

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية



\*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/12>

\* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر العام في مادة علوم ولجميع الفصول, اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/12science>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام في مادة علوم الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/12science1>

\* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الثاني عشر العام اضغط هنا

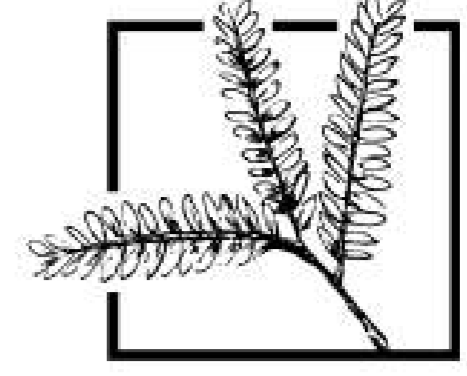
<https://almanahj.com/ae/grade12>

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا

[https://t.me/almanahj\\_bot](https://t.me/almanahj_bot)



الإمارات العربية المتحدة  
وزارة التربية والتعليم

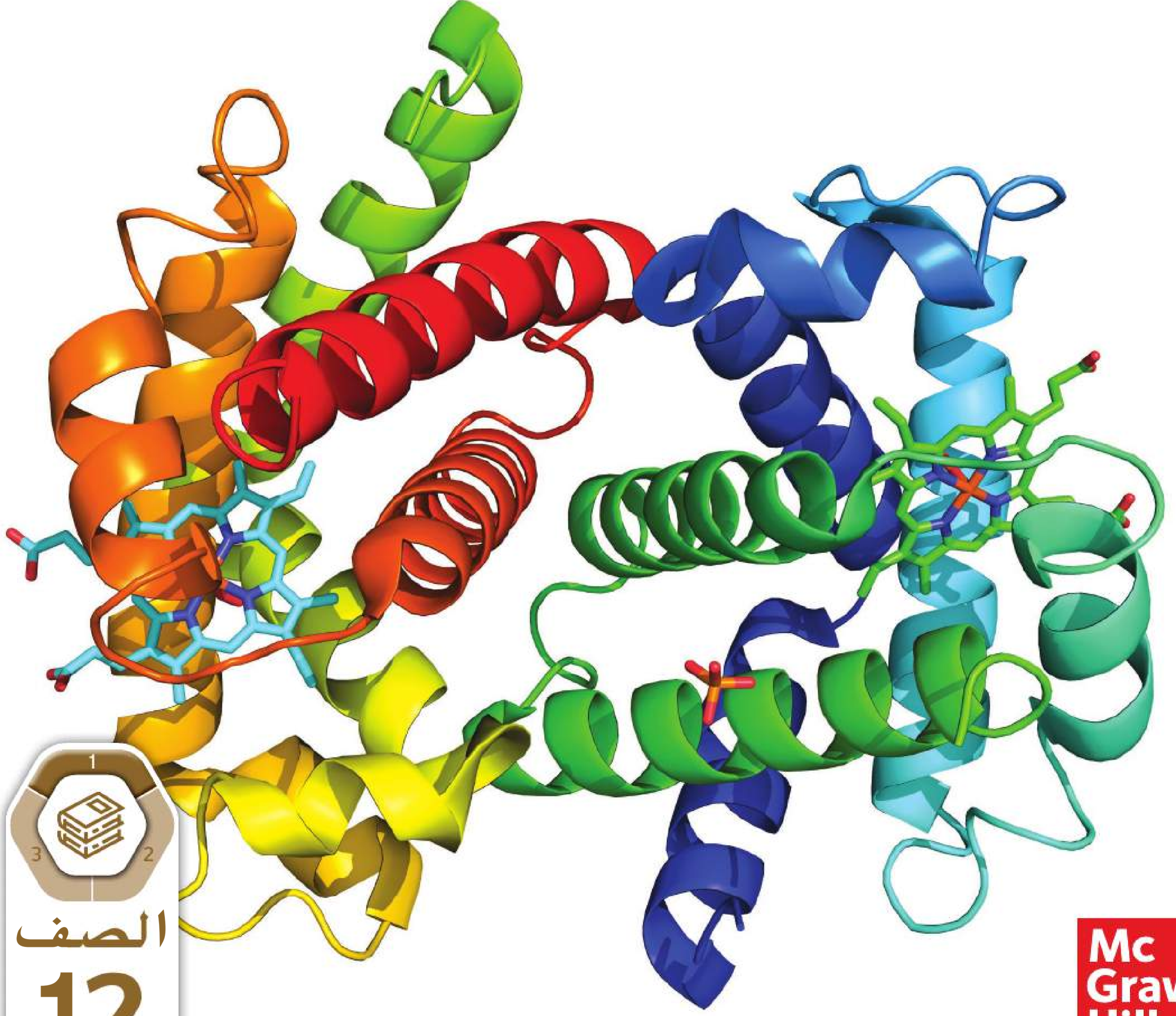


عام التسامح

2019-2020

# الأحياء

## نسخة الإمارات العربية المتحدة



Mc  
Graw  
Hill

McGraw-Hill Education

# الأحياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للسف 12 العام

مجلد 1





**صاحب السمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان  
رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة، حفظه الله**

”يجب التزوّد بالعلوم الحديثة والمعارف الواسعة، والإقبال عليها  
بروح عالية ورغبة صادقة؛ حتى تتمكن دولة الإمارات خلال  
الألفية الثالثة من تحقيق نقلة حضارية واسعة.“  
من أقوال صاحب السمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان



ينقسم كتابك إلى وحدات تنتظم حول موضوعات وأفكار رئيسة وأفكار أساسية عن الأحياء.

## دليل الطالب

المطويات.....xii

### الوحدة 1

2	الكيمياء في علم الأحياء.....
4	القسم 1 الذرات والعناصر والمركبات.....
10	تجربة مصفرة.....
12	القسم 2 التفاعلات الكيميائية.....
15	تجربة مصفرة.....
17	القسم 3 الماء والمحاليل.....
20	مساحة لتحليل البيانات.....
22	القسم 4 العناصر الأساسية اللازمة للحياة.....
25	مساحة لتحليل البيانات.....
29	تجربة في الأحياء.....

### الوحدة 2

36	علم الوراثة والتقنيات الحيوية.....
38	القسم 1 علم الوراثة التطبيقي.....
39	تجربة مصفرة.....
41	القسم 2 تكنولوجيا الحمض النووي.....
43	تجربة مصفرة.....
50	القسم 3 الجينوم البشري.....
54	مساحة لتحليل البيانات.....
59	تجربة في الأحياء.....

### الوحدة 3

.....	الجهاز الغشائي والهيكل العضلي.....
.....	القسم 1 الجهاز الغشائي.....
.....	تجربة مصفرة.....
.....	القسم 2 الجهاز الهيكل.....
.....	تجربة مصفرة.....
.....	القسم 3 الجهاز العضلي.....
.....	مساحة لتحليل البيانات.....
.....	تجربة في الأحياء.....

**الموضوعات** مفاهيم شاملة تستخدم في جميع أجزاء الكتاب تساعدك في الربط بين ما تتعلمه. وهي تساعدك في تمييز الروابط بين الأفكار والمفاهيم الرئيسية.

**الفكرة الرئيسية** تظهر في كل وحدة وتساعدك على التركيز على مواضيع محددة داخل الموضوعات. كما تنقسم الأفكار الرئيسية إلى أفكار رئيسة.

**الفكرة الرئيسية** تلتفت انتباهك إلى تفاصيل أكثر تحديداً عن علم الأحياء. وتعمل كل الأفكار الرئيسية الواردة في الوحدة على تعزيز الفكرة الرئيسية.

## الموضوعات

التغير

التنوع

الطاقة

الاتزان الداخلي

الاستقصاء العلمي

**الفكرة الرئيسية**

فكرة واحدة في كل وحدة

**الفكرة الرئيسية**

فكرة واحدة في كل قسم

موارد الطالب

**الكتيب المرجعي**.....RH-1  
RH-1..... تصنيف الممالك الست  
RH-5..... تصنيف فوق الممالك الثلاث  
RH-6..... أصول الكلمات العلمية في الإنجليزية  
RH-8..... الجدول الدوري للعناصر  
**رموز السلامة**.....SR-1

الوحدة 4

**الجهاز الهضمي وجهاز الغدد الصماء**.....  
القسم 1 الجهاز الهضمي.....  
..... تجربة مصفرة  
القسم 2 التغذية.....  
القسم 3 جهاز الغدد الصماء.....  
..... تجربة مصفرة  
..... تجربة في الأحياء

الوحدة 5

**التنوع الأحيائي والمحافظة عليه**.....  
القسم 1 التنوع الأحيائي.....  
القسم 2 التهديدات التي يواجهها التنوع الأحيائي.....  
القسم 3 المحافظة على التنوع الأحيائي.....

الوحدة 6

**علم بيئة الجماعات الأحيائية**.....  
القسم 1 ديناميكية الجماعة الأحيائية.....  
..... مساحة لتحليل البيانات  
القسم 2 السكان.....  
..... تجربة مصفرة  
..... تجربة في الأحياء









ليف كولاجين فردي  
صورة بالمجهر الإلكتروني  
الماسح، التكبير: غير متوفر

ألياف كولاجين متعددة  
صورة بالمجهر الإلكتروني  
الماسح، التكبير: 8000×

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

## الموضوع المحوري الطاقة

خلال كل تفاعل كيميائي، يحدث تغيّر في الطاقة.

**الفكرة الرئيسية** تُعتبر الذرات أساس الكيمياء الحيوية والعناصر الأساسية اللازمة لجميع الكائنات الحية.

- القسم 1 • الذرات والعناصر  
والمركّبات
- القسم 2 • التفاعلات الكيميائية
- القسم 3 • الماء والمحاليل
- القسم 4 • العناصر الأساسية اللازمة  
للحياة

الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء 3



## الذرات والعناصر والمركبات

**الفكرة الرئيسية** تتكوّن المادة من جسيمات صغيرة تُسمّى الذرات.

**الربط بالحياة اليومية** يعتقد الكثير من العلماء أن الكون بدأ بتمدد سريع ومفاجئ حدث منذ مليارات السنين. ويعتقدون أنّ العناصر الأساسية اللازمة التي تُكوّن التنوع المذهل للحياة الذي نراه اليوم كانت نتيجة هذا التمدد. ويختص علم الكيمياء بدراسة وحدات البناء هذه.

### الذرات

تختص الكيمياء بدراسة المادة وتركيبها وخواصها، والمادة هي شيء له كتلة ويشغل حيزاً من الفراغ. إضافةً إلى ذلك، تتكوّن جميع الكائنات الحية التي تدرسها في علم الأحياء من مادة. **الذرات** هي وحدات بناء المادة.

**الربط بالتاريخ** في القرن الخامس قبل الميلاد، كان الفيلسوفان

اليونانيان ليوسيبوس وديموقريطوس أول من اقترح فكرة أن المادة مكوّنة من جسيمات صغيرة غير قابلة للتجزئة. واستمر الأمر على ذلك حتى القرن السابع عشر عندما بدأ العلماء بجمع أدلة تجريبية لإثبات وجود الذرات. ومع تقدم التكنولوجيا خلال القرنين التاليين، لم يثبت العلماء وجود الذرات فحسب بل أثبتوا أيضاً أنها تتكوّن من جسيمات أصغر حجماً منها حتى.

**تركيب الذرة** الذرة متناهية الصغر حتى إنه يمكن دمج مليارات الذرات في رأس دبوس. لكن الذرات تتكوّن من جسيمات أكثر صغراً تسمى النيوترونات والبروتونات والإلكترونات كما هو مبين في الشكل 1. تتواجد النيوترونات والبروتونات في مركز الذرة المسمّى **النواة**، والبروتونات هي جسيمات موجبة الشحنة ( $p^+$ ). أما **النيوترونات** فهي جسيمات غير مشحونة ( $n^0$ ). والإلكترونات هي جسيمات سالبة الشحنة ( $e^-$ ) توجد خارج النواة، تدور باستمرار حول نواة الذرة في مستويات الطاقة. ينشأ التركيب الأساسي للذرة نتيجة الجذب بين البروتونات والإلكترونات، وتحتوي الذرات على عدد متساوٍ من البروتونات والإلكترونات، لذا تكون الشحنة الإجمالية للذرة صفراً.

### الأسئلة الرئيسية

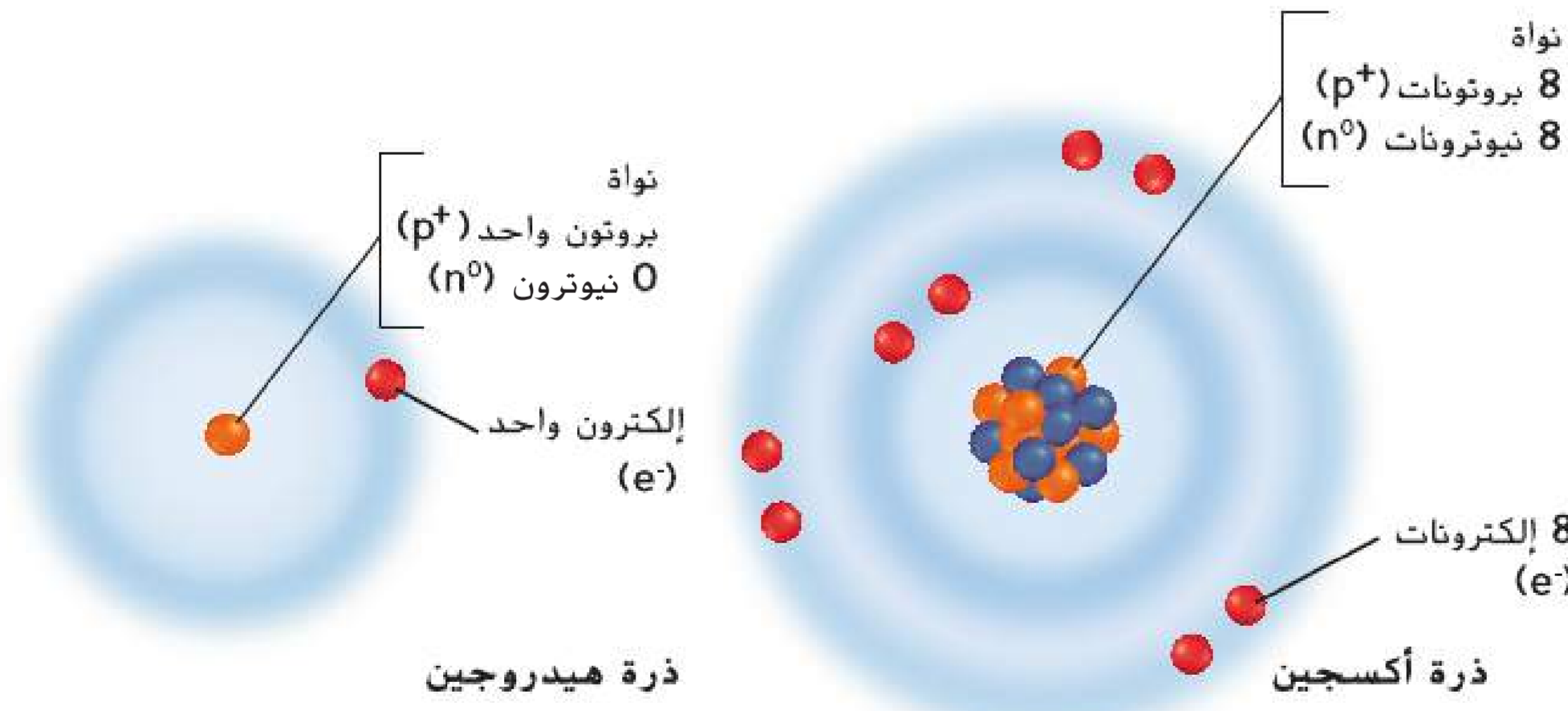
- ما المقصود بالذرات؟
- كيف يتم رسم الجسيمات التي تكوّن الذرات؟
- ما أوجه الشبه بين الروابط التساهمية والأيونية؟
- كيف يتم وصف قوى فاندرفال؟

### مفردات للمراجعة

المادة **substance**: أحد أشكال المادة ذات التركيب المنتظم الذي لا يتغير

### مفردات جديدة

atom	الذرة
nucleus	النواة
proton	البروتون
neutron	النيوترون
electron	الإلكترون
element	العنصر
isotope	النظير
compound	المركّب
covalent bond	الرابطة التساهمية
molecule	الجزيء
ion	الأيون
ionic bond	الرابطة الأيونية
van der Waals force	قوى فاندرفال



**الشكل 1** يحتوي الهيدروجين على بروتون واحد وإلكترون واحد، فيما يحتوي الأكسجين على ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات وثمانية إلكترونات. تدور الإلكترونات حول النواة في مستويين من مستويات الطاقة (تبدو كدوائر مظلمة بلون أكثر كثافة). **استدلّ** على شحنة الذرة إذا كان عدد الإلكترونات أكبر من البروتونات.

4 الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء

## الجدول الدوري للعناصر

1 Hydrogen 1 H 1.008	2 Helium 2 He 4.003											13 Boron 5 B 10.811	14 Carbon 6 C 12.011	15 Nitrogen 7 N 14.007	16 Oxygen 8 O 15.999	17 Fluorine 9 F 18.998	18 Neon 10 Ne 20.180		
3 Lithium 3 Li 6.941	4 Beryllium 4 Be 9.012											13 Aluminum 13 Al 26.982	14 Silicon 14 Si 28.086	15 Phosphorus 15 P 30.974	16 Sulfur 16 S 32.066	17 Chlorine 17 Cl 35.453	18 Argon 18 Ar 39.948		
11 Sodium 11 Na 22.990	12 Magnesium 12 Mg 24.305	3 Scandium 21 Sc 44.956	4 Titanium 22 Ti 47.867	5 Vanadium 23 V 50.942	6 Chromium 24 Cr 51.996	7 Manganese 25 Mn 54.938	8 Iron 26 Fe 55.847	9 Cobalt 27 Co 58.933	10 Nickel 28 Ni 58.693	11 Copper 29 Cu 63.546	12 Zinc 30 Zn 65.39	13 Gallium 31 Ga 69.723	14 Germanium 32 Ge 72.61	15 Arsenic 33 As 74.922	16 Selenium 34 Se 78.96	17 Bromine 35 Br 79.904	18 Krypton 36 Kr 83.80		
19 Potassium 19 K 39.098	20 Calcium 20 Ca 40.078	39 Yttrium 39 Y 88.906	40 Zirconium 40 Zr 91.224	41 Niobium 41 Nb 92.906	42 Molybdenum 42 Mo 95.94	43 Technetium 43 Tc (98)	44 Ruthenium 44 Ru 101.07	45 Rhodium 45 Rh 102.906	46 Palladium 46 Pd 106.42	47 Silver 47 Ag 107.868	48 Cadmium 48 Cd 112.411	49 Indium 49 In 114.82	50 Tin 50 Sn 118.710	51 Antimony 51 Sb 121.757	52 Tellurium 52 Te 127.60	53 Iodine 53 I 126.904	54 Xenon 54 Xe 131.290		
37 Rubidium 37 Rb 85.468	38 Strontium 38 Sr 87.62	55 Cesium 55 Cs 132.905	56 Barium 56 Ba 137.327	57 Lanthanum 57 La 138.905	72 Hafnium 72 Hf 178.49	73 Tantalum 73 Ta 180.948	74 Tungsten 74 W 183.84	75 Rhenium 75 Re 186.207	76 Osmium 76 Os 190.23	77 Iridium 77 Ir 192.217	78 Platinum 78 Pt 195.08	79 Gold 79 Au 196.967	80 Mercury 80 Hg 200.59	81 Thallium 81 Tl 204.383	82 Lead 82 Pb 207.2	83 Bismuth 83 Bi 208.980	84 Polonium 84 Po 209	85 Astatine 85 At 209	86 Radon 86 Rn 222.018
87 Francium 87 Fr (223)	88 Radium 88 Ra (226)	89 Actinium 89 Ac (227)	104 Rutherfordium 104 Rf (261)	105 Dubnium 105 Db (262)	106 Seaborgium 106 Sg (266)	107 Bohrium 107 Bh (264)	108 Hassium 108 Hs (277)	109 Meitnerium 109 Mt (268)	110 Darmstadtium 110 Ds (281)	111 Roentgenium 111 Rg (272)	112 Copernicium 112 Cn (285)	113 Ununtrium 113 Uut (284)	114 Flerovium 114 Fl (289)	115 Unpentium 115 Uup (288)	116 Livermorium 116 Lv (293)	117 Unseptium 117 Uus (294)	118 Unoctium 118 Uuo (294)		

الرقم المحاط بتوسين هو العدد الكلي للتظير الأطول عمرا للعنصر.

\* إن أسماء ورموز العناصر 113 و115 و117 و118 مؤقتة. وسيتم اختيار أسمائها النهائية عند التأكد من اكتشافها.

سلسلة اللانثيدات													
Cerium 58 Ce 140.115	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.242	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36	Europium 63 Eu 151.965	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.50	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
سلسلة الأكتينيدات													
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)	Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

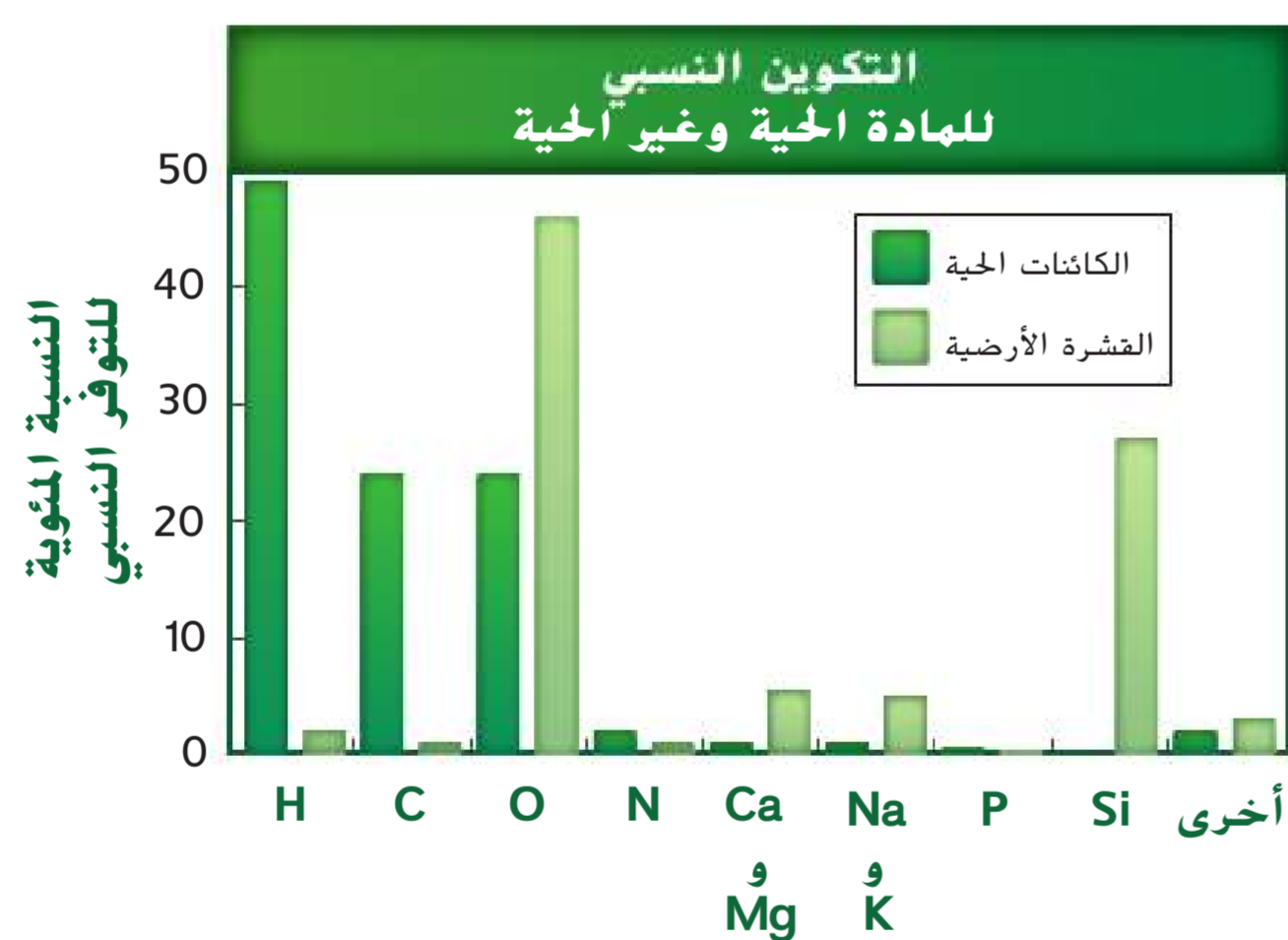
الشكل 2 ينظم الجدول الدوري للعناصر جميع العناصر المعروفة. راجع دليل الجدول الدوري لعلماء الأحياء في الغلاف الخلفي لهذا الكتاب صفحة RH-8.

## العناصر

**العنصر** مادة نقية لا يمكن تقسيمها إلى مواد أخرى بالوسائل الكيميائية أو الفيزيائية. تتكون العناصر من نوع واحد فقط من الذرات، ويوجد أكثر من 100 عنصر معروف منها 92 عنصرًا موجودًا بشكل طبيعي. لقد جمع العلماء معلومات كثيرة عن العناصر مثل عدد البروتونات والإلكترونات التي ينطوي عليها كل من العناصر والكتلة الذرية لكل منها. كما إن لكل عنصر اسمًا ورمزًا فريدين. وتم جمع كل هذه البيانات وغيرها في جدول منظم يُسمى الجدول الدوري للعناصر.

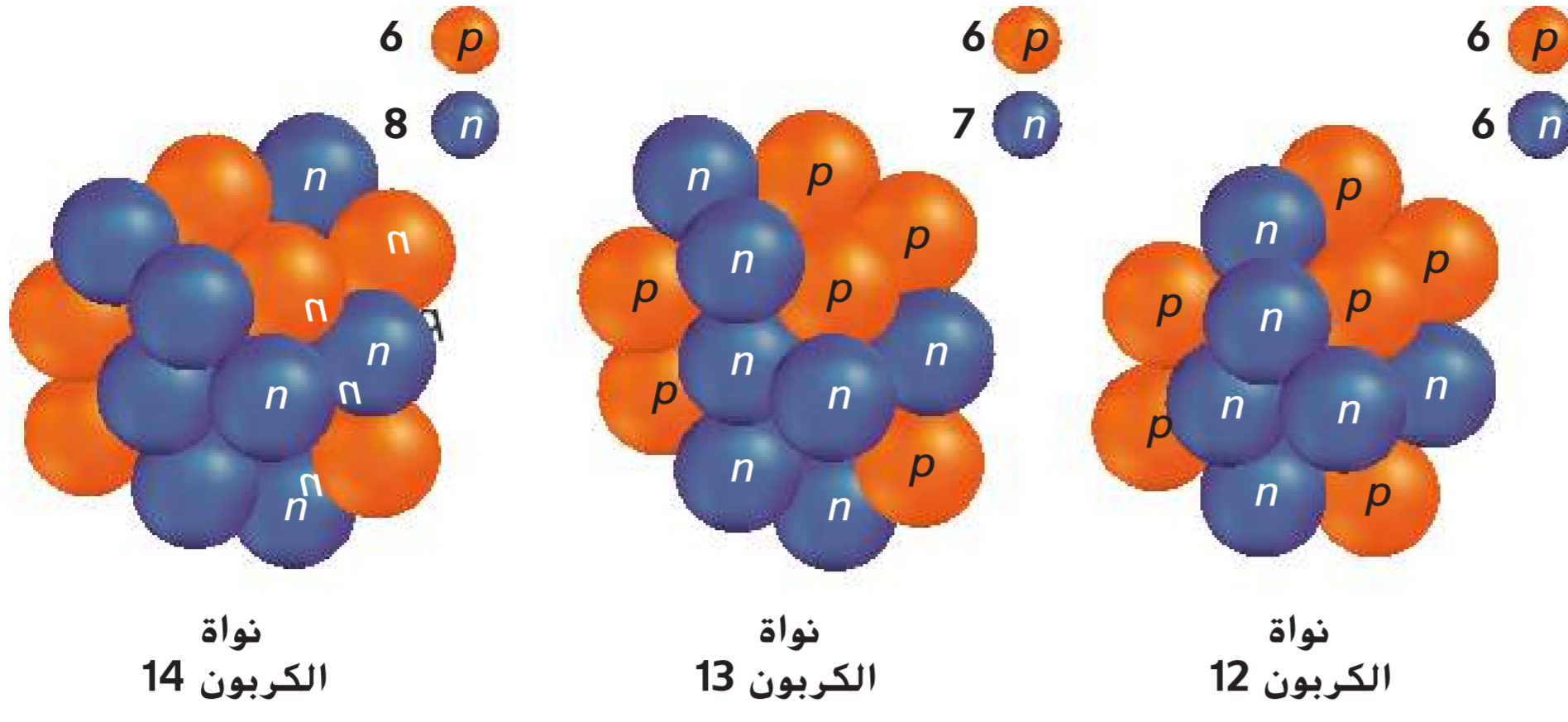
**الجدول الدوري للعناصر** كما يظهر في الشكل 2، فإن الجدول الدوري منظم في صفوف أفقية تُسمى دورات، ومن أعمدة رأسية تُسمى مجموعات. تمثل كل وحدة فردية في الشبكة عنصرًا. ويُسمى بالجدول الدوري لأن كل العناصر الموجودة في المجموعة نفسها لها خواص كيميائية وفيزيائية متشابهة. كما يسمح هذا التنظيم للعلماء بتوقع العناصر التي لم تُكتشف أو لم يتم عزلها بعد. وكما هو مبين في الشكل 3، تتواجد عناصر الكائنات الحية أيضًا في القشرة الأرضية.

الشكل 3 تختلف عناصر القشرة الأرضية والكائنات الحية من حيث وفرتها. إذ تتكون الكائنات الحية بشكل أساسي من ثلاثة عناصر هي: الكربون والهيدروجين والأكسجين. فسر أي من عناصر الكائنات الحية هو الأكثر وفرة.



القسم 1 • الذرات والعناصر والمركبات 5



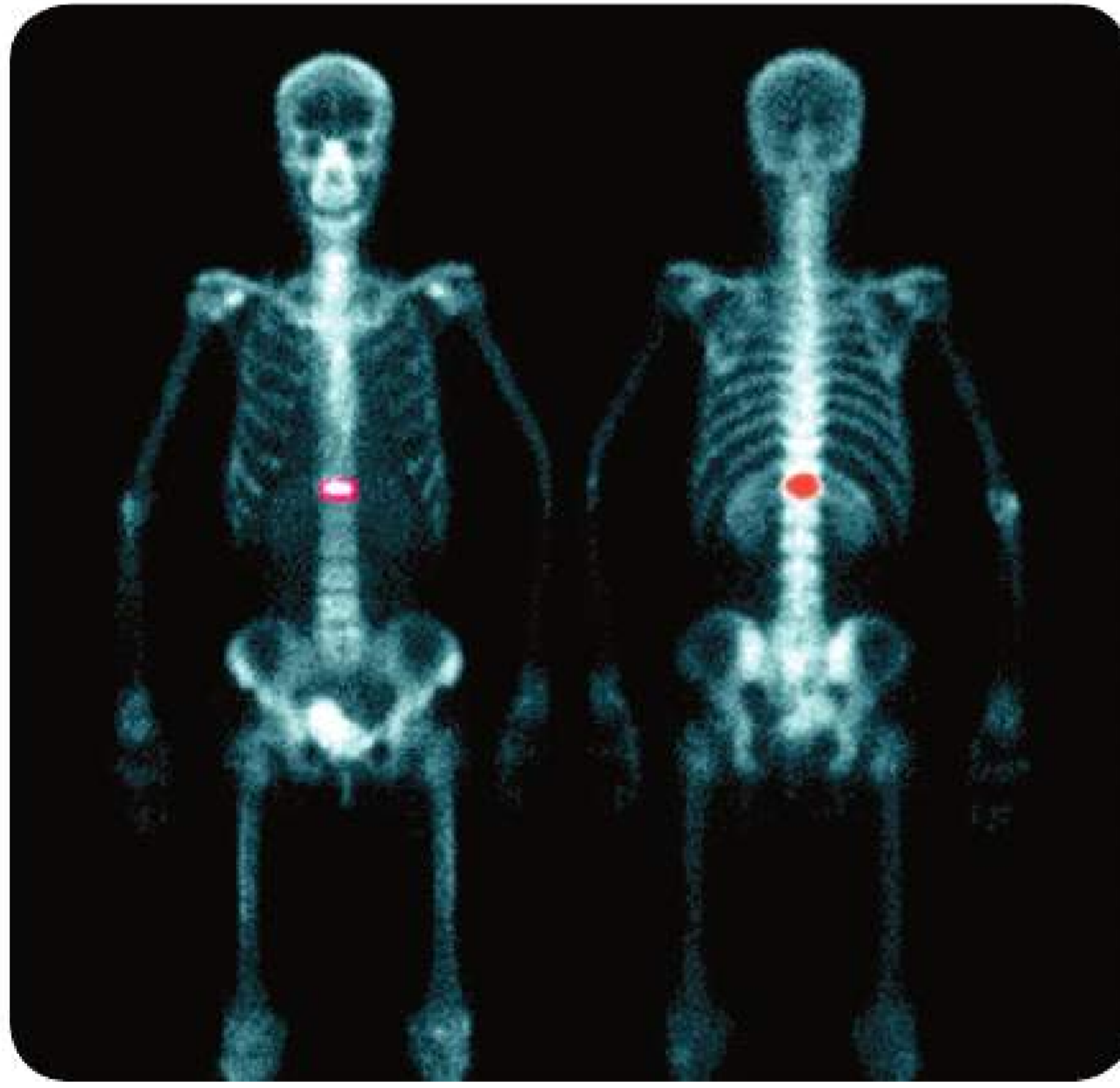


**النظائر** على الرغم من أن ذرات العنصر نفسه تحتوي على العدد نفسه من البروتونات والإلكترونات إلا أن عدد النيوترونات مختلف في ما بينها، كما هو مبين في الشكل 4. إن ذرات عنصر ما التي تختلف من حيث عدد النيوترونات فيها تسمى **النظائر**. يتم تحديد نظائر العنصر عن طريق جمع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة. على سبيل المثال، يحتوي شكل الكربون الأكثر وفرة، الكربون-12، على ستة بروتونات وستة نيوترونات في النواة. أحد نظائر الكربون وهو الكربون-14 يحتوي على ستة بروتونات وثمانية نيوترونات. يكون لنظائر العناصر الخصائص الكيميائية نفسها.

**النظائر المشعة** لا يؤدي تغير عدد النيوترونات في الذرة إلى تغير إجمالي شحنة الذرة. لكن تغير عدد النيوترونات يمكن أن يؤثر في استقرار النواة، ففي بعض الحالات يؤدي إلى تحلل النواة أو انقسامها. وعند انقسام النواة، تُطلق إشعاعًا يمكن اكتشافه. وتسمى النظائر التي تطلق إشعاعًا نظائر مشعة. يُعدّ الكربون 14 نظيرًا مشعًا يوجد في جميع الكائنات الحية. ويحدد العلماء عمر النصف أو الوقت المُستغرق حتى يتكسّر نصف الكربون 14. ومن ثمّ يمكنهم حساب عمر جسم ما عن طريق معرفة مقدار الكربون 14 المتبقي في العينة. وتوجد نظائر مشعة أخرى لها استخدامات طبية كما هو مبين في الشكل 5.

✓ **التأكد من فهم النص** اذكر الفرق بين النظر والنظير المشع.

■ **الشكل 5** تُستخدم النظائر المشعة لمساعدة الأطباء في تشخيص المرض وتحديد مواقع بعض أنواع السرطان وعلاجها.



6 الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء





ملح الطعام هو المركب كلوريد صوديوم NaCl.



تعتمد عروض الألعاب النارية المبهرة على مركبات مثل فلز السترونتيوم.



الأراضي الرطبة هي مصدر الكائنات الحية المكوّنة من مركبات معقدة ومركب الميثان البسيط (CH<sub>4</sub>).

■ الشكل 6 أنت والعالم من حولك مكوّنان من مركّبات.

■ الشكل 7 تؤدّي عملية التحليل الكهربائي للماء إلى إنتاج غاز الهيدروجين الذي يمكن استخدامه في خلايا وقود الهيدروجين.



القسم 1 • الذرات والعناصر والمركّبات 7

## المركّبات

يمكن أن تتحد العناصر لتكوين مواد أكثر تعقيدًا. والمركّب هو مادة نقية تتكوّن عندما يتحد عنصران مختلفان أو أكثر. ثمة ملايين من المركّبات المعروفة ويتم اكتشاف الآلاف سنويًا. ويبين الشكل 6 بعضًا منها. لكل مركّب صيغة كيميائية تتكوّن من الرموز الكيميائية من الجدول الدوري. ربما تعرف أن الماء هو المركّب H<sub>2</sub>O، وأن كلوريد الصوديوم (NaCl) هو المركّب الشائعة تسميته ملح الطعام. وأن الوقود الذي يُستخدَم في السيارات عبارة عن خليط من مركّبات الهيدروكربون. الجدير بالذكر أنّ الهيدروكربونات تحتوي على ذرات هيدروجين و كربون فقط، كما أنّ الميثان (CH<sub>4</sub>) هو أبسط هيدروكربون. أما البكتريا الموجودة في مناطق معيّنة مثل الأراضي الرطبة المبيّنة في الشكل 6، فهي تُطلق 76% من الانتاج العالمي للميثان من المصادر الطبيعية عن طريق تحلل النباتات والكائنات الحية الأخرى، وهي تتكوّن أيضًا من مركّبات.

للمركّبات العديد من الخصائص الفريدة. أولاً، هي تتكوّن دائمًا من مجموعة معينة من العناصر بنسب ثابتة. فمثلًا يتكوّن الماء دائمًا بنسبة ذرتي هيدروجين إلى ذرة أكسجين واحدة، ولكل جزيء ماء التركيب نفسه. ثانيًا، تختلف المركّبات كيميائيًا وفيزيائيًا عن العناصر المكوّنة لها. فعلى سبيل المثال، تختلف خصائص الماء عن خصائص كل من الهيدروجين والأكسجين.

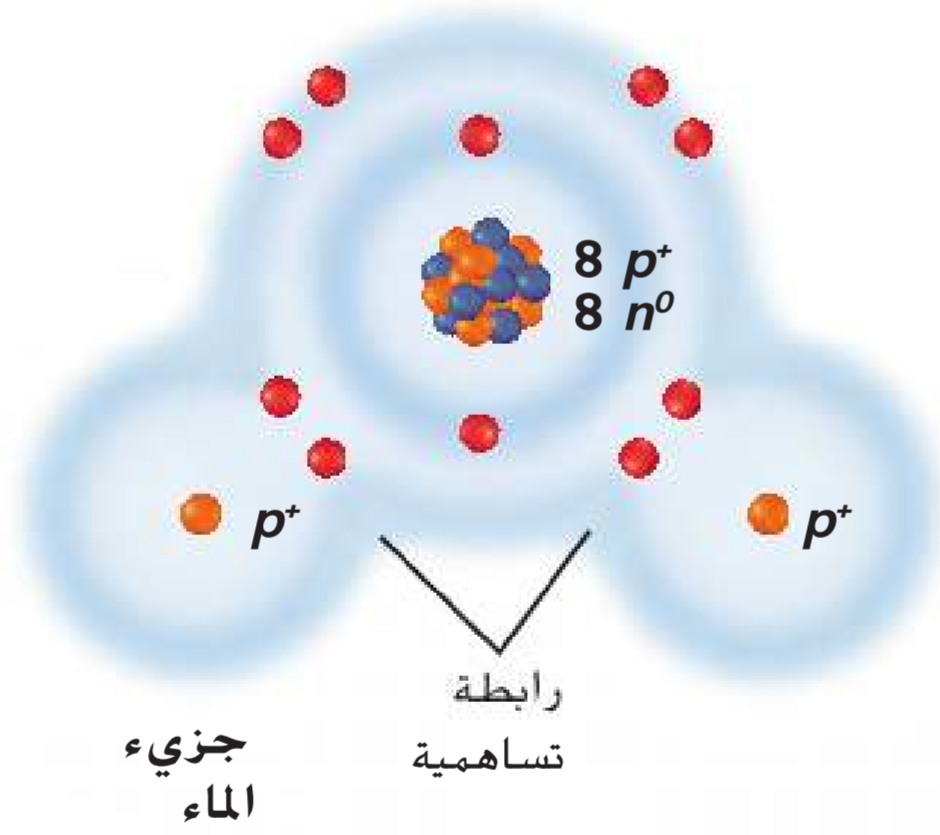
من الخصائص الأخرى للمركّبات عدم إمكانية تكسيرها إلى مركّبات أو عناصر أكثر بساطة بالطرق الفيزيائية مثل التفكيك والسحق. لكن يمكن تكسيرها بالطرق الكيميائية إلى مركّبات أبسط أو إلى عناصرها الأصلية. فكّر في مثال الماء مرة أخرى. لا يمكنك تمرير الماء عبر مرشح وفصل الهيدروجين عن الأكسجين. لكن يمكن لعملية تُسمّى التحليل الكهربائي، المبيّنة في الشكل 7، تكسير الماء إلى غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين.

## الروابط الكيميائية

تتكوّن المركّبات مثل الماء والملح والميثان عند اتحاد مادتين أو أكثر. وتُسمّى القوة التي تربط المواد ببعضها **رابطة كيميائية**. فكّر مرة أخرى في البروتونات والنيوترونات والإلكترونات التي تكوّن الذرة. تحدّد النواة الهوية الكيميائية للذرة، فيما تُعتبَر الإلكترونات عاملاً أساسياً في تكوين الروابط الكيميائية. تدور الإلكترونات حول نواة الذرة في مناطق تُسمّى مستويات الطاقة، كما هو مبين في **الشكل 8**. إن لكل مستوى من مستويات الطاقة قدرة على استيعاب عدد محدد من الإلكترونات، في وقت محدد. فبإمكان مستوى الطاقة الأول، وهو المستوى الأكثر قرباً إلى النواة، استيعاب إلكترونين، في حين بإمكان المستوى الثاني استيعاب ثمانية إلكترونات. لا يكون لمستوى الطاقة الممتلئ درجة الاستقرار نفسها التي لمستوى الطاقة الفارغ أو المملوء كلياً. تصبح الذرات أكثر استقراراً عند فقدان إلكترونات أو جذب إلكترونات من ذرات أخرى. بالتالي، يؤدي هذا إلى تكوّن روابط كيميائية بين الذرات، ويؤدي تكوّن هذه الروابط إلى تخزين الطاقة، فيما يؤدي تكسيرها إلى توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو والتطور والتكيف والتكاثر في الكائنات الحية. تجدر الإشارة إلى وجود نوعين أساسيين من الروابط الكيميائية وهما الروابط التساهمية والروابط الأيونية.

**الروابط التساهمية** إنك على الأرجح قد تعلمت المشاركة حين كنت صغيراً. بمعنى أنه إذا كنت تملك كتاباً يريد صديقك قراءته أيضاً، فستستمتعان بقصته معاً. بهذه الطريقة، تستفيدان كلاكما من الكتاب. وبالمثل، يتكوّن أحد أنواع الروابط الكيميائية عندما تتشارك الذرات في الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية.

تُسمّى الرابطة الكيميائية التي تتكوّن عند مشاركة الإلكترونات **بالرابطة التساهمية**. ويبين **الشكل 9** الروابط التساهمية بين الأكسجين والهيدروجين التي تكوّن الماء. فتحتوي كل ذرة هيدروجين (H) على إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجي ويحتوي الأكسجين (O) على ست إلكترونات. ونظراً إلى أنّ مستوى الطاقة الخارجي للأكسجين هو المستوى الثاني الذي يمكنه استيعاب ما لا يزيد عن ثمانية إلكترونات، يميل الأكسجين بقوة إلى ملء مستوى الطاقة من خلال مشاركة إلكترونات من ذرتي الهيدروجين المجاورتين. ولا يتنازل الهيدروجين عن الإلكترونات تماماً لكن يميل بقوة إلى مشاركة الإلكترونات مع الأكسجين لملء مستوى الطاقة الخارجي. فتتشكّل رابطتان تساهميتان تؤديان إلى تكوّن الماء. لمعظم مركّبات الكائنات الحية روابط تساهمية تربط في ما بينها. إن الماء والمواد الأخرى التي لها روابط تساهمية تُسمّى جزيئات. **والجزيء** هو مركّب ترتبط فيه الذرات بعضها ببعض بروابط تساهمية. قد تكون الروابط التساهمية أحادية أو ثنائية أو ثلاثية تبعاً لعدد أزواج الإلكترونات المتشاركة، كما هو مبين في **الشكل 10**.

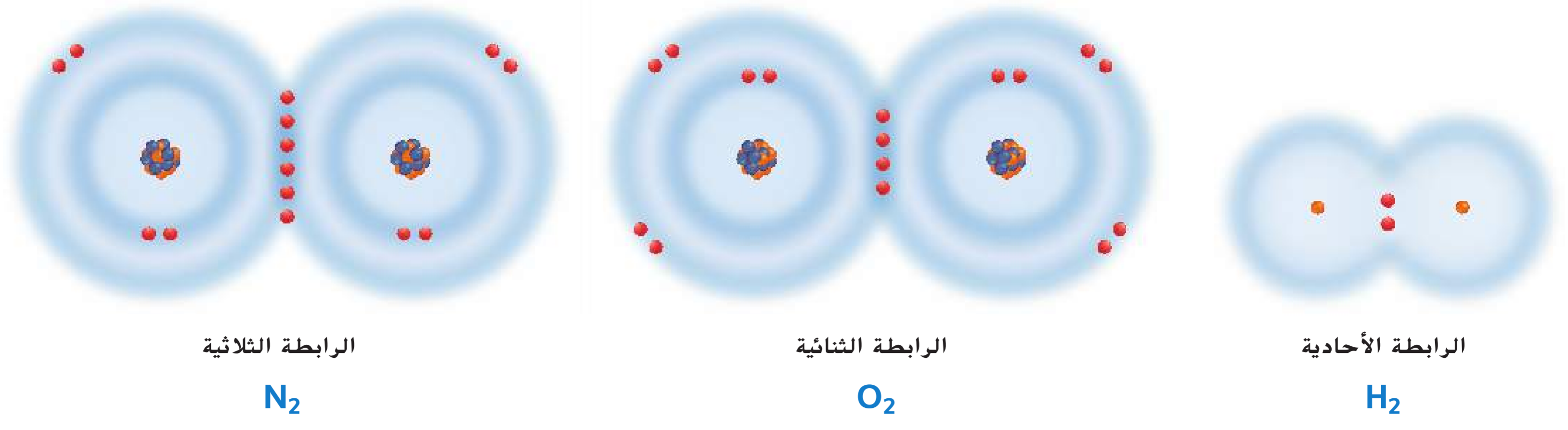


■ **الشكل 8** تتحرك الإلكترونات بانتظام داخل مستويات الطاقة المحيطة بالنواة.

■ **الشكل 9** في الماء (H<sub>2</sub>O)، تتشارك كل ذرة من ذرتي الهيدروجين بإلكترون واحد مع ذرة الأكسجين. ونظراً إلى أنّ ذرة الأكسجين تحتاج إلى إلكترونين لملء مستوى الطاقة الخارجي، فإنها تكوّن رابطتين تساهميتين، رابطة مع كل ذرة هيدروجين.

8 الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء



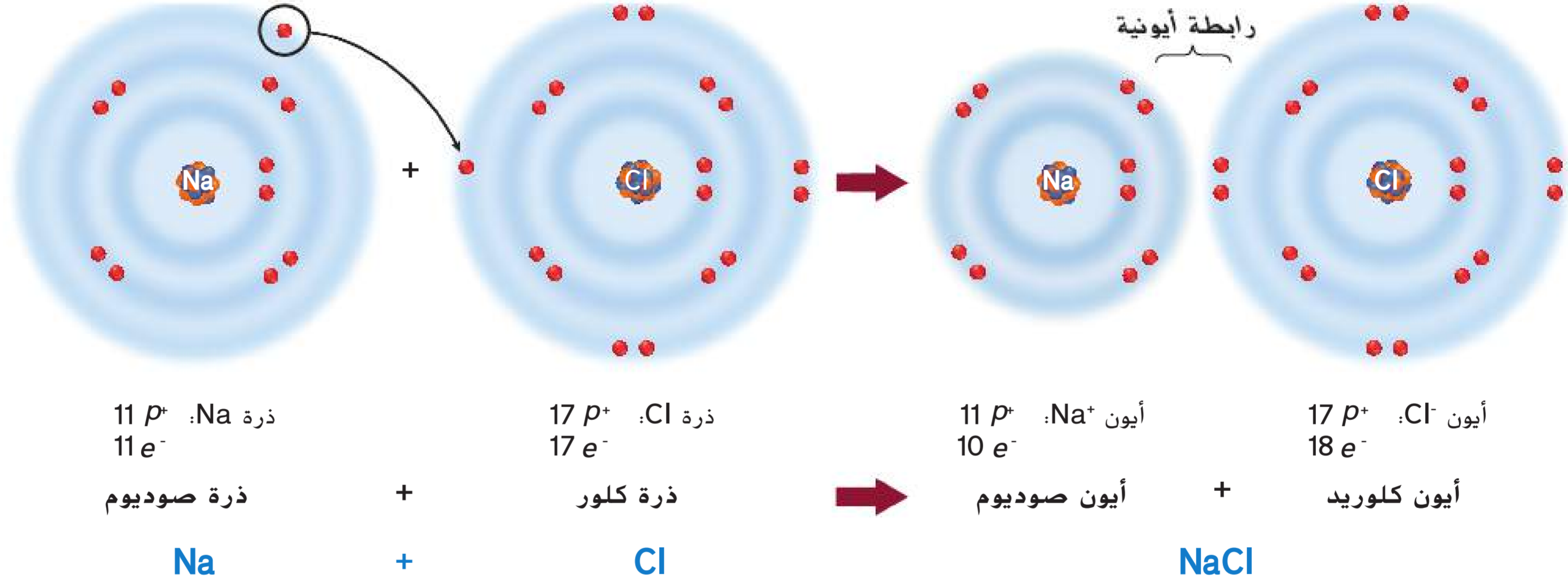


■ **الشكل 10** تتم في الرابطة الأحادية مشاركة زوج واحد من الإلكترونات وتتم في الرابطة الثنائية مشاركة زوجين وتتم في الرابطة الثلاثية مشاركة ثلاثة أزواج.

**الروابط الأيونية** تذكّر أن الذرات متعادلة وغير مشحونة كهربائياً. تذكّر أيضاً أنه لكي تصل الذرة إلى أقصى درجات الاستقرار، يجب أن يكون مستوى الطاقة الخارجي إما فارغاً أو ممتلئاً كلياً. وتميل بعض الذرات إلى فقد (منح) الإلكترونات أو اكتسابها لإفراغ مستوى الطاقة الخارجي أو ملئه لكي تصبح مستقرة. وتتحول الذرة التي فقدت إلكترونًا واحدًا أو أكثر أو اكتسبته إلى **أيون** وتصبح مشحونة كهربائياً. فعلى سبيل المثال، لذرة الصوديوم إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجي. ويمكن أن تصبح أكثر استقرارًا في حال فقدت هذا الإلكترون فيصبح بالتالي مستوى الطاقة الخارجي فارغاً. وعند فقد هذه الشحنة السالبة، تتحول ذرة الصوديوم المتعادلة إلى أيون صوديوم موجب الشحنة ( $\text{Na}^+$ ). وبالمثل، تحتوي ذرة الكلور على سبعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي وهي تحتاج إلى إلكترون واحد فقط لملئه. عندما يقبل الكلور إلكترونًا من ذرة مانحة مثل الصوديوم، يتحول الكلور إلى أيون سالب الشحنة ( $\text{Cl}^-$ ).

**الرابطة الأيونية** هي تجاذب كهربائي بين ذرتين أو مجموعتي ذرات مختلفة الشحنة تُسمى أيونات. ويبين **الشكل 11** كيفية تكوّن الرابطة الأيونية نتيجة التجاذب الكهربائي بين  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  لتكوين  $\text{NaCl}$  (كلوريد الصوديوم). ويُطلق على المواد التي تتكوّن بسبب الروابط الأيونية اسم مركّبات أيونية. من الأيونات الموجودة في الكائنات الحية نذكر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والكلوريد والكربونات، وهي تساعد في الحفاظ على الاتزان الداخلي عند انتقالها إلى داخل الخلية وخارجها. بالإضافة إلى ذلك، تساعد الأيونات في نقل الإشارات بين الخلايا مما يتيح لك الرؤية والتذوق والسمع والإحساس والشم.

■ **الشكل 11** لتكوين الأيونات، يمنح الصوديوم إلكترونًا ويكتسب الكلور إلكترونًا. وتتكوّن رابطة أيونية عندما يتقارب أيونان مختلفا الشحنة.



القسم 1 • الذرات والعناصر والمركّبات 9



تميل بعض الذرات إلى منح إلكترونات أو اكتسابها بسهولة أكبر من غيرها. راجع الجدول الدوري للعناصر في الجزء الداخلي للغلاف الخلفي لهذا الكتاب. تميل العناصر المحددة على أنها فلزات إلى منح الإلكترونات، في حين تميل العناصر المحددة على أنها لافلزات إلى قبول الإلكترونات. ويكون للمركبات الأيونية الناتجة خصائص فريدة. فعلى سبيل المثال يذوب معظمها في الماء. عندما تذوب المركبات الأيونية في محلول تتكسر إلى أيونات ويمكن أن تنقل هذه الأيونات تياراً كهربائياً. وتكون معظم المركبات الأيونية، مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) بلورية الشكل في درجة حرارة الغرفة. وتكون درجات انصهار المركبات الأيونية بشكل عام أعلى من درجات انصهار المركبات الجزيئية المتكوّنة عن طريق الروابط التساهمية.

#### الربط علوم الأرض

على الرغم من أن معظم المركبات الأيونية تكون صلبة عند درجة حرارة الغرفة، تكون المركبات الأيونية الأخرى سائلة عند درجة حرارة الغرفة. وتتكوّن السوائل الأيونية، مثل نظيراتها الصلبة، من أيونات موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة. فضلاً عن ذلك، تتمتع السوائل الأيونية بفوائد مهمة في تطبيقات الحياة اليومية لأنها تعتبر مذيبيات آمنة وصديقة للبيئة يمكن أن تحل محل المذيبيات الضارة الأخرى. والخاصية الأساسية في المذيبيات السائلة الأيونية هي أنها لا تتبخر ولا تطلق المواد الكيميائية في الغلاف الجوي. إنّ معظم السوائل الأيونية آمنة في التعامل والتخزين ويمكن إعادة تدويرها بعد الاستخدام. لهذه الأسباب، تكون السوائل الأيونية جذابة للصناعات المراعية للبيئة.

التأكد من فهم النص  قارن بين السوائل والمواد الصلبة الأيونية.

**المفردات**  
**أصل الكلمة**  
**الذرة atom**  
مشتقة من الكلمة اليونانية *atomos*، وتعني لا يتجزأ

## تجربة مصفرة 1

### اختبار اكتشاف وجود السكريات البسيطة

ما الأطعمة الشائعة التي تحتوي على الجلوكوز؟ الجلوكوز هو سكر بسيط يمد الخلايا بالطاقة. في هذه التجربة، ستستخدم كاشفاً يُسمّى محلول بندكت (Benedict)، يدل على وجود مجموعات -CHO (الكربون، الهيدروجين، الأكسجين). ويبدل تغير اللون على وجود الجلوكوز والسكريات البسيطة الأخرى في الأطعمة الشائعة.

#### الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أنشئ جدول بيانات على أن تكون عناوين الأعمدة هي: المادة الغذائية وتوقع وجود السكر، الملاحظات والنتائج.
3. اختر أربع مواد طعام من بين تلك التي يقدمها المعلم. اقرأ ملصقات الأطعمة وتوقع وجود السكر البسيط في كل طعام. وسجّل توقعك.
4. جهّز وعاء الماء ساخن درجة حرارته بين 40°C-50°C مستخدماً سخاناً كهربائياً وإناء سعته 1000 mL.
5. قم بتسمية أنابيب الاختبار الأربعة. وأحضّر مخباراً مدرّجاً. أضف 10 mL من المواد الغذائية المختلفة إلى كل أنبوب اختبار. ثم أضف 10 mL من الماء المقطّر. وحرك برفق للمزج.
6. أضف 5 mL من محلول بندكت (Benedict) إلى كل أنبوب. واستخدم عصا تحريك نظيفة لمزج المحتويات.
7. باستخدام حوامل أنابيب الاختبار، قم بتدفئة أنابيب الاختبار في وعاء الماء الساخن لمدة دقيقتين إلى ثلاث دقائق. وسجّل الملاحظات والنتائج.

#### التحليل

1. فسّر البيانات هل يحتوي أي من الأطعمة على سكريات بسيطة؟ اشرح ذلك.
2. التفكير الناقد هل يمكن أن تكون نتيجة اختبار غذاء مكتوب عليه "خالٍ من السكر" إيجابية باستخدام محلول بندكت (Benedict) كمؤشر؟ اشرح ذلك.

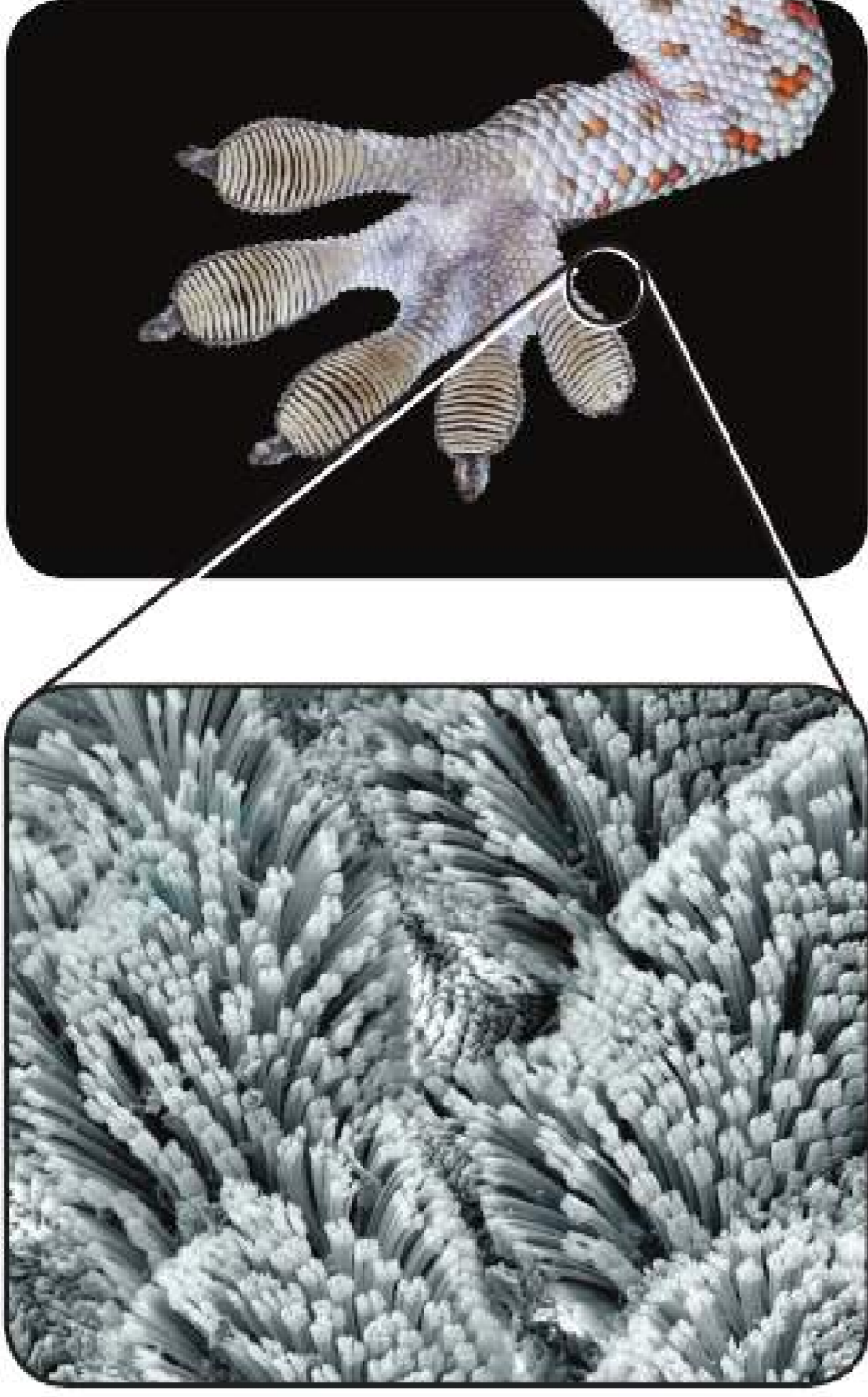
## قوى فاندرفال

سبق وتعلّمت أن الأيونات الموجبة والأيونات السالبة تتكوّن بناء على قدرة الذرة على جذب الإلكترونات. فإذا كانت قوة جذب نواة الذرة للإلكترون ضعيفة، فإنها ستمنح الإلكترون الذي لديها للذرة ذات قوة الجذب الأقوى. وبالمثل، فإن عناصر الرابطة التساهمية لا تجذب الإلكترونات بالتساوي. تذكّر أيضًا أن الإلكترونات في الجزيء تتحرك عشوائيًا حول الأنوية، وقد تؤدي حركتها هذه إلى توزيع غير متساوٍ لسحابة الإلكترونات حول الجزيء، مما يكوّن مناطق مؤقتة ذات شحنات موجبة وسالبة.

عندما تقترب الجزيئات بعضها من بعض، تؤدي قوى الجذب بين المناطق السالبة والموجبة الشحنة هذه إلى سحب الجزيئات وربطها معًا. وتُسمّى قوى الجذب هذه بين الجزيئات باسم **قوى فاندرفال**، تيمناً بعالم الفيزياء الهولندي يوهانس فاندرفال، الذي كان أول من وصف هذه الظاهرة. تعتمد قوة الجذب على حجم الجزيء، شكله وقدرته على جذب الإلكترونات. وعلى الرغم من أن قوى فاندرفال ليست بقوة الروابط التساهمية والأيونية، إلا أنها تلعب دورًا مهمًا في العمليات الحيوية.

أوضح العلماء أن أبو بريص يمكنه تسلق الأسطح الناعمة بسبب قوى فاندرفال بين ذرات التراكيب التي تشبه الشعر في أصابع قدمه، والذرات على الأسطح التي يتسلقها كما هو مبين في الشكل 12.

**قوى فاندرفال في الماء** فكّر كيف تعمل قوى فاندرفال في مادة شائعة كالماء. تنجذب المناطق ذات الشحنات الموجبة والسالبة المنخفضة حول جزيء الماء إلى الشحنة المضادة على جزيئات الماء الأخرى القريبة. وتعمل هذه القوى على ربط جزيئات الماء معًا. من دون قوى فاندرفال، لن تتكوّن جزيئات الماء قطرات ولن تتكوّن القطرات سطح ماء، ومن المهم إدراك أن قوى فاندرفال هي قوى الجذب بين جزيئات الماء وليست القوى بين الذرات التي يتكوّن منها الماء.



صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح، التكبير:  $\times 240$

■ **الشكل 12** لدى أبو بريص ملايين الشعرات المجهرية في أسفل القدم ويكون طولها ضعف عرض شعرة من شعر الإنسان. وينقسم كل منها إلى 1000 حشوة أصغر.

## القسم 1 مراجعة

### ملخص القسم

- العناصر هي مواد نقية مكوّنة من نوع واحد فقط من الذرات.
- إنّ النظائر هي أشكال للعنصر نفسه لها عدد نيوترونات مختلف.
- إنّ المركّبات هي مواد لها خصائص فريدة تتكوّن عند اتحاد العناصر.
- يمكن للعناصر أن تتكوّن روابط تساهمية وأيونية.

### فهم الأفكار الرئيسية

- بمعنى الرئيسية** أنشئ رسمًا يحتوي الصوديوم على 11 بروتونًا و 11 نيوترونًا في نواته. ارسم ذرة صوديوم، ولا تنس تسمية الجسيمات.
  - علّل** ما إذا كان أول أكسيد الكربون (CO) ذرة.
  - اشرح هل كلّ المركّبات جزيئات؟ أجب مع التعليل.
  - قارن** بين قوى فاندرفال والروابط الأيونية والروابط التساهمية.
- التفكير الناقد**
- اشرح طريقة تأثير عدد الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة في تكوّن الرابطة.

### الرياضيات في علم الأحياء

- يحتوي البريليوم على أربعة بروتونات في نواته. كم عدد النيوترونات في البريليوم-9؟ اشرح طريقة حساب إجابتك.



## التفاعلات الكيميائية

## الأسئلة الرئيسية

- ما أجزاء التفاعل الكيميائي؟
- كيف ترتبط تغيرات الطاقة بالتفاعلات الكيميائية؟
- ما أهمية الإنزيمات في الكائنات الحية؟

## مفردات للمراجعة

العملية **process**: سلسلة من الخطوات أو الإجراءات تعطي ناتجاً نهائياً

## مفردات جديدة

chemical reaction	التفاعل الكيميائي
reactant	المتفاعل
product	الناتج
activation energy	طاقة التنشيط
catalyst	الحقّاز
enzyme	الإنزيم
substrate	المادة المتفاعلة مع الإنزيم
active site	الموقع النشط

**العبرة الرئيسية** تسمح التفاعلات الكيميائية للكائنات الحية بالنمو والتطور والتكاثر والتكيف.

**الربط بالحياة اليومية** عندما تتمدد في المساء، قد تظن أن جسمك في حالة استرخاء كامل. لكنه في الحقيقة ما زال يهضم الطعام الذي تناولته طوال اليوم ويشفي الجرح الذي كان في مرفقك وينمّي العضلات والعظام. فكلّ الأشياء التي تحدث داخل جسمك هي نتيجة لتفاعلات كيميائية.

## المتفاعلات والنواتج

تكون السيارة الجديدة المطلية بالكروم اللامع وذات المظهر النظيف جذابة للعديد من السائقين. لكن مع مرور الوقت، قد تصدأ هذه السيارة وتفقد بريقها. والصدأ هو نتيجة تغير كيميائي يُسمّى تفاعلاً كيميائياً و**التفاعل الكيميائي** هو عملية تتخذ خلالها الذرات أو مجموعات الذرات الموجودة في المواد ترتيباً جديداً يتسبب في تحوّل هذه المواد إلى مواد مختلفة. تتكسر الروابط الكيميائية وتتكوّن خلال التفاعلات الكيميائية. فالصدأ الذي يغطي السلسلة في **الشكل 13** هو مركّب يُسمّى أكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ ) تكوّن عندما تفاعل الأكسجين ( $O_2$ ) الموجود في الهواء مع الحديد ( $Fe$ ).

من المهم معرفة أنّ المواد قد تطرأ عليها تغيّرات لا تنطوي على تفاعلات كيميائية. على سبيل المثال، فكّر في الماء الظاهر في **الشكل 13**، حيث يمر الماء بتغير فيزيائي. يؤدي التغير الفيزيائي إلى تغيير في شكل المادة وليس في تركيبها. فالماء يظل ماءً قبل التغير وبعده.

كيف تعرف بحدوث تفاعل كيميائي؟ على الرغم من أنّك قد لا تكون على دراية بكلّ التفاعلات التي تحدث داخل جسمك، إلا أنك تعلم أنّ سطح السلسلة في **الشكل 13** قد تغيّر. فالجسم الذي كان فضياً ولامعاً أصبح الآن باهتاً وبنيّاً مائلاً إلى البرتقالي. ومن الأدلة الأخرى على حدوث تفاعل كيميائي إنتاج حرارة أو ضوء وتكوّن غاز جديد أو سائل جديد أو مادة صلبة جديدة.

■ **الشكل 13** بعد التغير الناتج عن التفاعل الكيميائي، مثل الصدأ، تتكوّن مادة جديدة. وأثناء التغير الفيزيائي، مثل انصهار الثلج أو غليان الماء، لا يتغير التركيب الكيميائي للماء.



تغيّر فيزيائي



تغيّر كيميائي





■ الشكل 14 تتضمن العملية التي تمّ جسمك بالطاقة تفاعل الجلوكوز مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء.

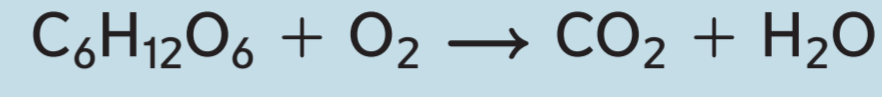
**المعادلات الكيميائية** عند كتابة العلماء للتفاعلات الكيميائية، يعبرون عن كل مكون من مكونات التفاعل في معادلة كيميائية. ففي المعادلات الكيميائية المكتوبة، تصف الصيغ الكيميائية المواد المتفاعلة مع أسهم تشير إلى عملية التغير.

**المتفاعلات والمنتجات** تظهر المعادلة الكيميائية **المتفاعلات**، أي المواد الكيميائية التي يبدأ التفاعل بها، على يسار السهم، وتظهر **النواتج**، أي المواد الكيميائية المتكوّنة أثناء التفاعل، على يمين السهم. وعند قراءة المعادلة نقول عوضاً عن السهم: "يعطي" أو "يتفاعل ليكوّن".

يتفاعل ليكوّن  
النواتج → المتفاعلات

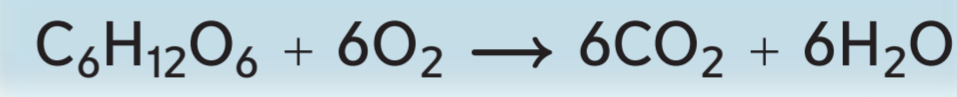
يمكن كتابة المعادلة الكيميائية التالية لوصف التفاعل الذي يوفر الطاقة للاعبي الكرة الطائرة في الشكل 14.

**النواتج المتفاعلات**



يتفاعل الجلوكوز مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون والماء.

**المعادلات المتوازنة** في التفاعلات الكيميائية، لا يمكن استحداث مادة أو إفناؤها. يُطلق على هذا المبدأ اسم **قانون حفظ الكتلة**. لذا يجب أن تُظهر جميع المعادلات الكيميائية هذا التوازن في الكتلة، ما يعني أنّ عدد ذرات كل عنصر في المتفاعلات يجب أن يكون مساوياً لعدد ذرات العنصر نفسه في النواتج. وتُستخدم المعادلات لضمان تساوي عدد الذرات لكل عنصر في الطرفين.



لكل عنصر، اضرب المعامل في الرمز السفلي. ترى في هذا المثال أنّه يوجد ست ذرات كربون واثنيتي عشرة ذرة هيدروجين وثمانية عشرة ذرة أكسجين على كل من طرفي السهم. وتؤكد المعادلة تساوي عدد الذرات في كل من الطرفين وبالتالي تكون المعادلة متوازنة.

✓ **التأكد من فهم النص** اشرح لماذا يجب أن تكون المعادلات الكيميائية متوازنة.

## طاقة التفاعلات

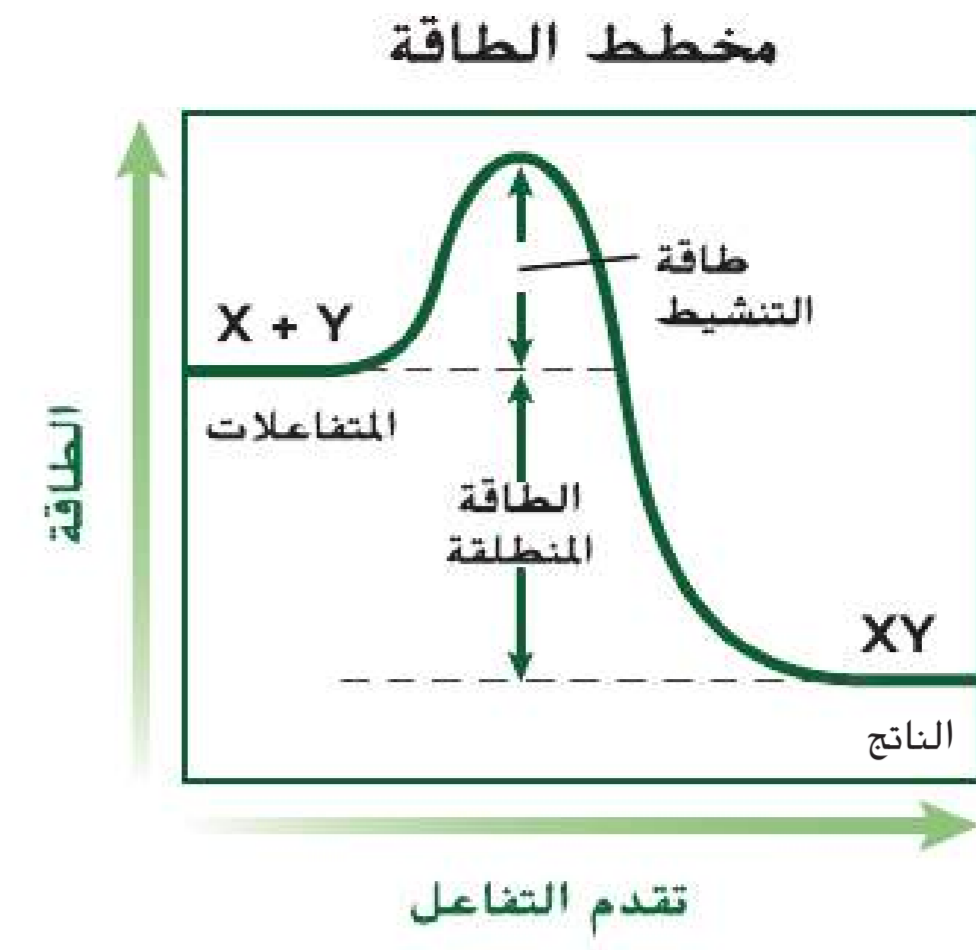
**الربط بالفيزياء** يتكوّن كعك السكر من دقيق وسكر ومكونات أخرى تُخلط معاً، لكنها لا تتحول إلى كعك إلى أن تُخبز. شيء ما يجب أن يُطلق هذا التحول من عجيب إلى كعك. إن مفتاح بدء التفاعل الكيميائي هو الطاقة. التفاعلات الكيميائية التي تحول العجين إلى كعك مصدرها الطاقة الحرارية. وبالمثل، فإن معظم المركّبات الموجودة في الكائنات الحية لا يمكنها أن تتحول بواسطة التفاعلات الكيميائية من دون مصدر للطاقة.

### المفردات

#### مفردات أكاديمية

#### المعامل coefficient

هو العدد الذي يكتب أمام المتفاعلات أو النواتج في المعادلة الكيميائية 6 في  $6\text{Fe}_2\text{O}_3$  هو مُعامل.



■ الشكل 15 يوفر لهب عود الثقاب طاقة التنشيط، وهي مقدار الطاقة اللازم لبدء التفاعل. ويطلق التفاعل طاقة حرارية وضوئية.

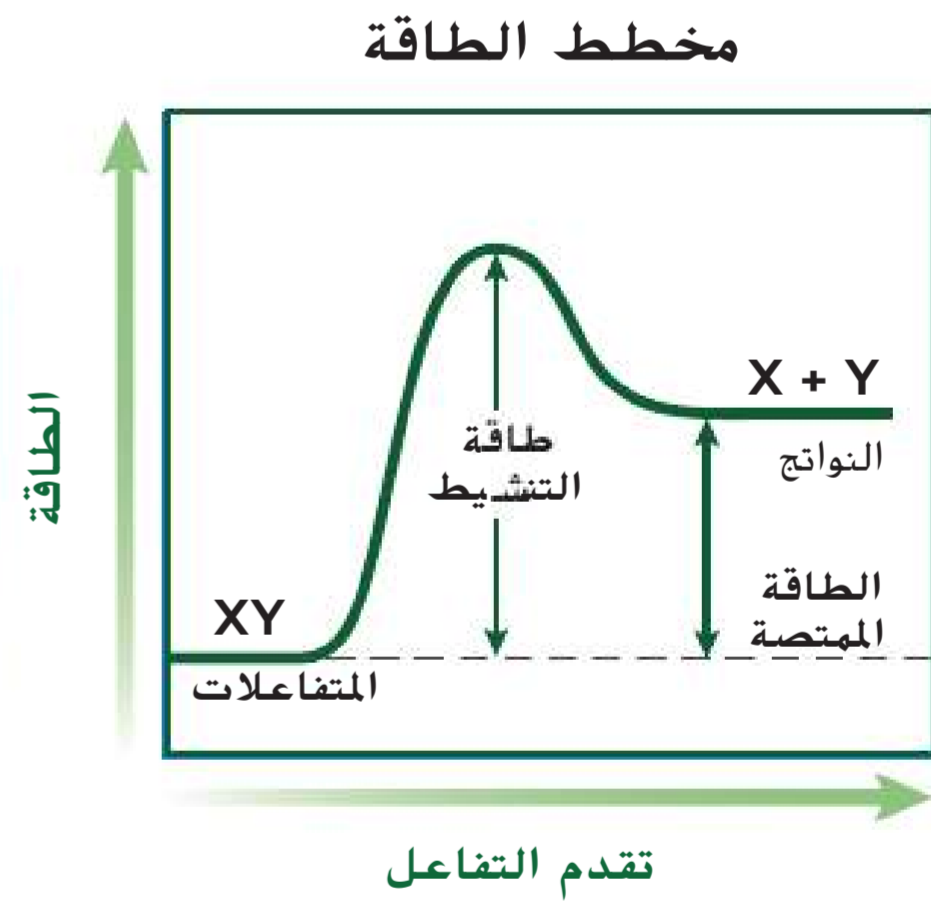
**طاقة التنشيط** يُطلق هذا التعريف على الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لكي تكوّن المتفاعلات نواتج في تفاعل كيميائي اسم **طاقة التنشيط**. على سبيل المثال، أنت تعلم أن الشمعة لن تحترق حتى تُشعل فتيلها، أي إن اللهب يوفر طاقة التنشيط لتفاعل المواد الكيميائية في فتيل الشمعة مع الأكسجين. في هذه الحالة، بمجرد بدء التفاعل، لا يعود بحاجة إلى المزيد من الطاقة وتستمر الشمعة في الاحتراق من تلقاء نفسها. يبيّن التمثيل البياني في الشكل 15 أنّ طاقة التنشيط أساسية لبدء التفاعل لكي تكوّن المتفاعلات X و Y الناتج XY. يلزم وجود طاقة لبدء التفاعل. وتُمثل قمة التمثيل البياني مقدار الطاقة الذي يجب إضافته إلى النظام لكي لإطلاق التفاعل. تجدر الإشارة إلى أنّ بعض التفاعلات نادراً ما تحدث لأنها تحتاج إلى مقدار كبير للغاية من طاقة التنشيط.

**تغير الطاقة في التفاعلات الكيميائية** قارن بين كيفية تغير الطاقة أثناء التفاعل المبين في التمثيل البياني في الشكل 15 والتفاعل المبين في التمثيل البياني في الشكل 16. يحتاج التفاعل إلى طاقة تنشيط كي ينطلقا. لكن في التفاعل المبين في الشكل 15، يكون للناتج طاقة أقل مما للمتفاعلات، فهو تفاعل طارد للحرارة، أي يطلق الطاقة على شكل طاقة حرارية. في حين أن التفاعل المبين في التمثيل البياني في الشكل 16 هو ماص للحرارة، أي يحدث فيه امتصاص لطاقة حرارية، ويكون للناتج طاقة أكبر مما للمتفاعلات. في كل تفاعل كيميائي، يحدث تغير في الطاقة نتيجة تكوّن الروابط الكيميائية أو تكسرها أثناء تكوين المتفاعلات من النواتج. تحاول التفاعلات الطاردة للحرارة للحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية عند حوالي 37°C.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



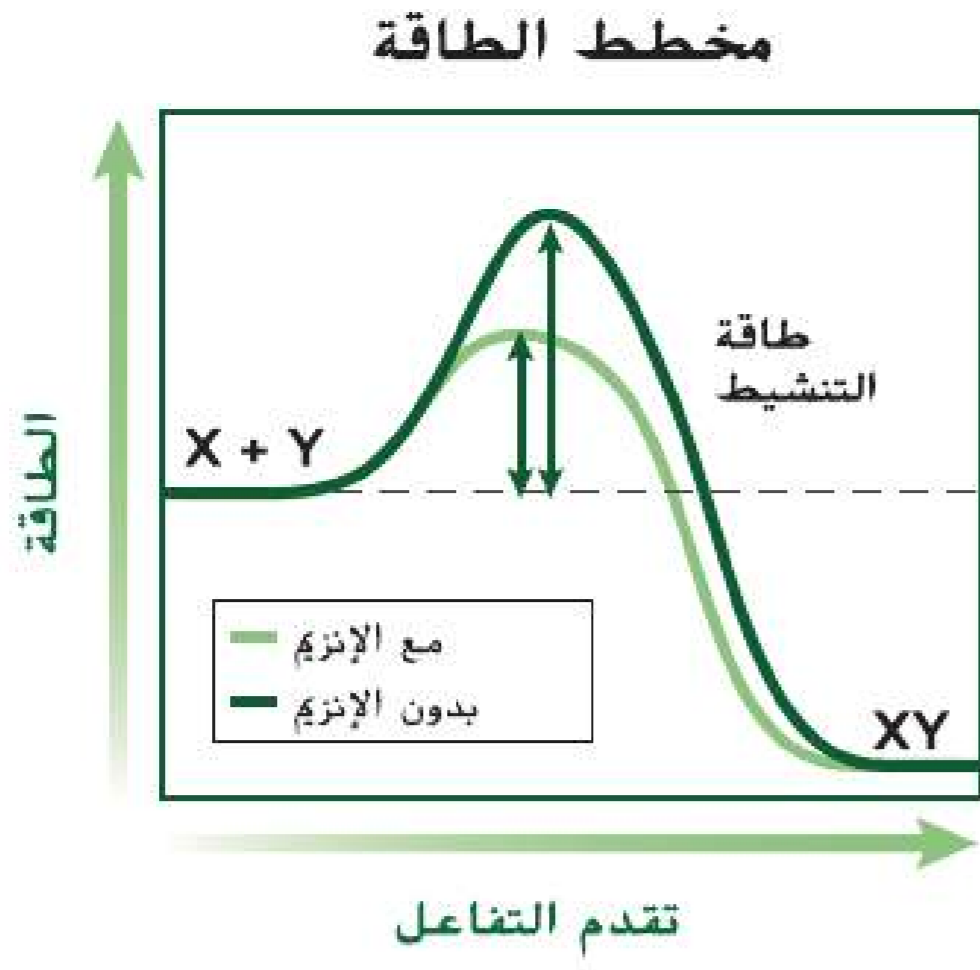
■ الشكل 16 في التفاعل الماص للحرارة، تكون طاقة النواتج أكبر من طاقة المتفاعلات.



14 الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء



## الإنزيمات



■ الشكل 17 عندما يعمل الإنزيم حفازًا حيويًا، يحدث التفاعل بسرعة بحيث تستفيد منه الخلايا. **قارن** بين طاقة تنشيط التفاعل بدون وجود الإنزيم وطاقة تنشيطه مع وجود الإنزيم.

إن الكائنات الحية تُعتَبَر مصانع كيميائية تحركها تفاعلات كيميائية. لكن حدوث هذه التفاعلات الكيميائية يكون بطيئًا للغاية عند تنفيذها في المختبر لأن مقدار طاقة التنشيط اللازم لها يكون كبيرًا. لكي تكون هذه التفاعلات الكيميائية مفيدة للكائنات الحية، يلزم وجود مواد إضافية أخرى في مكان حدوثها لتقلل من مقدار طاقة التنشيط اللازمة ولتسمح بتقدم التفاعل بسرعة.

**الحفّاز** مادة تقلل من مقدار طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي. وعلى الرغم من أهمية الحفّاز في تسريع التفاعل الكيميائي، إلا أنه لا يعمل على زيادة مقدار الناتج، ولا يُستهلك في التفاعل. ويستخدم العلماء أنواعًا كثيرة من الحفّازات لكي تحدث التفاعلات بشكل أسرع آلاف المرات مما لو حدثت من دونها. تُعدّ بروتينات خاصة تُسمّى **الإنزيمات** حفّازات حيوية تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية في العمليات الحيوية، فالإنزيمات ضرورية للحياة. قارن بين تقدم التفاعل المبين في التمثيل البياني في الشكل 17 لمعرفة تأثير الإنزيم في التفاعل الكيميائي. والإنزيم كأى حفّاز لا يُستهلك في التفاعل الكيميائي ويمكن استخدامه مرة أخرى بعد مساهمته في أي تفاعل كيميائي.

إن اسم الإنزيم يصف ما يقوم به. على سبيل المثال، الأميليز إنزيم مهم موجود في اللعاب. إن هضم الطعام يبدأ في الفم عندما يعمل الأميليز على تسريع تحليل الأميلوز. أحد مكوّنات النشا. وكما هو حال الأميليز، فإن معظم الإنزيمات يختص كل منها بتفاعل واحد.

## تجربة مصفرة 2

### دراسة الاسمرار الإنزيمي

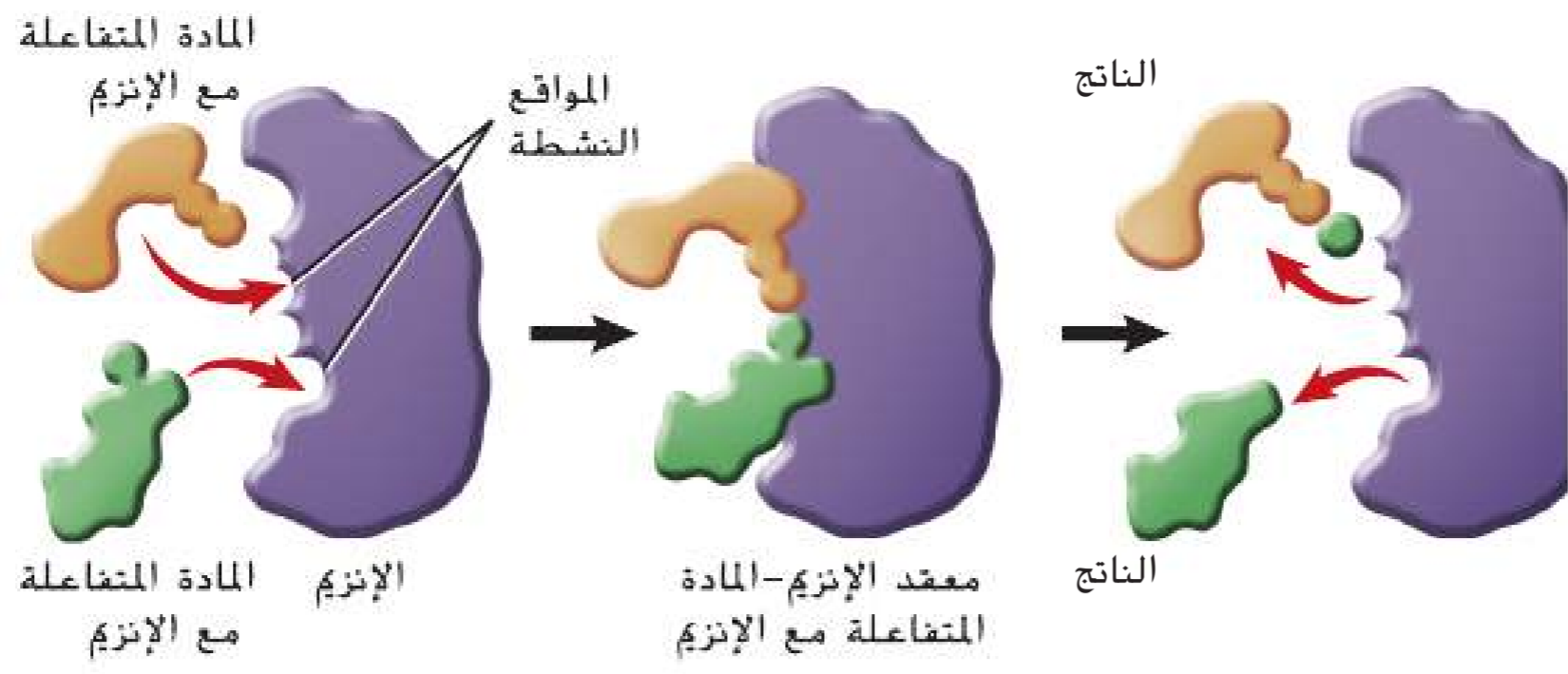
ما العوامل التي تؤثر في الاسمرار الإنزيمي؟ عند تقطيع التفاح، يتعرض نسيجه للين للأكسجين مما يؤدي إلى حدوث تفاعل كيميائي يُسمّى الأكسدة. وتؤدي الإنزيمات الموجودة في التفاح إلى تسريع هذا التفاعل، مما ينتج عنه اسمرار الثمرة وتغير لونها. في هذه التجربة، ستتقضى الطرائق المستخدمة لإبطاء الاسمرار الإنزيمي.

#### الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. توقّع المقدار النسبي لتغير لون كل قطعة تفاح مما يلي عند تعرضها للهواء. برّر توقعاتك.  
العينة 1: قطعة تفاح غير معالجة  
العينة 2: قطعة تفاح غُمّرت في مياه مغلّبة  
العينة 3: قطعة تفاح غُمّرت في عصير ليمون  
العينة 4: قطعة تفاح غُمّرت في محلول سكري
3. جهّز 75 mL من كل مما يلي: مياه مغلّبة وعصير ليمون ومحلول سكري في ثلاثة إناءات سعتهـا 250 mL.
4. قطع تفاحة إلى أربع قطع. استخدم الملقط فورًا لغمر كل قطعة في سائل مختلف. ضع إحدى القطع جانبًا.
5. اغمر القطع لمدة ثلاث دقائق ثم ضعها على منشفة ورقية بحيث تكون القشرة في الأسفل. راقبها لمدة 10 دقائق ثم سجّل المقدار النسبي لتغير لون كل قطعة تفاح.

#### التحليل

1. حلل طريقة تأثير كل معالجة في التفاعل الكيميائي الذي حدث في النسيج اللين لثمرة الفاكهة. لم كانت بعض المعالجات ناجحة؟
2. فكّر بشكل ناقد في العوامل التي قد يراعيها صاحب مطعم يريد تقديم فاكهة مقطّعة حديثًا عند اختيار الوصفة وطريقة التحضير.



■ الشكل 18 تتفاعل المادة المتفاعلة مع الإنزيم في مواقع محددة تُسمى المواقع النشطة. لا يرتبط بالموقع النشط في الإنزيم إلا مادة ذات شكل محدد.

اتبع الشكل 18 لمعرفة طريقة عمل الإنزيم. إن المتفاعلات التي ترتبط بالإنزيم تُسمى **المواد المتفاعلة مع الإنزيم**. أما الموقع المحدد الذي ترتبط فيه المادة المتفاعلة مع الإنزيم فيسمى **الموقع النشط**. لشكل كل من الموقع النشط والمادة المتفاعلة مع الإنزيم شكلين متكاملين يتحان لهما التفاعل بطريقة دقيقة شبيهة بطريقة الجمع بين قطع الأحاجي. وكما هو مبين في الشكل 18، يرتبط الإنزيم بالمادة المتفاعلة التي لها نفس حجم الموقع النشط وشكله. ما إن ترتبط المادة المتفاعلة بالموقع النشط، يتغير شكل الموقع النشط ويكون معدن الإنزيم-المادة المتفاعلة مع الإنزيم. هذا المعدن يساعد في تكسير الروابط الكيميائية في المتفاعلات وتكوين روابط جديدة، فيمكن القول إن المواد المتفاعلة مع الإنزيم تتفاعل لتكوين النواتج. ثم يُطلق الإنزيم تلك النواتج. بعض العوامل مثل الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة والمواد الأخرى تؤثر في نشاط الإنزيم. فعلى سبيل المثال، تكون معظم الإنزيمات الموجودة في خلايا الإنسان في أقصى نشاط لها عند درجة حرارة مثالية قريبة من 37°C. لكن الإنزيمات في كائنات حية أخرى مثل البكتيريا تكون نشطة عند درجات حرارة أخرى. تؤثر الإنزيمات في الكثير من العمليات الحيوية. فعندما تلدغ أفعى سامة إنساناً، تحلل الإنزيمات الموجودة في السم أنسجة خلايا الدم الحمراء لدى الإنسان. كما إن التفاح الأخضر الصلب ينضج نتيجة نشاط الإنزيمات، ويوفر كل من عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي الطاقة للخلية بمساعدة الإنزيمات. وتماً كما النحلة العاملة مهمة في بقاء خلية النحل، فإن الإنزيم هي العامل الكيميائي في الخلايا.

### المطويات

ضمّن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

## القسم 2 مراجعة

### ملخص القسم

- في المعادلات الكيميائية الموزونة، يجب أن يكون عدد ذرات كل من العناصر متساوياً في كلا الطرفين.
- إن طاقة التنشيط الطاقة هي اللازمة لبدء أي تفاعل.
- إنّ الحفّازات هي مواد تغيّر التفاعلات الكيميائية.
- إنّ الإنزيمات هي حفّازات حيوية.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. **العبرة الرئيسية** حدد أجزاء هذا التفاعل الكيميائي:  $A+B \rightarrow AB$ .
2. ارسم تمثيلاً لتغيرات الطاقة التي يمكن أن تحدث في تفاعل كيميائي.
3. اشرح سبب ضرورة التساوي بين عدد ذرات المتفاعلات وعدد ذرات النواتج.
4. صف أهمية الإنزيمات للكائنات الحية.

### التفكير الناقد

5. **الرياضيات في علم الأحياء** بالنسبة إلى التفاعل الكيميائي التالي، اذكر أسماء المتفاعلات والنواتج ثم زن المعادلة الكيميائية:  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
6. **الكتابة في علم الأحياء** ارسم تمثيلاً لعربة أفعوانية واكتب فقرة تظهر الرابط بين ركوبها وطاقة التنشيط والتفاعل الكيميائي.



## الماء والمحاليل

### الأسئلة الرئيسية

- كيف يجعل تركيب الماء منها مذيبيًا جيدًا؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين المحاليل والمعلقات؟
- ما أوجه الاختلاف بين الأحماض والقواعد؟

### مفردات للمراجعة

**الخاصية الفيزيائية physical property:** سمة في المادة مثل اللون أو درجة الذوبان يمكن ملاحظتها أو قياسها من دون أي تغيير في تركيب المادة

### مفردات جديدة

polar molecule	الجزء القطبي
hydrogen bond	الرابطة الهيدروجينية
mixture	الخليط
solution	المحلول
solvent	المذيب
solute	المذاب
acid	الحمض
base	القاعدة
pH	الرقم الهيدروجيني
buffer	المنظم

**الفترة الرئيسية** إن خصائص الماء تجعله مناسبًا تمامًا للحفاظ على الاتزان الداخلي في الكائن الحي.

**الربط بالحياة اليومية** الأزرق هو اللون الأساسي الذي يكسو الكرة الأرضية، ويعود سبب ذلك إلى أنّ المياه تغطي حوالي 70% من سطح الأرض. لنفترض الآن أننا قمنا بتكبير خلية من كائن حي على سطح الأرض، سنرى أن نسبة المياه تساوي حوالي 70% من كتلة الخلية. لهذا يعدّ الماء أحد أهم الجزيئات لاستمرار الحياة.

## قطبية الماء

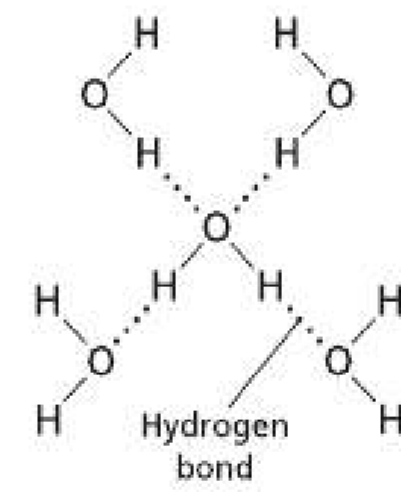
تبيّن لك سابقًا في هذه الوحدة أن جزيئات الماء تتكون بواسطة روابط تساهمية تربط ذرتي هيدروجين (H) بذرة أكسجين (O). ونظرًا إلى أنّ الإلكترونات أكثر إنجذابًا إلى نواة ذرة الأكسجين، فإنها لا تنقسم بالتساوي في الرابطة التساهمية. وفي الماء، تبقى الإلكترونات بالقرب من نواة ذرة الأكسجين مدة أطول من بقائها بالقرب من نواة كل من ذرتي الهيدروجين. يبيّن الشكل 19 التوزيع غير المتساوي للإلكترونات في جزيء الماء، ويؤدي هذا، إلى جانب الشكل المنحني لجزيئات الماء، إلى أن تكون شحنة طرف الأكسجين في الجزيء سالبة نسبيًا وشحنة طرف الهيدروجين في الجزيء موجبة نسبيًا. فتُسمى الجزيئات التي تتوزّع فيها الشحنات بشكل غير متساوٍ **جزيئات قطبية**، ما يعني أنّ فيها مناطق ذات شحنات متعاكسة.

إنّ القطبية هي خاصية وجود قطبين أو طرفين متعاكسين. فالمغناطيس لديه قطبية، إذ له قطب شمالي وآخر جنوبي يجذبان عند تقريبيهما من بعضهما البعض. عند تقريب الطرفين بعضهما من بعض فإنهما يجذبان. بالمثل، عندما تقترب منطقة مشحونة في جزيء قطبي من منطقة ذات شحنة معاكسة في جزيء قطبي آخر، يحدث تجاذب كهروسكوني ضعيف. يُسمى التجاذب الكهروسكوني في الماء **رابطة هيدروجينية** وهي عبارة عن تفاعل ضعيف بين ذرة هيدروجين من جهة وذرة فلور أو أكسجين أو نيتروجين من جهة ثانية. وتعتبر الرابطة الهيدروجينية نوعًا قويًا من قوى فاندرفال. ويبيّن الشكل 20 القطبية وغيرها من الخصائص الفريدة للماء التي تجعله مهمًا للكائنات الحية.

■ الشكل 19 تتكوّن الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات نظرًا للشكل المنحني لجزيئات الماء وعدم توزيع الإلكترونات بالتساوي بين الهيدروجين والأكسجين. وبسبب التجاذب بين الذرات التي تكوّن الماء، يحمل سطح الماء حشرة متزلج المياه (water strider).

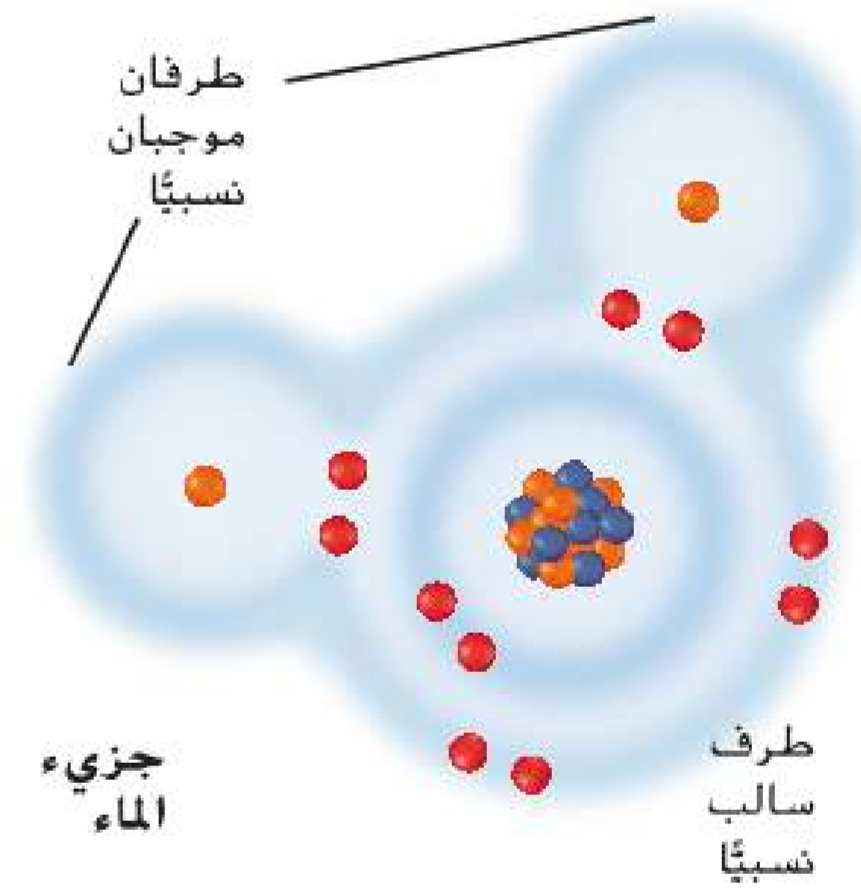


متزلج الماء



C13-08C-828378  
Kent

رابطة  
هيدروجينية



جزيء  
الماء

طرف  
سالب  
نسبيًا

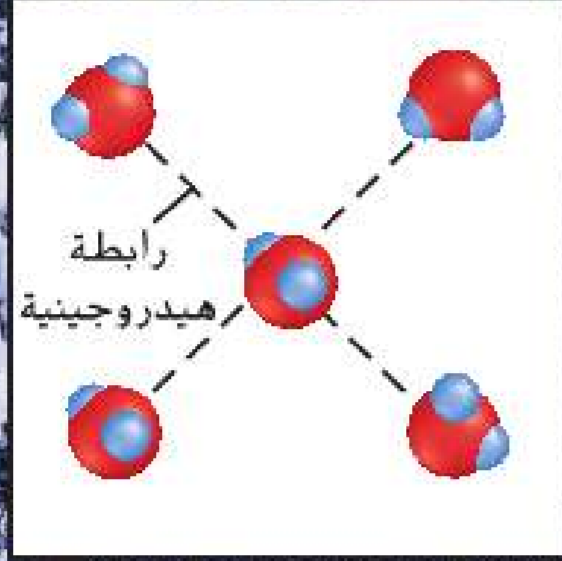


# تصوُّر خصائص الماء

## الشكل 20

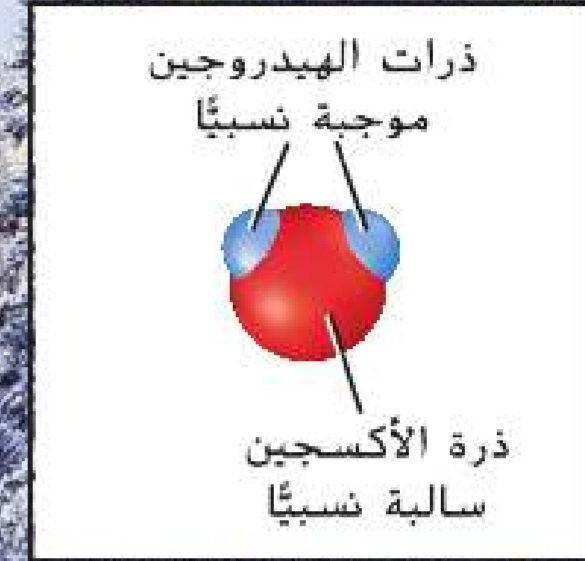
الماء ضروري للحياة على كوكب الأرض. فخصائصه تجعله قادرًا على توفير بيئات مناسبة للحياة ومساعدة الكائنات الحية في الحفاظ على اتزانها الداخلي. يستطيع الإنسان العيش من دون طعام لفترة طويلة لكنّه لا يستطيع البقاء من دون ماء سوى بضعة أيام.

### تكوين الرابطة الهيدروجينية

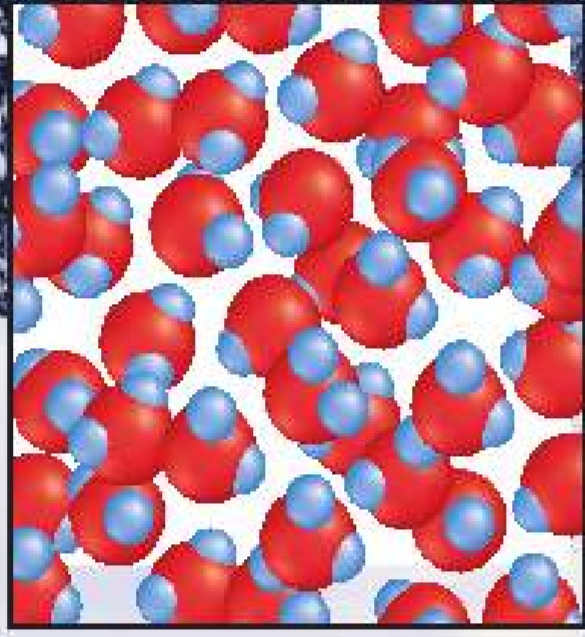


- يتكون جزيء الماء من ذرة أكسجين وذرتي هيدروجين.
- جزيء الماء قطبي. وشكله المنحني يجعل ذرتي الهيدروجين تحملان شحنة موجبة نسبيًا وذرة الأكسجين تحمل شحنة سالبة نسبيًا. نتيجة لذلك، يتكوّن الماء روابط هيدروجينية.
- يسمى الماء المذيب العالمي لأن العديد من المواد تذوب فيه.

### جزيء الماء

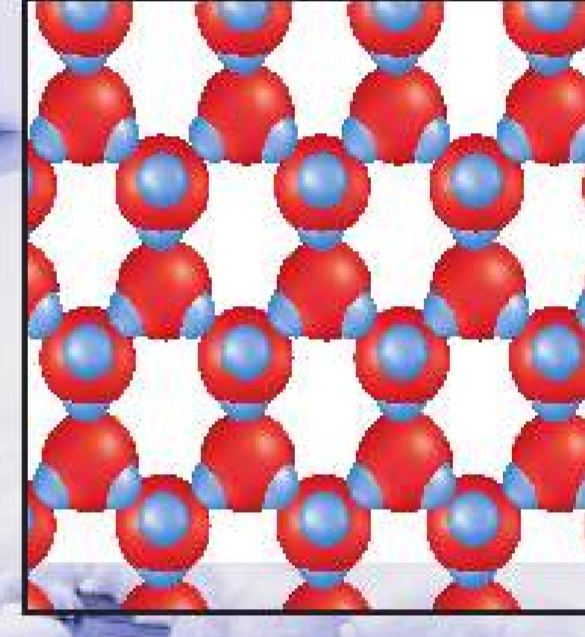


### سائل



يصبح الماء السائل أكثر كثافة عندما تصل برودته إلى  $4^{\circ}\text{C}$ . لكن الجليد أقل كثافة من الماء السائل. نتيجة لذلك، تمتزج المواد المغذية الموجودة في المسطحات المائية بسبب التغيرات في كثافة الماء خلال فصلي الربيع والخريف. فضلًا عن ذلك، يمكن للأسماك ان تبقى حية في الشتاء لأن الجليد يطفو وبالتالي تستطيع العيش وأداء وظائفها في المياه الراكدة تحت الجليد.

### صلب



الماء مادة لاصقة - فهي تكوّن روابط هيدروجينية مع جزيئات الأسطح الأخرى. ويعرف ذلك بالخاصية الشعرية. ينتقل الماء في جذع النبات، وتنمو البذور والبراعم بفعل الخاصية الشعرية هذه.

الماء مادة متماسكة - تنجذب الجزيئات بعضها إلى بعض بسبب الروابط الهيدروجينية. ويسبب هذا التجاذب توترًا سطحياً يجعل الماء يتشكل في قطرات صغيرة ويسمح للحشرات والأوراق بأن تطفو فوق مسطح مائي.



## المخاليط مع الماء

قد تكون على دراية بمنتجات المشروبات المسحوقة التي تذوب في المياه للحصول على مشروبات ذات نكهة. فعندما تضيف مادة مسحوقة إلى الماء، لا تتفاعل هذه المادة مع الماء لتكوين ناتج جديد. لكنك تقوم بإعداد خليط. **الخليط** مزيج يتكون من مادتين أو أكثر حيث تحتفظ كل مادة بخصائصها وميزاتها الفردية.

**المخاليط المتجانسة** عندما يكون للخليط تركيب متماثل فإنه يُسمى خليطاً متجانساً. **والمحلول** هو اسم آخر للخليط المتجانس. على سبيل المثال، في محلول مزيج المشروب المسحوق المبيّن في الشكل 21، يوجد مزيج المشروب أعلى الكوب وفي وسطه وفي أسفله. يحتفظ الماء بخصائصه ويحتفظ خليط المشروب بخصائصه.

يتألف المحلول من مكونين: المذيب والمذاب. **المذيب** هو المادة التي تذوب فيها مادة أخرى، **والمذاب** هو المادة التي تذوب في المذيب. وفي حالة خليط المشروب، الماء هو المذيب والمادة المسحوقة هي المذاب. يُعدّ خليط الملح والماء مثالاً آخر على محلول لأن المذاب (الملح) يذوب تماماً في المذيب (الماء). يعمل اللعاب على ترطيب الفم ويبدأ هضم جزء من الطعام، إنه عبارة عن محلول يحتوي على ماء وبروتينات وأملاح. كذلك الأمر بالنسبة للهواء الذي نتنفسه، فهو أيضاً محلول يتكون من غازات.

**المخاليط غير المتجانسة** تذكّر آخر مرة تناولت فيها سلطة. قد تكون احتوت السلطة على الخس وخضروات أخرى وقطع الخبز المحمص وبعض التوابل. هذه السلطة تمثل خليطاً غير متجانس. ففي هذا النوع من الخليط، تظل المكونات متميزة، بمعنى أنه يمكنك تمييز كل مكون منها على حدة. قارن بين خليط الرمل والماء وبين محلول الملح والماء المجاور له في الشكل 22. يكوّن الرمل والماء أحد أنواع الخليط غير المتجانس الذي يُسمى المعلق. بمرور الوقت، تترسب الجسيمات في أسفل المعلق.

المادة الغروانية هي خليط غير متجانس لا تترسب فيه الجسيمات على غرار ترسب حبيبات الرمل في الماء. قد تكون على دراية بالعديد من المواد الغروانية، مثل الضباب والدخان والزبدة والمايونيز واللبن والدهان والحبر. كما إن الدم مادة غروانية تتكون من البلازما والخلايا وغيرها من المواد.

✓ **التأكد من فهم النص** ميّز بين المحاليل والمعلقات.



■ **الشكل 21** يمثل مزيج المشروب خليطاً متجانساً في الماء، إذ تذوب جسيمات المذاب (مزيج المشروب) وتنتشر في المذاب (الماء) بأكمله.

### المفردات

#### مفردات أكاديمية

#### يعلق suspend

حماية من السقوط أو الفرق

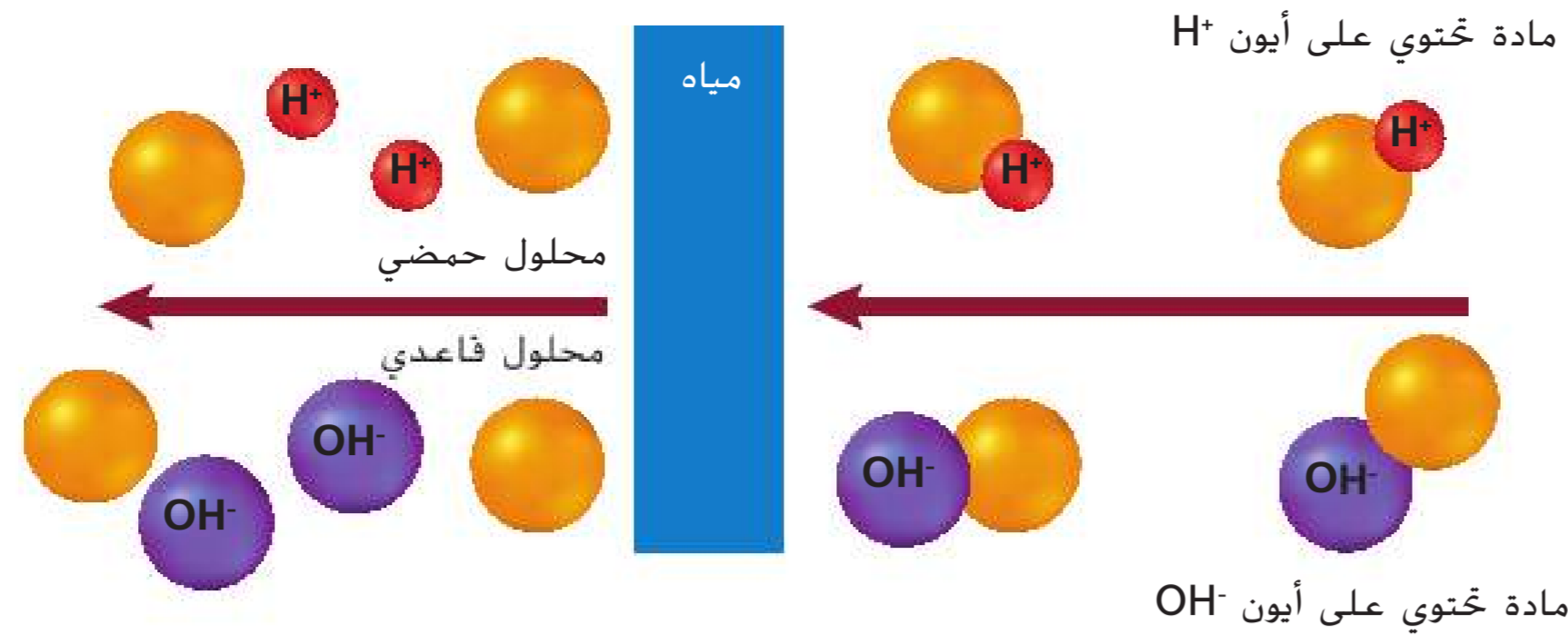
مثال: يتعلق العنكبوت بشبكته بواسطة خيط رفيع.



#### ■ الشكل 22

**اليهين:** يكوّن الرمل والماء (A) خليطاً غير متجانس؛ ويمكنك رؤية السائل والمادة الصلبة. أما خليط الملح والماء المتجانس (B) فهو عبارة عن سائل ولا يمكنك رؤية الملح. **اليسار:** الدم عبارة عن خليط غير متجانس يُسمى مادة غروانية.

■ الشكل 23 المواد التي تطلق أيون الهيدروجين الموجب  $H^+$  في الماء هي الأحماض. والمواد التي تطلق أيون الهيدروكسيد السالب  $OH^-$  في الماء هي القواعد.



**الأحماض والقواعد** إن الكثير من المذابات تذوب في الماء بسهولة بسبب قطبيتها. وهذا يعني أن الكائن الحي الذي تقارب نسبة الماء فيه الـ 70% يمكن أن ينطوي على مجموعة متنوعة من المحاليل. عندما تذوب مادة تحتوي على الهيدروجين في الماء، فقد تطلق أيون الهيدروجين الموجب ( $H^+$ ) بسبب انجذابها إلى ذرات الأكسجين سالبة الشحنة الموجودة في الماء، كما هو مبين في الشكل 23. وتسمى المواد التي تطلق أيونات الهيدروجين الموجبة عندما تذوب في الماء بـ **الأحماض**، وكلما ازداد عدد أيونات الهيدروجين الموجبة التي تطلقها المادة، ارتفعت حموضة المحلول.

بالمثل، تُسمى المواد التي تطلق أيونات الهيدروكسيد السالب ( $OH^-$ ) عندما تذوب في الماء بـ **القواعد**. فهيدروكسيد الصوديوم ( $NaOH$ ) مركب قاعدي شائع يتكسّر في الماء مُطلقاً أيونات الصوديوم الموجب ( $Na^+$ ) وأيونات الهيدروكسيد السالب ( $OH^-$ ). كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد السالب التي تطلقها المادة، ارتفعت قاعدية المحلول.

إنّ الأحماض والقواعد مواد أساسية في علم الأحياء. فالكثير من الأغذية والمشروبات التي نتناولها حمضية، كما إنّ المواد التي تهضم الطعام في المعدة هي مرتفعة الحموضة وتُسمى العصارات المعدية.

## مساحة لتحليل البيانات 1

استناداً إلى دراسات\*

إدراك السبب والنتيجة

كيف يؤثر الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة في نشاط إنزيم البروتياز (protease)؟ البروتيازات هي إنزيمات تعمل على تكسير البروتين. وغالباً ما تُستخدم البروتيازات البكتيرية في المنظفات للمساعدة في إزالة البقع عن الملابس مثل بقع البيض والعشب والدم والعرق.

البيانات والملاحظات

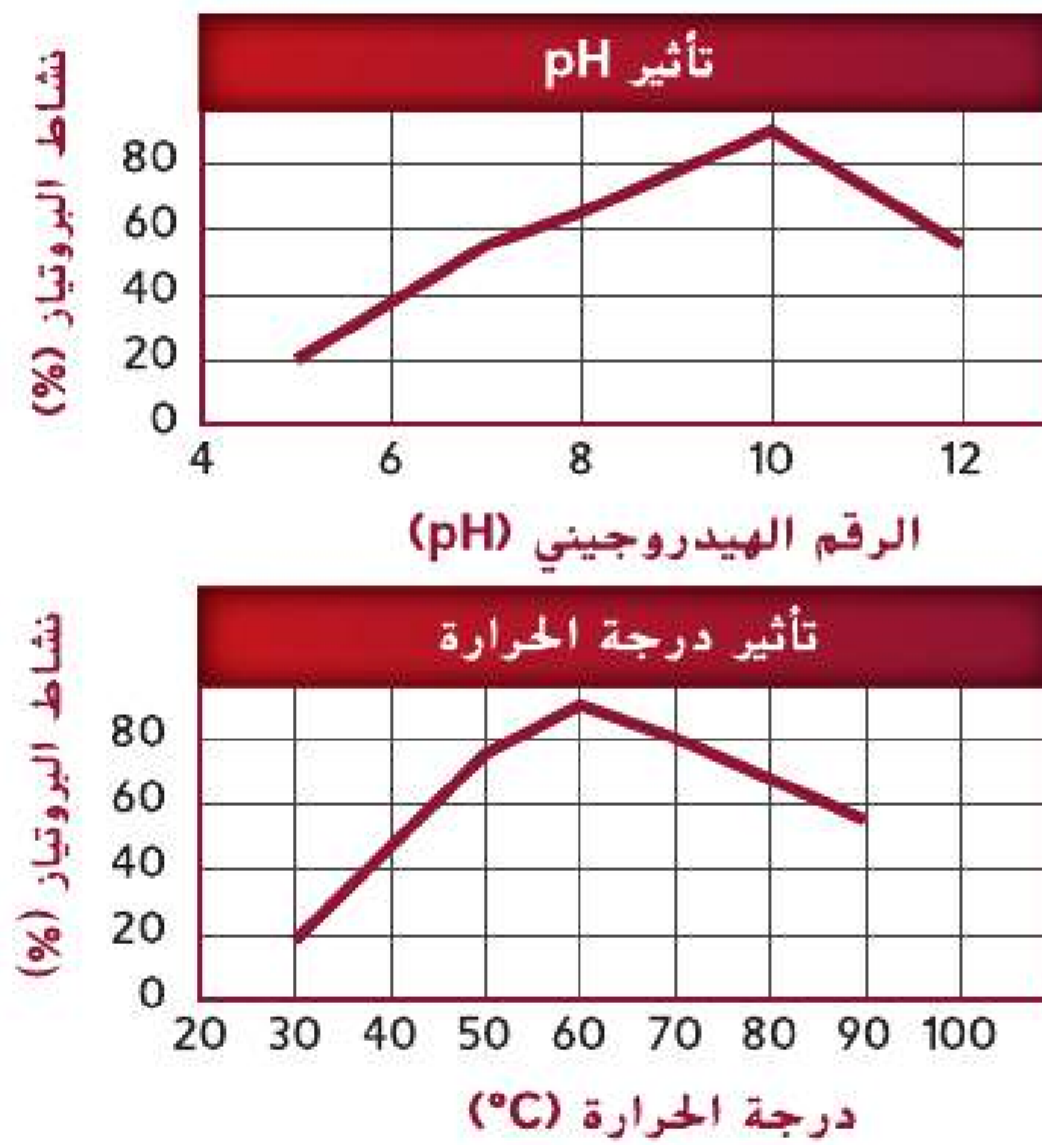
تمت دراسة بروتياز مأخوذ من سلالة من البكتيريا معزولة حديثاً في نطاق من قيم الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجات الحرارة.

التفكير الناقد

1. حدّد نطاق قيم الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجات الحرارة المستخدمة في التجربة.

2. لخصّ نتائج كلا من الرسمين البيانيين.

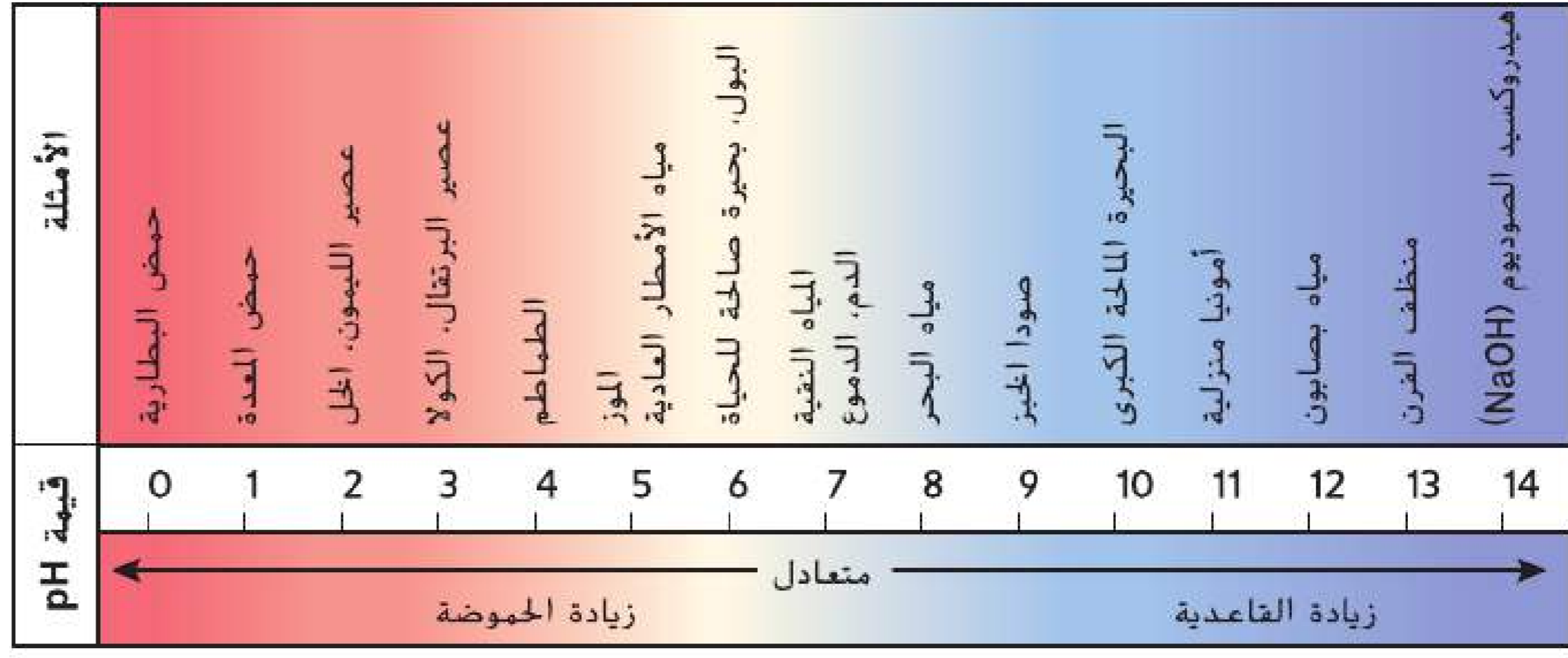
3. استدلّ إذا كان منظف الملابس مركباً قاعدياً ويحتاج إلى المياه الساخنة ليكون في أقصى درجات فاعليته، فهل سيكون هذا البروتياز مفيداً؟ اشرح ذلك.



\*أخذت البيانات من: Adinarayana, et al. 2003. Purification and partial characterization of thermostable serine alkaline protease from a newly isolated *Bacillus subtilis* PE-11. AAPS PharmSciTech 4: article 56



■ الشكل 24 يُستخدم مقياس الرقم الهيدروجيني (pH) للإشارة إلى القوة النسبية للأحماض والقواعد. أي كمية أيونات الهيدروجين الموجب ( $H^+$ ) في المحلول.



**الرقم الهيدروجيني (pH) والمنظّمات** تحدّد كمية أيونات الهيدروجين أو أيونات الهيدروكسيد في المحلول قوة الحمض أو القاعدة. وقد ابتكر العلماء طريقة سهلة لقياس درجة حموضة أو قاعدية المحلول. يُسمى قياس تركيز الهيدروجين الموجب  $H^+$  في المحلول **الرقم الهيدروجيني (pH)**. وكما هو مبين في الشكل 24، فإن الماء النقي متعادل وتبلغ قيمة رقمه الهيدروجيني (pH) 7.0. أما المحاليل الحمضية فتحتوي على كمية كبيرة من أيونات الهيدروجين الموجب  $H^+$  وقيم أرقامها الهيدروجينية (pH) أقل من 7. وتحتوي المحاليل القاعدية على كمية من أيونات الهيدروكسيد السالب  $OH^-$  أكبر من أيونات الهيدروجين الموجب  $H^+$  وقيم أرقامها الهيدروجينية (pH) أكبر من 7.

**الربط بالصحة** تحدث معظم العمليات الحيوية التي تقوم بها الخلايا في نطاق للأس الهيدروجيني (pH) يتراوح بين 6.5 و7.5. وللحفاظ على الاتزان الداخلي، من الأهمية بمكان التحكم بمستويات الهيدروجين الموجب  $H^+$ . فإذا كنت تعاني من اضطراب في المعدة، يمكنك تناول مضاد للحموضة لتشعر بتحسن. ويعمل القرص المضاد للحموضة كمنظّم للمساعدة في معادلة حموضة المعدة. **والمنظّمات** عبارة عن مخرائط يمكن أن تتفاعل مع الأحماض أو القواعد للحفاظ على الرقم الهيدروجيني (pH) ضمن نطاق محدد. في الخلايا، تبقى المنظّمات على قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) في الخلايا ضمن نطاق يتراوح بين 6.5 و7.5. الدم على سبيل المثال يحتوي على منظّمات تحافظ على قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) أقل من 7.4.

### مهن مرتبطة بعلم الأحياء

**فتي حوض السباحة** يجب أن تستوفي جميع المسطحات المائية الترفيهية، مثل حوض السباحة الترفيهي، والنادي الصحي التدريبي وحوض العلاج الطبي، متطلبات صارمة تتعلق بنوعية الماء. ويحرص فتية أحواض السباحة على استيفاء هذه المتطلبات من خلال مراقبة قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمياه ومستويات البكتيريا والطحالب ونقاء الماء.

## القسم 3 مراجعة

### ملخص القسم

- الماء جزيء قطبي.
- تعتبر المحاليل مخاليط متجانسة تتكون عندما يذوب المذاب في المذيب.
- الأحماض هي مواد تُطلق أيونات الهيدروجين في المحاليل. والقواعد هي مواد تُطلق أيونات الهيدروكسيد في المحاليل.
- يُعدّ الرقم الهيدروجيني (pH) مقياساً لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. **مفكرة رئيسية** صف إحدى الطرق التي يساعد بها الماء في الحفاظ على الاتزان الداخلي في الكائن الحي.
2. **اربط** تركيب الماء بقدرته على العمل كمذيب.
3. **ارسم** مقياساً للرقم الهيدروجيني (pH) وقم بتسمية المياه ( $H_2O$ ) وحمض الهيدروكلوريك (HCl) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) في المواقع العامة الخاصة بها على المقياس.
4. **قارن وقابل** بين المحاليل والمعلقات. اذكر مثلاً على كل منهما.

### التفكير الناقد

5. **اشرح لماذا** تُصنّف صودا الخبز ( $NaHCO_3$ ) على أنها مركّب قاعدي. صف تأثير صودا الخبز في تركيز أيون  $H^+$  في محتويات المعدة التي تبلغ قيمة رقمها الهيدروجيني (pH) 4.
6. **توقع** إذا أضفت حمض الهيدروكلوريك (HCl) إلى الماء، فماذا سيكون تأثير ذلك في تركيز أيون  $H^+$ ؟ وفي الرقم الهيدروجيني (pH)؟

## العناصر الأساسية اللازمة للحياة

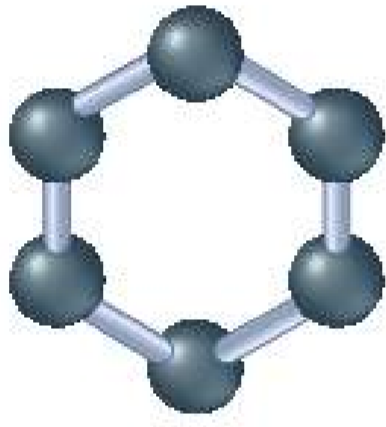
**العنكرة الرئيسية** تتكوّن الكائنات الحية من جزيئات تحتوي على الكربون.

**الربط بالحياة اليومية** يستمتع الأطفال بألعاب القطارات لأنهم يستطيعون ربط مجموعات طويلة من العربات معًا وابتكار أشكال من خلال ضمّ العربات المتشابهة من حيث اللون أو الوظيفة. وينطبق الأمر نفسه على علم الأحياء، حيث توجد جزيئات ضخمة تتكوّن من وحدات صغيرة متعددة مرتبطة معًا.

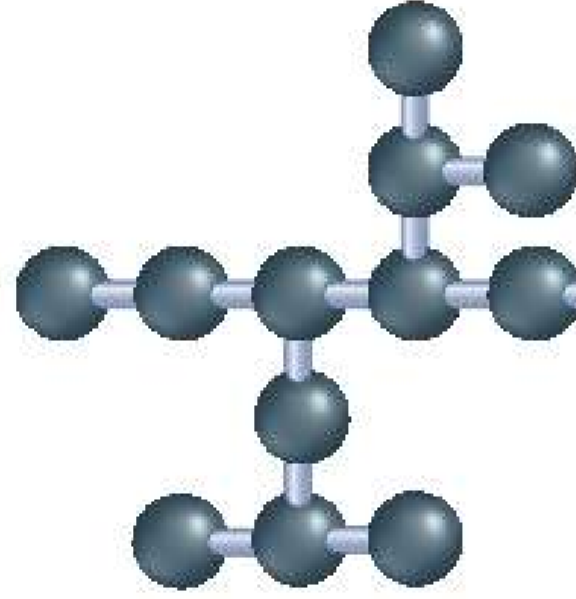
### الكيمياء العضوية

يدخل عنصر الكربون كمكوّن في كل الجزيئات الحيوية تقريبًا، لهذا السبب، غالبًا ما تُعتبر الحياة على كوكب الأرض معتمدة على الكربون. ونظرًا إلى أن الكربون عنصر أساسي، فقد خصص له العلماء فرعًا كاملًا من الكيمياء يُسمى الكيمياء العضوية. وذلك بهدف دراسة المركّبات العضوية، وهي المركّبات التي تحتوي على الكربون. كما هو مبين في الشكل 25، ثمة أربعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي للكربون. تدرك أن مستوى الطاقة الثاني يستطيع أن يحمل ثمانية إلكترونات كحدّ أقصى، لذلك يمكن لذرة كربون واحدة تكوين أربع روابط تساهمية مع ذرات أخرى. هذه الروابط التساهمية تسمح لذرات الكربون بالارتباط بعضها مع بعض، مما يتيح تكوين مجموعة متنوعة من المركّبات العضوية المهمة. تجدر الإشارة إلى أنّ هذه المكوّنات يمكن أن تتخذ شكل سلاسل مستقيمة وسلاسل متشعبة وحلقات، مثل تلك المبينة في الشكل 25، وتؤدي مكوّنات الكربون مجتمعة إلى تنوع الحياة على سطح الأرض.

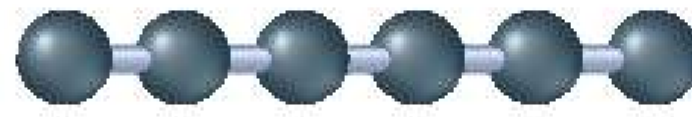
الجزيئات الحلقية



الجزيئات المشعبة



الجزيئات ذات السلسلة المستقيمة



تنوع الحياة على سطح الأرض



### الأسئلة الرئيسية

- ما دور الكربون في الكائنات الحية؟
- ما الفئات الأربع الرئيسة للجزيئات الضخمة الحيوية؟
- ما وظائف كل مجموعة من مجموعات الجزيئات الضخمة الحيوية؟

### مفردات للمراجعة

**المركب العضوي organic**

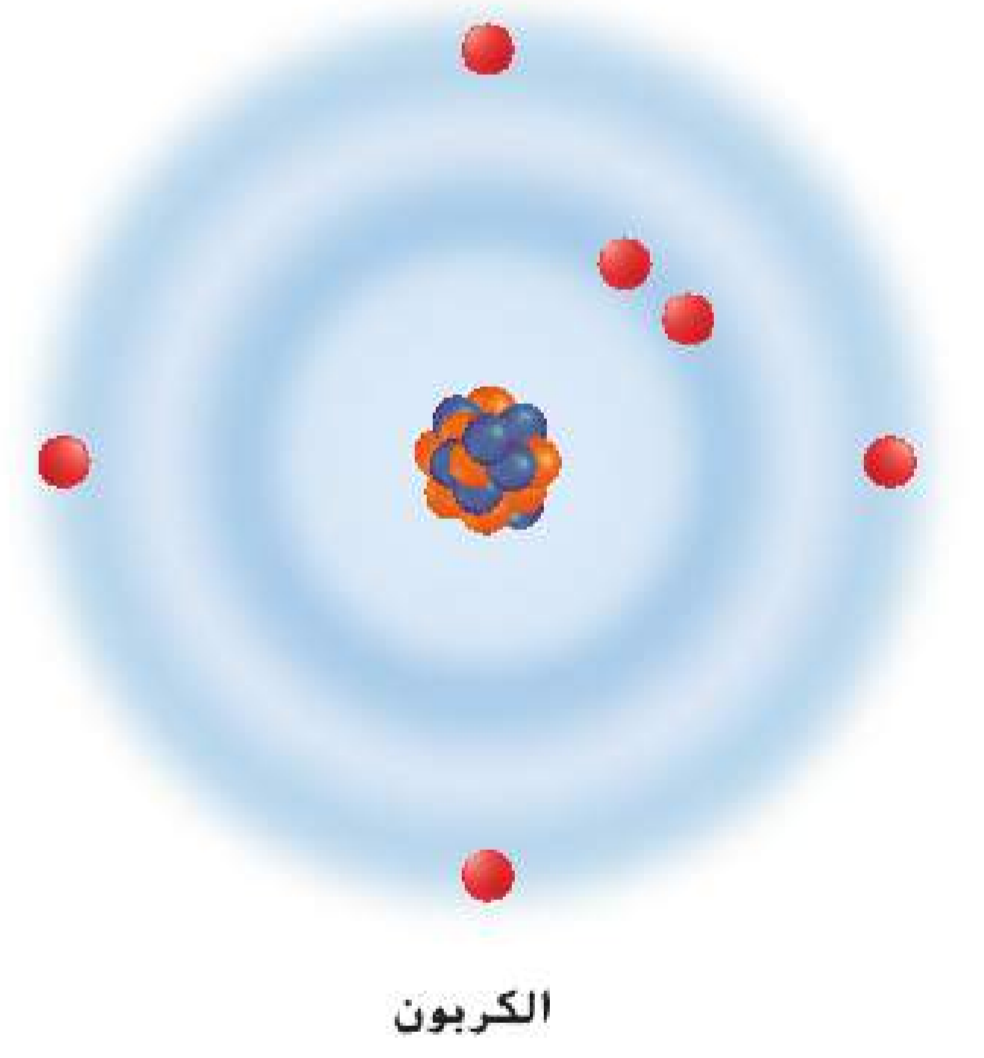
**compound:** مادة أساسها الكربون

ضرورية للمادة الحية

### مفردات جديدة

macromolecule	الجزيء الضخم
polymer	البوليمر
carbohydrate	الكربوهيدرات
lipid	الدهون
protein	البروتين
amino acid	الحمض الأميني
nucleic acid	الحمض النووي
nucleotide	النيوكليوتيد

**الشكل 25** ينجّم التنوع المذهل للحياة بصورة أساسية عن تنوع مركّبات الكربون. يتيح مستوى الطاقة الخارجي نصف الممتلئ في الكربون تكوين جزيئات ذات سلسلة مستقيمة وجزيئات متشعبة وجزيئات حلقية.





## الجزيئات الضخمة

يمكن أن تتحد ذرات الكربون معًا لتكوّن جزيئات الكربون. وبالمثل، تخزّن معظم الخلايا مركّبات الكربون الصغيرة التي تُعتبر بمثابة وحدات بناء للجزيئات الضخمة. إنّ **الجزيئات الضخمة** هي جزيئات كبيرة تتكون من خلال جمع جزيئات عضوية صغيرة معًا. وتُسمى هذه الجزيئات الكبيرة بوليمرات أيضًا. إنّ **البوليمرات** هي جزيئات تتكوّن من وحدات متكررة من مركّبات متماثلة أو شبه متماثلة تُسمى المونومرات ترتبط في ما بينها بواسطة سلسلة من الروابط التساهمية. كما هو مبين في **الجدول 1**، تنقسم الجزيئات الضخمة الحيوية إلى أربع فئات رئيسية: الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

✓ **التأكد من فهم النص** استخدم تشبيهاً لوصف الجزيئات الضخمة.

### المفردات

#### أصل الكلمة

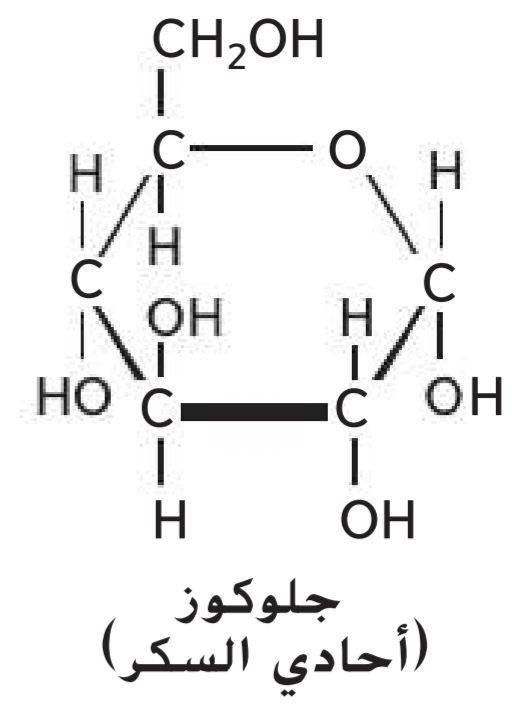
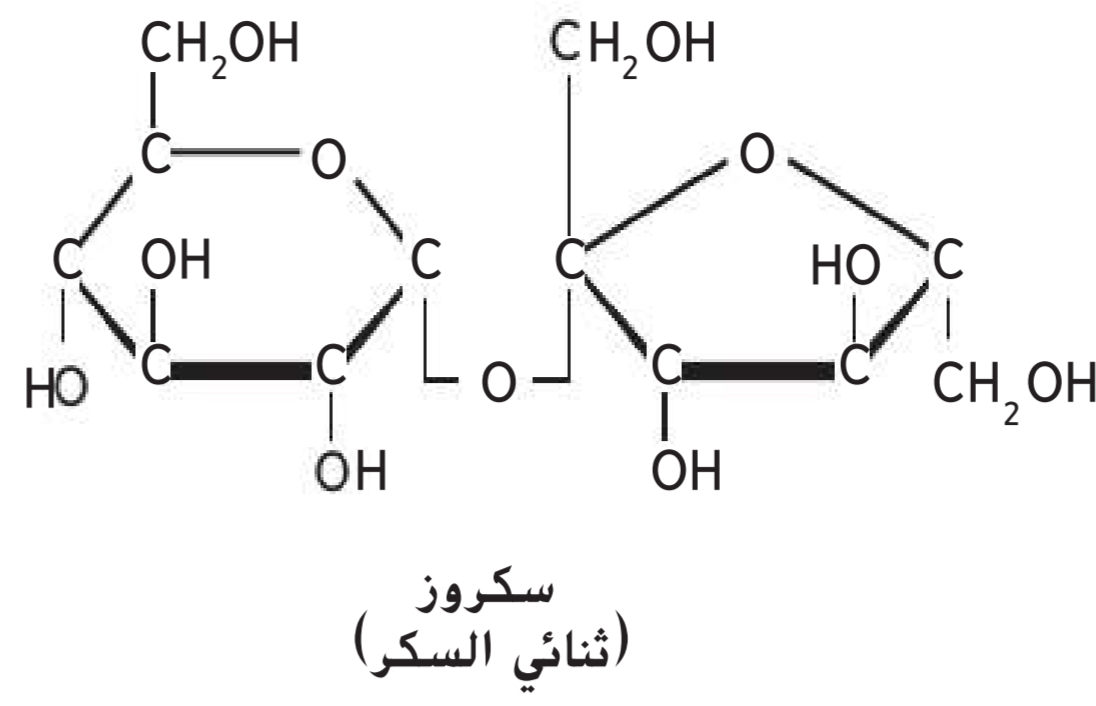
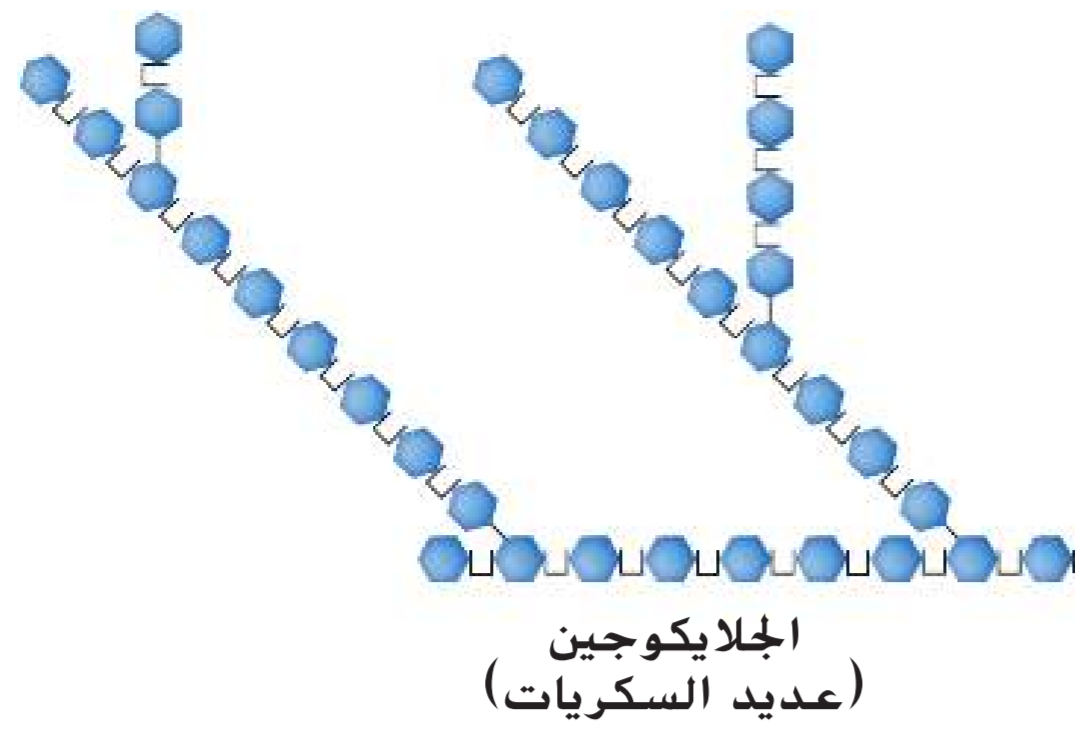
#### البوليمر polymer

poly- مشتقة من اليونانية، وتعني "العديد"  
-meros مشتقة من اليونانية، وتعني "جزء"

### اقترح لدراسة

**ورقة ملاحظات مزدوجة** اطو ورقة إلى نصفين طولياً واكتب العناوين الفرعية العريضة التي تظهر تحت العنوان الجزيئات الضخمة الحيوية جهة اليسار. وأثناء قراءة النص، أنشئ قائمة بالملاحظات المتعلقة بأهم الأفكار والمصطلحات.

الجزيئات الضخمة الحيوية		الجدول 1
الوظيفة	مثال	المجموعة
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تخزين الطاقة</li> <li>• توفير دعم هيكل</li> </ul>	 <p>الخبز والحبوب</p>	الكربوهيدرات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تخزين الطاقة</li> <li>• توفير حواجز</li> </ul>	 <p>شمع النحل</p>	الدهون
<ul style="list-style-type: none"> <li>• نقل المواد</li> <li>• تسريع التفاعلات</li> <li>• توفير دعم هيكل</li> <li>• إنتاج الهرمونات</li> </ul>	 <p>الهيموجلوبين</p>	البروتينات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تخزين المعلومات الوراثية ونقلها</li> </ul>	 <p>DNA</p>	الأحماض النووية



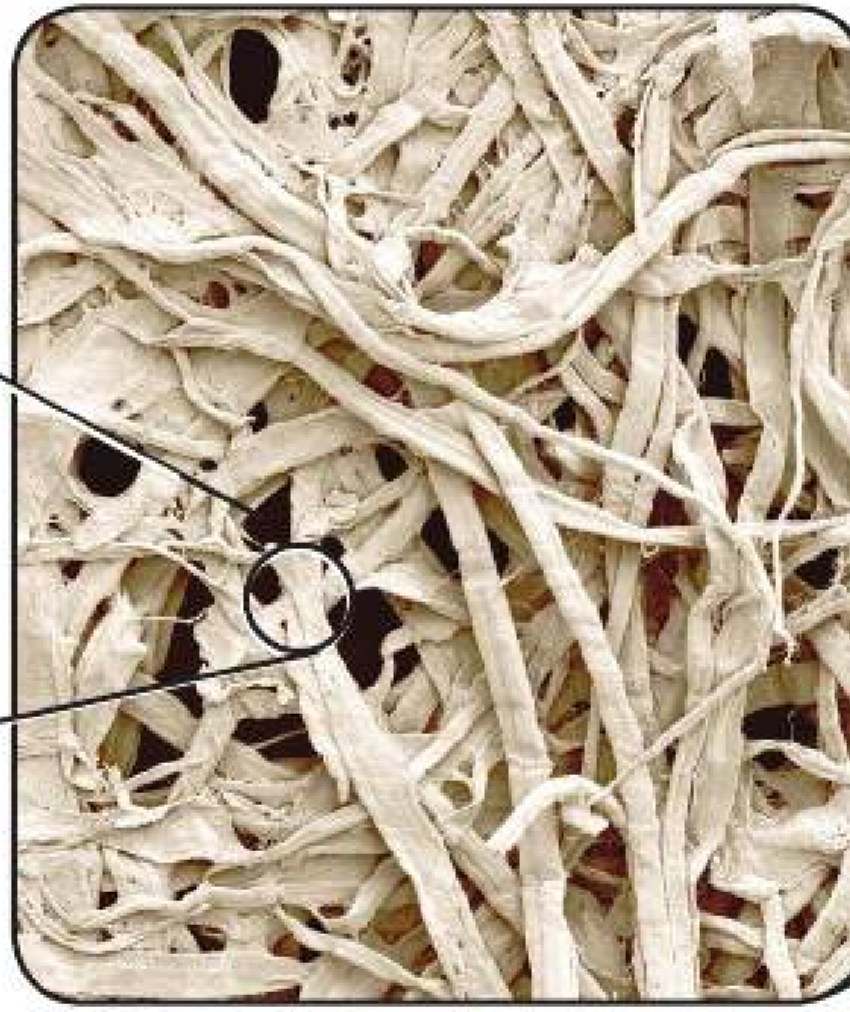
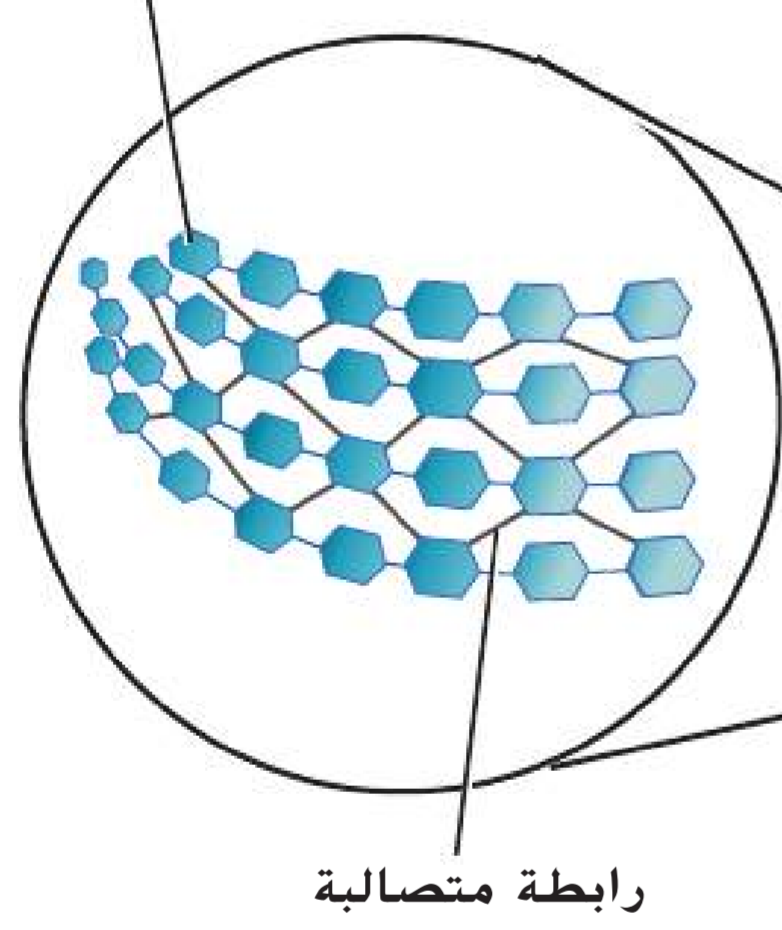
**الكربوهيدرات** إن المركبات التي تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين بنسبة ذرة أكسجين واحدة وذرتي هيدروجين مقابل كل ذرة كربون تُسمى **كربوهيدرات**. تُكتب الصيغة العامة للكربوهيدرات على هذا النحو  $(CH_2O)_n$ . ويشير الرمز السفلي  $n$  إلى عدد وحدات الفورمالدهيد  $(CH_2O)$  في السلسلة. إن الكربوهيدرات المهمة أحيانًا والتي تتراوح فيها قيمة  $n$  بين ثلاثة وسبعة تُعرف بالسكريات البسيطة أو السكريات الأحادية. فضلًا عن ذلك، يضطلع الجلوكوز أحادي السكر، المبين في الشكل 26، بدور محوري كمصدر للطاقة في الكائنات الحية.

يمكن أن ترتبط السكريات الأحادية لتكوّن جزيئات أكبر، ويجمع اثنان من السكريات الأحادية معًا ليكوّنَا مُركَّبًا ثنائي السكر. إضافةً إلى ذلك، تعمل السكريات الثنائية كمصادر للطاقة مثل الجلوكوز. ويُعتبر كل من السكروز، المبين في الشكل 26، وهو سكر المائدة، واللاكتوز، الذي يدخل ضمن مكونات الحليب، من السكريات الثنائية. تُعرف جزيئات الكربوهيدرات الأطول بالسكريات المتعددة، ويُعدّ الجلوكوجين، المبين في الشكل 26، أحد أهم السكريات المتعددة. إنّ الجلوكوجين هو عبارة عن مخزن للطاقة مكوّن من الجلوكوز وموجود في الكبد والعضلات الهيكلية. فحين يحتاج الجسم إلى الطاقة بين الوجبات أو أثناء نشاط بدني، يتحلل الجلوكوجين إلى جلوكوز. بالإضافة إلى دور الكربوهيدرات كمصادر للطاقة، فهي تؤدي وظائف أخرى مهمة في علم الأحياء. تحتوي النباتات مثلًا على مركب كربوهيدراتي يُسمى السيلولوز يوقّر دعمًا هيكليًا في جدران الخلايا. وكما هو مبين في الشكل 27، يتكوّن السيلولوز من سلاسل من الجلوكوز مرتبطة معًا بألياف صلبة تجعلها مناسبة لأداء دورها الهيكلي. يُعتبر الكيتين سكرًا متعددًا يحتوي على النيتروجين، وهو المكوّن الأساسي للأصداف الخارجية الصلبة للروبيان والمحار وبعض الحشرات، وكذلك لجدران خلايا بعض أنواع الفطريات.

■ الشكل 26 إنّ الجلوكوز هو مركب أحادي السكر، والسكروز مركب ثنائي السكر يتكوّن من مركبات الجلوكوز والفركتوز أحادية السكر. أما الجلوكوجين، فهو مركب متشعب متعدد السكر يتكوّن من مونومرات الجلوكوز.

■ الشكل 27 يوقّر السيلولوز الموجود في خلايا النباتات دعمًا هيكليًا للأشجار لتبقى راسخة في الغابة.

وحدة جلوكوز فرعية



ألياف السيلولوز



24 الوحدة 1 • الكيمياء في علم الأحياء



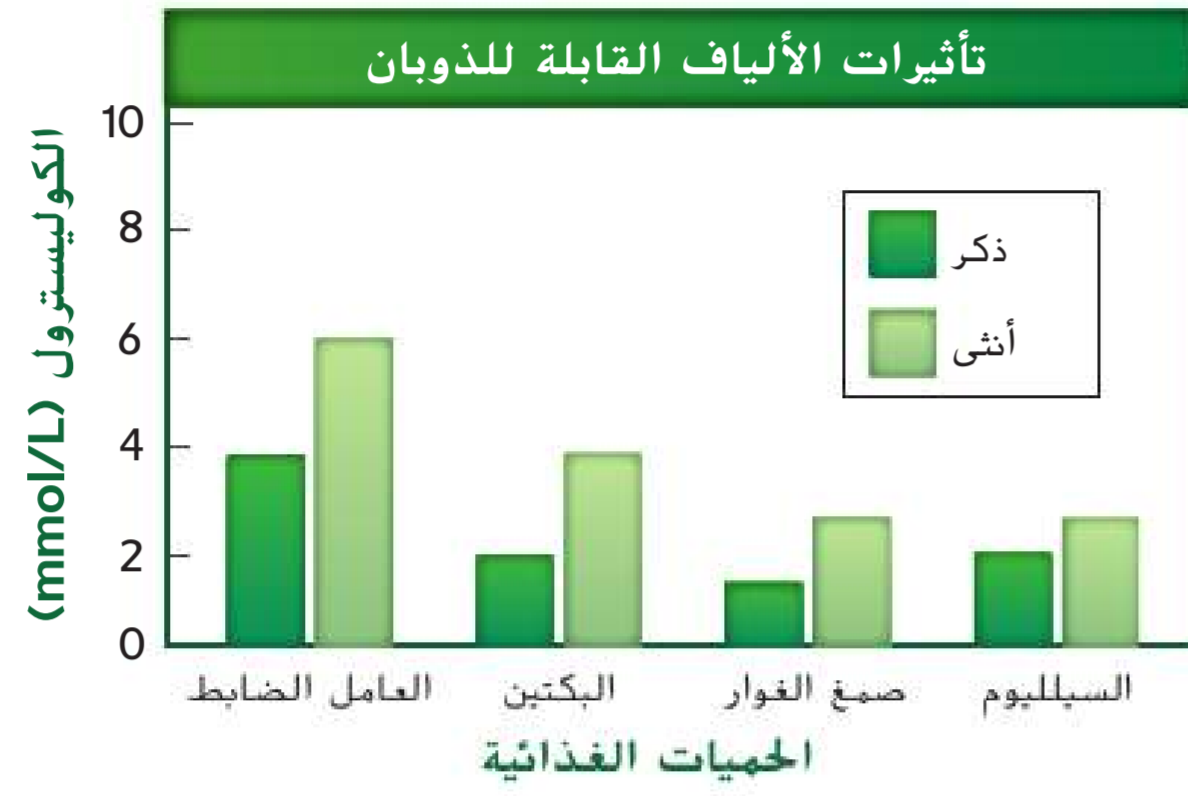
## مساحة لتحليل البيانات 2

### استنادًا إلى دراسات\* فسّر البيانات

هل تؤثر الألياف القابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول؟ يرتبط ارتفاع نسبة الكوليسترول، الذي يُعرف بالكوليسترول، في الدم بالإصابة بأمراض القلب. يدُرُس الباحثون تأثيرات الألياف القابلة للذوبان التي ينطوي عليها النظام الغذائي في مستويات الكوليسترول.

#### البيانات والملاحظات

قِيمَت هذه التجربة تأثيرات ثلاثة ألياف قابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول في الدم، وهي: البكتين (PE) وصمغ الغوار (GG) والسيلليوم (PSY). وكان السيلولوز العامل الضابط (CNT).



#### التفكير الناقد

- احسب النسبة المئوية للتغير في مستويات الكوليسترول مقارنةً بالعامل الضابط.
- صِف التأثيرات الظاهرة للألياف القابلة للذوبان في مستويات الكوليسترول في الدم.

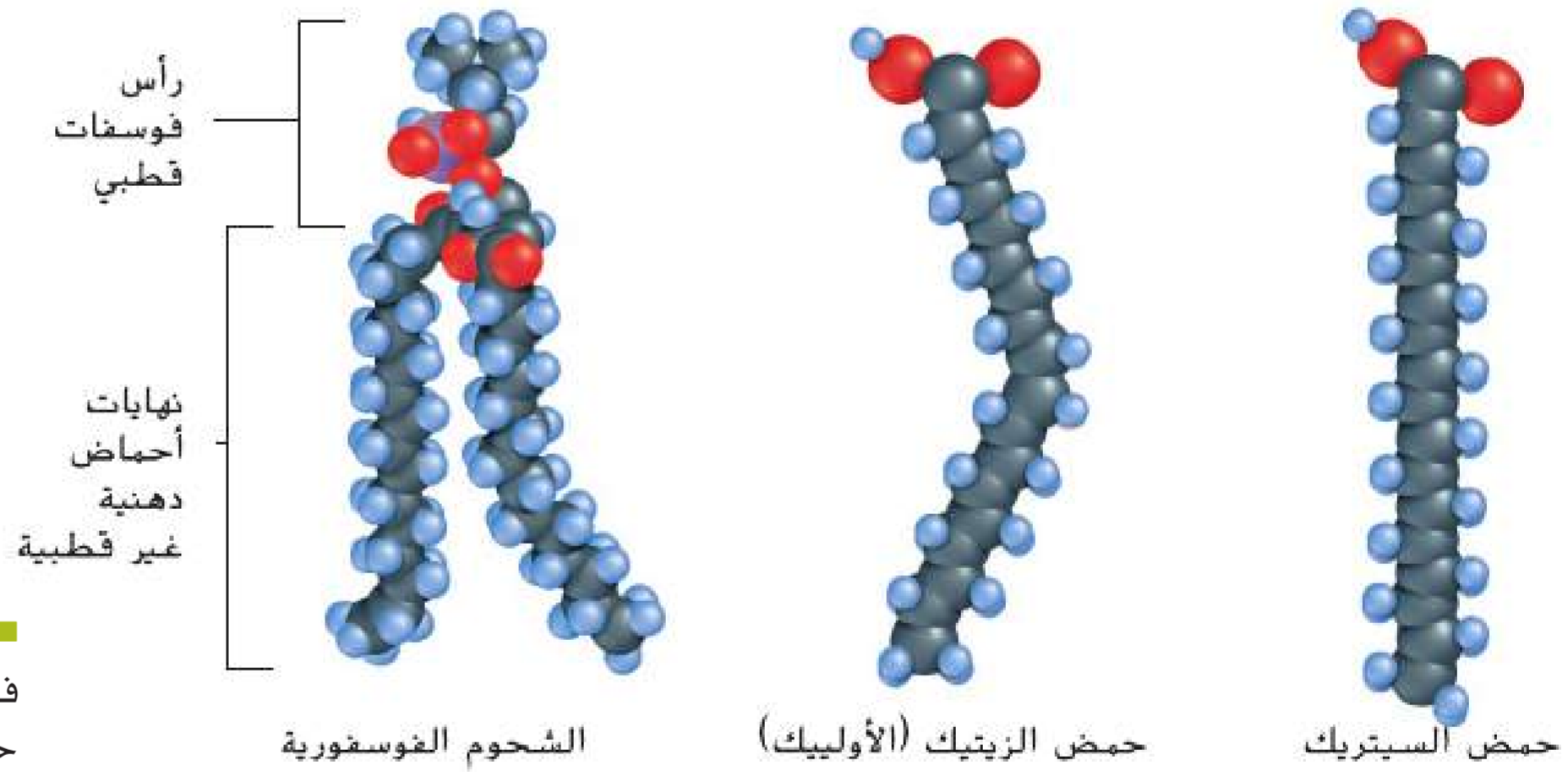
\*أخذت البيانات من: Shen, et al. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in small, female mammals. *Journal of Nutrition* 128: 1434-1441.

**الدهون** تمثل **الدهون** مجموعة أخرى مهمة من الجزيئات الضخمة الحيوية وهي عبارة عن جزيئات تحتوي بشكل أساسي على الكربون والهيدروجين وتكوّن الدهون والزيوت والشمع. تشتمل الدهون على أحماض دهنية وجليسرول ومكوّنات أخرى وتمثل وظيفتها الأساسية في تخزين الطاقة. الجدير بالذكر أنّ ما يسمّى ثلاثي الجليسرول يكون دهناً إذا كان صلباً في درجة حرارة الغرفة وزيتاً إذا كان سائلاً في درجة حرارة الغرفة. علاوةً على ذلك، تُخزّن مركّبات ثلاثي الجليسرول في خلايا الجسم الدهنية. تجدر الإشارة إلى أنّ أوراق النباتات مطليّة بطبقة من الدهون تُعرف بالشمع وذلك لتجنب فقدان المياه. أما قرص العسل في خلية النحل، فمصنوع من شمع النحل.

**الدهون المشبعة وغير المشبعة** تحتاج الكائنات الحية إلى الدهون لتؤدي وظائفها بصورة جيدة وتُعتبر نهايات الأحماض الدهنية التركيب الأساسي للدهون، كما هو مبين في الشكل 28. إنّ كل نهاية عبارة عن سلسلة من ذرات الكربون مرتبطة بذرات هيدروجين وكربون أخرى برابطة أحادية أو ثنائية. وتُسمى الدهون ذات سلاسل النهاية التي تتضمّن روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون "الدهون المشبعة" نظراً إلى عدم إمكانية إضافة ذرات هيدروجين أخرى إلى النهاية. أما الدهون التي تتضمّن رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في سلسلة النهاية والتي يمكن أن تستوعب ذرة هيدروجين واحدة أخرى على الأقل، فتُسمى "الدهون غير المشبعة". بينما تُسمى الدهون التي تتضمّن أكثر من رابطة ثنائية واحدة في النهاية "الدهون غير المشبعة المتعددة".

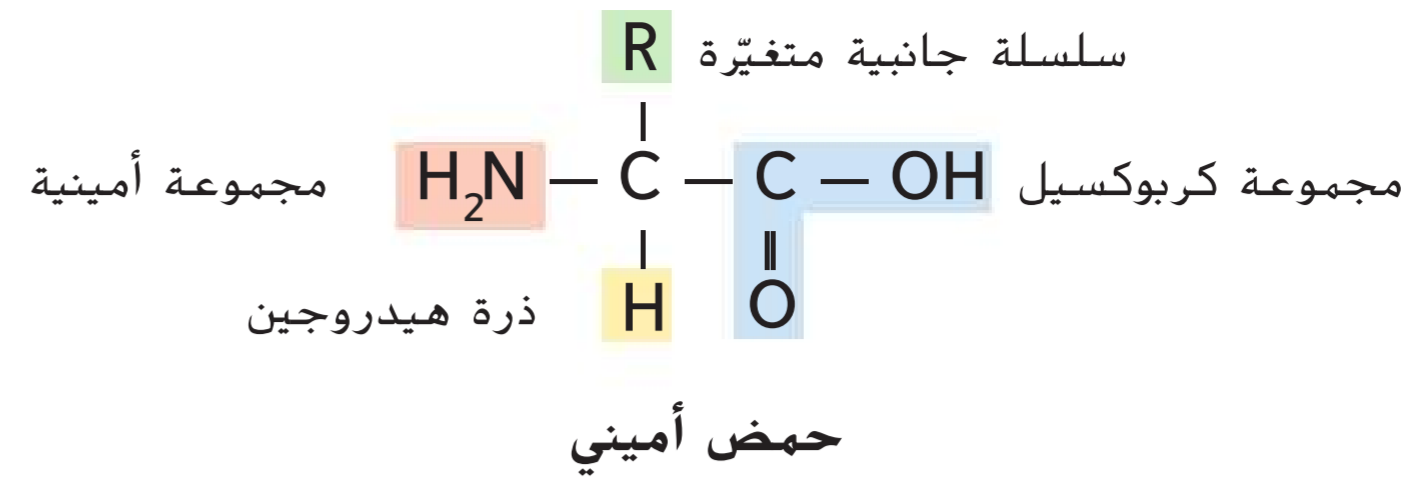
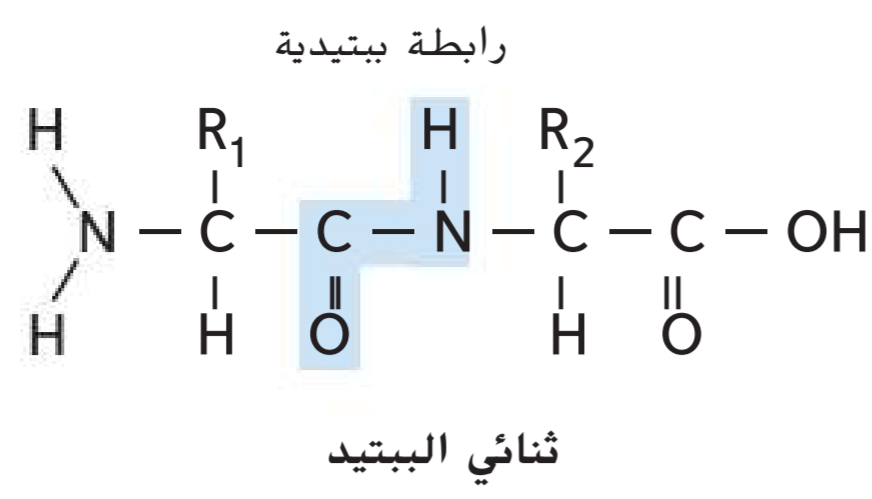
**الدهون الفوسفورية** يُعرف الدهن المميّز المبين في الشكل 28، بالدهن الفوسفوري، وهو مسؤول عن تركيب غشاء الخلية ووظيفته. تجدر الإشارة إلى أنّ الدهون كارهة للماء، بمعنى أنها لا تذوب فيها وهذه الخاصية مهمة لأنها تجعل الدهون تعمل بمثابة حواجز في الأغشية الحيوية.

**الستيرويدات** تُعدّ مجموعة الستيرويدات فئة أخرى مهمة من الدهون وتشتمل على مواد مثل الكوليسترول والهرمونات. وبالرغم من اعتبار الكوليسترول من الدهون "الضارة"، إلا أنه يمثّل نقطة بداية لدهون أخرى ضرورية، مثل الفيتامين د وهرمونات الإستروجين والتستوستيرون.



■ الشكل 28 لا توجد روابط ثنائية بين ذرات الكربون في حمض السيتريك، بينما توجد رابطة ثنائية واحدة في حمض الأولييك. تتميّز الدهون الفوسفورية برأس قطبي ونهايتان غير قطبيتين.

القسم 4 • العناصر الأساسية اللازمة للحياة 25



### الشكل 29

يسار: يتألف التركيب العام للحمض الأميني من ذرة كربون مركزية تتواجد حولها أربع مجموعات. يمين: تحدث الرابطة الببتيدية في البروتين نتيجة لتفاعل كيميائي. فسّر الجزيء الآخر الذي ينتج عندما تتكون رابطة ببتيدية.

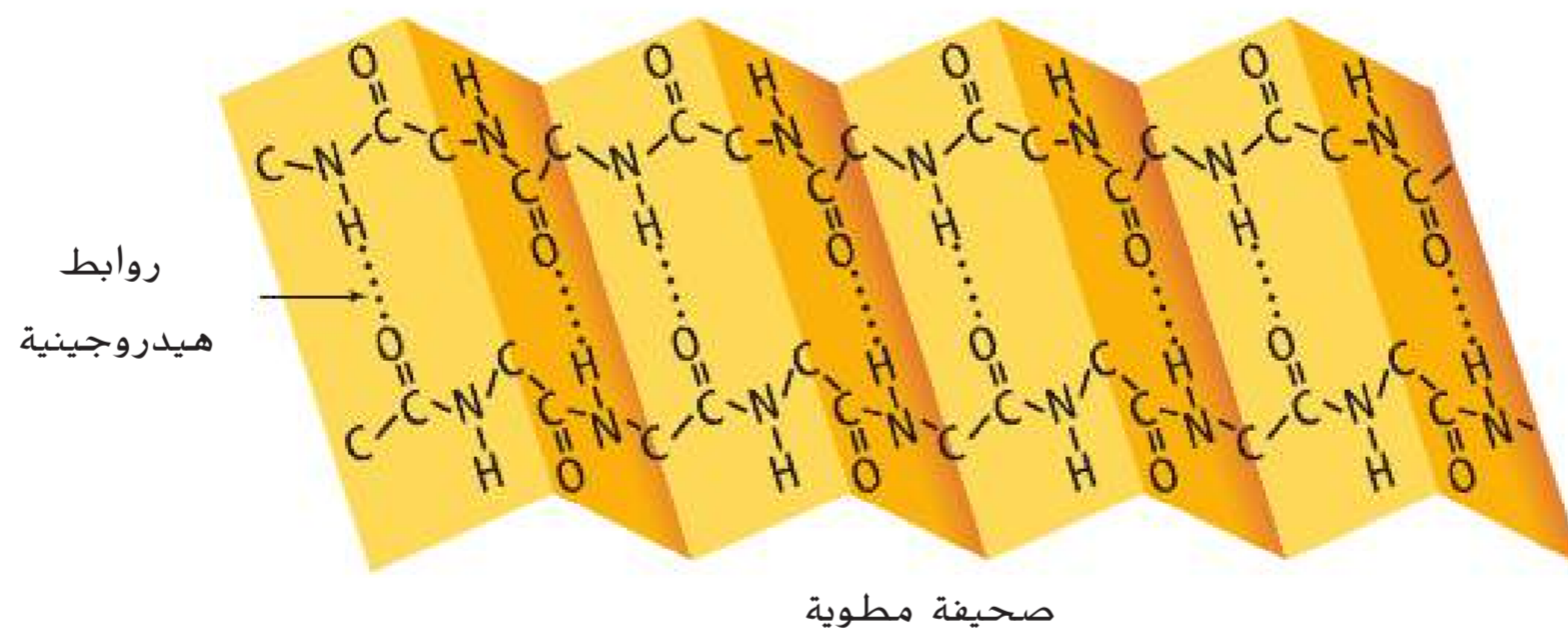
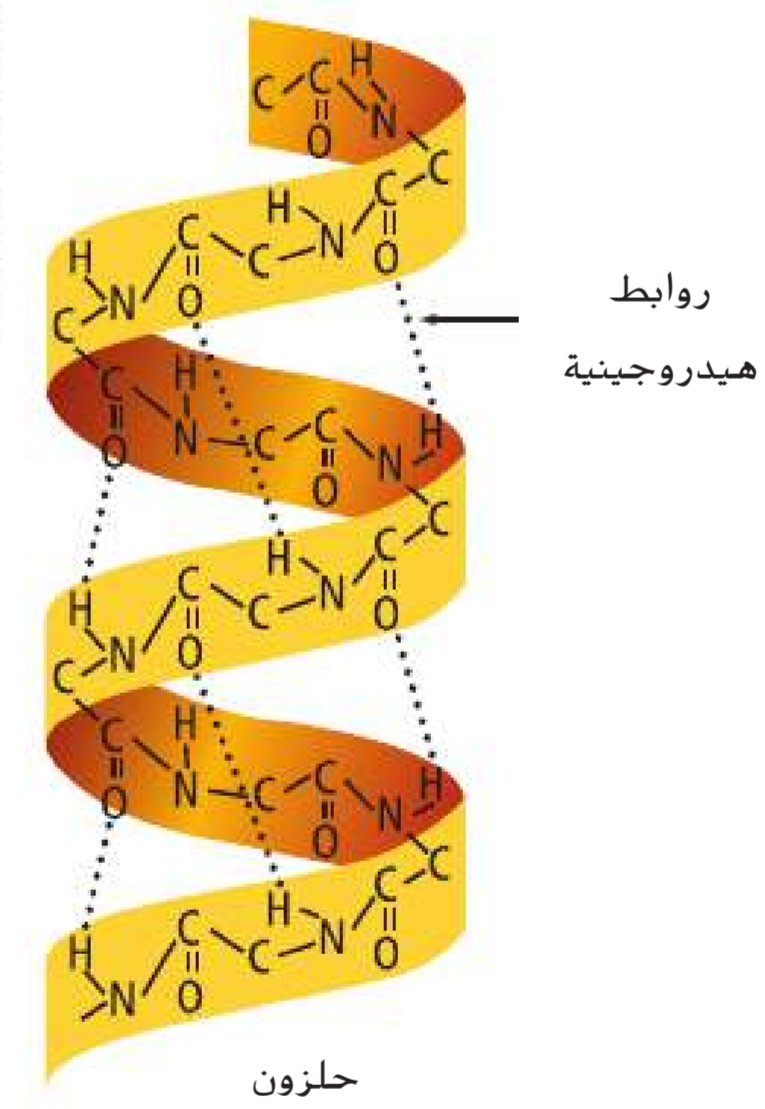
**البروتينات** يُعتبر **البروتين** من ضمن العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية وهو عبارة عن مركب مكون من مركبات كربونية صغيرة تُسمى أحماضًا أمينية. إنّ **الأحماض الأمينية** هي مركبات صغيرة مكونة من الكربون والنيتروجين والأكسجين والهيدروجين، وأحيانًا الكبريت. لكل الأحماض الأمينية التركيب العام نفسه.

**تركيب الحمض الأميني** للأحماض الأمينية ذرة كربون مركزية مثل تلك المبيّنة في **الشكل 29**. تدكّر أن الكربون يستطيع تكوين روابط تساهمية، وتكون إحدى هذه الروابط مع الهيدروجين بينما تكون الروابط الثلاثة الأخرى مع مجموعة أمينية ( $-\text{NH}_2$ ) ومجموعة كربوكسيل ( $-\text{COOH}$ ) ومجموعة متغيرة ( $-\text{R}$ ). الجدير بالذكر أنّ المجموعة المتغيرة تجعل كل حمض أميني مختلفًا، ويوجد 20 مجموعة متغيرة مختلفة، وتتكوّن البروتينات من توليفات مختلفة من الأحماض الأمينية المختلفة الـ 20 كلها. إن مجموعة من الروابط التساهمية، تُعرف بالروابط الببتيدية، تجمع الأحماض الأمينية معًا لتكوين البروتينات، كما هو مبين في **الشكل 29**. وتتكوّن الرابطة الببتيدية بين المجموعة الأمينية لحمض أميني ومجموعة كربوكسيل لحمض أميني آخر.

**تركيب البروتين ثلاثي الأبعاد** قد يضمّ تركيب البروتينات ما يصل إلى أربعة مستويات وذلك بحسب المجموعات المتغيرة التي تحتوي عليها الأحماض الأمينية المختلفة. ويتحدد التركيب الأساسي للبروتين بحسب عدد الأحماض الأمينية في السلسلة وترتيب اتحادها. بعد تكوّن سلسلة الحمض الأميني، فإنها تنثني لتكوّن شكلًا ثلاثي الأبعاد، وهو التركيب الثانوي للبروتين. يبيّن **الشكل 30** اثنين من التركيبات الثانوية الأساسية: الحلزون والطيّة. قد يحتوي البروتين على عدد كبير من الحلزونات والطيّات والثنيات، ويكون التركيب الثلاثي للعديد من البروتينات كروي الشكل، مثل بروتين الهيموجلوبين المبين في **الجدول 1**، ولكن بعض البروتينات تكوّن أليافًا طويلة. فضلًا عن ذلك، تكوّن بعض البروتينات مستوى رابعًا من التركيب من خلال الاتحاد مع بروتينات أخرى.

**وظيفة البروتين** تمثّل البروتينات حوالي 15% من إجمالي كتلة جسمك وتدخّل تقريبًا في كل وظائف الجسم. على سبيل المثال، يتكوّن كل من عضلاتك وجلدك وشعرك من البروتينات. إضافةً إلى أنّ خلايا جسمك تحتوي على 10,000 بروتين مختلف يوفّر الدعم الهيكلي وينقل المواد والإشارات داخل الخلية وفي ما بين الخلايا ويسرّع التفاعلات الكيميائية ويتحكم في نمو الخلايا.

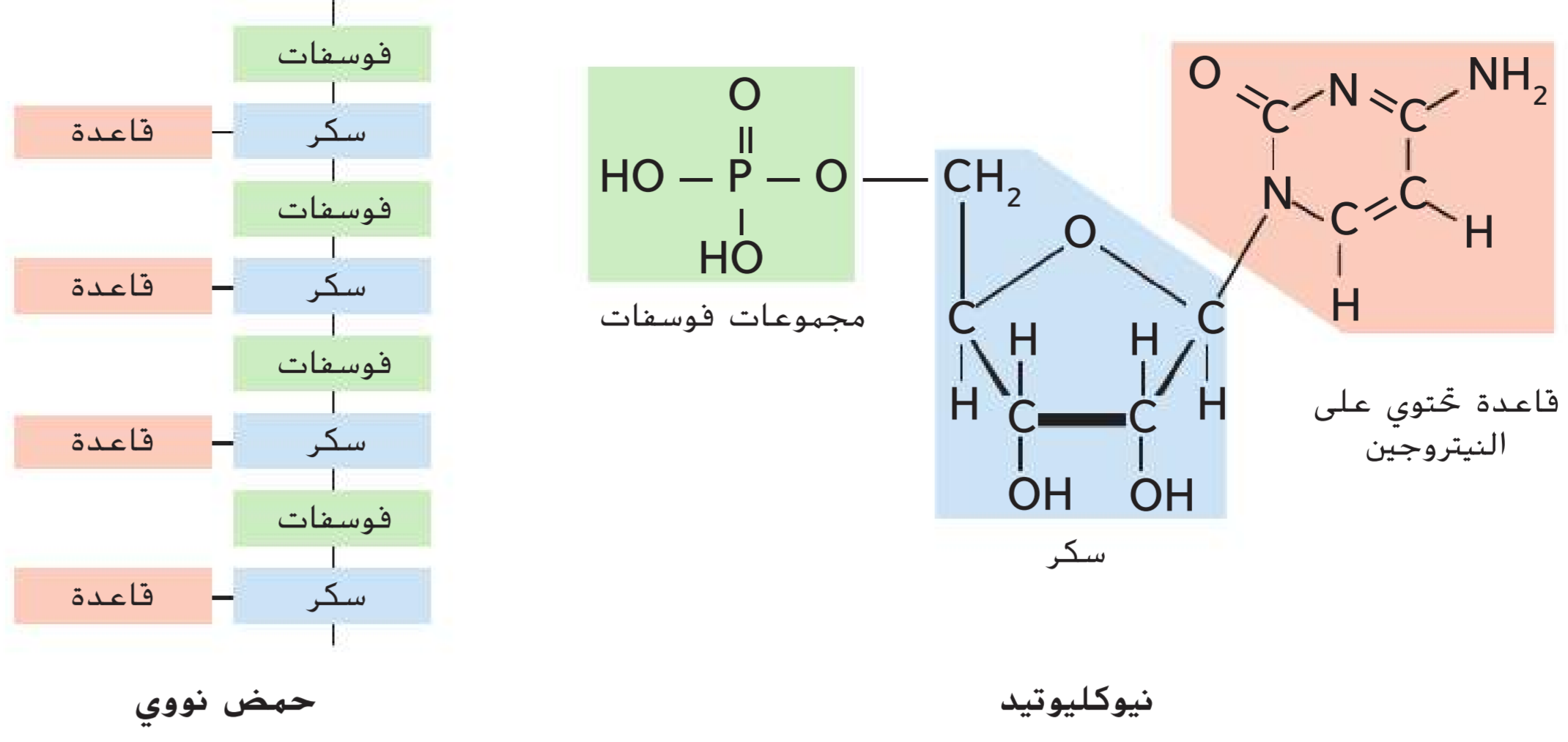
**الشكل 30** يعتمد شكل البروتين على التفاعلات بين الأحماض الأمينية. تساعد الروابط الهيدروجينية البروتين في الاحتفاظ بشكله.





### الشكل 31

ييمين: تحتوي نيوكليوتيدات DNA على سكر ريبوز منقوص الأكسجين، بينما تحتوي نيوكليوتيدات RNA على سكر ريبوز.  
يسار: تتحد النيوكليوتيدات معاً بواسطة روابط بين مجموعة السكر ومجموعة الفوسفات.



**الأحماض النووية** إنّ المجموعة الرابعة من الجزيئات الضخمة الحيوية هي **الأحماض النووية**، وهي عبارة عن جزيئات ضخمة معقدة تعمل على تخزين المعلومات الوراثية ونقلها. وتتكوّن الأحماض النووية من وحدات فرعية صغيرة متكررة تحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين والفوسفور وذرات الهيدروجين، تُسمى **النيوكليوتيدات**. يبيّن الشكل 31 التركيب الأساسي للنيوكليوتيد والحمض النووي. توجد خمسة نيوكليوتيدات رئيسة يحتوي كل منها على ثلاث وحدات، وهي الفوسفات وقاعدة نيتروجينية وسكر الريبوز.

يوجد نوعان من الأحماض النووية في الكائنات الحية: الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA) والحمض النووي الريبوزي (RNA). في الأحماض النووية مثل DNA وRNA، يرتبط سكر نيوكليوتيد بفوسفات نيوكليوتيد آخر. وتتوفر القاعدة النيتروجينية التي تبرز من السلسلة لتكوين رابطة هيدروجينية مع قواعد أخرى موجودة في الأحماض النووية الأخرى.

إنّ النيوكليوتيد الذي يحتوي على ثلاث مجموعات فوسفات يُعدّ ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، وهو عبارة عن مخزن للطاقة الكيميائية التي يمكن أن تستخدمها الخلايا في تفاعلات مختلفة. كما إنّّه يحرر طاقةً عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة. في حين يتحرّر مقدار أقل من الطاقة عندما تنكسر الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الأولى والثانية.

## القسم 4 مراجعة

### ملخص القسم

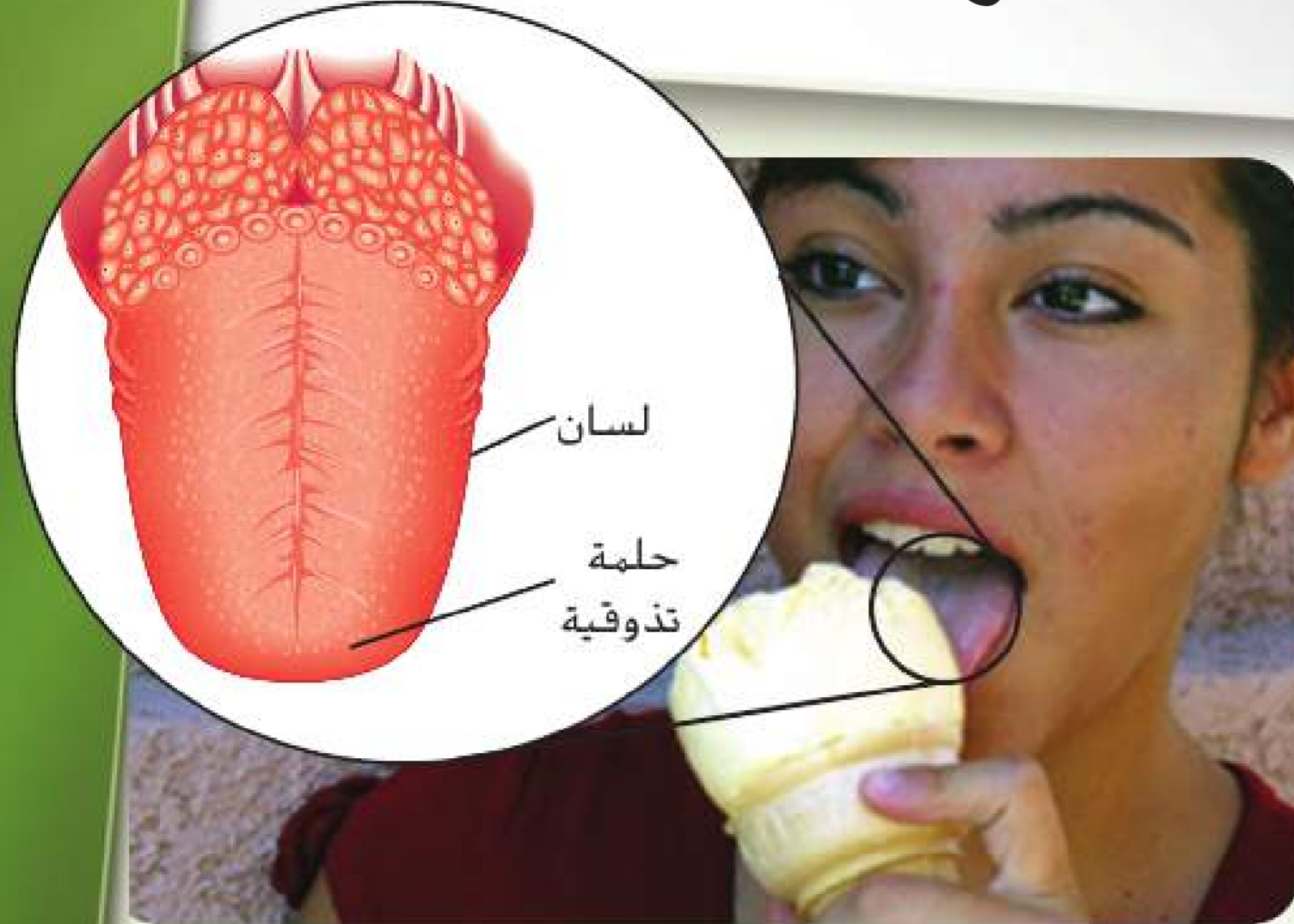
- إنّ مركّبات الكربون هي العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية.
- تتكوّن الجزيئات الضخمة الحيوية نتيجة اتحاد مركّبات كربون صغيرة لتكوين بوليمرات.
- ثمة أربعة أنواع من الجزيئات الضخمة الحيوية.
- تعمل الروابط الببتيدية على تجميع الأحماض الأمينية في البروتينات.
- سلاسل النيوكليوتيدات تكوّن الأحماض النووية.

### فهم الأفكار الرئيسية

- التعبئة الرئيسية** اشرح إذا تقرر أنّ مادة مجهولة ما اكتشفت على حجر نيزكي لا تحتوي على الكربون، فهل يستطيع العلماء استنتاج وجود حياة على منشأ هذا الحجر النيزكي؟
- قارن بين أنواع الجزيئات الضخمة الحيوية ووظائفها.
- حدّد مكونات الكربوهيدرات والبروتينات.
- ناقش أهمية ترتيب الحمض الأميني في وظيفة البروتين.
- التفكير الناقد** لخصّ مع وجود عدد هائل من البروتينات في الجسم، اشرح سبب أهمية شكل الإنزيم بالنسبة إلى وظيفته.
- ارسم تركيبين (أحدهما سلسلة مستقيمة والآخر حلقة) لمركّب كربوهيدراتي صيغته الكيميائية  $(CH_2O)_6$ .

# مستجدات في علم الأحياء

## أحلى من السكر



ترسل براعم التذوق الموجودة على لسانك إشارات إلى المخ لترجمها هذا الأخير إلى مذاق الطعام أو الشراب.

تحاكي جزيئات هذه المحليات الصناعية شكل وبنية المحليات الطبيعية، ويمكنها الارتباط بخلايا المستقبلات الموجودة في براعم التذوق لدى الإنسان.

تتميز إحدى المحليات الصناعية المطوّرة مؤخرًا، وهي السكرالوز، بتركيب كيميائي مماثل تقريبًا لتركيب السكروز أو سكر المائدة. ويكمن الاختلاف الوحيد بينهما في استبدال مجموعات الهيدروكسيل (OH) الثلاثة في السكروز بذرات كلور (Cl) في السكرالوز. ما يمنح الجسم البشري من أيض السكرالوز ويجعله خاليًا من السعرات الحرارية.

تستخدم المحليات الصناعية في العديد من المنتجات، بدءًا من المشروبات الغازية المخصصة للحمية الغذائية وصولًا إلى أدوية الأطفال، فهي توفر الحلاوة التي يحتاج إليها الأفراد ولكن من دون السعرات الحرارية التي تحتوي عليها المحليات الطبيعية. فضلًا عن ذلك، يواصل العلماء البحث عن محليات جديدة منخفضة التكلفة وصحية للمستهلكين.

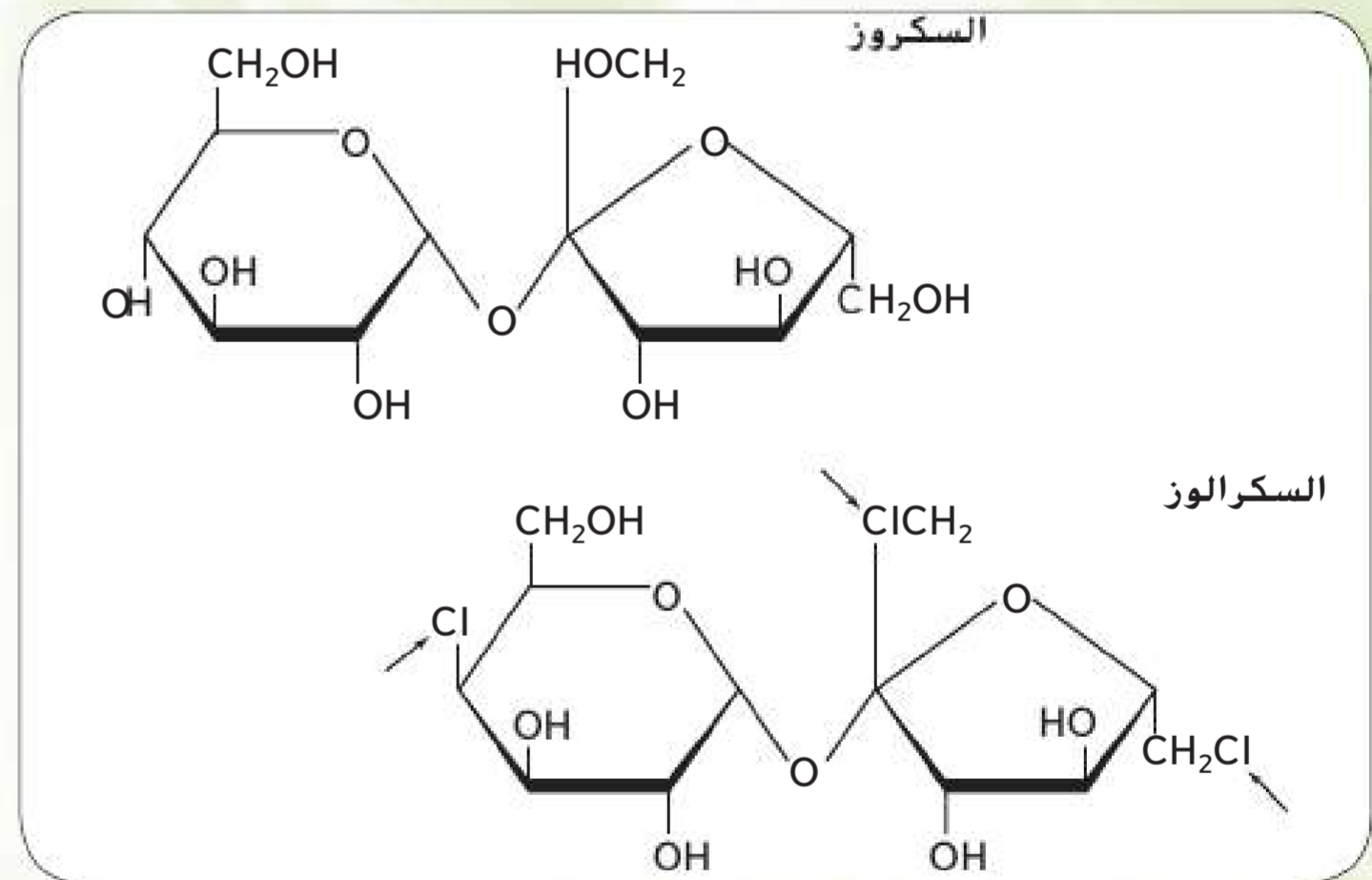
### الكتابة في علم الأحياء

**حملة تسويقية** ابحث عن محلّ صناعي معتمد من قبل جهاز أبوظبي للرقابة الغذائية في دولة الإمارات العربية المتحدة (ADFC). أطلق حملة تسويقية لتعريف المستهلكين على المحلّي الصناعي الذي اخترته. يمكن أن تتضمن الحملة التسويقية إصدارات صحفية أو إعلانات تلفزيونية أو إذاعية أو إعلانات عبر الويب أو مواقع التواصل الاجتماعي أو وسائل أخرى لنشر المعلومات.

يتركز سبب حيّ الناس للحلويات في مقدّمة ألسنتهم، حرفياً. وتعتبر براعم التذوق في تلك المنطقة المستقبلات الأقوى على مستوى الإحساس بالحلاوة. إن الكثير من النعوت الصغيرة، المعروفة بالحليّات، والتي تلاحظها عند مقدّمة لسانك، يحتوي على براعم التذوق.

**الإحساس بالحلاوة** عند تناول الطعام، ترتبط جزيئات هذا الأخير مع جزيئات البروتين الموجودة في خلايا المستقبلات باللسان وذلك لفترة مؤقتة. نتيجة لذلك، ترسل المستقبلات إشارات كهربائية بواسطة الأعصاب إلى المخ الذي يترجم هذه الإشارات إلى مذاق. في بعض الأحيان يكون المذاق ما تعتبره حلواً.

**المحليات الطبيعية والمحليات الصناعية** إنّ المحليات هي مواد تضاف إلى الأطعمة لجعل مذاقها حلواً. ثمة الكثير من المحليات الطبيعية، مثل سكر المائدة والعسل. أما المحلي الصناعي، فهو مادة صناعية لها تأثير السكر نفسه في براعم التذوق. إنّ المحليات الصناعية، مثل السكرين والسيكلامات والأسبارتام، أكثر حلاوة بمئات المرات من السكر الطبيعي.



يكمن الاختلاف بين السكروز والسكرالوز في استبدال ثلاث ذرات كلور (Cl) بثلاث مجموعات هيدروكسيل (OH).



**الموضوع المحوري الطاقة** في كل تفاعل كيميائي، يحدث تغيّر في الطاقة نتيجة تكوّن الروابط الكيميائية أو تكسّرها بالتزامن مع تحوّل المتفاعلات إلى نواتج.

**الفكرة الرئيسية** تُعتبر الذرات أساس الكيمياء الحيوية والعناصر الأساسية اللازمة لجميع الكائنات الحية.

## القسم 1 الذرات والعناصر والمركّبات

**الفكرة الرئيسية** تتكوّن المادة من جسيمات صغيرة تُسمّى الذرات.

- تتكوّن الذرات من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات.
- العناصر موادّ نقيّة مكوّنة من نوع واحد فقط من الذرات.
- النظائر هي أشكال من العنصر نفسه تختلف عنه في عدد النيوترونات.
- المركّبات مواد كيميائية لها خصائص فريدة تتكوّن عند اتحاد العناصر.
- يمكن للعناصر أن تكوّن روابط تساهمية وأيونية.

atom	الذرة
nucleus	النواة
proton	البروتون
neutron	النيوترون
electron	الإلكترون
element	العنصر
isotope	النظير
compound	المركّب
covalent bond	الرابطّة التساهمية
molecule	الجزئيّ
ion	الأيون
ionic bond	الرابطّة الأيونية
van der Waals force	قوى فاندرفال

## القسم 2 التفاعلات الكيميائية

**الفكرة الرئيسية** تسمح التفاعلات الكيميائية للكائنات الحية بالنمو والتطور والتكاثر والتكيف.

- في المعادلات الكيميائية الموزونة، يجب أن يكون عدد ذرات كل عنصر متساويًا في كلا الطرفين.
- تُعتبر طاقة التنشيط اللازمة لبدء عملية التفاعل.
- الحفّازات مواد تغيّر التفاعلات الكيميائية.
- الإنزيمات حفّازات حيوية.

chemical reaction	التفاعل الكيميائي
reactant	المتفاعل
product	النتاج
activation energy	طاقة التنشيط
catalyst	الحفّاز
enzyme	الإنزيم
substrate	المادة المتفاعلة مع الإنزيم
active site	الموقع النشط

## القسم 3 المياه والمحاليل

**الفكرة الرئيسية** إنّ خصائص المياه تجعلها مناسبة تمامًا للمساعدة في الحفاظ على الاتزان الداخلي للكائن الحي.

- المياه جزئيّ قطبيّ.
- تُعتبر المحاليل مخاليط متجانسة تتكون عندما يذوب المذاب في المذيب.
- الأحماض عبارة عن مواد تُطلق أيونات الهيدروجين في المحاليل. والقواعد عبارة عن مواد تُطلق أيونات الهيدروكسيد في المحاليل.
- يُعدّ الرقم الهيدروجيني (pH) مقياسًا لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول.

polar molecule	الجزئيّ القطبيّ
hydrogen bond	الرابطّة الهيدروجينية
mixture	الخليط
solution	المحلول
solvent	المذيب
solute	المذاب
acid	الحمض
base	القاعدة
pH	الرقم الهيدروجيني
buffer	المنظم

## القسم 4 العناصر الأساسية اللازمة للحياة

**الفكرة الرئيسية** تتكوّن الكائنات الحية من جزيئات تحتوي على الكربون.

- مركّبات الكربون هي العناصر الأساسية اللازمة للكائنات الحية.
- تتكون الجزيئات الضخمة الحيوية من خلال اتحاد مركّبات كربون صغيرة لتكوين بوليمرات.
- يوجد أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الضخمة.
- تعمل الروابط الببتيدية على تجميع الأحماض الأمينية في البروتينات.
- تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية.

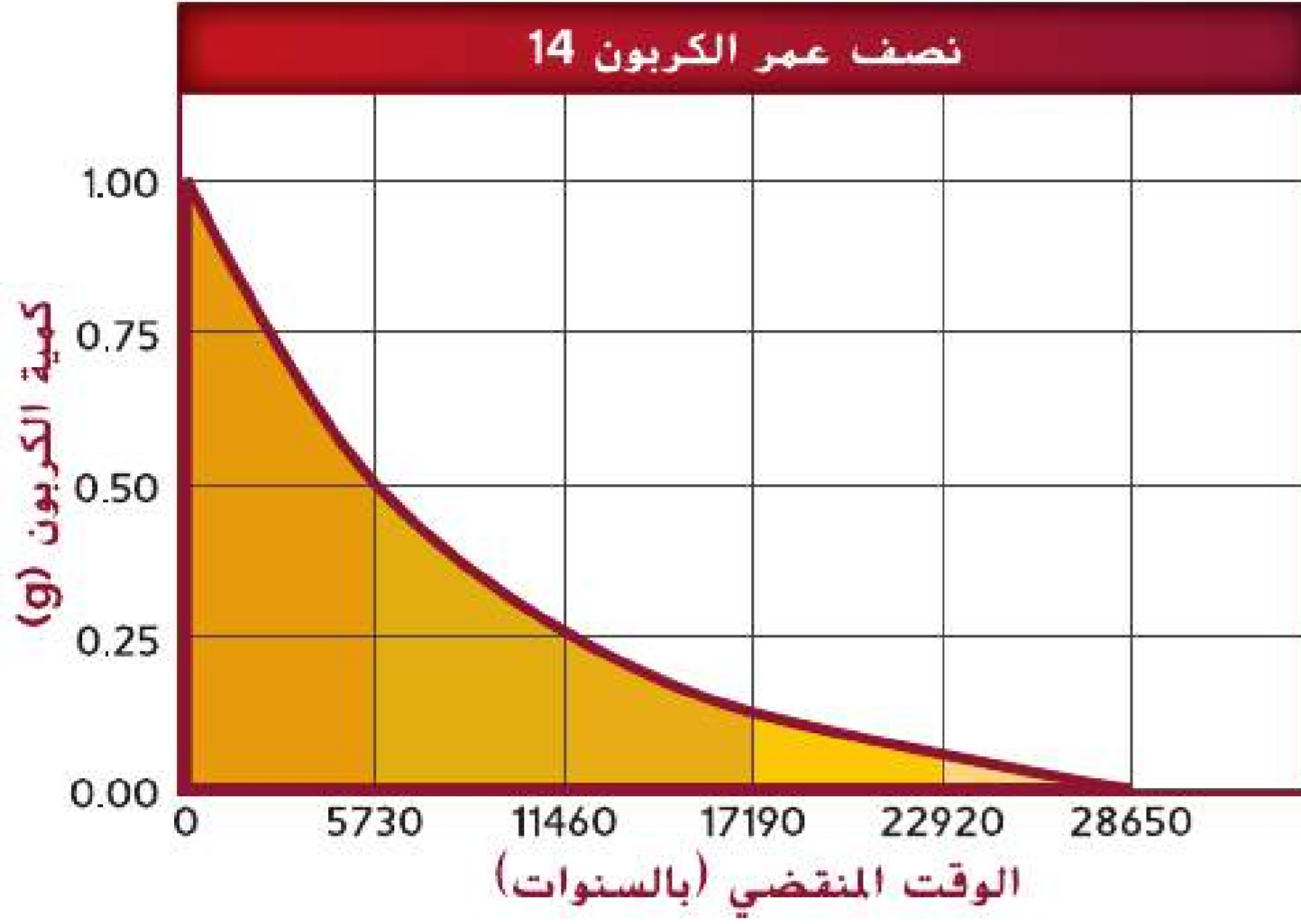
macromolecule	الجزئيّ الضخم
polymer	البوليمر
carbohydrate	الكربوهيدرات
lipid	الشحوم
protein	البروتين
amino acid	الحمض الأميني
nucleic acid	الحمض النووي
nucleotide	النيوكليوتيد

10. ما العامل الذي يحدّد كيف يمكن لذرة الأكسجين أن تكوّن رابطتين تساهميتين في حين يمكن لذرة الكربون أن تكوّن أربعة روابط؟

11. ما أهمية وجود روابط قوية (تساهمية وأيونية) وروابط ضعيفة (الهيدروجين وفاندرفال) للكائنات الحية؟

## فكر بشكل ناقد

استخدم التمثيل البياني الآتي للإجابة عن السؤال 12.



12. وفقاً للبيانات، ما نصف عمر الكربون 14؟ كيف يمكن للعلماء استخدام هذه المعلومات؟

13. يُعدّ أبو بريس من الزواحف التي يمكنها تسلّق الأسطح الناعمة مثل الزجاج والالتصاق بها بالاعتماد على قوى فاندرفال. كيف تكون هذه الطريقة في الالتصاق أكثر فائدة من التفاعلات التساهمية؟

## القسم 2

### مفردات للمراجعة

طابق المصطلح على اليمين بالتعريف المناسب على اليسار.

- |                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| A. بروتين يسرّع التفاعل              | 14. طاقة التنشيط                |
| B. مادة تتكوّن نتيجة تفاعل كيميائي   | 15. المادة المتفاعلة مع الإنزيم |
| C. الطاقة اللازمة لبدء عملية التفاعل | 16. الإنزيم                     |
| D. مادة ترتبط بإنزيم                 | 17. الناتج                      |

## القسم 1

### مفردات للمراجعة

صف أوجه الاختلاف بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية.

1. الإلكترون، البروتون
2. الرابطة الأيونية، الرابطة التساهمية
3. النظير، العنصر
4. الذرة، الأيون

### فهم الأفكار الرئيسية

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 5.



5. ما الذي تبيّنه الصورة أعلاه؟

- A. رابطة تساهمية
- B. خاصية فيزيائية
- C. تفاعل كيميائي
- D. قوى فاندرفال

6. ما العملية التي تحوّل ذرة الكلور إلى أيون الكلوريد؟

- A. اكتساب إلكترون
- B. فقدان إلكترون
- C. اكتساب بروتون
- D. فقدان بروتون

7. العنصر الرئيسي أي مما يلي يُعدّ مادة نقية لا يمكن تكسيدها بواسطة تفاعل كيميائي؟

- A. المركّب
- B. الخليط
- C. العنصر
- D. النيوترون

8. ما وجه الاختلاف بين نظائر الهيدروجين؟

- A. عدد البروتونات
- B. عدد الإلكترونات
- C. عدد مستويات الطاقة
- D. عدد النيوترونات

### أسئلة ذات إجابات مفتوحة

9. ما المقصود بالنظير المشع؟ اذكر استخدامات النظائر المشعة.



القسم 3

مفردات للمراجعة

اذكر العلاقة بين كل مصطلحين واردين في كل مجموعة ثنائية.

25. المحلول، الخليط

26. الرقم الهيدروجيني، المنظم

27. الحمض، القاعدة

28. المذيب، المذاب

29. الجزيء القطبي، الرابطة الهيدروجينية

فهم الأفكار الرئيسية

استخدم الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 30.



30. ما الذي تبيته الصورة أعلاه؟

- A. خليط غير متجانس  
B. خليط متجانس  
C. محلول  
D. المزيج المعلق

31. أي من العبارات الآتية لا ينطبق على الماء النقي؟

- A. رقمه الهيدروجيني هو 7.0.  
B. يتكوّن من جزيئات قطبية.  
C. يتكوّن من روابط أيونية.  
D. مذيب جيد.

32. ما المادة التي تُنتج أيونات  $\text{OH}^-$  عند ذوبانها في الماء؟

- A. القاعدة  
B. الحمض  
C. المنظم  
D. الملح

أسئلة ذات إجابات قصيرة

33. الفكرة الرئيسية ما سبب أهمية الروابط الهيدروجينية للكائنات الحية؟

34. إنّ حمض الهيدروكلوريك (HCl) حمض قوي. ما الأيونات التي تتكوّن عند ذوبان HCl في الماء؟ ما تأثير HCl في الرقم الهيدروجيني للماء؟

35. اشرح أهمية المنظّمات للكائنات الحية.

فهم الأفكار الرئيسية

18. الموضوع المحوري الطاقة أي مما يلي يُعدّ مادة تخفض طاقة التنشيط؟

- A. الأيون  
B. المتفاعل  
C. الحفّاز  
D. المادة المتفاعلة مع الإنزيم

19. في أي مما يلي تتكسر روابط وتتكوّن روابط جديدة؟

- A. التفاعلات الكيميائية  
B. العناصر  
C. النظائر  
D. الجزيئات القطبية

20. أي من العبارات التالية ينطبق على المعادلات الكيميائية؟

- A. المتفاعلات على اليمين.  
B. النواتج على اليمين.  
C. عدد ذرات النواتج أقل من عدد ذرات المتفاعلات.  
D. عدد ذرات المتفاعلات أقل من عدد النواتج.

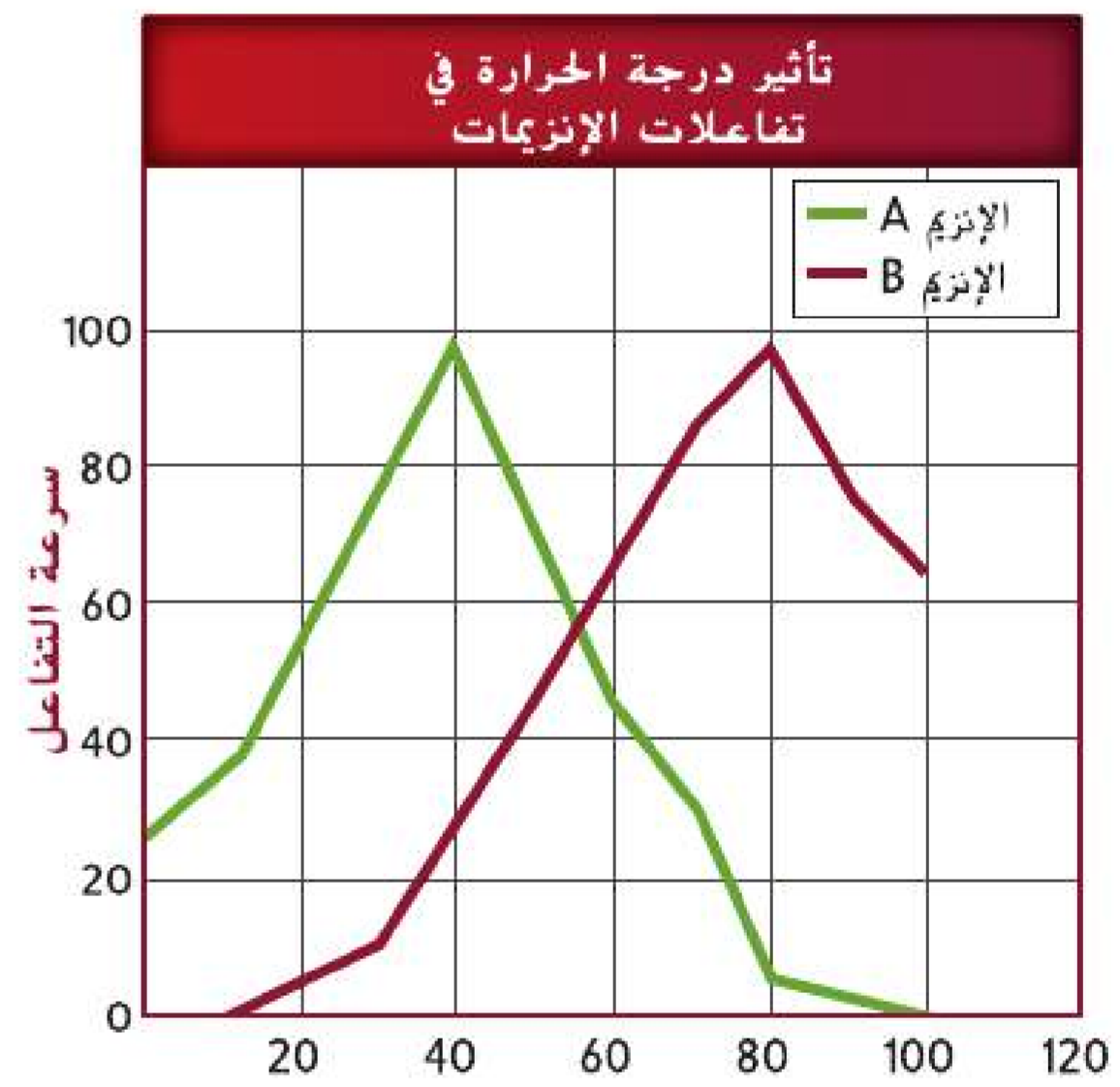
أسئلة ذات إجابات قصيرة

21. ما الميزات المشتركة بين كل التفاعلات المحتوية على إنزيمات؟

22. حدّد وصّف العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيم.

فكّر بشكل ناقذ

استخدم التمثيل البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 23 و 24.



23. صيغ تأثير درجة الحرارة في سرعة التفاعلات مستخدمًا التمثيل البياني أعلاه.

24. الفكرة الرئيسية ما هو الإنزيم الأكثر نشاطًا في خلايا البشر؟ لماذا؟

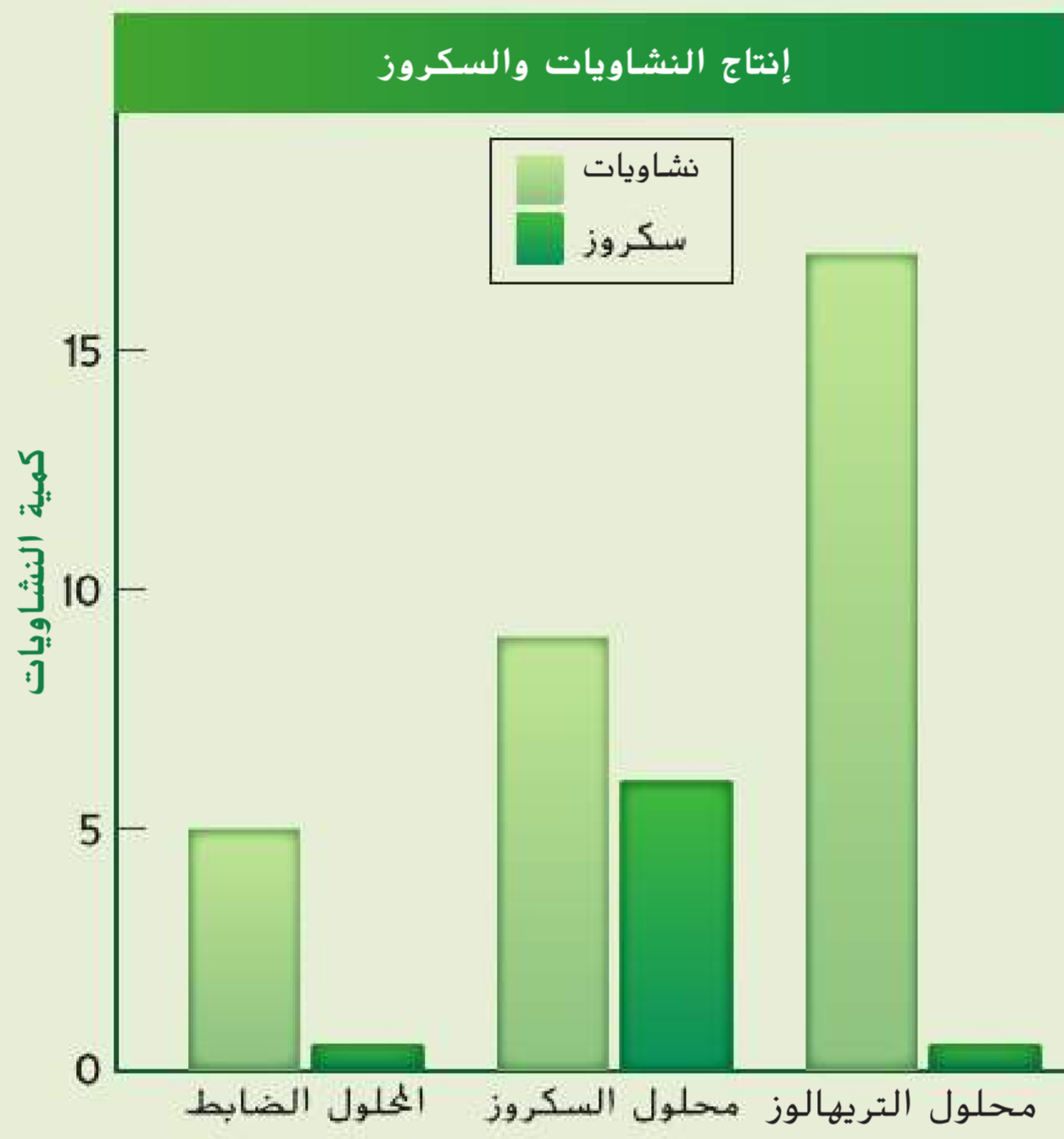
## التقويم الختامي

48. **الفكرة الرئيسية** ارسم الوحدة الأساسية للمادة ووصف أجزائها وعلاقة كل منها بالآخر.

49. **الكتابة في علم الأحياء** ابحث واكتب الوصف الوظيفي لعالم الكيمياء الحيوية. اذكر أنواع المهام التي يقوم بها عالم الكيمياء الحيوية والمواد التي يستخدمها في أبحاثه.

## أهم أسئلة حول مستند

تعدّ النشويات مخزن الكربون الأساسي في النباتات. وأجريت تجارب لتحديد ما إذا كان باستطاعة التريهالوز تنظيم إنتاج النشويات في النباتات. حُفظت شرائح من الورق لمدة ثلاث ساعات في محاليل السوربيتول (الضابط) والسكروز والتريهالوز. ثم تم قياس مستويات النشويات والسكروز في الأوراق. استخدم البيانات للإجابة عن الأسئلة الواردة أدناه.



أخذت البيانات من: Kolbe, et al. Trehalose 6-phosphate regulates starch synthesis via post translational redox activation of ADP-glucose pyrophosphorylase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102(31): 11118-11123

50. لخص عمليتي إنتاج النشويات والسكروز في المحاليل الثلاثة.

51. ما الخلاصة التي قد يتوصل إليها الباحثون بناءً على هذه البيانات؟

## فكر بشكل ناقد

36. توقّع موضعين في الجسم تُستخدم فيهما المنظّمات للحدّ من التغيّرات الحادة في الرقم الهيدروجيني.

37. ارسم مخططاً لمُح الطعام (NaCl) الذائب في المياه.

## القسم 4

### مفردات للمراجعة

أكمل العبارات التالية باستخدام مصطلحات من صفحة دليل الدراسة.

38. إنّ الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية هي \_\_\_\_\_.

39. تتكوّن البروتينات من \_\_\_\_\_ المرتبطة معاً باستخدام \_\_\_\_\_.

40. تكوّن الدهون والزيوت والشمع \_\_\_\_\_.

41. RNA و DNA من الأمثلة على \_\_\_\_\_.

### فهم الأفكار الرئيسية

42. ما العنصران اللذان يتوجدان دائماً في الأحماض الأمينية؟

- A. النيتروجين والكبريت
- B. الكربون والأكسجين
- C. الهيدروجين والفسفور
- D. الكبريت والأكسجين

43. ما الذي يربط الأحماض الأمينية معاً؟

- A. الروابط الببتيدية
- B. الروابط الهيدروجينية
- C. قوى فاندرفال
- D. الروابط الأيونية

44. ما المادة التي لا تُعتبر جزءاً من النيوكليوتيد؟

- A. الفوسفات
- B. القاعدة
- C. السكر
- D. الماء

### أسئلة ذات إجابات مفتوحة

45. لماذا تحتوي الخلايا على جزيئات ضخمة ومركّبات كربون صغيرة في الوقت نفسه؟

46. لماذا لا يستطيع الإنسان هضم كل الكربوهيدرات؟

## فكر بشكل ناقد

47. **الفكرة الرئيسية** أنشئ جدولاً للجزيئات الحيوية الضخمة الأساسية الأربعة تردّ فيه مكوناتها ووظائفها.



# علم الوراثة والتقنيات الحيوية

### تجربة استهلاكية

### كيف يعمل الانتخاب الصناعي؟

يمكن أن تمثل رزمة بطاقات تحوي أرقامًا وأشكالاً جينوم جماعة أحيائية من الكائنات الحية. في هذه التجربة، ستستخدم رزمة بطاقات لنمذجة الانتخاب الصناعي.

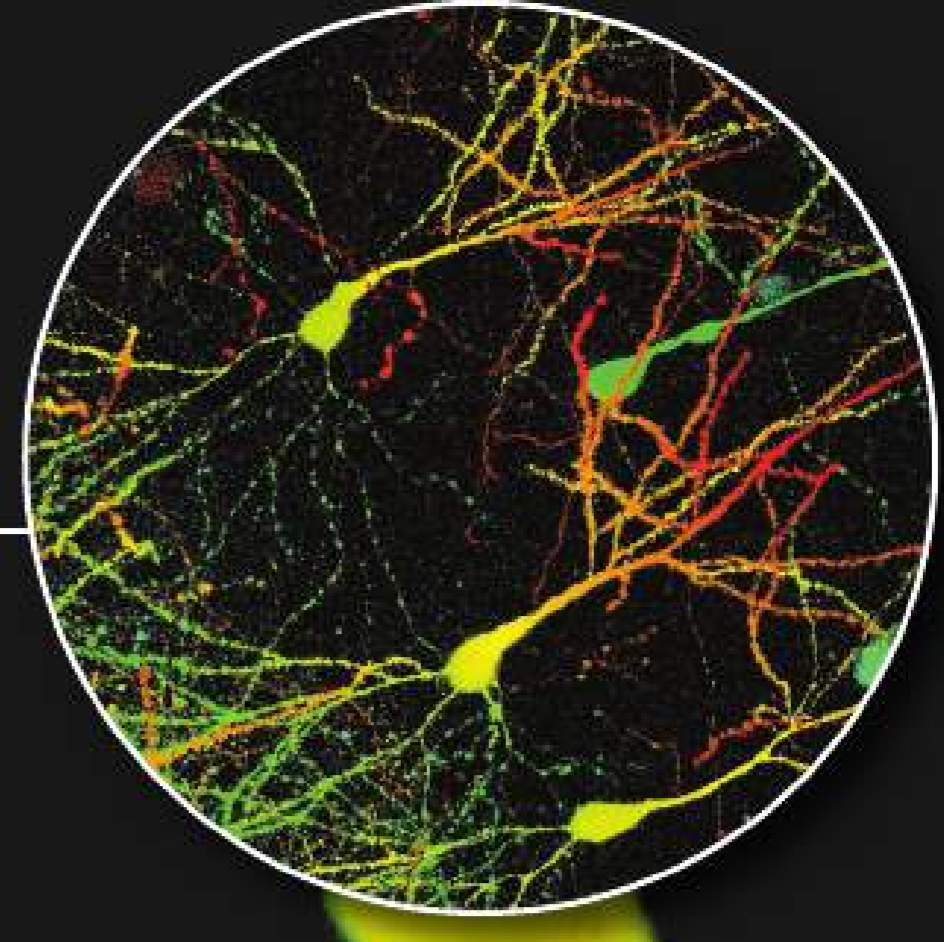
### المطويات®

قم بإنشاء مطوية البطاقات الثلاث وضع عليها التسميات على النحو الموضح، واستخدمها لتنظيم ملاحظاتك حول أدوات الـ DNA.

تصنيع جينوم نظري معاد التركيب

استنساخ  
↓  
تسلسل  
↓  
تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR)

خلايا عصبية معدلة وراثيًا  
تكبير بالمجهر الضوئي: 400×



خلايا عصبية معدلة وراثيًا في المخ  
تكبير بالمجهر الضوئي: 975×



القسم 1 • علم الوراثة التطبيقي

القسم 2 • تكنولوجيا الـ DNA

القسم 3 • الجينوم البشري

الموضوع المحوري الاستقصاء العلمي  
تؤدي التكنولوجيا الحديثة إلى الاكتشافات في عالم الجزيئات  
وإلى فهم أفضل للوراثة الجينية.

المنكبة الرئيسية  
تحسّن التكنولوجيا الوراثية من صحة الإنسان  
ونوعية الحياة.



## علم الوراثة التطبيقي

## الأسئلة الرئيسية

- كيف يُستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين التناسل الداخلي والتجسين؟
- كيف يساعد التزاوج الاختباري لمربع بانيت في تقويم الطرز الجينية للكائنات الحية؟

## مفردات للمراجعة

هجين hybrid: كائن حي متخالف الجينات بالنسبة إلى صفة معينة

## مفردات جديدة

الانتخاب الصناعي selective breeding  
التزاوج الداخلي inbreeding  
التزاوج الاختباري test cross

**الفكرة الرئيسية** يُستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة.

**الربط مع الحياة اليومية** يميّز هواة جمع العملات المعدنية بين العملات النادرة والعملات الأخرى لأن العملات النادرة أكثر قيمة. ومثلما يقع الاختيار على عملات معينة نظرًا إلى قيمتها، كذلك يقع الاختيار على أنواع نباتات وحيوانات معينة يتم استيلاؤها لإنتاج كائنات حية تحمل صفات ذات قيمة للإنسان.

## الانتخاب الصناعي

ربما تكون على دراية بسلالات الكلاب المختلفة، مثل كلاب البيغل والهاسكي والجيرمان شيبرد. لاحظ بعض صفات الطراز الظاهري لهذه السلالات في الشكل 1. تتمتع الأنواع الثلاثة ببنية عضلية قوية. وتتميز كلاب البيغل بصفات محددة مثل حاسة الشم القوية التي تؤهلها لتكون كلابًا بوليسية جيدة، أما كلاب الهاسكي، فهي عداءة قوية التحمل وتستطيع سحب الزلاجات لمسافات طويلة، بينما تشتهر كلاب الجيرمان شيبرد بأنها قابلة للتدريب إلى حد كبير لأداء الخدمات الخاصة.

منذ العصور القديمة، قام البشر بتربية الحيوانات التي تتميز بصفات معينة للحصول على نسل يحمل صفات مرغوبة. ونتيجة لذلك، أصبحت هذه الصفات أكثر شيوعًا. لا يقتصر الأمر على تربية أو توليد الحيوانات للحصول على كائنات تتميز بصفات مرغوبة فقط، فالنباتات أيضًا تزرع لإنتاج تلك الصفات مثل إنتاج ثمار أكبر حجمًا وفترات نمو أقصر. وتُسمى العملية التي يتم من خلالها اختيار الصفات المرغوبة لنباتات وحيوانات معينة ونقلها إلى الأجيال المقبلة منها **الانتخاب الصناعي**. فمن خلال عمليات التجسين والتزاوج الداخلي، يمكن نقل الصفات المرغوبة للأجيال القادمة.

■ **الشكل 1** تتميز الكلاب بصفات تجعلها مناسبة لمهام مختلفة: البيغل — حاسة شم قوية؛ الهاسكي — العدو لمسافات طويلة؛ الجيرمان شيبرد — قابلية للتدريب بدرجة عالية.



الجيرمان شيبرد  
كلب الخدمة



الهاسكي  
كلب جرّ الزلاجات



البيغل  
كلب بوليسي

# تجربة مصفرة 1

## تمثيل عملية التهجين

كيف تُنتج الزنابق الهجينة؟ في هذه التجربة، ستطلع على التقنيات التي يستخدمها مربو النباتات المحترفون والبستانيون الهواة لإنتاج المجموعة الكبيرة من الزنابق التي ربما تشاهدها تنمو في المناطق الطبيعية.

### الإجراءات

1. حدّد مخاوف السلامة المرتبطة بهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أحضر رسمًا لزهرة الزنبق مزوّدًا وزهرة زنبق متفتحة نضرة. تفحص الزهرة باستخدام عدسة مكبرة يدوية وحدد المنك المذكر والمتاع المؤنث.
3. استخدم عود تنظيف الأذن لفرك المنك برفق بهدف استخراج حبوب اللقاح.
4. استبدل الزهور بمجموعة أخرى في المختبر، وضع حبوب اللقاح التي استخرجتها من الزهرة على ميسم المتاع في زهرة جديدة مستخدمًا عود تنظيف الأذن.

### التحليل

1. استدلّ عندما يقوم المربّون بتهجين الزنابق، فإنهم ينقلون حبوب اللقاح إلى ميسم في زهرة زنبقة غير متفتحة ثم يغطون الميسم بغطاء رقيق. لِمَ يُعدّ هذا ضروريًا برأيك؟
2. التفكير الناقد يُنتج مربّ ما زنبقة هجينة تُترك بعد ذلك لتنمو وتُنتج البذور بشكل طبيعي. وعندما تُزرع هذه البذور، لا يكون لنباتات الزنبق الجديدة الخصائص نفسها الموجودة في الأب الهجين. صغّ فرضية لسبب حدوث ذلك.

مراجعة في ضوء ما قرأته عن الانتخاب الصناعي، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

**التهجين** تدكّر أن الكائنات المهجنة تنتج عن تزاوج كائنات حية لها أشكال مختلفة من صفة ما لإنتاج أفراد جيل يحمل صفات معينة. وغالبًا ما يعتمد المزارعون ومربو الحيوانات والعلماء والبستانيون إنتاج الحيوانات المهجنة الذي يُعرف أيضًا بالتهجين. فيختارون الصفات التي ستعطي الكائنات الحية الهجينة ميزة تنافسية. يمكن إكثار وتوليد هذه الكائنات الحية الهجينة للحصول على نسل أكثر مقاومة للأمراض أو أكثر قدرة على الإنجاب أو أسرع نموًا. على سبيل المثال، قد يختار مربو النباتات مزوجة صنفين مختلفين من نبات الطماطم لإنتاج هجين يحمل صفة «مقاومة الأمراض»، من أحد الأبوين، وصفة النمو السريع من الأب الآخر.

يجب توخي الحذر في تحديد الكائنات الحية التي تحمل الصفات المرغوبة وإنجاح تزاوجها للحصول على التركيب الصحيح للصفات من كلا الأبوين.

لكنّ للتهجين عيوبًا منها أنه مكلف ويستغرق وقتًا طويلًا، على سبيل المثال، استغرقت هذه العملية ثلاثة عقود للتوصل إلى أصناف هجينة من الأرز تنتج كميات أكبر من المحاصيل مقارنة بالأصناف غير الهجينة. لكن بما أن التهجين ينطوي على إنتاج كائنات حية ذات قيمة غذائية أعلى، وأكثر قدرة على التكيف مع أشكال عديدة من التغيرات البيئية، فإن مزايا التهجين تفوق عيوبه في بعض الأحيان.

**التزاوج الداخلي** عندما يلاحظ المربّي وجود صفة مرغوبة في كائن حي، يتعيّن تنفيذ عملية دقيقة للتأكد من انتقال الصفة إلى الأجيال القادمة. تُسمّى هذه العملية التي يتم فيها تهجين كائنات حية متماثلة جينيًا بهدف التخلص من الصفات غير المرغوبة في الأجيال القادمة ونقل الصفات المرغوبة للأجيال القادمة ونقل الصفات المرغوبة إليها خلال التزاوج الداخلي.

نحافظ على السلالات النقية عن طريق التزاوج الداخلي. ومن أمثلة الكائنات الحية الناتجة عن التزاوج الداخلي: خيول كلايدزديل وبقر أنغس. ربما رأيت خيول كلايدزديل في المواكب وحدائق الحيوانات، فقد بدأ مربو الخيول في تربيتها في اسكتلندا قبل مئات السنين لاستخدامها في المزارع، وعندما لاحظوا أنها تتمتع بالبنية القوية والرشاقة والطبيعة المطيعة، فقد تمّت تربيتها داخليًا واستخدامها على نطاق واسع لجرّ الأحمال الثقيلة.

لكنّ للتزاوج الداخلي عيوبًا منها إمكانية انتقال الصفات المتنحية الضارة أيضًا إلى الأجيال القادمة، كما يزيد التزاوج الداخلي من فرص إنتاج نسل متنحٍ متماثل الجينات. إذا كان الأبوان يحملان الأليل المتنحي، فمن غير المرجح التخلص من الصفة الضارة.

التأكد من فهم النصّ صف العيوب المرتبطة بكل من التهجين والتزاوج الداخلي.



## التزاوج الاختباري

من النواحي المهمة التي ينبغي على المربي تحديدها عند إنتاج هجين هو الطراز الجيني للهجين. في حال لاحظ مربب ما صفة مرغوبة وكانت هذه الصفة سائدة فقد يكون الطراز الجيني للكائن الحي الذي يحملها متماثل الجينات أو متخالف الجينات. ويتحدد الطراز الجيني بدقة عن طريق إجراء التزاوج الاختباري. ينطوي **التزاوج الاختباري** على مزوجة كائن حي له طراز جيني غير معروف مع آخر له طراز جيني منتج متماثل الجينات للصفة المرغوبة. إذا كان الطراز الجيني للأب سائدًا متماثل الجينات، فسيكون لجميع أفراد النسل الطراز الجيني السائد؛ وإذا كان الطراز الجيني متخالف الجينات، فستكون نسبة الطرز الظاهرية للنسل 1:1.

**إجراء تزاوج اختباري** افترض أن أحد المرّبين يرغب في إنتاج ثمار جريب فروت هجينة بيضاء. في أشجار الجريب فروت، يمثل لون الثمرة الأبيض الصفة السائدة، بينما يمثل اللون الأحمر الصفة المتنحية. بالتالي، يجب أن تحمل أشجار الجريب فروت الأحمر في البستان صفة متنحية متماثلة الجينات ( $ww$ ). ويمكن أن يكون الطراز الجيني لشجرة الجريب فروت الأبيض الهجينة الذي حصل عليه المربي سائدًا متماثل الجينات ( $WW$ ) أو متخالف الجينات ( $Ww$ ) للون الأبيض. لذلك، ينبغي على المربي إجراء تزاوج اختباري لتحديد الطراز الجيني لشجرة الجريب فروت الأبيض. تذكر أنه عند إجراء التزاوج، تُنقل حبوب اللقاح من زهرة أحد النباتات إلى العضو الأنثوي في زهرة من نبات آخر.

**النتائج** كما يظهر في مربع بانيت في الشكل 2، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض تحمل صفة سائدة متماثلة الجينات ( $WW$ ) وتم تزاوجها مع شجرة جريب فروت أحمر ( $ww$ )، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات ( $Ww$ ) ولونهم أبيض. في هذه الحالة، سيكون لجميع أفراد النسل الطراز الظاهري السائد. ومع ذلك، كما يظهر في مربع بانيت في الشكل 2، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متخالفة الجينات ( $Ww$ )، فسيكون نصف عدد أفراد النسل أبيض اللون وستكون نسبة الطرز الظاهرية 1:1. راجع النتائج في مربع بانيت في الشكل 2. إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متماثلة الجينات، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات أي بيض اللون. وإذا كانت الشجرة متخالفة الجينات، فسيكون نصف أفراد نسل التزاوج الاختباري أبيض اللون وسيكون النصف الآخر أحمر اللون.

جريب فروت أبيض  
متماثل الجينات

		W	W
متماثل الجينات جريب فروت أحمر	w	Ww	Ww
	w	Ww	Ww

جريب فروت أبيض  
متخالف الجينات

		W	w
متماثل الجينات جريب فروت أحمر	w	Ww	ww
	w	Ww	ww

■ **الشكل 2** يمكن تحديد الطراز الجيني لشجرة جريب فروت أبيض من خلال نتائج تزاوج اختباري مع شجرة جريب فروت أحمر متماثلة الجينات.

## القسم 1 مراجعة

### ملخص القسم

- يستخدم الانتخاب الصناعي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات تُعتبر مرغوبة.
- يُنْتِج التهجين كائنات حية تحمل صفات مرغوبة من آباء يحملون صفات مختلفة.
- تُنتج التزاوج الداخلي سلالات نقية.
- يمكن استخدام تزاوج اختباري لتحديد الطراز الجيني للكائن الحي.

### فهم الأفكار الرئيسية

- العكرة الرئيسية** قوّم أثر الانتخاب الصناعي في المحاصيل الغذائية.
- صِف ثلاث صفات قد تكون مرغوبة في الأغنام. كيف يمكن نقل هذه الصفات إلى الجيل التالي؟ اشرح ذلك.
- قارن وقابل بين كل من التزاوج الداخلي والتهجين.
- توقّع الطراز الظاهري لأفراد نسل ناتج عن تزاوج اختباري بين برتقالة بدون بذور ( $ss$ ) وبرتقالة لها بذور ( $Ss$ ).

### التفكير الناقد

- قيّم هل ينبغي مزوجة بقرة وثور كلاهما يحمل أليلات متنحية طمّرة جينية تُسبب انخفاض إنتاج الحليب؟ أجب مع التعليل.

### الرياضيات في علم الأحياء

- يُجري المربي تزاوجًا اختباريًا لتحديد الطراز الجيني لقطعة سوداء اللون. فيقوم بإجراء تزاوج للقطعة السوداء ( $Bb$  أو  $BB$ ) مع قط أبيض ( $bb$ ). إذا بلغت نسبة القطط السوداء من أفراد النسل 50%، فما هو الطراز الجيني للقطعة السوداء في النسل؟

## تكنولوجيا الحمض النووي DNA

## الأسئلة الرئيسية

- ما الأدوات والعمليات المختلفة المستخدمة في هندسة الجينات وكيف تتحكم هندسة الجينات في الحمض النووي (DNA) معاد التركيب ما أوجه الشبه بين الانتخاب الصناعي وهندسة الجينات؟
- كيف تُستخدم هندسة الجينات والتقنيات الحيوية لتحسين حياة الإنسان؟

**النكبة الرئيسية** يستخدم الباحثون هندسة الجينات للتحكم بالحمض النووي (DNA).

**الربط مع الحياة اليومية** هل سبق ورأيت لحافاً من قطع قماش مختلفة الألوان يدوي الصنع؟ تُصنع الألبسة المكونة من قطع قماش مختلفة الألوان عن طريق دمج قطع مختلفة من الأقمشة. يستخدم العلماء عملية مشابهة ويدمجون أحماضاً نووية من مصادر مختلفة لإنتاج كائن حي يحمل صفات وراثية فريدة.

## هندسة الجينات

بحلول العام 1970 تقريباً، كان الباحثون قد اكتشفوا بنية الحمض النووي (DNA) وحددوا المبدأ المركزي الذي ينص على أن المعلومات الوراثية تتدفق من الحمض النووي إلى الحمض النووي الرايبوزي (RNA)، ومنه إلى البروتينات. رغم ذلك، لم يعرف العلماء الكثير عن وظيفة الجينات الفردية. لتفترض أن صديقك أُخبرك بالنتيجة النهائية لمباراة كرة قدم إحدى الثانويات، ولكنه لم يخبرك عن أداء كل لاعب في المباراة. إن فضولك لمعرفة تفاصيل المباراة مشابه للفضول الذي شعر به العلماء لأنهم لم يعلموا دور كل جين في وظيفة كل من الخلايا.

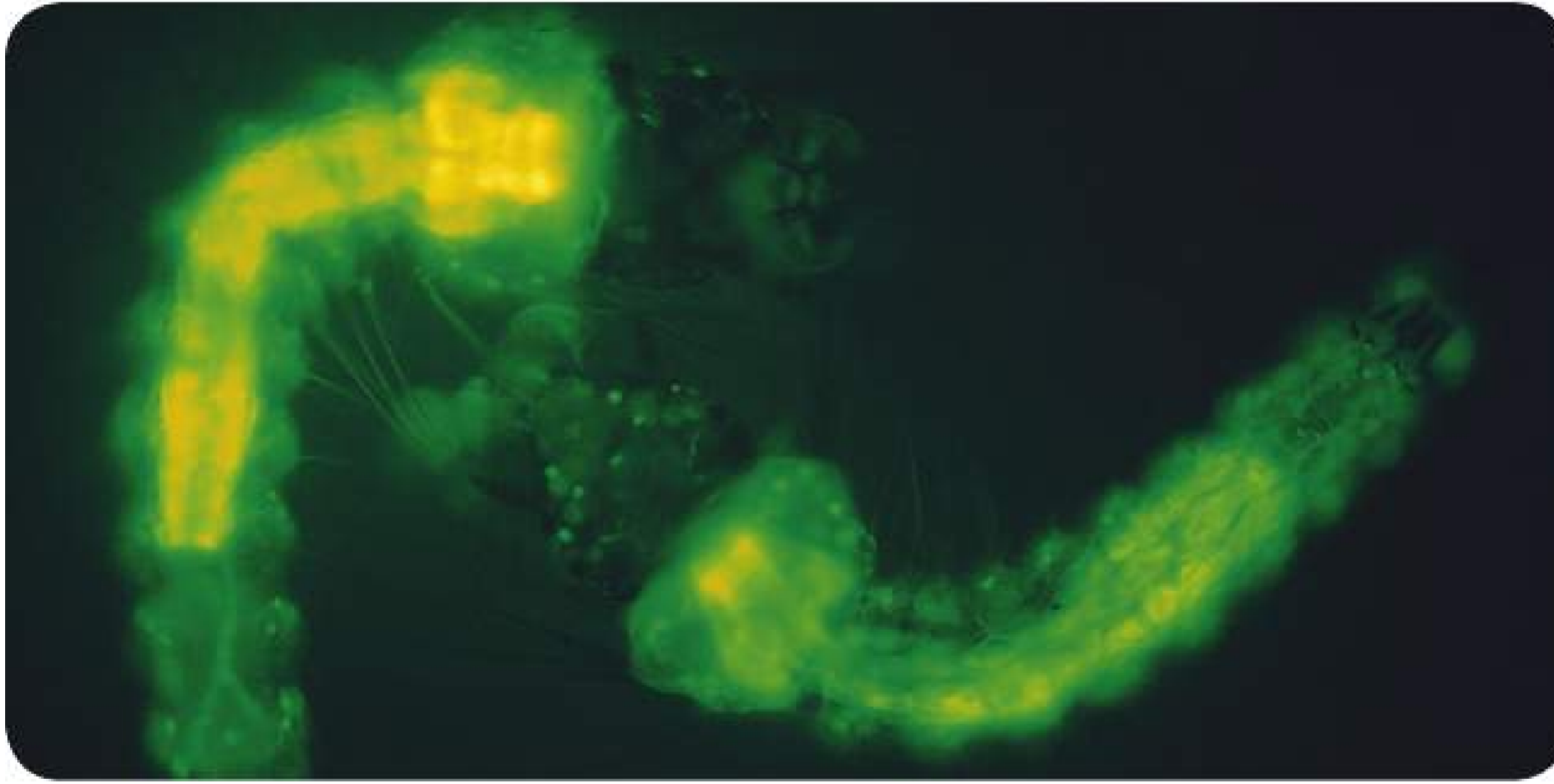
تغير الوضع عندما بدأ العلماء في استخدام **هندسة الجينات**، وهي تكنولوجيا تنطوي على التحكم بالحمض النووي لكائن حي من خلال إضافة حمض نووي دخيل (حمض نووي يعود إلى كائن حي آخر). على سبيل المثال، أدخل الباحثون جيناً لبروتين الإضاءة الحيوية يُسمى البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في كائنات حية مختلفة. يبعث البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، وهو مادة موجودة طبيعياً في السمك الهلامي الذي يعيش في شمال المحيط الهادئ، ضوءاً أخضر عند تعرّضه للضوء فوق البنفسجي. إن الكائنات الحية التي سبق أن خضعت للتعديل الوراثي بهدف تصنيع DNA البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، مثل يرقات البعوض الموضحة في الشكل 3، يمكن التعرف إليها بسهولة بوجود الأشعة فوق البنفسجية. يتم لصق DNA البروتينات الفلورية الخضراء بالـ DNA الدخيل للتحقق من إدخاله في الكائن الحي. وتُستخدم هذه الكائنات الحية المعدلة وراثياً في عمليات مختلفة، مثل دراسة تعبير جين معين والتحقيق في العمليات الخلوية ودراسة تطوّر مرض معين وانتقاء صفات وراثية قد تكون مفيدة للبشر.

## مفردات للمراجعة

**الحمض النووي DNA:** المادة الجينية لجميع الكائنات الحية، وتتألف من سلسلتين مُكملتين من النيوكليوتيدات الموجودة في اللولب المزدوج.

## مفردات جديدة

هندسة الجينات	genetic engineering
الجينوم	genome
إنزيم القطع	restriction enzyme
الفصل الكهربائي الهلامي	gel electrophoresis
الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب	recombinant DNA
البلازميد	plasmid
إنزيم ربط الحمض النووي (ليغاز)	DNA ligase
التحويل	transformation
الاستنساخ	cloning
تفاعل البلمرة المتسلسل	polymerase chain reaction
الكائن الحي المعدل وراثياً	transgenic organism



يرقات بعوض معدلة وراثياً

**الشكل 3** أدخل جين البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في يرقات البعوض حتى يتسنى للباحثين التحقق من إدخال الحمض النووي الدخيل. **توقع** كيفية استخدام المجال الطبي لهندسة الجينات في المستقبل.



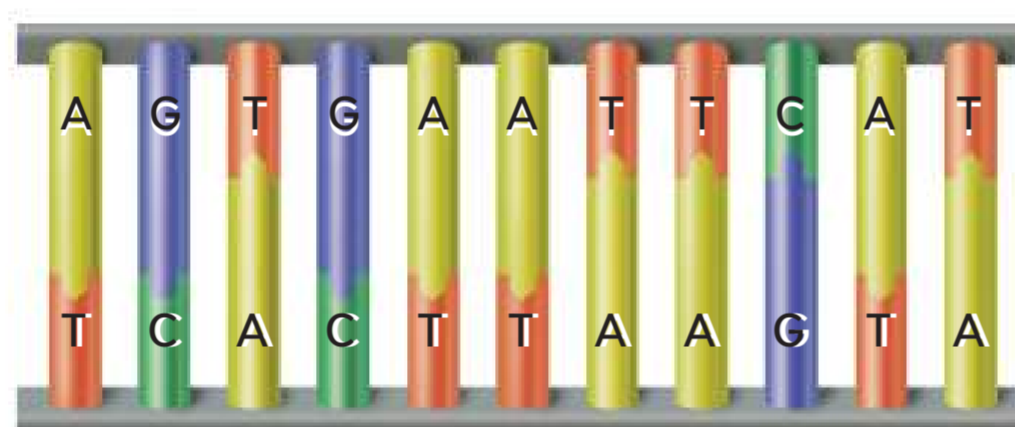
## أدوات الحمض النووي (DNA)

لقد تعلمت أن الانتخاب الصناعي يُستخدم لإنتاج نباتات وحيوانات تحمل صفات وراثية مرغوبة. ويمكن استخدام هندسة الجينات لزيادة أو تقليل تعبير جينات معينة في كائنات حية منتقاة. كما أنّ لها استخدامات كثيرة بدءًا من صحة الإنسان ووصولًا إلى الزراعة. إن **جينوم** الكائن الحي هو مجموع الحمض النووي الموجود في نواة كل خلية. كما ستتعلم في القسم التالي، مثلًا الجينوم البشري، يمكن أن يحتوي على الملايين والملايين من النيوكليوتيدات. فمن أجل دراسة جين معين، يمكن استخدام أدوات الحمض النووي للتحكم به وعزل الجينات عن بقية الجينوم.

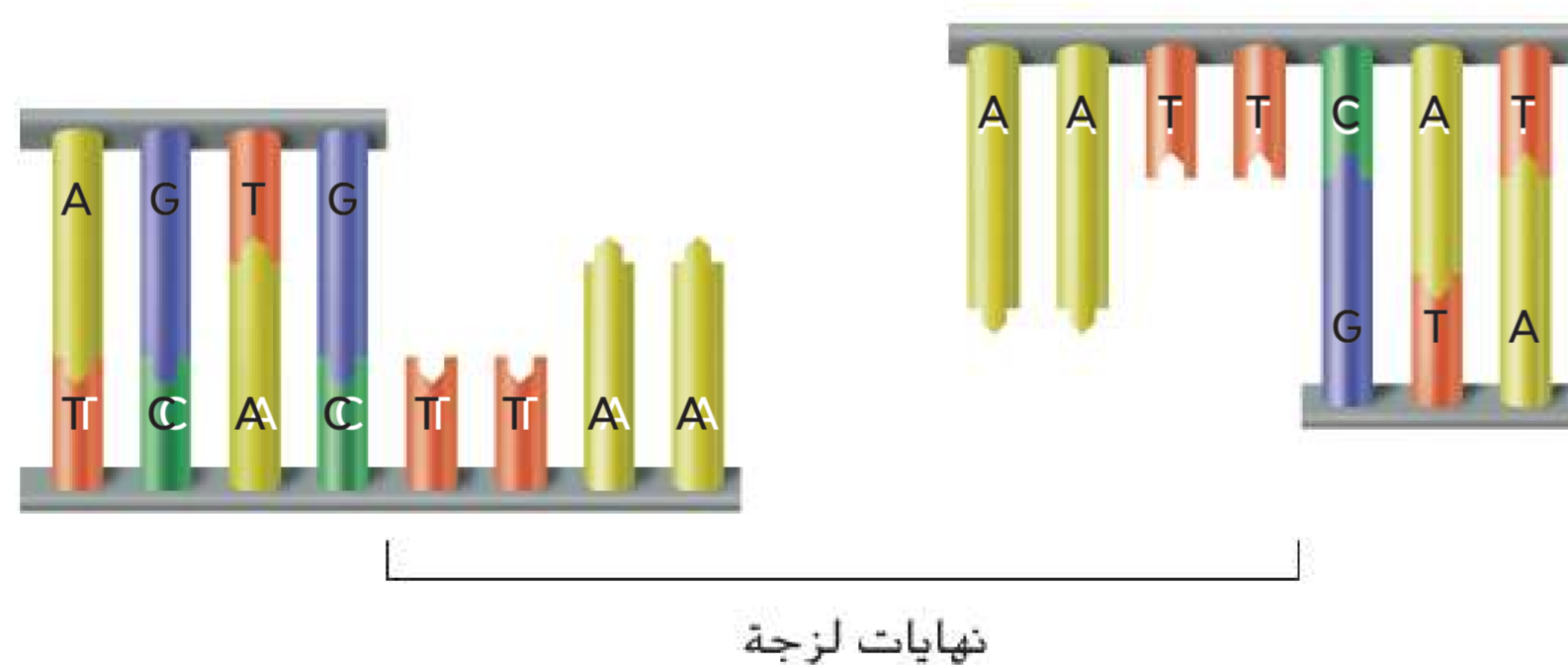
**إنزيمات القطع** تحتوي بعض أنواع البكتيريا على وسائل دفاعية قوية ضد الفيروسات. وتشتمل هذه الخلايا على بروتينات تُسمى **إنزيمات القطع** التي تتعرف على تسلسلات حمض نووي معينة وتتصل بها وتقطع الـ DNA داخل ذلك التسلسل. يقطع إنزيم القطع، الذي يُسمى أيضًا النيوكلياز الداخلي، الحمض النووي الفيروسي إلى أجزاء. ومنذ اكتشاف الإنزيمات في أواخر الستينات، حدد العلماء المئات من إنزيمات القطع وفصلوها. والجدير بالذكر أنّ إنزيمات القطع تُستخدم كأدوات قوية لفصل جينات أو مناطق معينة من الجينوم، فعندما يقطع إنزيم القطع الـ DNA الجينومي، يكون أجزاء ذات أحجام مختلفة تكون فريدة لدى كل شخص.

**EcoRI** يُعرف أحد إنزيمات القطع التي يُستخدمها العلماء على نطاق واسع باسم إنزيم قطع اللولب المزدوج (*ECORI*). وكما هو موضح في الشكل 4، يقطع إنزيم *ECORI* الحمض النووي الذي يحوي التسلسل GAATTC على وجه التحديد. ويطلق على نهايات أجزاء الحمض النووي الناتجة عن إنزيم *ECORI* اسم النهايات اللزجة لاحتوائها على الحمض النووي أحادي الشريط المُكتمل. وتُعد قدرة بعض إنزيمات القطع على إنشاء أجزاء ذات نهايات لزجة أمرًا بالغ الأهمية لأنه يمكن دمج هذه النهايات اللزجة مع أجزاء حمض نووي أخرى لها نهايات مُكتملة لزجة.

التأكد من فهم النص عمّم كيفية استخدام إنزيمات القطع.



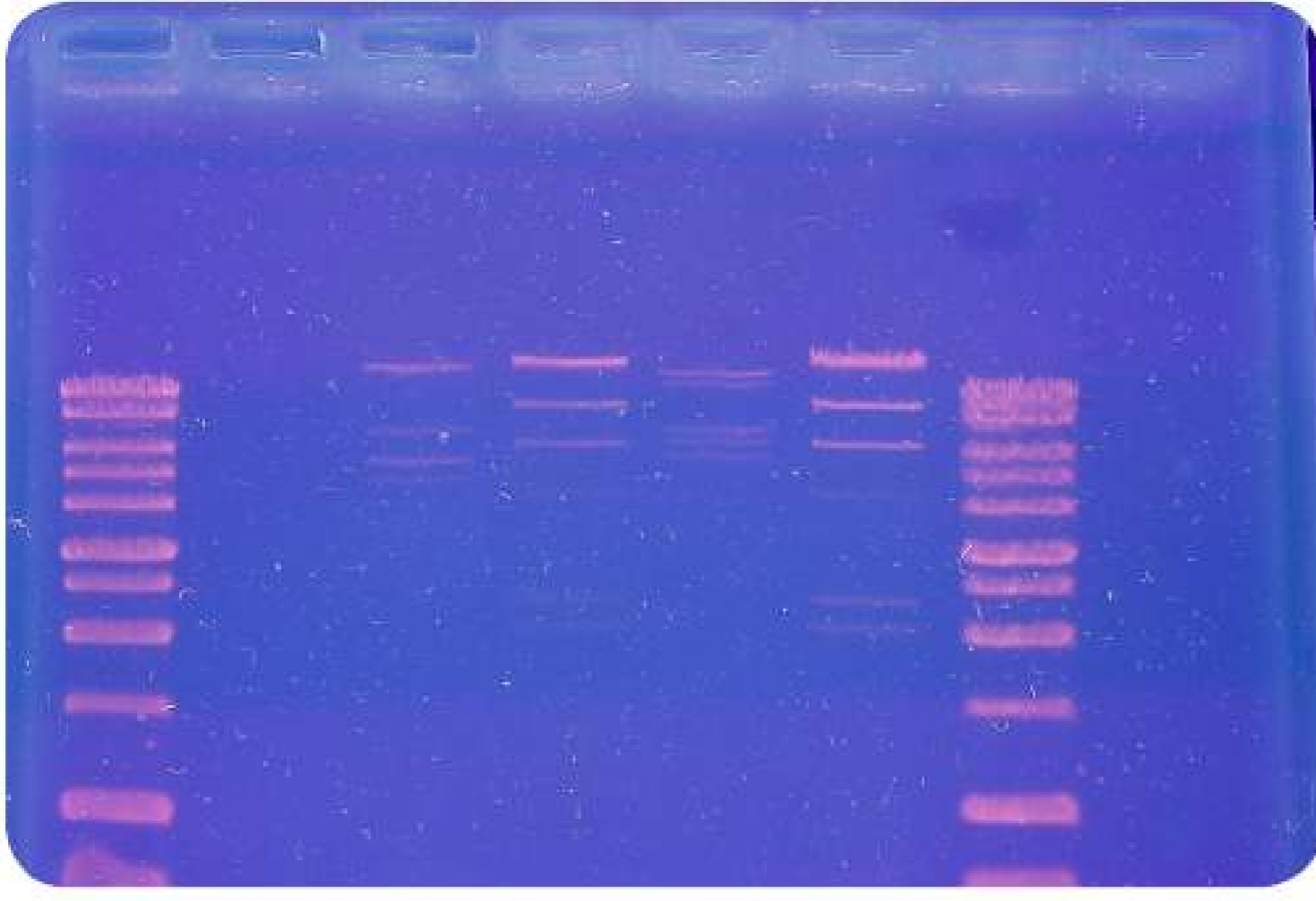
↓ إنزيم القطع EcoRI



■ الشكل 4 يمكن قطع الحمض النووي الذي يحتوي على التسلسل GAATTC بواسطة إنزيم القطع *ECORI* لإنشاء نهايات لزجة.

42 الوحدة 2 • علم الوراثة والتقنيات الحيوية

نمط الأجزاء يلتصق محلول تلوين بأجزاء الحمض النووي المفصولة في المادة الهلامية، مما يجعلها مرئية تحت الضوء فوق البنفسجي.



تعبئة المادة الهلامية يتم إسقاط محلول يحتوي على الحمض النووي (DNA) في ثقب عند أحد طرفي المادة الهلامية باستخدام القطارة.



■ الشكل 5 عند وضع المادة الهلامية المعبأة في خزان الفصل الكهربائي وتشغيل التيار الكهربائي، تنفصل أجزاء الحمض النووي.

رغم ذلك، لا تُنشئ كل إنزيمات القطع نهايات لزجة. فبعض الإنزيمات تنتج أجزاءً تحتوي على نهايات مصمتة تنشأ عندما يقطع إنزيم القطع كلا الشريطين بشكل مباشر. ولا تحتوي النهايات المصمتة على مناطق حمض نووي أحادي الشريط ويمكن أن تلتحم بجزء حمض نووي آخر يتضمن نهايات مصمتة.

### الربط بالفيزياء الفصل الكهربائي الهلامي

يستخدم تيار كهربائي لفصل أجزاء الحمض النووي وفقاً لحجم الأجزاء في عملية تُسمى **الفصل الكهربائي الهلامي**. يوضح الشكل 5 كيفية تعبئة أجزاء الحمض النووي في الطرف ذي الشحنة السالبة بالمادة الهلامية. تتحرك أجزاء الحمض النووي باتجاه الطرف الموجب للمادة الهلامية عند تشغيل التيار الكهربائي، وتتحرك الأجزاء الصغيرة بسرعة أكبر من حركة القطع الكبيرة. ويمكن مقارنة النمط الفريد الذي نشأ وفقاً لحجم جزء الحمض النووي بأجزاء معروفة من الحمض النووي للتعرف عليه. فضلاً عن ذلك، يمكن إزالة أجزاء المادة الهلامية التي تحتوي على كل شريط لإجراء مزيد من الدراسة عليها.

## تجربة مصفوفة 2

### صناعة نموذج لإنزيمات القطع

كيف تصنع نماذج للنهايات اللزجة؟ استخدم مقصاً وشريطاً لإنشاء أجزاء حمض نووي ورقية لها نهايات لزجة وبلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

#### الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. تزود من معلمك بقصاصة ورق مستطيلة تشتمل على تسلسل الحمض النووي لتمثيل الحمض النووي الجينومي، وقصاصة ورق دائرية تشتمل على تسلسل الحمض الجيني لتمثيل البلازميد.
3. ابحث عن كل تسلسل GAATT يتعرف عليه إنزيم القطع *ECORI* وقص الحمض النووي الجينومي والبلازميدي باستخدام المقص.
4. استخدم شريطاً لإنشاء بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

#### التحليل

1. قارن البلازميد الذي أنشأته ببلازميدات المجموعات الأخرى في المختبر. كم عدد البلازميدات المختلفة مُعادة التركيب التي يمكن إنشاؤها باستخدام هذا التسلسل الجينومي؟ اشرح.
2. استدل على الإنزيم الذي مثله المقص. اشرح.



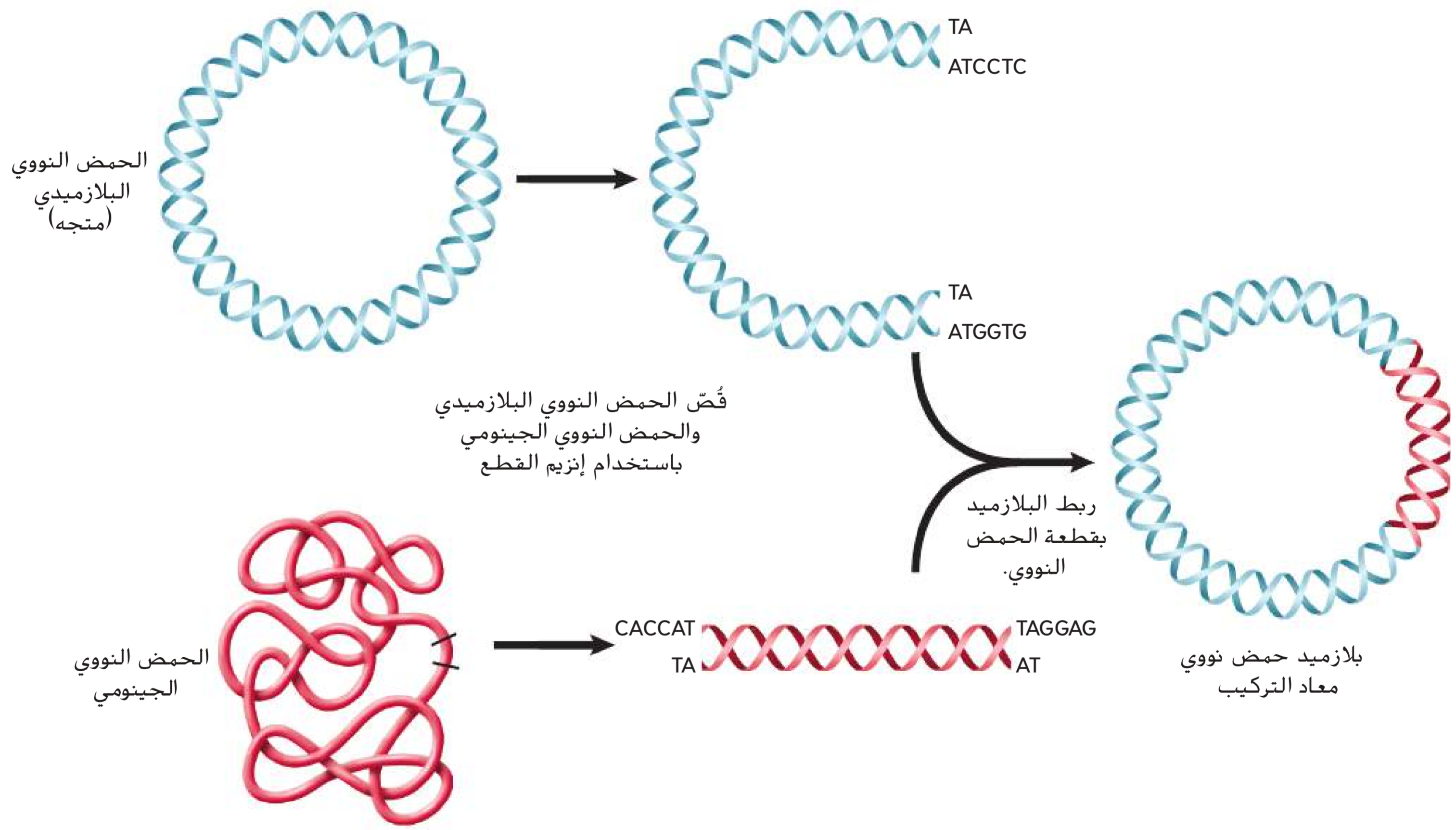
## تكنولوجيا الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب

عندما تُفصل أجزاء الحمض النووي من خلال الفصل الكهربي الهلامي، يمكن إزالة أجزاء بحجم معين من المادة الهلامية ودمجها مع أجزاء حمض نووي (DNA) من مصدر آخر. ويُسمى جزيء الحمض النووي المُنتشأ حديثاً، والحمض النووي المستمد من مصادر أخرى **الحمض النووي DNA مُعاد التركيب**. وقد أسهمت تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب في تطوير طريقة دراسة العلماء للحمض النووي لأنها تتيح إمكانية دراسة الجينات الفردية.

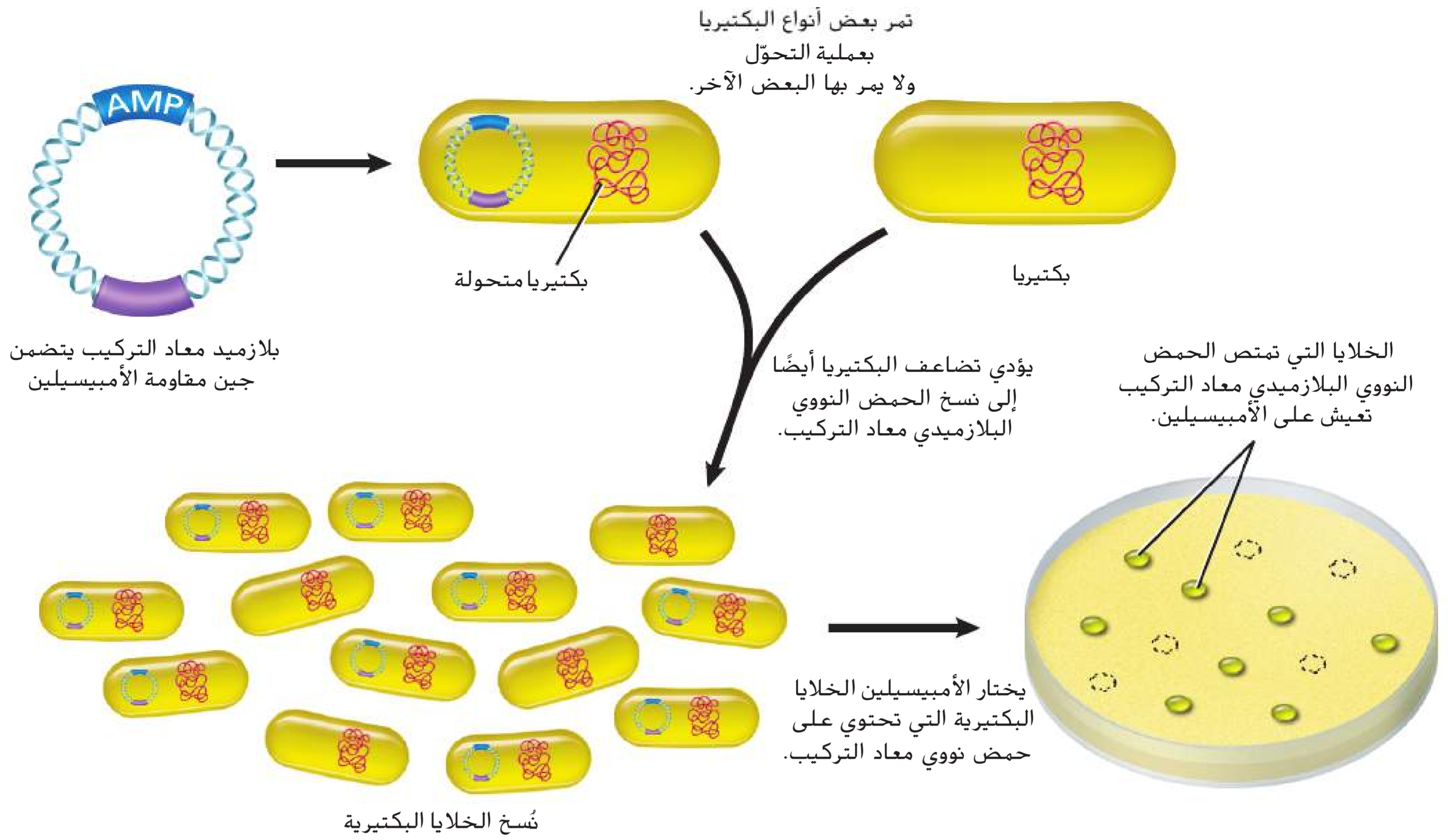
لذلك، من الضروري وجود كميات كبيرة من جزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب من أجل دراستها. يعمل ناقل، يسمى **المتجه** على نقل الحمض النووي مُعاد التركيب إلى خلية بكتيرية تُسمى الخلية المضيفة. وتُعدّ البلازميدات والفيروسات متجهات شائعة الاستخدام. يمكن استخدام **البلازميدات**، وهي جزيئات دائرية صغيرة من الحمض النووي ثنائي الشرائط تتواجد طبيعياً في البكتيريا وفي خلايا الخميرة، كمتجهات نظراً إلى إمكانية قطعها عن طريق إنزيمات القطع. إذا تم قطع بلازميد وجزء حمض نووي مأخوذ من جينوم آخر بواسطة إنزيم القطع نفسه، ستكون نهايات كل جزء حمض نووي مُكمّلة وقابلة للدمج، كما هو موضح في الشكل 6. تُمة إنزيم تستخدمه الخلايا عادةً في إصلاح الحمض النووي (DNA) ومضاعفته، يُسمى **إنزيم ربط الحمض النووي**، وهو يربط جزأي الحمض النووي كيميائياً. يربط الإنزيم أجزاء (DNA) ذات النهايات اللزجة، وكذلك الأجزاء ذات النهايات المصمتة. تفحص الشكل 6 مجدداً. ولاحظ أن جزيء (DNA) الدائري الناتج يحتوي على (DNA) البلازميد وجزء (DNA) المفصول من جينوم آخر. يمكن الآن إدخال جزيء بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب هذا إلى خلية مضيفة للتمكن من إنتاج كميات كبيرة من هذا النوع من الحمض النووي مُعاد التركيب.

التأكد من فهم النص اربط بين إنزيمات القطع والحمض النووي مُعاد التركيب.

الشكل 6 ينشأ الحمض النووي مُعاد التركيب من خلال دمج DNA من مصدرين مختلفين معاً.



C13-03A-869510



■ **الشكل 7** يمكن تحديد الخلايا المستنسخة التي تحتوي على نسخ من الحمض النووي معاد التركيب واستخدامها لإجراء المزيد من الدراسة عندما تموت الخلايا البكتيرية التي لا تحتوي على صبغة حمض نووي معاد التركيب.

**استنساخ الجينات** لإنتاج كمية كبيرة من بلازميد الحمض النووي معاد التركيب، تمتزج الخلايا البكتيرية مع بلازميد الحمض النووي معاد التركيب وتمتصه من خلال عملية تُسمى **التحوّل**. كما هو موضح في الشكل 7. يمكن أن تتحوّل الخلايا البكتيرية باستخدام النبض الكهربائي أو الحرارة. تذكر أن كل الخلايا، بما في ذلك الخلايا البكتيرية، لها أغشية بلازمية. ويمكن أن تؤدي نبضة كهربائية قصيرة أو ارتفاع طفيف في درجة الحرارة إلى حدوث فتحات مؤقتة في الغشاء البلازمي للبكتيريا. بالتالي، تسمح هذه الفتحات المؤقتة للجزيئات الصغيرة، مثل بلازميد الحمض النووي معاد التركيب، بدخول الخلية البكتيرية. تصنع الخلايا البكتيرية نسخًا من بلازميد الحمض النووي معاد التركيب خلال تضاعف الخلية. ويمكن أيضاً إنتاج أعداد كبيرة من البكتيريا المتطابقة، بحيث تحتوي كل منها على جزيئات الـ DNA التي أدخلت، من خلال عملية تُسمى **الاستنساخ**.

يحتوي بلازميد الحمض النووي معاد التركيب على جين يرمز إلى مقاومة مضاد حيوي مثل الأمبيسيلين (AMP). ويستخدم الباحثون هذا الجين للتمييز بين الخلايا البكتيرية التي امتصت بلازميد الحمض النووي معاد التركيب وتلك التي لم تمتصه. لاحظ في الشكل 7 أنه عند تعرّض الخلايا البكتيرية المتحوّلة للمضاد الحيوي المحدد، لا يبقى منها سوى الخلايا البكتيرية التي تتضمن البلازميد.

**ترتيب تسلسل DNA** إنّ تسلسل نيوكليوتيدات الـ DNA لمعظم الكائنات الحية غير معروف. ومن شأن معرفة تسلسل الـ DNA لكائن حي أو جزء الـ DNA مستنسخ أن يزود العلماء بمعلومات قيمة لإجراء مزيد من الدراسات. يمكن استخدام تسلسل جين ما لتوقع وظيفة الجين ومقارنة الجينات بتسلسلات مماثلة لكائنات حية أخرى وتحديد الطفرات أو الأخطاء في تسلسل الـ DNA. تتألف جينومات معظم الكائنات الحية من ملايين النيوكليوتيدات، لذلك يجب أولاً قطع جزيئات الـ DNA المُستخدمة في ترتيب تسلسل التفاعلات إلى أجزاء أصغر باستخدام إنزيمات القطع.

### المفردات

#### الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

#### التحوّل

الاستخدام العلمي: العملية التي يمتص من خلالها نوع من البكتيريا DNA من مصدر آخر.

ينطوي تحوّل البكتيريا على امتصاص بلازميد الحمض النووي.

الاستخدام العام: إجراء التغيير اكتيل تحوّل الغرفة بإضافة ستائر جديدة إليها.





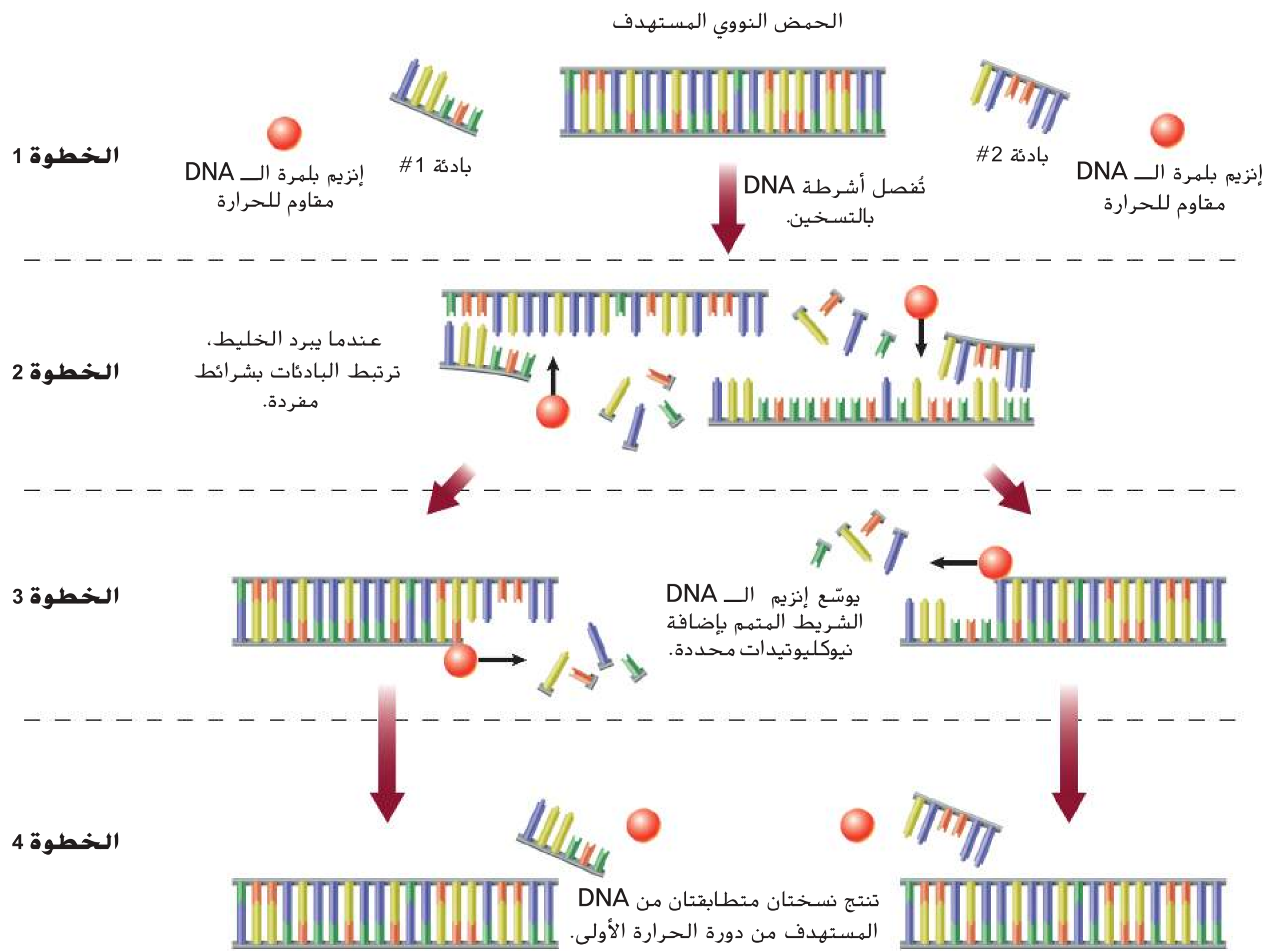
**الخطوة 2** تفصل الحرارة شريطي جزء الـ DNA النموذجي. عندما يبرد الأنبوب، يمكن أن تلتصق البادئات بكل شريط من الـ DNA النموذجي. ويُستخدم جهاز آلي يُسمى **مبدل درجات الحرارة** لتدوير الأنبوب الذي يحتوي على كل المكونات التي تدخل في تفاعل البلمرة المتسلسل من خلال درجات حرارة مرتفعة ومنخفضة مختلفة.

**الخطوة 3** إن كل بادئة مهيأة للارتباط بشريط واحد من جزء الحمض النووي (DNA) كما هو موضح في الشكل 9. عندما ترتبط البادئات بعضها ببعض، يدمج إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين النيوكليوتيدات الصحيحة بين البادئين كما يحدث في تضاعف الحمض النووي. وتكرر عملية التسخين والتبريد ودمج النيوكليوتيدات من 20 إلى 40 مرة، مما يؤدي إلى إنتاج ملايين النسخ عن الجزء الأصلي. وبما أن فصل أشرطة الـ DNA يتطلب وجود حرارة، يجب أن يكون إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين المُستخدم في تفاعل البلمرة المتسلسل قادرًا على تحمّل درجات الحرارة المرتفعة. وقد عُزل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين الخاص هذا عن بكتيريا حرارية أو بكتيريا تفضل العيش في درجات الحرارة المرتفعة، مثل البكتيريا القديمة الموجودة في الينابيع الساخنة.

إنّ قدرة تفاعل البلمرة المتسلسل على اكتشاف جزيء واحد من الـ DNA في عينة ما، جعلت منه أحد أقوى الطرق التي يستخدمها العلماء. ولا يقتصر استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل على الباحثين في المختبرات، بل يستخدمه علماء الطب الشرعي لتحديد هوية المشتبه بهم والضحايا في التحقيقات الجنائية، كما يستعين به الأطباء للكشف عن الأمراض المعدية مثل الإيدز.

التأكد من فهم النص صف تفاعل البلمرة المتسلسل، مستخدمًا تشبيهًُا.

■ **الشكل 9** تفاعل البلمرة المتسلسل يُعد نسخة بيولوجية من ماكينة تصوير المستندات. فخلال كل دورة لتفاعل البلمرة المتسلسل، يُسخن خليط التفاعل لفصل أشرطة الـ DNA ثم يُبرد لتتمكّن البادئات من الارتباط بالتسلسلات المُكملة. بعد ذلك، يعمل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين على إضافة نيوكليوتيدات لتشكيل جزيئات الـ DNA جديدة.





هندسة الجينات		الجدول 1
التطبيقات	الوظيفة	الأداة/العملية
يستخدم لإنشاء أجزاء الـ DNA تتضمن نهايات لزجة أو مصمتة قادرة الاندماج مع أجزاء الـ DNA أخرى.	يقطع أشربة الـ DNA إلى أجزاء	إنزيمات القطع مثال: إنزيم قطع اللولب المزدوج (EcoRI)
يستخدم لدراسة أجزاء الـ DNA بأحجام مختلفة	يفصل أجزاء الـ DNA حسب الحجم	الفصل الكهربي الهلامي
يستخدم بها لإنشاء حمض نووي مُعاد التركيب لاستخدامه في دراسة الجينات الفردية والكائنات الحية المعدلة وراثيًا في علاج أمراض معينة.	تدمج جزء الـ DNA مع الـ DNA من مصدر آخر (الـ DNA الخارجي).	تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب
يستخدم لإنشاء أعداد كبيرة من الأحماض النووية مُعادة التركيب لاستخدامها في الكائنات الحية المعدلة وراثيًا.	ينتج أعدادًا كبيرة من الجزيئات المتطابقة من الحمض النووي مُعاد التركيب.	استنساخ الجينات
يستخدم لتحديد الأخطاء في تسلسل الـ DNA وتوقع وظيفة جين معين ومقارنته بجينات لها تسلسلات متشابهة من كائنات حية مختلفة.	يحدد تسلسل الحمض النووي لجزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب المستنسخة لدراستها بشكل أعمق.	ترتيب تسلسل الحمض النووي (الـ DNA)
يستخدم لنسخ الـ DNA لإجراء أي تحقيق علمي، بما في ذلك، تحليل الطب الشرعي والاختبار الطبي.	يُنتج نُسخًا من مناطق معينة من الـ DNA المتسلسل	تفاعل البلمرة المتسلسل

تستخدم هندسة الجينات أدوات قوية، مُلخصة في الجدول 1، لدراسة DNA والتحكم به. على الرغم من أنّ الباحثين يحققون في العديد من المشكلات المختلفة، إلا أن إجراءاتهم التجريبية تشمل في الغالب القطع بواسطة إنزيم القطع وفصل الأجزاء والدمج مع DNA خارجي والاستنساخ أو تفاعل البلمرة المتسلسل وتحديد ترتيب التسلسلات.

## التقنيات الحيوية

تسمح التقنيات الحيوية استخدام هندسة الجينات لإيجاد حلول للمشكلات بإنتاج كائنات حية تحمل جينات فردية من كائن حي آخر. تذكر أنّ الكائنات الحية مثل برفقات البعوض، المُوضّحة في الشكل 3، تحمل جينًا من كائن حي آخر. وتُسمى هذه الكائنات الحية، المعدلة وراثيًا بإدخال جين من كائن حي آخر، **الكائنات الحية المعدلة وراثيًا**. لا تُستخدم الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدلة وراثيًا لأغراض البحث فحسب، بل أيضًا للأغراض الطبية والزراعية.

**الحيوانات المعدلة وراثيًا** يُنتج العلماء في يومنا هذا معظم الحيوانات المعدلة وراثيًا في المختبرات لأغراض البحث البيولوجي. وتستخدم الفئران وذبابات الفواكه ودودة اليربوع، وتسمى أيضًا C إيجانس، على نطاق واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير وسائل معالجتها. فضلًا عن ذلك، أنتجت بعض الكائنات الحية المعدلة وراثيًا، مثل الماشية المعدلة وراثيًا، لتحسين إمدادات الغذاء وصحة الإنسان. وقد خضع الماعز المعدل وراثيًا للهندسة الجينية لإفراز مضاد الثرومبين الثالث، الذي يُستخدم لمنع تخثر الدم أثناء الجراحة. يعكف الباحثون على إنتاج دجاج وديوك رومية معدلة وراثيًا تتميز بمقاومة الأمراض. كما خضعت عدة أنواع من الأسماك للتعديل وراثيًا لكي تنمو بشكل أسرع.

### مهن مرتبطة بعلم الأحياء

**عالم الوراثة** قد يبحث عالم الوراثة في الجينات والوراثة وتنوعات الكائنات الحية مستخدمًا العديد من أدوات DNA. ويكون بعض علماء الوراثة أطباء مختصين في تشخيص الحالات الجينية وعلاجها.



■ الشكل 10 تم تعديل ورقة الشجرة الموضحة على اليمين وراثيًا لمقاومة عدوى الحشرات.

**النباتات المعدلة وراثيًا** خضع العديد من أنواع النباتات للتعديل الوراثي لتكون أكثر مقاومة للآفات الحشرية أو الفيروسية. وقد شهد العام 2006 زراعة ما يقرب من 69.9 مليون هكتار من المحاصيل المعدلة وراثيًا على أيدي 7 ملايين مزارع في 18 دولة. وشملت هذه المحاصيل فول الصويا والذرة والقطن والكانولا المقاومة لمبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية. يُنتج العلماء حاليًا قطنًا معدلاً وراثيًا، كما هو موضح في الشكل 10، قادرًا على مقاومة غزو الحشرات للوز القطن. كما يطوّر الباحثون نبات الفول السوداني وفول الصويا التي لا تسبب ردود فعل تحسسية. يتم زرع محاصيل أخرى لأغراض تجارية ويجري اختبارها ميدانيًا. وتشمل هذه المحاصيل نباتات البطاطا السكرية المقاومة لأحد أنواع الفيروسات الذي يمكنه أن يقضي على معظم المحصول الإفريقي ونباتات الأرز التي تحتوي على نسب مرتفعة من الحديد والفيتامينات والتي يمكنها أن تقلل من سوء التغذية في دول آسيا. أما المحاصيل المحتملة، فتشمل ثمار الموز التي تُنتج لقاحات لعلاج أمراض معدية، مثل التهاب الكبد الفيروسي B ونباتات تنتج مواد بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي.

**البكتيريا المعدلة وراثيًا** يُصنع الأنسولين وهرمونات النمو والمواد التي تُذيب تخثرات الدم من البكتيريا المعدلة وراثيًا. كما تُطوى البكتيريا المعدلة وراثيًا تكوّن بلورات الثلج على المحاصيل لحمايتها من التلف الناتج عن الصقيع، وتنظيف الانسكابات النفطية بفعالية أكبر وتحليل النفايات.

## القسم 2 مراجعة

### ملخص القسم

- تُستخدم هندسة الجينات لإنتاج كائنات حية مفيدة للبشر.
- تُستخدم تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب لدراسة الجينات الفردية.
- يمكن فصل أجزاء الحمض النووي (DNA) باستخدام الفصل الكهربي الهلامي.
- يمكن إنتاج المستنسخات عن طريق تحويل البكتيريا باستخدام الحمض النووي مُعاد التركيب.
- يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل لإنتاج نُسخ من تسلسلات DNA الصغيرة.
- يجري حاليًا إنشاء كائنات حية مُعدلة وراثيًا لتحسين حياة الإنسان.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. **المنعرة الرئيسية** التسلسل اذكر كيفية إنتاج الحمض النووي مُعاد التركيب والتحكم به.
2. اشرح سبب احتواء بعض البلازميدات على جين مقاوم للمضاد الحيوي.
3. صف كيف يمكن أن تحسّن هندسة الجينات صحة الإنسان.
4. قابل بين أحد الاختلافات الكبيرة بين الانتخاب الصناعي وهندسة الجينات.

### التفكير الناقد

5. قِيم تتضمن عدة أفلام وكتب شهيرة كائنات حية متحورة. هل من الممكن إنتاج كائنات حية مُعدلة وراثيًا؟ علّل إجابتك.
6. **الكتابة في علم الأحياء** كيف تستطيع شركة تجارية تصنيع الحمض النووي وبيعه؟ ومن هم العملاء المحتملين؟ اكتب قائمة بالاستخدامات المحتملة للحمض النووي DNA الذي يصنّع في المختبر.



## الجينوم البشري

### الأسئلة الرئيسية

- ما مكونات الجينوم البشري؟
- كيف يستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية؟
- كيف يمكن استخدام المعلومات المكتسبة من الجينوم البشري في علاج الأمراض البشرية؟

### مفردات للمراجعة

**الكودون codon:** قواعد ثلاثية موجودة في الـ DNA أو الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسجين

### مفردات جديدة

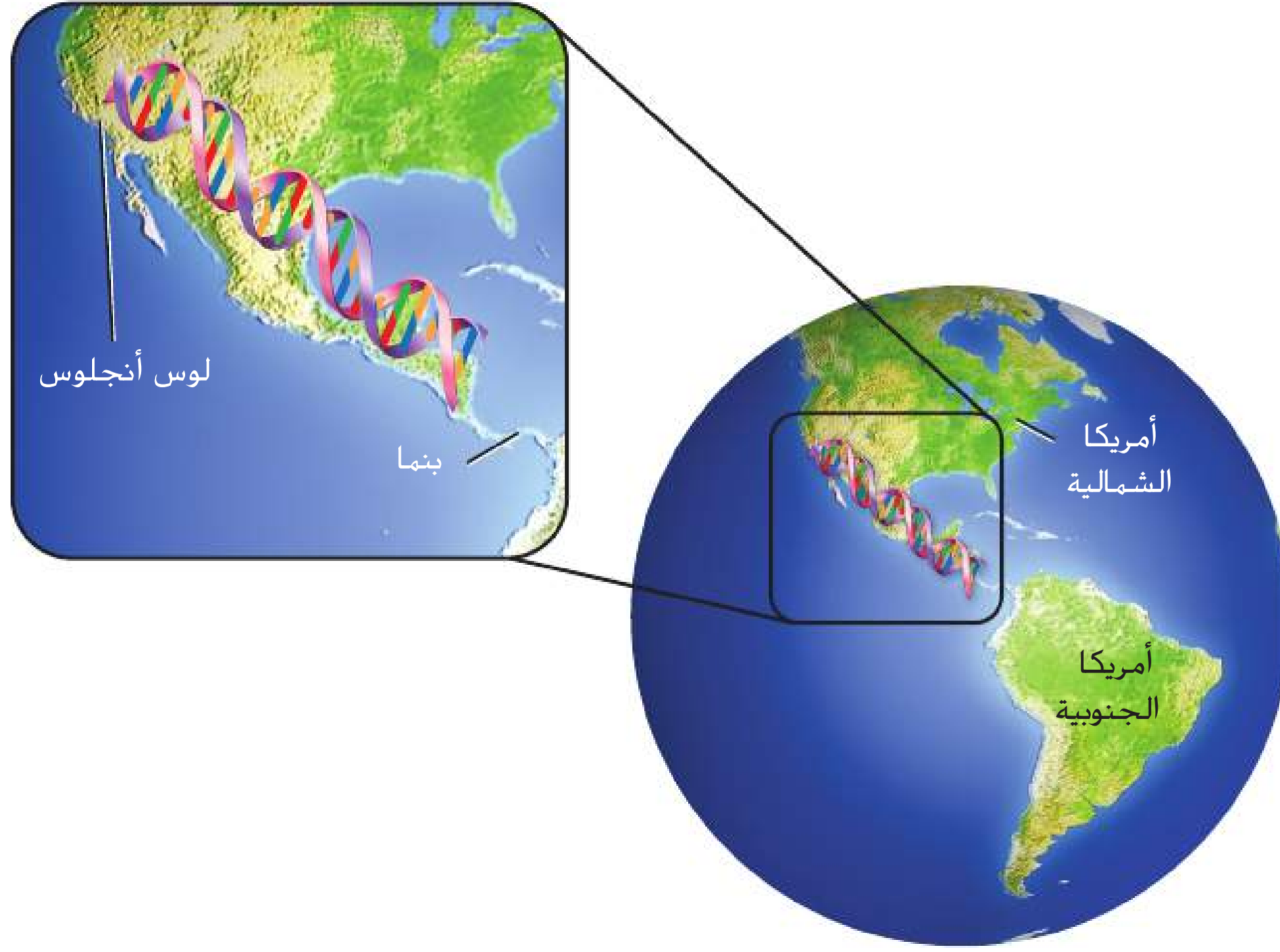
DNA fingerprinting البصمة الوراثية  
 bioinformatics المعلوماتية الحيوية  
 مصفوفة DNA الدقيقة  
 DNA microarray تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية  
 single nucleotide polymorphism النمط الفردي  
 haplotype علم الصيدلة الجيني  
 pharmacogenomics العلاج الجيني  
 gene therapy علم الجينوم  
 genomics البروتيوميكيات  
 proteomics

**النقطة الرئيسية** تحتوي الجينومات على كل المعلومات اللازمة لنمو الكائن الحي وبقائه على قيد الحياة.

**الربط مع الحياة اليومية** عندما تعمل على تجميع قطع أحجية الصور المقطوعة، قد تجد كل القطع الحدودية أولاً ثم تكمل القطع الأخرى. لذلك يمكن مقارنة تسلسل الجينوم البشري بتجميع قطع أحجية الصور المقطوعة معًا. كان على العلماء تحديد تسلسل المجموعات الثنائية من القواعد على طول الكروموسوم البشري، تمامًا كما تحدّد أمت قطع أحجية الصور المقطوعة التي تتناسب بعضها مع بعض.

## مشروع الجينوم البشري

إنّ مشروع الجينوم البشري HGP هو مشروع دولي أُنجز في العام 2003. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في خلية ما. وكان هدف هذا المشروع تحديد تسلسل 3 مليارات من النيوكليوتيدات التي تكوّن الـ DNA البشري وتحديد كل الجينات البشرية. فلو كانت كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري هي من الحجم المبيّن في هذه الصفحة وتمّ دمجها في خط واحد متواصل، لامتدّ هذا الخط من لوس أنجلوس في كاليفورنيا إلى بنما، كما هو موضح في الشكل 11. رغم انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أنّ تحليل البيانات التي قدمها سيستمرّ لعدة عقود. ولإكمال هذه المهمة الكبيرة، قام الباحثون بدراسة جينومات العديد من الكائنات الحية الأخرى، بما في ذلك ذبابة الفاكهة والفأر والبكتيريا القولونية *Escherichia coli* وهي البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان. إذ تساعد الدراسات المتمحورة حول الكائنات الحية غير البشرية في تطوير التكنولوجيا اللازمة للتعامل مع كميات كبيرة من البيانات التي قدمها مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التكنولوجيات في تفسير وظيفة الجينات البشرية المكتشفة حديثًا.



■ الشكل 11 لو دُمج DNA الموجود في الجينوم البشري في خط واحد متواصل، لامتدّ من كاليفورنيا إلى بنما.

■ الشكل 12 يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة داخل الجينوم البشري لكشف التسلسلات المهمة. **فسّر** النص من خلال فك شفرة الجمل المتداخلة.

يمكننا المقارنة بلفك لرموز اب تسلسل اليبيا  
لجينوم ايبشريا بليبقراءة كتابا لبطبع  
بلبصورة شصغيري بصحيحة. تخيللجينو  
ملاابوكأنهكلما تطويلة بلافيتكتابلا منليد  
ونليبعلاما تاتبقيم ومنلا لدونيفواصلبليينل  
كلما تبالو الجمليا ولا لفقرات، ومع سلاسل  
ابحرو فليمتناثرة بينالبلجملودا خلهها. ولكيبء  
تفهمبسالمكتوب، يجبفكرترميزالنصالمختلط.

### ترتيب تسلسل الجينوم

يتألف DNA البشري من 46 كروموسومًا. ولتحديد تسلسل واحد مستمر للجينوم البشري، قُطعت كل الكروموسومات البشرية البالغ عددها 46. واستُخدم لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة لإنتاج أجزاء ذات تسلسلات متشابهة. وجمعت هذه الأجزاء بواسطة المتجهات لإنشاء حمض نووي (DNA) مُعاد التركيب واستُنسخت لصناعة نُسخ كثيرة منها ورُتبت تسلسليًا باستخدام أجهزة آلية لترتيب التسلسل. بالإضافة إلى ذلك، استُخدمت أجهزة الكمبيوتر في تحليل المناطق المتشابهة بهدف تكوين تسلسل واحد متواصل.

تُشبه عملية فك شفرة تسلسل الجينوم البشري قراءة كتاب مشفر. تخيل الجينوم كتابًا من دون تنقيط أو فراغات بين الكلمات أو الجمل أو العبارات. افترض وجود سلاسل من الأحرف متفرقة بين الجمل وداخلها. ويوضح الشكل 12 ما قد تبدو عليه صفحة ما من هذا الكتاب. ولتتمكّن من فهم ما هو مكتوب، يجب عليك فك شفرة النص. وكان يجب على العلماء فك الشفرة الجينية الموجودة في الجينوم البشري بالطريقة نفسها.

بعد أن حدّد العلماء تسلسل الجينوم البشري بأكمله، لاحظوا أنّ أقل من 2% من كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري مسؤولة عن تشفير جميع البروتينات الموجودة في الجسم. ويعني ذلك أن الجينوم مليء بامتدادات طويلة من تسلسلات متكررة ليس لها وظيفة مباشرة، ويُطلق عليها اسم التسلسلات غير المشفرة.

**البصمة الوراثية** هي الامتدادات الطويلة لمناطق DNA غير المشفرة وتكون فريدة من نوعها لدى كل فرد بخلاف مناطق DNA المشفرة للبروتين التي تكون متطابقة تقريبًا بين الأفراد. فعندما تُقَطَّع إنزيمات القطع هذه المناطق، كما ذكر سابقًا في هذه الوحدة، تكون مجموعة أجزاء الـ DNA الناتجة عن هذه العملية فريدة من نوعها لدى كل فرد. وتتطلب **البصمة الوراثية** فصل أجزاء DNA باستخدام الفصل الكهربي الهلامي لملاحظة أنماط الأشرطة الخاصة بكل شخص. ويستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية لتحديد هوية المشتبه فيهم والضحايا في القضايا الجنائية وإثبات النسب والتعرف على الجنود الذين قتلوا في الحرب.

### المفردات مفردات أكاديمية

#### التسلسل

سلسلة متواصلة

يكون تسلسل الألوان نمطًا جميلًا.

### مهن مرتبطة بعلم الأحياء

**عالم الطب الشرعي** إن هندسة الجينات هي تكنولوجيا يستخدمها علماء الطب الشرعي على نطاق واسع. إذ يستخدمون أدوات وعمليات عديدة، مثل البصمة الوراثية، في التحقيقات الجنائية والأثرية.





تذكر أن الكودون هو مجموعة مكونة من ثلاثة نيوكليوتيدات ترمز إلى حمض أميني. ويبحث العلماء عن كودون البدء AUG وكودون إيقاف مثل UAA أو UGA أو UAG. وقد استخدم تحليل قالب القراءة المفتوح لتحديد أكثر من 90% من الجينات الموجودة في الخميرة والبكتيريا بشكل صحيح. ومع ذلك، فإن تحديد الجينات الموجودة في الكائنات الحية الأكثر تعقيداً مثل البشر يتطلب برامج كمبيوتر مطورة تسمى الخوارزميات. وتستخدم هذه الخوارزميات معلومات، مثل تسلسل جينومات كائنات حية أخرى، لتحديد الجينات البشرية.

## المعلوماتية الأحيائية

نتج عن إكمال مشروع الجينوم البشري وتسلسل جينات الكائنات الحية الأخرى كميات كبيرة من البيانات. لم يتطلب هذا الحجم الهائل من البيانات تخزين المعلومات المتسلسلة وتنظيمها وفهرستها بدقة فحسب، بل كان سبباً في إنشاء مجال دراسة جديد كذلك. ويقتضي هذا المجال من الدراسة، الذي يسمى **المعلوماتية الأحيائية**، إنشاء قواعد بيانية من المعلومات البيولوجية والحفاظ عليها. بينما يتطلب تحليل المعلومات المتسلسلة إيجاد الجينات الموجودة في تسلسلات DNA العديد من الكائنات الحية وابتكار طرق جديدة لتوقع بنية البروتينات المكتشفة حديثاً ووظيفتها. إلى جانب ذلك، يقوم العلماء بدراسة تطور الجينات عن طريق تجميع تسلسلات البروتينات في مجموعات من التسلسلات ذات الصلة ومقارنتها بالبروتينات المشابهة لها عند كائنات حية مختلفة.

## مصنوفة DNA الدقيقة

قد يكون من المفيد تحليل كل الجينات التي يعبر عنها كائن حي ما أو نوع خلية معين، ويمكن إجراء هذا التحليل باستخدام **مصنوفة DNA الدقيقة**، وهي شرائح مجهرية صغيرة أو رقائق من السيليكون توضع مع أجزاء DNA. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تحتوي مصنوفة DNA الدقيقة على بضعة جينات، مثل الجينات التي تنظم دورة الخلية أو جميع جينات الجينوم البشري. لذلك، يمكن تخزين كمية كبيرة من المعلومات في رقاقة أو شريحة واحدة صغيرة. إضافة إلى ذلك، تساعد مصنوفة DNA الدقيقة الباحثين في تحديد ما إذا كان التعبير عن جينات معينة يحدث نتيجة لعوامل وراثية أم عوامل بيئية.

## اقترح لدراسة

**الكراسة اليومية الخاصة بعلم الأحياء** عندما تقرأ عن الجينوم البشري، اذكر عدة استخدامات مفيدة لهذه المعلومات.

### الشكل 14

#### اكتشافات في علم الوراثة

ساهمت العديد من الدراسات حول علم الوراثة في إحراز تقدم في مجال التقنيات الحيوية.





اتبع الخطوات المطلوبة في إجراء تجربة مصفوفة الـ DNA الدقيق الموضحة في الشكل 15. يُفصل الحمض النووي الرايبوزي الناقل من جماعتين أحيايتين مختلفتين من الخلايا ويحول إلى أشرطة الـ DNA المتمم (cDNA) باستخدام إنزيم يسمى النسخ العكسي. ويميّز الـ DNA المتمم من كل جماعة أحيايتية للخلية بصبغة فلورسنت محددة، مثل اللون الأحمر للخلايا السرطانية والأخضر للخلايا الطبيعية. وتُجمع كلتا مجموعتي الـ DNA المتمم على شريحة المصفوفة الدقيقة وتوضع في حضانة.

يعرض الشكل 15 إشارات العودة إلى الخط مرة أخرى الفلوريسنت التي تنتج عند تحليل شريحة المصفوفة الدقيقة. وعندما يتطابق التعبير عن جين ما في كل من الخلايا السرطانية والطبيعية، تتكوّن بقعة صفراء على الرقاقة. لكن إذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية، فستكون البقعة التي تكونت حمراء اللون. من ناحية أخرى، إذا كان التعبير الجيني أعلى في الخلايا الطبيعية، فستكون البقعة التي تكونت خضراء اللون.

بما أن شريحة واحدة من مصفوفة الـ DNA الدقيق يمكن أن تحوي آلاف الجينات، يستطيع الباحثون فحص التغيرات الموجودة في أنماط التعبير عن جينات متعددة في الوقت نفسه. كما يستخدم العلماء مصفوفات الـ DNA الدقيقة للتعرف على الجينات الجديدة ودراسة التغيرات التي تحدث في التعبير عن البروتينات تحت ظروف نمو مختلفة.

## الجينوم والاضطرابات الجينية

رغم أن أكثر من 99% من كل تسلسلات قاعدة النيوكليوتيدات تتطابق تمامًا لدى جميع الأشخاص، إلا أنه ثمة أحيانًا بعض التنوعات المتعلقة بالأمراض البشرية. وتسمى هذه التنوعات المتواجدة في تسلسل الـ DNA والتي تحدث عندما يتغير نيوكليوتيد واحد في الجينوم **تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية** أو SNPs. ولكي يطلق على تنوع ما تعدد أشكال نيوكليوتيدات فردية، يجب أن يحدث بنسبة 1% على الأقل لدى اسم الجماعة الأحيايتية. مع أن الكثير من تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية لا تؤثر في وظيفة الخلية. وضع العلماء فرضية تقول إن خرائط تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية ستساعد في تحديد العديد من الجينات المرتبطة بأنواع كثيرة مختلفة من الاضطرابات الجينية.

## مختبر تحليل البيانات 1

### استنادًا إلى دراسات\* تطبيق المفاهيم

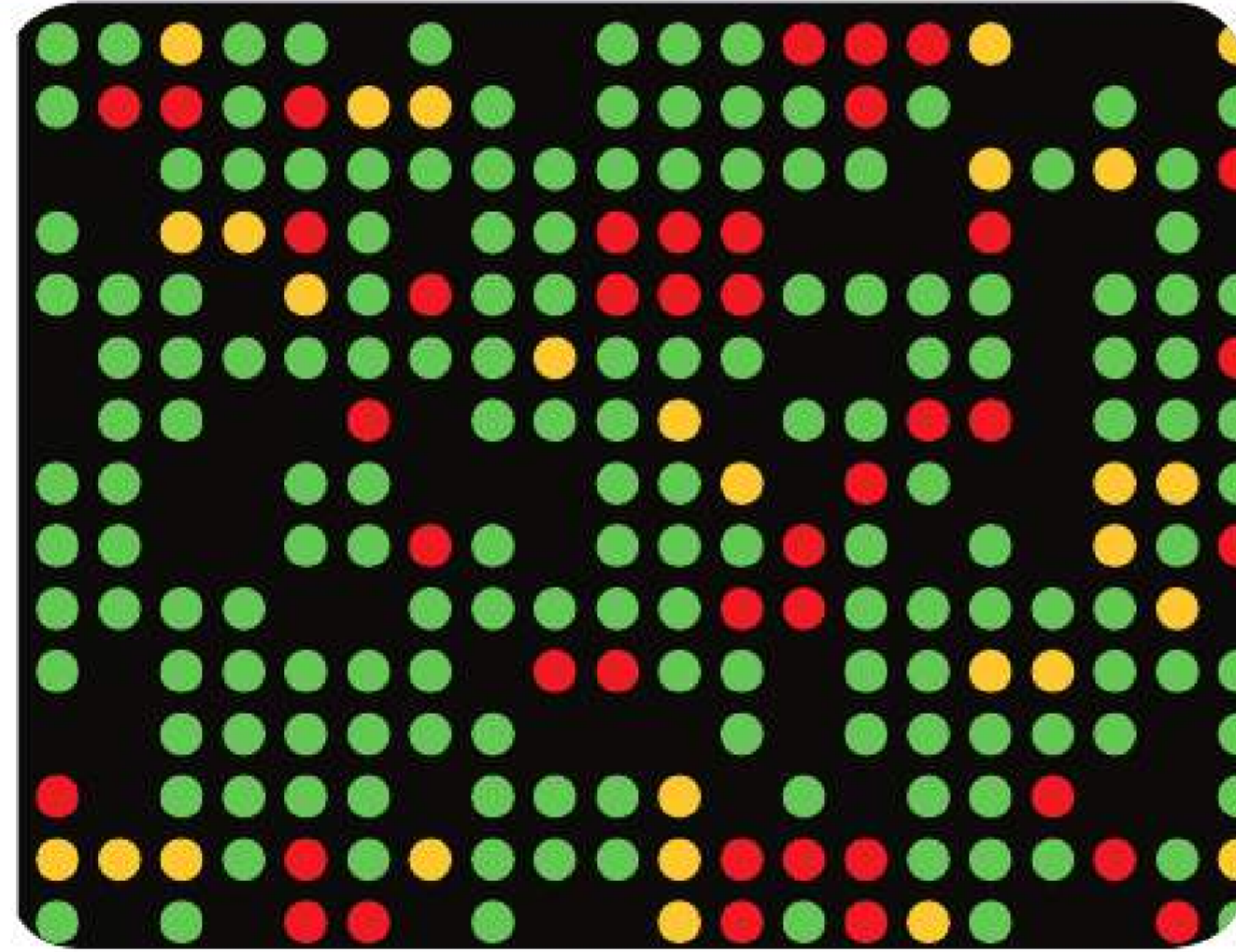
كيف يمكن استخدام صفيقات الـ DNA الدقيقة لتصنيف أنواع سرطان البروستات؟ يمكن مقارنة أنماط التعبير عن الجينات بين خلايا البروستات الطبيعية وخلايا سرطان البروستات باستخدام تكنولوجيا صفيقات الـ DNA الدقيقة.

### البيانات والملاحظات

يعرض الرسم المقابل مجموعة فرعية من البيانات المكتسبة.

### التفكير الناقد

1. احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأصفر. ثم احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأخضر و التي تتميز باللون الأحمر.
2. اشرح لماذا تكون بعض البقع سوداء.
3. طبق المفاهيم كيف تختار أحد الجينات لدراسته كسبب لسرطان البروستات؟



\*أخذت البيانات من: Lapointe, et al. 2004. Gene expression profiling identifies clinically relevant subtypes of prostate cancer. PNAS 101: 811-816

# تصوّر تحليل المصفوفة الدقيقة

الشكل 15

في هذه التجربة، تم اكتشاف التعبير عن آلاف الجينات البشرية بواسطة تحليل مصفوف DNA الدقيقة. تمثّل كل بقعة موجودة على رقاقة المصفوف الدقيقة جيئاً. فتشير البقعة الحمراء إلى أن التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية مقارنةً بالخلايا الطبيعية. وتشير البقعة الخضراء إلى أن التعبير عنه يكون بصورة أكبر في الخلايا الطبيعية. بينما تشير البقعة الصفراء إلى عدم وجود اختلافات بين الخلايا السرطانية والخلايا الطبيعية في التعبير عن جين.

