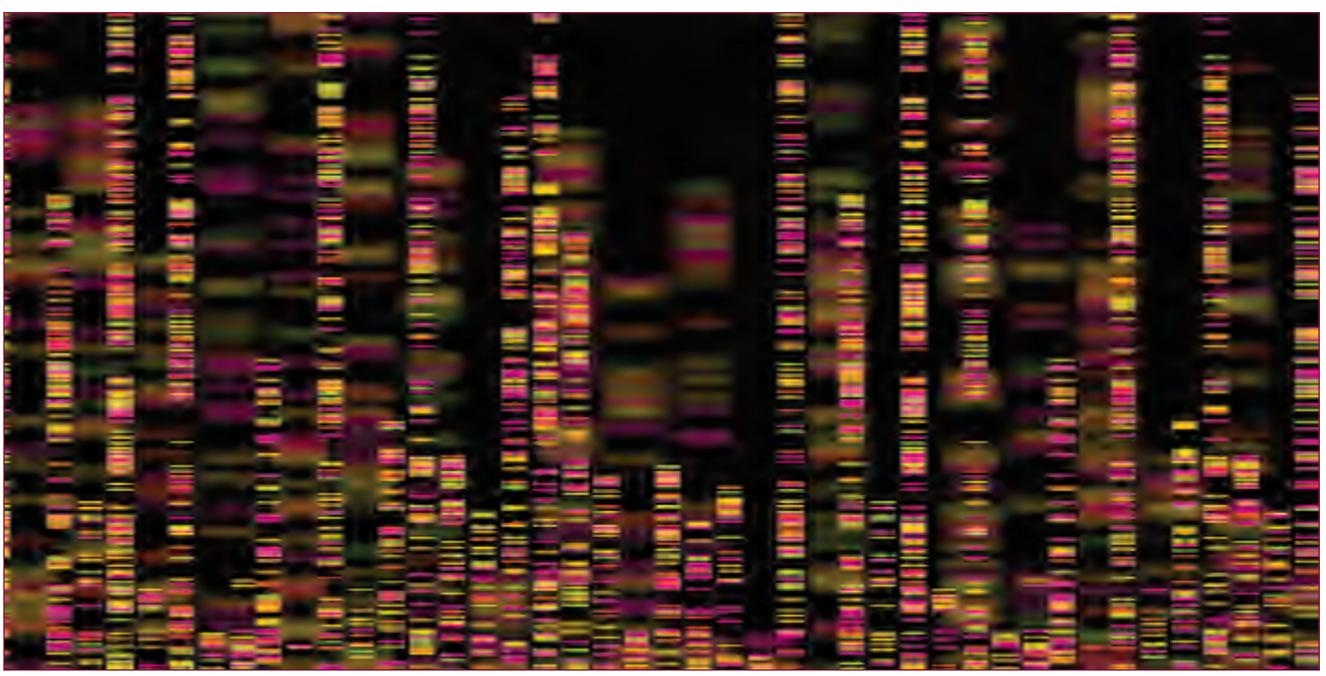
معلوم أن بيتا-ثلاسيميا مرض نادر في الدم، وهو يحدث نتيجة طفرة في جين HBB الذي يقع على الكروموسوم رقم 11. إنه مرض أحادي الجين. تَنتج الحالات الجينية الأخرى بسبب العديد من العوامل، ولا يمكن إرجاع أسبابها إلى جين واحد، بل إلى مجموعة من الجينات.

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.

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 الصحيّةعن 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 7-21 رسم بياني لتحليل البيانات الضخمة لمعلومات الجينوم.

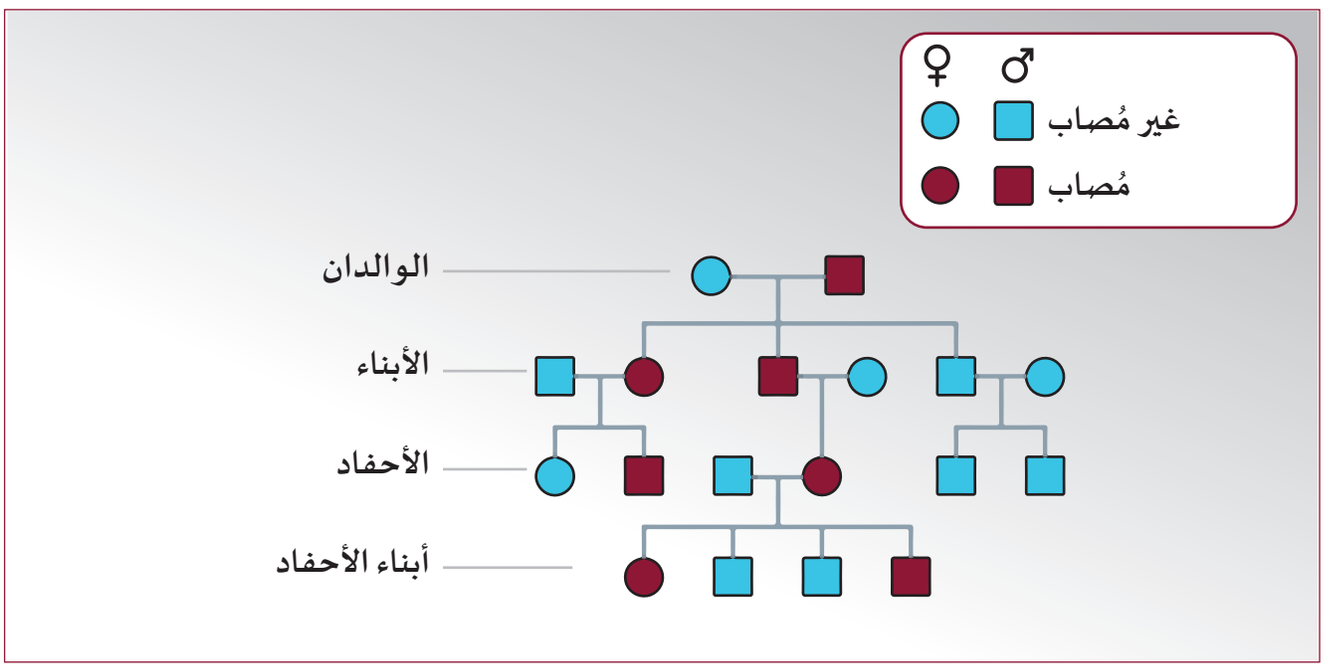
يُعدّ **تحليل البيانات الضخمة Big data analytics** عملية مُعقَّدة لفحص مجموعات البيانات الكبيرة، بهدف إيجاد الأنماط والارتباطات (**الشكل 7-21**). يجب أن يعتمد أي برنامج جينوم على تحليل البيانات الضخمة. يتطلّب ذلك الأمر أجهزة كمبيوتر سريعة ذات سعة كبيرة ومبرمجين مؤهلين للتعامل مع تلك الأجهزة.

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.

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 7-22**).



الشكل 7-22 مُخطَّط وراثي يوضح توارث الجينات الجسمية السائدة لمرض أحادي الجين من جيل لأخر.

تمّ على مر التاريخ نقل تلك الأمراض من الوالدين إلى الأبناء ومع ظهور خرائط الجينوم غير المُكلِفة، أصبح لزامًا الحد من إنجاب الأطفال عند اكتشاف احتمال كبير لحدوث عيوب.

وقد تساءل بعض الناس في الآونة الأخيرة: "هل يمكننا" إصلاح "الجين المعطوب قبل ولادة الطفل"؟ (**الشكل 7-23**).

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 7-23 اختبارات الجينوم في الأجنّةيطرح أسئلة أخلاقية.

الاضطرابات الوراثية المُعقَّدة

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

تساعد خريطة الجينوم الكاملة الشخص على التعامُل بشكل أفضل مع كثير من تلك الحالات المذكورة. 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 7-24 استخدام الأطباء المعلومات الجينية لوضع التراكيب الدوائية (لتصميم العلاج).

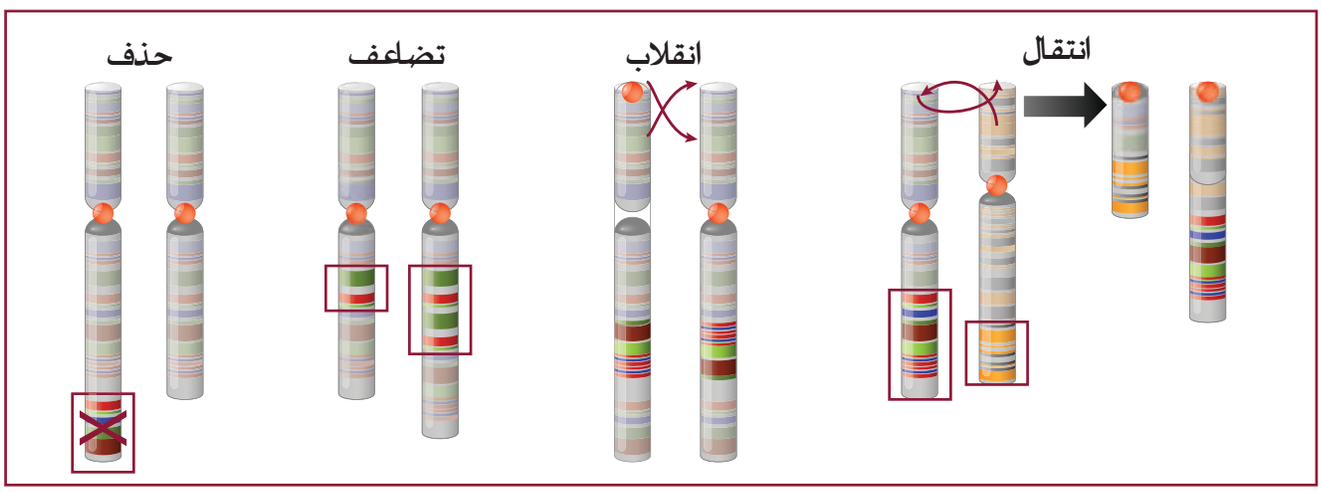
يبدأ تشخيص المرض الوراثي بزيارة الطبيب للإبلاغ عن الأعراض حيث يتمّ تسجيل التاريخ العائلي، وقد يُطلب إجراء فحوص للدم.

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 7-24**). وقد تنجح تركيبة دوائية مُحدَّدة، مع اعتماد نظام غذائي وممارسة تمارين رياضية، في منع ظهور المرض.

تحديد تسلسُل DNA للخلايا السرطانية

عندما يتمّ تضاعف الخلايا، تحدث **طفرات Mutations** أو أخطاء أثناء نسخ الجينات من الكروموسوم الأصلي إلى الكروموسوم المُضاعَف (**الشكل 7-25**). 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 7-25 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 EGFR، وهو الجين الذي يشفّر لمستقبلات عوامل نمو البشرة، 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 تحديد تسلسُل DNA 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.
- يسمح تحديد تسلسل DNA للأورام للأطبّاء ببناء مكتبات واسعة من عيّنات أنسجة الورم من أجل فهم أفضل للآليّات التي تُسبِّب السرطان، والعلاجات التي يمكن أن تُسهِم في السيطرة عليه.

نشاط 7-2 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. أبقِ المعلومات بسيطة.
   - 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

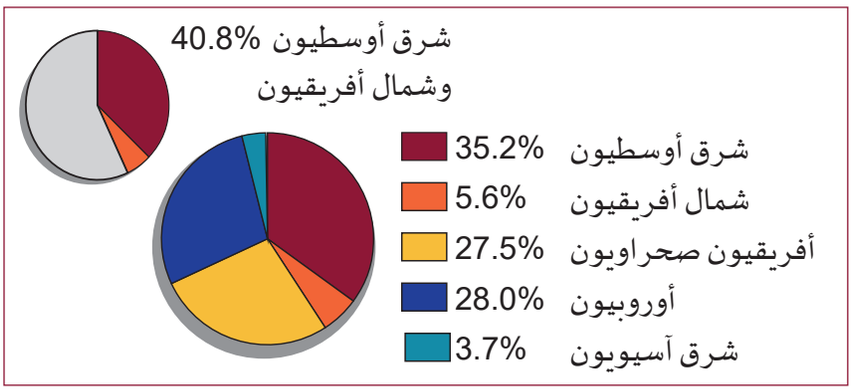
a. كم مضى على وجود برنامج الجينوم القَطَري؟
b. ما الغرض من قَطَر بيوبنك؟
c. ما الفرص المُتاحة أمام الطلاب للعمل كمُتدرّبين في برنامج الجينوم القَطَري؟
d. ما هو مستوى التعليم المطلوب لتكون باحثًا في برنامج الجينوم القَطَري؟

اختبار DNA الشخصي

طوال العقد الماضي، بدأ الناس يدفعون المال للحصول على تسلسُل الجينوم الخاصّ بهم. و تسمح هذه الأدوات بأخذ عينات DNA في المنزل وإرسالها إلى واحدة من الشركات المختلفة (**الشكل 7-26**). سوف تُؤثِّر هذه الظاهرة تأثيرًا بالغًا على عمل المجتمع الطبي.

الشكل 7-26 الأدوات البسيطة المستخدمة لتجميع عينات DNA.

بعد أن جرى في البداية، تسويق البيانات كطريقة لتحديد أصل الفرد بناءًا على تحديد تسلسل علامات DNA المُميّزة (**الشكل 7-27**)، فقد أصبحت البيانات أكثر تفصيلًا.



الشكل 7-27 بيانات الأصل من مجموعة الـ DNA.

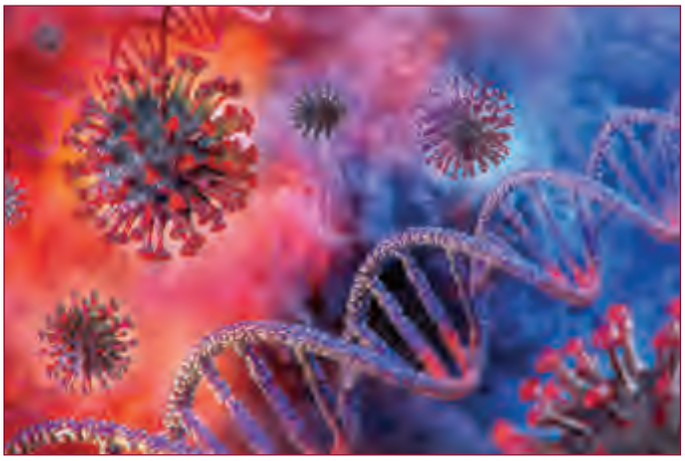
وعندما بدأ استخدام أدوات تحديد تسلسُل أكثر دقة، بدأت البيانات بالكشف عن طرز جينية مُحدَّدة واحتمال تطور أمراض، مثل مرض السكَّري وأمراض القلب. وقد أحدثت بعض هذه البيانات ذُعرًا للأفراد الذين يتلقّون التقارير من دون استشارة طبّية مُناسِبة.

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.

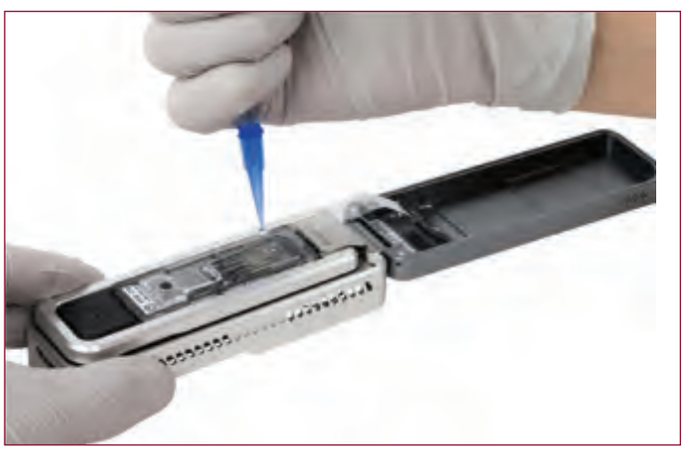
كوفيد-19 COVID-19

تمّ في نهاية العام 2019، اكتشاف إصابة البشر بسلالة قاتلة من الفيروس التاجي (الشكل 7-28) الذي انتشر بسرعة عبر العالم. كيف أسهم استخدام سَلسَلة الجينوم في تتبُّع انتشار COVID-19 وفهمه في الأشهر الأولى؟



الشكل 7-28 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.

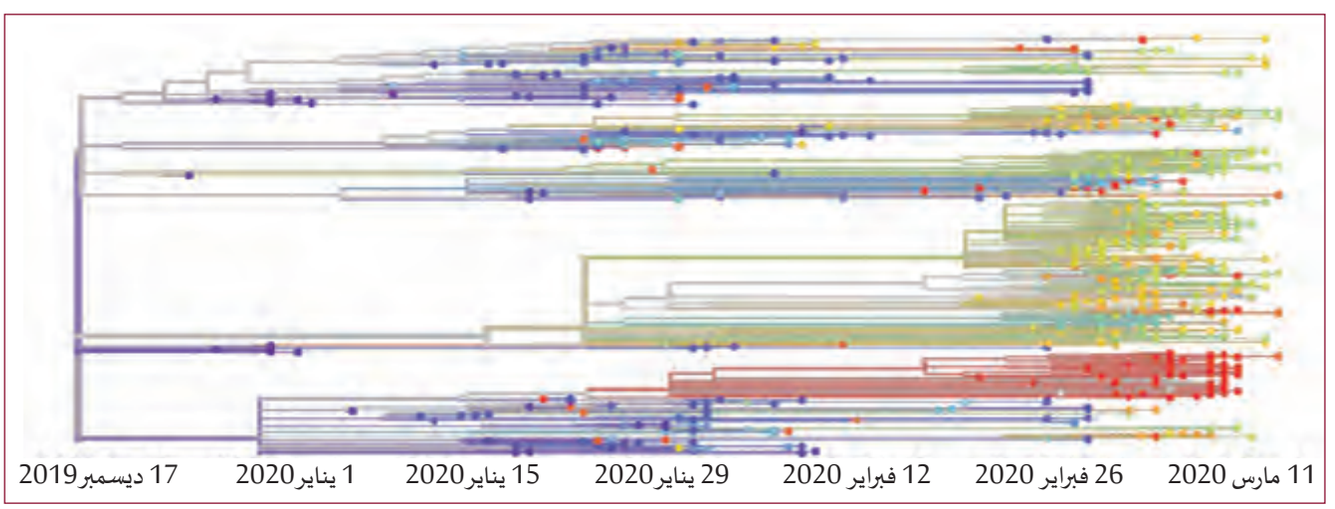


الشكل 7-29 جهاز تحديد تسلسُل RNA/DNA.

تمّ استخدام جهاز تحديد تسلسُل DNA / RNA المحمول باليد، والذي يحدد تسلسل الجينوم (**الشكل 7-29**)، ويتمّ تحميل البيانات على كمبيوتر، ثم نقلها فورًا إلى قاعدة بيانات دولية.

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 هذه الشجرة التطورية (**الشكل 7-30**). وفُرضت قيود على السفر إلى المناطق المُشتَبه بكونها مصدرًا للفيروس والهدف من ذلك تقليل انتشار العدوى.



الشكل 7-30 تُبيّن الشجرة التطورية لجينوم COVID-19 التي استنبطت من السلالة الجديدة.

تقويم الدّرس 7-2

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؟

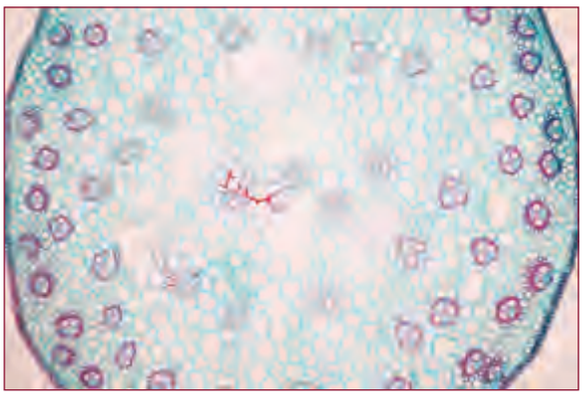
6. اذكر بعض الأمثلة على الاضطرابات المندلية.

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 7-3
الخلايا الجذعية
Stem Cells

تعلَّمنا في وقت مُبكر من التعليم في المدرسة أنّ جميع الخلايا لها وظائف مُحدَّدة. عندما رأينا لأوَّل مرَّة الخلايا النباتية تحت المجهر (**الشكل 7-31**) استطعنا تحديدها بناءً على شكلها وموقعها، ومعرفة وظيفة كل خلية في النبات. تعلَّمنا كيف تنقسم الخلايا لإنتاج نسخ عنها، ما يسمح بنموّ النباتات.



الشكل 7-31 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. يُطلَق على هذه الخلايا القابلة لأن تصبح أي نوع من أنواع الخلايا اسم "الخلايا الجذعية". الخلايا الجذعية 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

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

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).

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 7-32**).

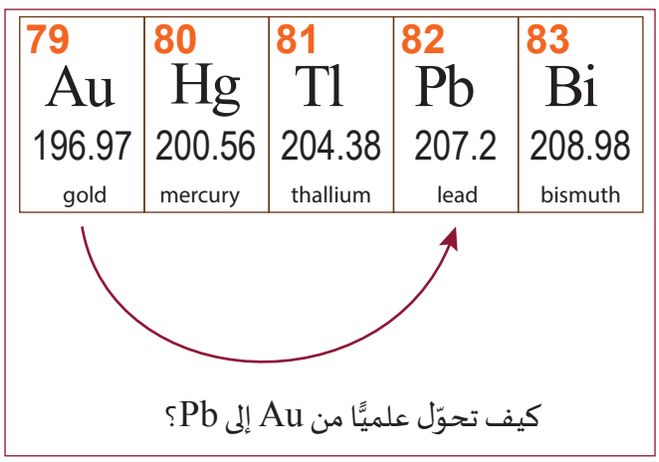
لم ينجح الخيميائيون قط، ولكن تجاربهم المباشرة أدّت إلى نشأة الكيمياء الحديثة! الخيمياء مثال على تطوُّر السحر ليصبح علمًا.

نعرف اليوم أن هناك 92 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.

الشكل 7-32 مختبر الخيميائيين.

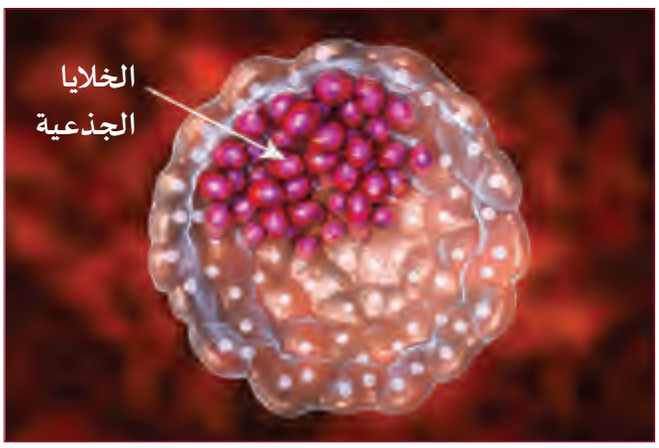
الشكل 7-33 الكيميائيّون المُعاصِرون.



الشكل 7-34 عناصر الذهب والرصاص على الجدول الدوري.

الخلايا الجذعية

الخلايا الجذعية Stem cells هي خلايا ليس لها خصائص مُحدَّدة، ولكنها تمتلك إمكانية أن تصبح أي نوعٍ من أنواع الخلايا.

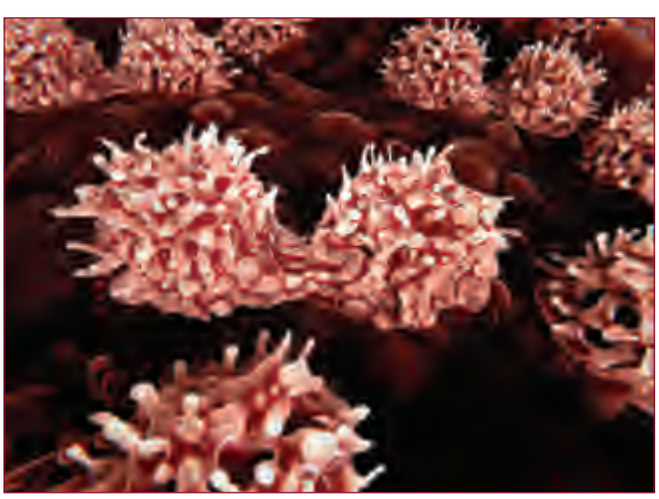


الشكل 7-35 كيسة أريمية تظهر في داخلها الخلايا الجذعية.

الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cells هي الخلايا التي تتطوَّر من البويضة المُخصَّبة إلى جميع أنواع الخلايا التي تُكوّن الفرد. بعد الإخصاب، بما يقرب من أربعة إلى خمسة أيام، يكون لدى الجنين 150-200 خلية ويتمّ تشكيل تركيب يُسمّى الكيسة الأريمية (**الشكل 7-35**). سوف تُصبح الخلايا الخارجية جُزءًامن المشيمة. أمّا الخلايا الداخلية، فتُكوِّن الخلايا الجذعية الجنينية، ويمكن أن تنمو لتصبح إنسانًا.

يمكن إنتاج **كيسات أريمية Blastocysts** عن طريق عملية التلقيح الاصطناعي (IVF) ويمكن عند نجاح عملية التلقيح، استخدام أية كمّية إضافية من الكيسات لإجراء البحث. لكن الحصول على الخلايا الجذعية الجنينية البشرية يترافق مع كثير من التعقيدات الأخلاقية.

يمتلك البالغون أيضًا خلايا جذعية. توجد تلك الخلايا في جميع أنحاء أجسامنا، وهي متاحة لإصلاح الخلايا التالفة أو الميتة أو استبدالها. إنّها **الخلايا الجذعية الجسمية Somatic stem cells** 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.



الشكل 7-36 الخلايا الجذعية البالغة في الكبد.

يمكن العثور على الخلايا الجذعية البالغة في الأنسجة الآتية:

- الجلد
- الكبد (**الشكل 7-36**)
- الدماغ
- نخاع العظم
- العضلات الهيكلية
- الدم والأوعية الدموية

وقد كان يُعتقد أنَّ الخلايا الجذعية البالغة ستتطوَّر فقط إلى نوع الأنسجة حيث تم العثور عليها 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، يفتّش الباحثون 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 IPSC 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 والاستعانة بعُلماء آخرين لتنمية جماعاتهم الحيوية الخاصة بهم (**الشكل 7-37**).

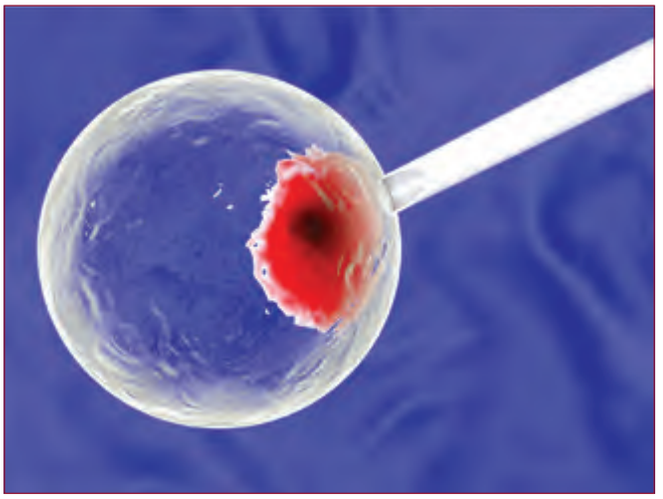
الشكل 7-37 تتمّ زراعة سلالات الخلايا الجذعية وتخزينها، بمشاركة مُختبَرات خاصة.

- وفّر تحديد تسلسل DNA الخلايا الجذعية قالَبًا يمكن استخدامه لمقارنة الأنسجة الأخرى عليه.
- 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 هذه، أو استجابات خلوية مماثلة، أو إيقافها قد يجعل منها عُنصرًا حاسمًا في علاجات الخلايا الجذعيَّة مُستقْبَلًا.

الطب التجديدي

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 7-38**). يأمُل العلماء في تطور الخلايا ونموّها إلى الأنسجة المطلوبة، لتكون بديلة لزراعة الأعضاء.



الشكل 7-38 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 قلبيًا 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 والتشوَّهات 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 7-3 الخلايا الجذعية

سؤال الاستقصاء	ما هي القضايا المُحيطة 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 7-3

1. أين توجد الخلايا الجذعية الجنينية؟
   a. في خلايا الجلد
   b. داخل الكيسة الأريمية
   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 الكيسة الأريمية
   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 للكيسة الأريمية
   c. الخلايا الجذعية الجنينية
   d. الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات

4. كيف يشبه الجمع بين إلكترون واحد وبروتون واحد وإلكترون واحد الخلية الجذعية؟

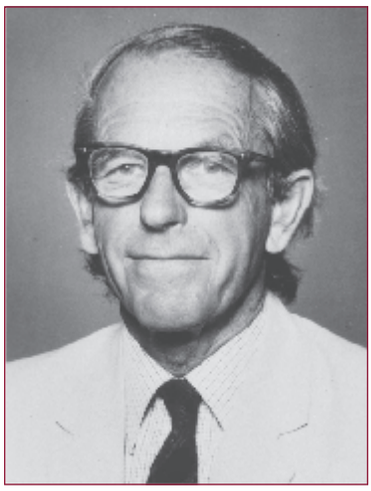
5. اذكر ما لايقلّ عن مثالَيْن على المشكلات الأخلاقية لاستخدام الخلايا الجذعية المأخوذة من الكيسة الأريمية.

6. ما دور الخلايا الجذعية الجسمية عند البالغين؟

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

إضاءة على عالِم

فردريك سانجر Frederick Sanger: (1918-2013)



الشكل 7-39 فردريك سانجر.

فردريك سانجر (**الشكل 7-39**) 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 لل 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 للـDNA، وبخاصة DNA المُعاد تركيبه. وأشرف سانجر طوال حياته المهنيّة على كثير من طلاب الدكتوراة. وقد واصل اثنان منهما البحث ليحوزا جائزة

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: تسلسُل DNA

- **النيوكليوتيد Nucleotide** هو الجزء الأساسي في DNA، ويُشكّل نصف زوج قواعد **Base pair**.
- يتضمّن **تحديد تسلسل DNA DNA Sequencing** ترتيب أزواج القواعد النيتروجينية في DNA.
- يستقصي **التحليل المتوازي Parallel analysis** عددًا من أجزاء DNA في الوقت نفسه، (بحثًا عن **الجينات Genes**)، أي المقاطع التي تتحكّم في البروتينات التي تقوم بوظائف مُحدَّدة داخل خلايا الكائن الحي.
- **التجزئة Fragmentation** تُكسّر DNA، و**التضخيم Amplification** يزيد عدد المقاطع. أمّا **المعالجة Processing** فهي طريقة تجعل القواعد الفردية تتفاعل كي يمكن فصلها وتحديد هويتها.
- يتطلّب **تجميع البيانات Compiling data** تقنيات **تحليل متوازضخم massive parallel analysis.**

الدرس 7-2: استخدام الجينوم

- **الكروموسومات Chromosomes** هي التراكيب التي تحمل شيفرتنا 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.
- **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 7-3: 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 **الكيسة الأريمية Blastocyst**.
- توجد **الخلايا الجذعية الجسمية Somatic stem cells** في جسم الشخص البالغ.
- يتم تخليق **الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات Induced pluripotent stem cells** باستخدام خلايا الجلد.
- يستخدم **الطب التجديدي Regenerative medicine** الخلايا الجذعية لإصلاح الخلايا التالفة أو استبدالها.

أسئلة مُتعدِّدة الاختيارات

1. أي من القواعد النيتروجينية الآتية لا تتواجد في DNA؟
   a. اليوراسيل
   b. الأدنين
   c. الجوانين
   d. الثايمين

2. أيّ ممّا يأتي ليس جُزءًا من النيوكليوتيد؟
   a. السكَّر
   b. الكودون
   c. الفوسفات
   d. القاعدة النيتروجينية

3. أيّ ممّا يأتي هو بالترتيب الصحيح من الأكبر إلى الأصغر؟
   a. الجين، الكروموسوم، سلسلة DNA، الخلية
   b. الكروموسوم، الجين، الخلية، سلسلة DNA
   c. الخلية، الكروموسوم، سلسلة DNA، الجين
   d. سلسلة DNA، الجين، الخلية، الكروموسوم

4. ما العملية التي تتطلَّب تفكيك DNA بالطرق الفيزيائية أو الكيميائية؟
   a. المُعالجة
   b. التحديد
   c. التضخيم
   d. التجزئة

5. ما اسم الخطوة التى يتم فيها تحديد التسلسُل والتي تمّ تحسينها بسبب تطوُّر الآبار الدقيقة؟
   a. المُعالجة
   b. التضخيم
   c. التجزئة
   d. تجميع البيانات

6. ما هي أهم خطوة في عملية تحديد التسلسل التي تمّ التخلُّص منها في الجيل الثالث من تسلسُل DNA؟
   a. المُعالجة
   b. التضخيم
   c. التجزئة
   d. تجميع البيانات

7. 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

8. 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

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

10. 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

11. 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

12. 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 تسلسُل DNA

13. لماذا كانت الكروموسومات هي الجزء الأول الذي تمّ اكتشافه من المادة الوراثية؟
14. لماذا لم يتمّ العثور على أيّة كمّية من اليوراسيل في DNA؟
15. صف موقع النيوكليوتيدات في تركيب جُزيء DNA.
16. ما هما النوعان المختلفان لأزواج القواعد النيتروجينية؟
17. اذكر أحد الأهداف الأساسية لتحديد التسلسل.
18. فيمَ يختلف الحمض النووي الرايبوزي RNA عن DNA؟
19. ما المقصود بالكودون؟
20. لماذا يُعدّ مُهمًّا تفكيك تسلسُل DNA في أماكن يمكن توقّعها؟
21. ما أوجه الشبه بين الجينات والكودونات؟
22. ما هو الهدف من تقنية الترحيل الكهربي في تحديد تسلسُل DNA؟
23. أعط سببًا واحدًا لاستحالة تحديد تسلسُل DNA كامل مرَّة واحدة.
24. ما سبب الحاجة إلى خُطوة التضخيم في التقنية الأصلية لتحديد تسلسُل DNA؟
25. كيف أدى استخدام الآبار الدقيقة إلى تقليل الوقت اللازم لتحديد تسلسُل DNA؟
26. ما هي بعض الاختلافات بين الجيل الثاني من تحديد تسلسُل DNA والجيل الثالث؟

الدرس 7-2 استخدام الجينوم

27. ما الغرض من مكتبة المُخطَّطات الكروموسومية؟
28. ما الذي دفع العلماء إلى ربط بعض التشوُّهات بالكروموسومات؟
29. اكتب ما تعرفه عن قطر بيوبنك.
30. ما هي التكنولوجيا المطلوبة لإجراء تحليلات البيانات الضخمة على مجموعة البيانات؟
31. ما المقصود بالجين الكروموسومي الجسمي السائد؟
32. صف كيف تمّ نقل اضطراب مندلي معين عبر التاريخ.
33. إذا كان لديك اضطراب وراثي جسمي سائد مندلي، فما احتمال إصابة طفلك الأول بهذا الاضطراب؟

34. اذكر ثلاثة عوامل تُسبّب اضطرابات وراثية مُعقَّدة.

35. أعطِ ثلاثة أمثلة على "المُحفِّزات البيئية".

36. كيف يُساعد وجود خريطة جينوم كاملة لك الأطبّاء في علاج حالتك؟

37. ما التغييرات التي يمكن إجراؤها على نمط الحياة، إذا وُجد عند الشخص مَيل وراثي لأمراض القلب؟

38. ما المخاطر التي يتعرَّض لها الشخص إذا تمّ العثور على طفرة واحدة في جين واحد من جيناته؟

39. ما هي ميزة التحديد الدقيق للجين المسؤول عن السرطان؟

40. ما هي ميزة الخزعة السائلة؟

41. اعط مثالًا على طفرة شائعة موجودة في الجينات؟

42. حدّد المشكلة التي حدثت أثناء الحصول على معلومات جينية مُحدَّدة من اختبارات DNA الشخصية.

43. ما فائدة اختبار DNA الشخصي للمجتمعات الباحثة؟

الدرس 7-3 الخلايا الجذعية

44. اذكر بعض القيود المفروضة على الخلايا الجذعية الجسمية.

45. حدّد مزايا استخدام الخلايا الجذعية الجنينية.

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

47. ما ميزة تحديد تسلسُل DNA الخلايا الجذعية؟

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

49. لماذا أنشأ المهندسون "قلبًا على شريحة"؟

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.

RonnieChua/Shutterstock; Shyrochenko Aleksandr/Shutterstock; chrisdorney/Shutterstock; Bobx-73/Shutterstock; Lipskiy/Shutterstock; Naskky/Shutterstock; SoleilC/Shutterstock; AlexandrN/Shutterstock; Martin Bergsma/ Shutterstock; Toa55/Shutterstock; ShadeDesign/Shutterstock; Caterina Belova/Shutterstock; Pavol Kmeto/ Shutterstock; A7880S/Shutterstock; Corund/Shutterstock; Shannon Serpette/Shutterstock; agsandrew/Shutterstock; tankist276/Shutterstock; VectorPot/Shutterstock; Vector Tradition/Shutterstock; J10/Shutterstock; RomanVanur/ Shutterstock; Garen Takessian/Shutterstock; Aldona Griskeviciene/Shutterstock; Fouad A Saad/Shutterstock; hlphoto/ Shutterstock; stockcreations/Shutterstock; MAHATHIR MOHD YASIN/Shutterstock; Konoplytska/Shutterstock; Eric Isselee/Shutterstock; Maksim Safaniuk/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Daniele Pietrobelli/Shutterstock; Tichr/ Shutterstock; Vladislav Havrilov/Shutterstock; Olga Zinovskaya/Shutterstock; Tatiana Foxy/Shutterstock; 3DSculptor/ Shutterstock; Merlin74/Shutterstock; Eduard Kim/Shutterstock; Vadim Sadovsky/Shutterstock; 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; sportpoint / Shutterstock; ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock; Catalin Grigoriu/ Shutterstock; Designua/Shutterstock; Andres Garcia Martin/Shutterstock; Cagla Acikgoz/ Victor Moussa/ photoworld; Aleksey Gusev/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; mapichai/Shutterstock; Kitnha/ Elena11 /Shutterstock; dlhca/Shutterstock; ShotStalker/Shutterstock; Sketchart/Shutterstock; tel52/Robert Adrian Hillman/Shutterstock; rzarek/Imagine Photographer; Tomas Ragina/Shutterstock; Rainer Lesniewski/ Shutterstock; Vixit/Shutterstock; Fedor Selivanov/Shutterstock; Phil Emmerson /Shutterstock; stihii/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; NASA images/Shutterstock; NickJulia/Shutterstock; ch123/Shutterstock; Cozine/ Suzanne Tucker/ Ayman Haykal /Shutterstock; Robert Adrian Hillman/Shutterstock; Sigur/ SUNISA DAENGAM/Shutterstock; Jeroen Mikkers/ Manamana /Shutterstock; duckeesue /Shutterstock; Thomas C. Altman /Shutterstock; Sara Winter / Shutterstock; MaraZe /Shutterstock; Adwo/ Tomowen Shutterstock; Rosalie Kreulen /Shutterstock; Daniel Carlson / Shutterstock; Filip Fuxa/ Fulcanelli/ Shutterstock; lembi /Shutterstock; stihii /Shutterstock; GracePhotos /Shutterstock; Mega Pixel Shutterstock; Justek16 /Shutterstock; Scottish Traveller /Shutterstock; Lori Bonati /Shutterstock; anek.soowannaphoom /Shutterstock; Lost_in_the_Midwest /Shutterstock; B Calkins /Shutterstock; AlexussK / Shutterstock; pablofdezr /Shutterstock; fischers /Shutterstock; corbac40 /Shutterstock; CROX /Shutterstock; Africa Studio /Shutterstock; Emre Terim /shutterstock; Volodymyr Goinyk /shutterstock; Johann Helgason /shutterstock; OSweetNature /shutterstock; Kathryn Snoek/ /shutterstock; Thomas C. Altman; MateusandOlivia /shutterstock; Designua /shutterstock; Rainer Lesniewski /shutterstock; Praveen Menon /shutterstock; Mark Hall /shutterstock; Konoplytska /shutterstock; Igor Alexsander /shutterstock; Zoom Team /shutterstock; Turkey Photo /shutterstock; Dexpixel /shutterstock; Dennis O&#39:Hara /shutterstock; Tetyana Dotsenko /shutterstock; Vadim Nefedoff / shutterstock; Designua /shutterstock; Sabelskaya /shutterstock; Rich Carey /shutterstock; Bill McKelvie/shutterstock; Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/shutterstock; Imagesines/shutterstock; Diagram/shutterstock; HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin/shutterstock; Alex Kravtsov/shutterstock; sirtravelalot/shutterstock; 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; topimages/NDT/KKulikov/shutterstock; OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia; Ljupco Smokovski/Alexander Kirch/Stefan Schurr/ Jonah_H/shutterstock; Brocreative/ Motion Arts; Dan Thornberg/shutterstock; faboi/TASER; Miriam Doerr/shutterstock; Martin Frommherz/shutterstock; Bjoern Wylezich/ shutterstock; Inna Bigun/shutterstock; Steven_Mol/shutterstock; goffkein.pro/shutterstock; EugenePut/shutterstock; fotoliza/shutterstock; IDKFA/shutterstock; Yosanon Y/ VarnakovR/shutterstock; Rost9/shutterstock; Tyler Boyes/ shutterstock; Dimarion/shutterstock; Maridav/shutterstock; Dmitry Markov152/shutterstock; Charobnica/Shutterstock; Rvkamalov/Shutterstock; Peter Hermes Furian/Shutterstock; Konstantinks/Shutterstock; Extender_01/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Miriam Doerr/Shutterstock; Martin Frommherz/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.;Olga Popova/Shutterstock; Pavel Sapozhnikov/ Shutterstock; VectorMine/Shutterstock; Paramonov Alexander/Shutterstock;OSweetNature/Shutterstock; Danielz1/ Shutterstock; Dafinchi/Shutterstock; Fen Deneyim/Shutterstock; Artskvortsova/Shutterstock; Nasky/Shutterstock; Adam J/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Denis Radovanovic/Shutterstock; Ipek Morel/Shutterstock; Nito/Shutterstock; Geza Farkas/Shutterstock; Albert Russ/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Everett Collection/Shutterstock; Mega Pixel/Shutterstock; Ihor Matsiievskyi/Shutterstock; Mahathir Mohd Yasin/Shutterstock; Liveshot/Shutterstock; MTKang/Shutterstock; Andrey Kozyntsev/Shutterstock; Gab90/Shutterstock; Olga Hofman/ Shutterstock; Breck P. Kent/Shutterstock; Beker/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Frees/Shutterstock; Concept W/Shutterstock; Volha_A./Shutterstock; Aliona Ursu/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; John James/Shutterstock; Photo-World/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; LeysanI/Shutterstock; ADA Photo/ Shutterstock; Elena Zolotukhina/Shutterstock; Bukhta Yurii/Shutterstock; Edward Olive/Shutterstock; Maxx-Studio/ Shutterstock; Peter Sobolev/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Eduardo Estellez/Shutterstock; Shishir Gautam/ Shutterstock; Josep Suria/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Izzmain/Shutterstock; Kiran Paul/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Sansanorth/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Henri Koskinen/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; Humdan/Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; Magnetix/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; EDU WATANABE/Shutterstock; Kristina Vor/Shutterstock; Wantanddo/Shutterstock;