



تم تحميل الملف  
من موقع **بداية**



للمزيد اكتب  
في جوجل



بداية التعليمي

موقع بداية التعليمي كل ما يحتاجه الطالب والمعلم  
من ملفات تعليمية، حلول الكتب، توزيع المنهج،  
بوربوينت، اختبارات، ملخصات، اختبارات إلكترونية،  
أوراق عمل، والكثير...

حمل التطبيق





المملكة العربية السعودية

قررت وزارة التعليم تدريس  
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

وزارة التعليم  
Ministry of Education

# علوم الأرض والفضاء

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثالثة

قام بالتأليف والمراجعة

فريق من المتخصصين



وزارة التعليم  
Ministry of Education  
2023 - 1445

طبعة 2023-1445



## ح) وزارة التعليم ، ١٤٤٥هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

وزارة التعليم

علوم الأرض والفضاء - التعليم الثانوي - نظام المسارات - السنة

الثالثة. / وزارة التعليم. - الرياض ، ١٤٤٥ هـ

٤٥٤ ص ٢١ X ٢٧.٥ سم

ردمك : ٤-٥٣٨ - ٥١١ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- الجيولوجيا - تعليم - السعودية ٢- التعليم الثانوي - السعودية

- كتب دراسية أ.العنوان

١٤٤٥ / ٣٦٢

ديوي ٥١١, ٠٧١٢

رقم الإيداع : ١٤٤٥ / ٣٦٢

ردمك : ٤-٥٣٨ - ٥١١ - ٦٠٣ - ٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

[www.moe.gov.sa](http://www.moe.gov.sa)

مواد إثنائية وداعمة على "منصة عين الإثنائية"



[ien.edu.sa](http://ien.edu.sa)

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:  
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



[fb.ien.edu.sa](https://fb.ien.edu.sa)

أخي المعلم/أختي المعلمة، أخي المشرف التربوي/أختي المشرفة التربوية:  
نقدر لك مشاركتك التي ستسهم في تطوير الكتب المدرسية الجديدة، وسيكون لها الأثر الملموس في دعم  
العملية التعليمية، وتجويد ما يقدم لأبنائنا وبناتنا الطلبة.



[fb.ien.edu.sa/BE](https://fb.ien.edu.sa/BE)



وزارة التعليم

Ministry of Education

2023 - 1445

## رموز السلامة في المختبر

### المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
 التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المفضلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
 ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبب ضرراً للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيداً.
 درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدببة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحذر مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأسيتون، الكبريت الساخن، كرات العث (العثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
 الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سواكل متسكة، تماس كهربائي، أسلاك معزلة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
 المواد المهيجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقياً للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتنتفخها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
 المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيداً بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأسيتون، برمنجنات الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق حسب نوع المادة المحترقة والموضحة على المطفأة.
 اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (لطلاب)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

 غسل اليدين	 نشاط إشعاعي	 سلامة الحيوانات	 سلامة العين	 وقاية الملابس
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.	يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.	يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.	يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.	يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعاً أو حريقاً للملابس.



## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (2030) وهو: "إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على المهارات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية"، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

وقد جاء كتاب علوم الأرض والفضاء لنظام المسارات في التعليم الثانوي داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (2030) نحو الاستثمار في التعليم عبر "ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة".

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، وبما يُعزز أيضاً مبدأ رؤية 2030 "نتعلم لنعمل".

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطاً بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية (2030) وأهدافها الاستراتيجية ومنها ربط المحتوى مع واقع الحياة. وكذلك تضمّن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة: التمهيدي، والتكويني، والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية والتجربة الاستهلاكية في كل فصل بوصفهما تقويمًا تمهيدياً؛ لتقييم ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد سؤالاً تحت عنوان «ماذا قرأت؟»، وفي نهاية الفصل تجد دليلاً لمراجعة الفصل يتضمّن تذكيراً بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل قسم. كما تجد تقويمًا للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى مراجعة المفردات وتثبيت المفاهيم، وأسئلة بنائية، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، وتصميم خرائط مفاهيمية، وسؤال تحفيز. وفي نهاية كل فصل تجد اختباراً مقنناً يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي درستها في الفصل.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.



## فهرس أقسام الكتاب

القسم الأول (1-1) ..... 6

القسم الثاني (2-1) ..... 255



# القسم الأول (1-1)





# قائمة المحتويات

## الفصل 3

- المعادن** ..... 74
- 1-3: ما المعدن؟ ..... 76
- 2-3: أنواع المعادن وأهميتها ..... 86
- السياحة الجيولوجية ..... 92
- دليل مراجعة الفصل ..... 93
- تقويم الفصل ..... 94
- اختبار مقنن ..... 98

## الفصل 4

- الصخور** ..... 100
- 1-4: ما الصخور النارية؟ ..... 102
- 2-4: تصنيف الصخور النارية ..... 108
- الجيولوجيا والبيئة ..... 114
- 3-4: تشكّل الصخور الرسوبية ..... 116
- 4-4: أنواع الصخور الرسوبية ..... 123
- 5-4: الصخور المتحولة ..... 128
- السياحة الجيولوجية ..... 135
- مختبر الجيولوجيا (1) ..... 136
- مختبر الجيولوجيا (2) ..... 137
- دليل مراجعة الفصل ..... 138
- تقويم الفصل ..... 140
- اختبار مقنن ..... 146

## دليل الطالب

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء؟ ..... 9

## الفصل 1

- تطور الكون** ..... 12
- 1-1: نشأة الكون ..... 14
- 1-2: النجوم والمجرات ..... 24
- التقنية والفلك ..... 34
- مختبر الفضاء ..... 35
- دليل مراجعة الفصل ..... 36
- تقويم الفصل ..... 37
- اختبار مقنن ..... 39

## الفصل 2

- الميكانيكا السماوية** ..... 40
- 1-2: قانون الجاذبية وقوانين كبلر ..... 42
- 2-2: التقنية الفضائية ..... 55
- تطبيقات فضائية ..... 65
- مختبر الفضاء ..... 68
- دليل مراجعة الفصل ..... 69
- تقويم الفصل ..... 70
- اختبار مقنن ..... 72



# قائمة المحتويات

## الفصل 5

### الصفائح الأرضية وآثارها ..... 150

- 1-5: انجراف القارات ..... 152
- 2-5: توسع قاع المحيط ..... 157
- 3-5: حدود الصفائح وأسباب حركتها ..... 164
- الجيولوجيا والبيئة ..... 172
- دليل مراجعة الفصل ..... 173
- تقويم الفصل ..... 174
- اختبار مقنن ..... 176

## الفصل 6

### البراكين والزلازل ..... 178

- 1-6: ما البركان؟ ..... 180
- 2-6: الثورانات البركانية ..... 189
- علم الأرض والتقنية ..... 195
- 3-6: الأمواج الزلزالية وبنية الأرض ..... 196
- 4-6: قياس الزلازل وتحديد أماكنها ..... 204
- 5-6: الزلازل والمجتمع ..... 210
- الزلازل والمجتمع ..... 217
- مختبر الجيولوجيا ..... 218
- دليل مراجعة الفصل ..... 219
- تقويم الفصل ..... 221
- اختبار مقنن ..... 223

## مرجعيات الطالب

- 228 صفات المعادن ذات البريق الفلزي ..... 228
- 229 صفات المعادن ذات البريق اللافلزي ..... 229
- 230 خواص الصخور ..... 230
- 232 صحيفة الحقائق الكوكبية ..... 232
- 234 المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية ..... 234
- 236 خريطة ظهور المحيطات ..... 236
- 238 حدود الصفائح ..... 238
- 240 جيولوجية شبه الجزيرة العربية ..... 240
- 242 مواقع محطات الرصد الزلزالي في المملكة ..... 242
- 243 مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم ..... 243
- 244 الحرات في المملكة العربية السعودية ..... 244
- 245 المعادن الصناعية في المملكة العربية السعودية ..... 245
- 246 المصطلحات ..... 246





## كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

عندما تقرأ كتاب علوم الأرض والفضاء إنما تقرأه للحصول على المعلومات؛ فالكتابة العلمية ليست مجرد كتابة خيالية، وإنما تصف أحداثاً حياتية واقعية تربط الناس مع الأفكار والتقنيات. وفيما يأتي بعض الأدوات التي تضمنها الكتاب والتي تساعدك على القراءة.

### قبل أن تقرأ

اقرأ كلاً من **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** قبل قراءة الفصل أو في أثناءه؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

**الفكرة العامة** تقدم صورة شاملة لكل فصل، ولكل موضوع من موضوعات الفصل.

**الفكرة الرئيسية** تصف الموضوع، وتدعم فكرته العامة.

### تطور الكون

#### Evolution of the Universe

## 1

### الفصل



تطور الكون

**الفكرة العامة** - سبحانه وتعالى -

الكون بما فيه من مجرات ونجوم وكواكب، وهو في حالة توسع دائم.

**1-1** نشأة الكون

**الفكرة الرئيسية** - تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

**1-2** النجوم والمجرات

**الفكرة الرئيسية** - وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

**حقائق فلكية**

- يقع كوكب الأرض ضمن النظام الشمسي الذي يقع في مجرة درب التبانة والتي تعد واحدة من مئات بلايين المجرات.
- وزن ملعقة واحدة من المادة الخاصة بالجسم النيتروني تساوي وزن جبل شاهق على سطح الأرض.

## طرائق أخرى للتصفح

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططاً للفصل مستخدماً العناوين الرئيسية والعناوين الفرعية.



# كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

## عندما تقرأ

في كل جزء من الفصل ستجد أساليب لتعميق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

## 1-1

### نشأة الكون

#### The Origin of the Universe

المقدمة تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

المقدمة مع الحياة طالما اهتمت الناس بروعة السماء وتساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون وعن مآله، ونتيجة لذلك فقد ابتغى العلماء المتخصصين بدراسة الكون بساندهم علماء الفلك والفيزياء الفلكية تواجـد تسعى إلى تفسير: كيف بدأ الكون وكيف يتغير بمرور الزمن؟ وماذا سيحل به في المستقبل؟

لماذا ندرس علم الكون؟ Whydowe study cosmology? حسب الوصف العلمي الحديث للكون فإنه ذلك الفضاء الشاسع الذي يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من المجرات والسدم والكواكب بالإضافة إلى الكويكبات والمذنبات والشهب الشكل 1-1. لفهم نشأة الكون يعمل على توسيع افقنا لما حولنا وخارج كوكبنا، فمثلاً يستفاد من فهم نشأة الكون وتطوره في فهم الظواهر الفيزيائية والكيميائية للكون. لقد اهتم البشر على مر الأزمنة والعصور بالظواهر المرتبطة بالكون مثل شروق الشمس وغروبها وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة المناخية وخسوف القمر وكسوف الشمس ومع مراقبتهم للسماء بنجومها المختلفة أعطوا للمجموعات النجمية مسميات مختلفة ترتبط بالبيئة المحيطة بهم مثل كوكبة الثور والعقرب والجبار والحمل والذئب الأكبر والأصغر واستنتج العلاقة بين ظهور هذه المجموعات النجمية والفصول المناخية وما يرتبط بها من مواسم زراعية ومعظم العبادات في الإسلام مرتبطة بظواهر فلكية كأوقات الصلاة التي ترتبط بحركة الشمس الظاهرية فصلاة الفجر يبدأ وقتها من ظهور الشفق الأبيض ناحية الشرق إلى شروق الشمس وصلاة الظهر يبدأ وقتها حين تزول الشمس أي تبدأ في الانخفاض بعد أن وصلت أقصى ارتفاع لها في السماء وكما أن عبادتي الصيام والحج مرتبطتان بحركة القمر حول الأرض. والسفر في البحار بين البلدان يتطلب معرفة الاتجاهات والتي تتم بالاهتداء بالنجوم قال تعالى: ﴿ وَهُدًى لِّلْبَشَرِ لَمَّا كَانُمُ الْيَتَامَىٰ وَابْتِغَايَا فِي مَنَازِلِهِمْ أَفَرَأَيْتُمْ لَيُّوْمٍ يَمَسُّوْنَ فِي سُورَةِ الْأَنْعَامِ الْآيَةَ: 97.



الشكل 1-1 كل شيء في الكون المنظور مكون من مادة، ومن ذلك المجرات والنجوم والكواكب والمذنبات والشهب.

14

### تتمدد الكون Expansion of the Universe

أجنز عالم الفلك إدوين هابل في عشرينيات القرن الماضي اكتشافاً ثورياً يتعلق بالكون، وذلك باستخدام تلسكوب مرصد جبل ويلسون في لوس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد الشكل 1-7. بعد ذلك بعقود، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي - ذو النتائج الغريبة - مستعرات عظمى بعيدة supernova، ووجد أن الكون منذ زمني طويل كان يتمدد بشكل أبطأ مما يفعل الآن، وهذا الاكتشاف كان مفاجئاً فالعقود ولوقت طويل بشأن جاذبية مادة الكون سحيط من تمده أو حتى تسبب تقلصه. ومن أسباب تمدد الكون الطاقة المظلمة Dark Energy وهي قوة خفية مجهولة المنشأ تشكل 65% من محتوى الكون. وهذه الطاقة هي واحدة من أكثر مواضيع النقاش جدلاً في علم الكون، قال تعالى: ﴿ وَأَنفِثْنَا نَبْثَهَا فَيَكُونُ رُوحًا مُّوَسِّعُونَ ﴾ سورة الذاريات الآية: 47.

ماذا قرأت؟ هسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟



الشكل 1-7 يوضح تصور تمدد الكون.

الروابط البيئية يتضمن محتوى علوم الأرض والفضاء أجزاء من فصول وفقرات تؤكد التطبيقات البيئية المرتبطة مع واقع الحياة: وعندما تشاهد هذه الأيقونة فكر في كيفية ربط المحتوى مع العالم من حولك.



ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.



### تجربة مسبار الجاذبية: (ناسا)



تمكنت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا من إثبات النظرية النسبية العامة للعلماء ألبرت أينشتاين من خلال إجراء تجربة علمية (مسبار الجاذبية) في 20 إبريل 2004 بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. استمرت تجربة مسبار الجاذبية مدة تبلغ نحو خمسة عقود، بدءاً من طرح فكرتها الأولى، وانتهاءً بعمليات التحليل ليثبتها العلم وقد تطلب المشروع تطوير تقنيات متقدمة جداً. تعد النسبية العامة أفضل نظرية لدى العلم لتفسير آلية عمل قوة الجاذبية. لقد اعتقد الباحثون قبل عام 1916 أن المادة تتحرك بصورة غير مؤثرة عبر خلفيتي الزمان والمكان. ثم افترض أينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمان مكان space-time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقارنة جيداً للنتائج المتوقعة نظرياً لبدأي النظرية النسبية. وقد أسهمت المدينة عبر التعاون التقني مع جامعة ستانفورد في تحليل البيانات الناتجة من التجربة حيث تم إرسال عدد من المختصين في المدينة للعمل جنباً إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.

19

# كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

## مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما (الفكرة) العامة ؟ وما (الفكرة) الرئيسية ؟
- فكر في الظواهر الطبيعية، والمواقع والمواقف التي مررت بها، وأثرها على المخلوقات الحية؛ هل بينها وبين دراستك لعلوم الأرض والفضاء علاقة ؟
- اربط معلومات هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائج باستخدام المعلومات التي لديك.
- غير توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

## بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يتضمن كل جزء من الفصل أسئلة وخلاصة. تقدم الخلاصة مراجعة للمفاهيم الرئيسية، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درست.



توسع قاع المحيط  
Sea floor spreading

وضعت فرضية توسع قاع المحيط Sea floor spreading بناء على بيانات تقاريس قاع المحيط وروسيات وروسيات القشرة، وتفسر مدى أن القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتستهلك عند الأضلاع البحرية Ocean trenches. ويرجع الشكل 14-5 كيف تحدث عملية توسع قاع المحيط حيث تندفع الصهارة إلى أعلى في أثناء توسع قاع المحيط لأبأ أسفل وأقل كثافة من الصخور التي حولها، وتقلل الفراغات الناتجة عن ابتعاد جانبي ظهر المحيط أحدهما عن الآخر، وعندما تنصلب الصهارة تتشكل قشرة محيطية جديدة تضاف إلى سطح الأرض. وباستمرار عملية التوسع على طول ظهر المحيط تندفع صهارة أخرى إلى أعلى وتنصلب. ويؤدي استمرار التوسع والدفع الصهارة إلى استمرار تكون قشرة محيطية تتحرك ببطء متزايدة عن ظهر المحيط. وتحدث عملية التوسع هناك تحت سطح البحر. أما في جزيرة أيسلندا - وهي جزء من ظهر المحيط الأطلسي - فيحدث التوسع فوق مستوى سطح البحر. انظر الشكل 15-5 الذي يبين تدفق اللابة على طول ظهر المحيط. وقد درست سابقاً أن فاجير جمع العديد من البيانات لدعم فكرة الجراف القارات فوق سطح الأرض، إلا أنه لم يتمكن من تفسير كيف تحركت القارات، وبسبب حركتها. لاحظ أن فكرة توسع قاع المحيط هي الحلقة المفقودة التي كان يحتاج إليها لإكمال نموذجهم عن الجراف القارات والقارات لم تندفع فوق قشرة المحيط كما افترضوا، بل عبرت القشرة المحيطية ببطء متزايداً بعضها من بعض عند ظهور المحيطات ماضية معها القارات. واستغرق في القسم التالي كيف أدت فرضية توسع قاع المحيط إلى فهم جديد لكيفية حركة كل من القشرة الأرضية وأصل السنتر الصلب بوصفه قطعة واحدة.

### التقويم 2-5

#### فهم الأفكار الرئيسية

1. وصف لماذا نشبه عملية توسع قاع المحيط حركة أحزام النافل (التحرك) ؟
2. وضع كيف توفر كل من صخور قاع المحيط وروسيات أدلة على توسع قاع المحيط ؟
3. ميز بين مصطلحي: القشرة المحيطية العادية، والقشرة المحيطية المقلوبة.
4. صف تقاريس قاع المحيط.
5. اشرح كيف تدعم خريطة تشارلي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط ؟
6. حلل لماذا يكون عرض الأشرطة المحيطية في شرق المحيط الهادئ أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي ؟
7. اربط بين توسع قاع المحيط في شرق المحيط الهادئ في آخر حصة ملايين سنة.

#### الخلاصة

#### توفر الدراسات التي أجريت

#### على لعان المحيطات أدلة على

#### أبأ ليست مستوية، وأبأ تغير

#### باستمرار.

#### القشرة المحيطية صغيرة العمر

#### من الناحية الجيولوجية.

#### تتكون قشرة محيطية جديدة عند

#### ظهر المحيط عندما يرتفع الصهارة

#### وتنصلب.

#### عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة

#### تحرك القشرة المحيطية القديمة

#### متباعدة عن ظهر المحيط.

163

في نهاية كل فصل أسئلة التقويم، فضلاً عن أسئلة الاختبارات المقتنة.

## طرائق أخرى للمراجعة

### حدد الفكرة (العامة)

### اربط الفكرة الرئيسية مع الفكرة العامة

استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.

وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات

أخرى تدرسها.

حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من

المعلومات حول الموضوع.

## 4 الفصل

### مراجعة المفردات

أكمل الجمل الآتية مستخدماً المفردات المناسبة:

1. يسمى التسنج الناري الذي ينتج باختره على بورتات كبيرة في أرضية من البورتات الصغيرة .....

2. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة أنها .....

3. يقال عن الصخور القاعدية اللون ذات البورتات كبيرة الحجم أنها .....

4. ينتج عن تزامن الروسيات الفتاتية والتحامها .....

5. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي ترتب مائلة على السطح الأفقي .....

6. تساعد العذازات من الصخور على تدفئها على سطح الأرض.

7. يصف طبقات يوصف للفتات والفتات التي تتأثر على أسسها الممتدة.

8. تتميز الصخور الجرانيتية بلونها الغامق وعثرها القليل من السيليكات.

9. تتكون اللابة في الأحواض تحت القشرة الأرضية.

10. تحدث التسنج في أثناء استقرار الروسيات بتناقص طاقة الجاذب.

11. تتكون الصخور المتحولة المتصلبة من بورتات كتلية الشكل.

140

اكتب حلة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل جملة:

12. السامية، الصخر الرسوبي الفتاتي

13. الراسب، الطقن

14. فتات، المتحولات

### تثبيت المفاهيم الرئيسية

15. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الصهارة ؟

أ. الكوارتز

ب. البايكس

ج. البايكس

د. البايكس

استعمل الصورين أدناه في الإجابة عن السؤال 16.

16. ما العملية التي حدثت ؟

أ. الانفصال الجزئي

ب. الفصل البلوري

ج. الانفصال الجزئي

د. الفصل البلوري

17. أي أنواع الصهارة تحتوي كمية أكبر من السيليكات ؟

أ. البازلتية

ب. الأنديزية

ج. الريولايتية

د. البازلتية

18. أي العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الصهارة ؟

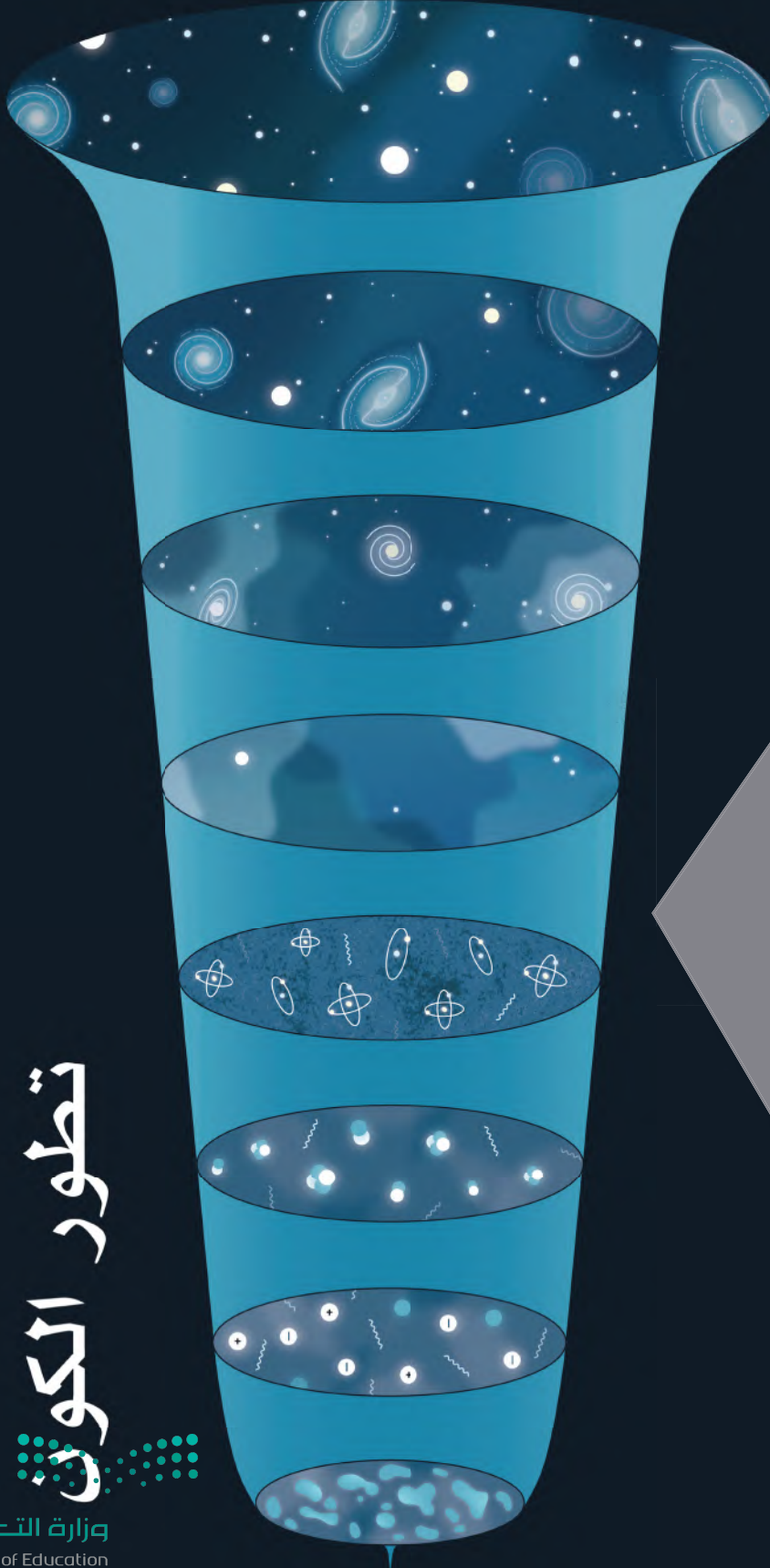
أ. الحجم

ب. درجة الحرارة

ج. الضغط

د. المكونات المعدنية





**الفكرة العامة** خلق الله - سبحانه وتعالى - الكون بما فيه من مجرات ونجوم وكواكب، وهو في حالة توسع دائم.

### 1-1 نشأة الكون

**الفكرة الرئيسية** تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

### 1-2 النجوم والمجرات

**الفكرة الرئيسية** وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

### حقائق فلكية

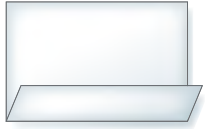
- يقع كوكب الأرض ضمن النظام الشمسي الذي يقع في مجرة درب التبانة والتي تعد واحدة من مئات بلايين المجرات .
- وزن ملعقة واحدة من المادة الخاصة بالنجم النيوتروني تساوي وزن جبل شاهق على سطح الأرض.

## نشاطات تمهيدية

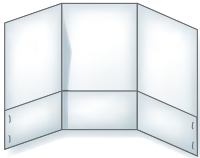
اصنع المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات وترتيب الأفكار الرئيسة المتعلقة بالمجرات وأنواعها.

### المطويات

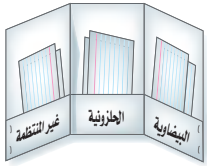
منظمات الأفكار



**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



**الخطوة 3** ألصق الجزء المثنى من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعنونها بأنواع المجرات: البيضاوية، الحلزونية، وغير المنتظمة.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 1-2، لتتعرف على مميزات بنية كل نوع.

## تجربة استهلاكية

هل يتمدد الكون كتمدد البالون؟

التمدد يصف الحالة التي تبعد بها الجزيئات عن بعضها بعضاً، في حين يمثل الانكماش الحالة العكسية للتمدد حيث تقترب فيها الجزيئات من بعضها بعضاً.



### الخطوات

1. أحضر بالون مفرغ من الهواء.
2. بواسطة قلم ملون ضع على البالون مجموعة من النقاط على مسافات مختلفة.
3. ابدأ في نفخ البالون إلى أقصى حجم ممكن.

### التحليل

1. قارن بين حجم البالون قبل وبعد النفخ.
2. ما ملاحظاتك حول تغير المسافة بين نقاط البالون قبل النفخ وبعده؟
3. قارن بين النقاط على البالون و المجرات في الكون.
4. استنتج ما يحدث للكون.





# 1-1

## نشأة الكون

### The Origin of the Universe

#### الأهداف

- يعرف الكون.
- يشرح مراحل نشأة الكون.
- يحسب عمر الكون.

#### الفكرة الرئيسية

تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

**الربط مع الحياة** طالما افتتن الناس بروعة السماء وتساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون وعن مآله، ونتيجة لذلك فقد ابتدع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يسانداهم علماء الفلك و الفيزياء الفلكية نماذج تسعى الى تفسير: كيف بدأ الكون وكيف يتغير بمرور الزمن؟ وماذا سيحل به في المستقبل؟

### لماذا ندرس علم الكون؟ Why do we study cosmology?

حسب الوصف العلمي الحديث للكون فإنه ذلك الفضاء الشاسع الذي يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من المجرات والسدم والكواكب بالإضافة إلى الكويكبات والمذنبات والشهب الشكل 1-1. لفهم نشأة الكون يعمل على توسيع ادراكنا لما حولنا وخارج كوكبنا، فمثلاً يستفاد من فهم نشأة الكون وتطوره في فهم الظواهر الفيزيائية والكيميائية للكون. لقد اهتم البشر على مر الازمنة والعصور بالظواهر المرتبطة بالكون مثل شروق الشمس وغروبها وتعاقب الليل والنهار وتعاقب فصول السنة المناخية وخسوف القمر وكسوف الشمس ومع مراقبتهم للسماء بنجومها المختلفة اعطوا للمجموعات النجمية مسميات مختلفة ترتبط بالبيئة المحيطة بهم مثل كوكبة الثور والعقرب والجبار والحمل والدب الأكبر والأصغر واستنتجوا العلاقة بين ظهور هذه المجموعات النجمية والفصول المناخية وما يرتبط بها من مواسم زراعية ومعظم العبادات في الإسلام مرتبطة بظواهر فلكية كأوقات الصلاة التي ترتبط بحركة الشمس الظاهرية فصلاة الفجر يبدأ وقتها من ظهور الشفق الأبيض ناحية الشرق إلى شروق الشمس وصلاة الظهر يبدأ وقتها حين تزول الشمس أي تبدأ في الانخفاض بعد أن وصلت أقصى ارتفاع لها في السماء وكما أن عبادتي الصيام والحج مرتبطتان بحركة القمر حول الأرض. والسفر في البحار بين البلدان يتطلب معرفة الاتجاهات والتي تتم بالاهتداء بالنجوم قال تعالى: ﴿وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِتَهْتَدُوا بِهَا فِي ظُلُمَاتِ اللَّيْلِ وَالْبَحْرِ قَدْ فَصَّلْنَا الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.

#### مراجعة المفردات

**التلسكوب:** آلة فلكية حديثة صنعت لتقريب الأجسام البعيدة و توضيح الخافته.

#### المفردات الجديدة

- علم الفلك
- الفيزياء الفلكية
- علم الكون
- علوم الفضاء
- نظرية الانفجار العظيم
- الطاقة المظلمة
- عمر الكون



الشكل 1-1 كل شيء في الكون المنظور مكون من مادة، ومن ذلك المجرات والنجوم والكواكب والمذنبات والشهب.

## مهن في علم الفضاء

يركز الفلكي في مجال مهنته على رصد الأجرام السماوية كتجري اهلة الشهور القمرية أو كفني تحليل البيانات في وكالات الفضاء . ويمكن للفلكي أن يمارس مهنته في القبة الفلكية لتتقيد الناس بمجال الفلك والفضاء عبر تقديمه عروضاً محاكية للسماء.

وقبل أن نبدأ في دراسة تمدد الكون وكيفية تقدير عمر الكون سوف نوضح الاختلافات الرئيسية بين علم الفلك **Astronomy**، علم الفيزياء الفلكية **Astrophysics**، علم الكون **Cosmology** وعلوم الفضاء **Space science** في جدول 1-1.

الجدول 1-1 مقارنة بين العلوم المهمة بدراسة الكون		
أمثلة	مجال الدراسة	الفرع
المجرات، النجوم، الشمس، الكواكب، أقمار الكواكب، أشباه الكواكب، الكويكبات، المذنبات، الشهب.	العلم المعني بدراسة الأجرام السماوية.	علم الفلك <b>Astronomy</b>
النشاط الشمسي، تغيرات مظاهر سطوح وأغلفة الكواكب، مادة ما بين الكواكب، مادة ما بين النجوم، تغير لمعان النجوم، نشاط المجرات، النجوم النيترونية، الثقب السوداء.	مجال فرعي لعلم الفلك. يستخدم قوانين الفيزياء لوصف التغير في طبيعة الأجرام السماوية وأنشطتها المختلفة في جميع أطوال الطيف الكهرومغناطيسي.	الفيزياء الفلكية <b>Astrophysics</b>
نشأة الكون وتطوره حتى صار كما نراه اليوم.	دراسة نشأة الكون وتطوره.	علم الكون <b>Cosmology</b>
إطلاق الصواريخ وإنزال الحمولات منها في مدارات محددة أو باتجاه جرم سماوي كالمسابير.	يعنى باستكشاف الفضاء والمهمات الفضائية.	علوم الفضاء <b>Space science</b>



## الكون : علم أساسي

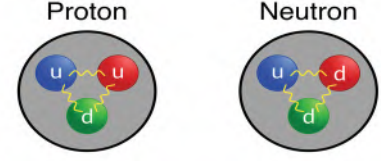
### Cosmology: The Central science

تم تفسير نشأة الكون عبر عدة مراحل تاريخية ظهرت خلالها العديد من النظريات الكونية التي بين أصحابها آلية نشأة الكون وتمدده وكان من أبرزها نظرية الانفجار العظيم التي حازت على قبول معظم علماء الفلك. وكان من أبرز أسباب قبولها بين أوساط العلماء هو نجاحها أيضًا في تفسير بعض من أرصاد العلماء مثل: وفرة الهيدروجين والهيليوم وإشعاع الخلفية الكوني.

### نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory

تعد **نظرية الانفجار العظيم Big Bang Theory** الأكثر قبولاً بين علماء الفلك من بين عدة نظريات حيث نصت نظرية الانفجار العظيم على أنه في لحظة معينة منذ ما يقرب من أربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهٍ في الصغر وجميع قوى الطبيعة متحدة وهي القوة النووية والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية. ثم بدأ الكون في التمدد وتناقص درجة الحرارة بمعدل سريع جدًا.

ومع مرور الزمن، انخفضت درجة الحرارة إلى 1500 ترليون K، واكتسبت القوة الطبيعية خصائصها الحالية. كما أن الجسيمات الأولية (وتعرف باسم الكواركات والليبتونات) وهي وحدات البناء الأساسية للمادة، تتحرك في درجات حرية مختلفة في مستويات الطاقة. وعندما تمدد الكون وأصبح بحجم المجموعة الشمسية، امتلأ الكون بكل المادة التي يمكن قياسها. وفي هذه المرحلة اندمجت الكواركات وكونت نيوترونات وبروتونات كما هو موضح في الشكل 1-2.



الشكل 1-2 يوضح تشكّل النيوترونات والبروتونات من الكواركات.

البروتون جسيم أولي شحنته موجبة، ويتكون من كواركين علويين (الأحمر والأزرق)، وكوارك سفلي (الأخضر)، النيوترون جسيم أولي متعادل الشحنة، ويتكون من كواركين سفليين (الأخضر والأحمر)، وكوارك علوي (الأزرق).

#### الربط مع الفيزياء

إن نقطة الصفر في مقياس كلفن تعرف بأنها الصفر المطلق. ووفقاً لمقياس كلفن فإن نقطة تجمد الماء (0°C) هي 273K تقريباً، ونقطة غليان الماء هي 373K تقريباً. وتسمى الدرجة الواحدة على هذا المقياس كلفن، وتساوي 1°C، لذا يكون  $T_K = 273 + T_C$ .

#### إرشادات للدراسة

##### إشعاع الخلفية الكونية CMB

هو الإشعاع الحراري الذي خلفه الانفجار العظيم، ويعتبره العلماء بمثابة صدى لنظرية الانفجار العظيم، ومع مرور الوقت برد هذا الضوء البدائي وضعف إلى حد كبير، ونكتشفه في الوقت الحاضر في مدى الموجات الميكروية (Microwaves).



## المراحل الأولى من حياة الكون

### The first stages of the universe's life

يمكن تقسيم المراحل الأولى، بعد الانفجار العظيم، من حياة الكون إلى فترات زمنية كما يلي:

#### المرحلة الأولى

خلال  $10^{-43}$  ثانية كانت درجة الحرارة تزيد عن  $10^{32}$  K، وكانت جميع القوى الطبيعية متحدة وهي القوة النووية والقوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية.

#### المرحلة الثانية

خلال  $10^{-35}$  ثانية انخفضت الحرارة إلى  $10^{27}$  K وبدأت عملية التمدد السريع في حجم الكون في هذه الفترة والتي تعرف بمرحلة التضخم (inflation)؛ حيث انفصلت القوى الطبيعية عن بعضها وأصبح لكل قوة خصائصها المميزة لها.

#### المرحلة الثالثة

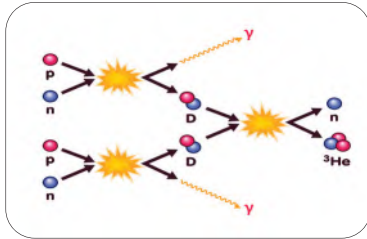
انخفضت الحرارة إلى  $15 \times 10^{14}$  K، وكانت المادة الأولية عبارة عن كواركات تتحرك في مجال من الطاقة، ثم انفصلت القوى النووية والنووية الضعيفة والكهرومغناطيسية والجاذبية وأصبحت القوى الأربع منفصلة.

#### المرحلة الرابعة

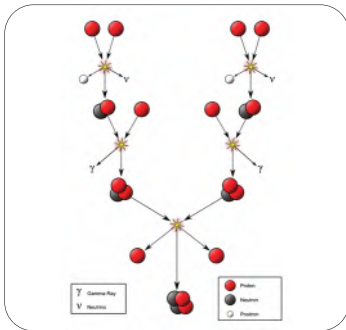
عندما تمدد الكون إلى ألف مرة عن حجمه الأول فإن حجمه الجديد أصبح في حجم المجموعة الشمسية، وعندها بدأت الكواركات تندمج لتكون النيوترونات والبروتونات كما هو موضح في الشكل 1-2.

#### المرحلة الخامسة

تمدد الكون إلى ألف مرة أكبر من حجم المجموعة الشمسية، ومن ثم اندمجت النيوترونات والبروتونات لتكون نويات ذرات الهيليوم والديوتيريوم (وأحياناً يسمى «الهيدروجين الثقيل»، وهو الذرة التي تحتوي نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد، وتسمى نواة الديوتيريوم) كما هو موضح في الشكل 1-3. كل هذا حدث خلال الدقيقة الأولى من عمر الكون من تمدد واتساع وانخفاض في درجة الحرارة وفي الكثافة. ومع ذلك، كانت الظروف لا تزال شديدة الحرارة بحيث لا تستطيع النوى الذرية التقاط الإلكترونات لتكون باقي العناصر الكيميائية.



الشكل 1-3 اتحاد النيوترونات والبروتونات لتكوين ذرة الهيليوم.



الشكل 1-4 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بسلسلة بروتون-بروتون



### المرحلة السادسة

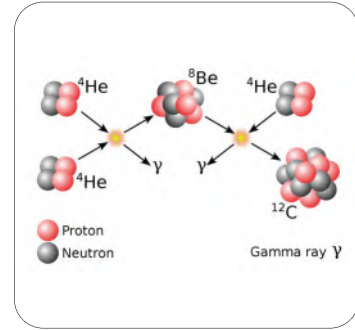
بعد 300 ألف سنة من نشأة الكون ينكمش ألف مرة من حجمه الحالي، ومع انخفاض درجة حرارة الكون أصبحت الظروف مهيأة لتكون الذرات الشكل 4-1، ومن ثم تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم.

### المرحلة السابعة

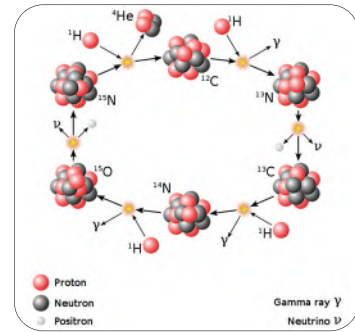
حينما وصل حجم الكون لخمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت في حشود نجمية كروية وتجمعت الحشود النجمية مكونة فيما يمكن أن يسمى مجرات حديثة الولادة.

### المرحلة الثامنة

عندما أصبح الكون يبلغ نصف حجمه الحالي، أنتجت التفاعلات النووية الاندماجية في النجوم معظم العناصر الثقيلة التي تتكون منها الكواكب الأرضية كما في الجدول 1-2 والأشكال 1-4، 1-5، 1-6. وقبل خمسة مليار سنة تشكل نظامنا الشمسي، عندما كان حجم الكون ثلثي حجمه الحالي. وبمرور الوقت، استهلك تكوين النجوم إمدادات الغاز في المجرات، وبالتالي تضائل عدد النجوم من الجيل الأول. ويتوقع أنه بعد خمسة عشر مليار سنة من الآن، ستكون النجوم مثل شمسنا الحالية.



الشكل 1-5 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بعملية ثلاثية ألفا.



الشكل 1-6 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بدورة كربون نيتروجين أو أكسجين.

يوضح التفاعلات النووية الاندماجية وتكون العناصر ودرجات الحرارة التي يتم عندها الاندماج النووي.

الجدول 1-2

نوع الاندماج	التفاعل الاندماجي	درجة الحرارة (كلفن)
(1-4) سلسلة بروتون - بروتون	$\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$	$10 \times 10^6$
(1-5) عملية ثلاثية ألفا	$^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C}$	$100 \times 10^6$
(1-5) عملية ثلاثية ألفا	$^{12}_6\text{C} \rightarrow ^{16}_8\text{O}$	$600 \times 10^6$
(1-6) دورة كربون نيتروجين أو أكسجين	$^{16}_8\text{O} \rightarrow ^{20}_{10}\text{Ne}$ $^{16}_8\text{O} \rightarrow ^{32}_{16}\text{Si}$	$1500 \times 10^6$

## تجربة مسبار الجاذبية : (ناسا)

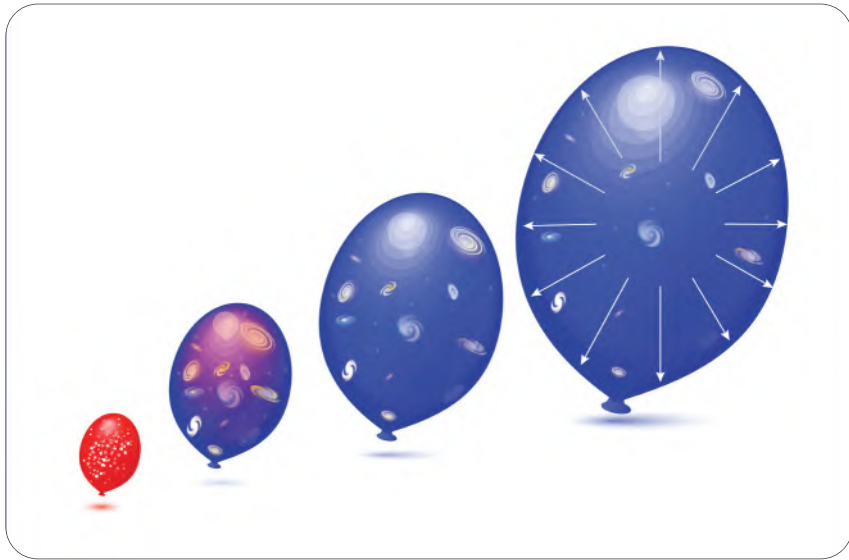


تمكنت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا من اثبات النظرية النسبية العامة للعالم ألبرت أينشتاين من خلال إجراء تجربة علمية (مسبار الجاذبية) في 20 إبريل 2004 بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. استمرت تجربة مسبار الجاذبية مدةً تبلغ نحو خمسة عقود، بدءاً من طرح فكرتها الأولى، وانتهاءً بعمليات التحليل لبياناتها العلمية وقد تطلب المشروع تطوير تقنيات متقدمة جداً. تعد النسبية العامة أفضل نظرية لدى العلم لتفسير آلية عمل قوة الجاذبية. لقد اعتقد الباحثون قبل عام 1916 أن المادة تتحرك بصورة غير مؤثرة عبر خلفيتي الزمان والمكان. ثم افترض أينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمكان space-time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقارنة جداً للنتائج المتوقعة نظرياً لمبدأي النظرية النسبية. وقد أسهمت المدينة عبر التعاون التقني مع جامعة ستانفورد في تحليل البيانات الناتجة عن التجربة حيث تم إرسال عدد من المختصين في المدينة للعمل جنباً إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.

## تمدد الكون Expansion of the Universe

أنجز عالم الفلك إدوين هابل في عشرينيات القرن الماضي اكتشافاً ثورياً يتعلق بالكون، وذلك باستخدام تلسكوب مرصد جبل ويلسون في لوس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد الشكل 1-7. بعد ذلك بعقود، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي - ذو النتائج الغزيرة - مستعراتٍ عظمى بعيدةً supernova، ووجد أن الكون منذ زمن طويل كان يتمدد بشكل أبطأ مما يفعل الآن، وهذا الاكتشاف كان مفاجئاً فالمعتقد ولوقتٍ طويل بأن جاذبية مادة الكون ستبطئ من تمدده أو حتى تسبب تقلصه. ومن أسباب تمدد الكون الطاقة المظلمة Dark Energy وهي قوة خفيه مجهولة المنشأ تشكل 65% من محتوى الكون. وهذه الطاقة هي واحدة من أكثر مواضيع النقاش جدلاً في علم الكون، قال تعالى: ﴿وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ سورة الذاريات الآية: 47.

ماذا قرات؟ فسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟



الشكل 1-7 يوضح تصور تمدد الكون.



## قانون هابل في تمدد الكون Hubble's Law in Expantions of Universe

وينص هذا القانون الذي توصل إليه عالم الفلك الشهير هابل على أن السرعة التي تتباعد بها المجرات عن الأرض تتناسب طرديًا مع المسافة بين الأرض والمجرات؛ أي أن المجرات في كل الاتجاهات في الكون تتباعد بسرعات عالية، وكلما كانت المجرات أبعد فإنها تتباعد بسرعات أكبر. ومن ملاحظات هابل أن نسبة السرعة إلى المسافة ثابتة، وفي هذا الحساب نفترض أن الكون تمدد منذ الانفجار العظيم مع تحرك جميع المكونات بسرعات ثابتة بالنسبة لبعضها بعضًا.

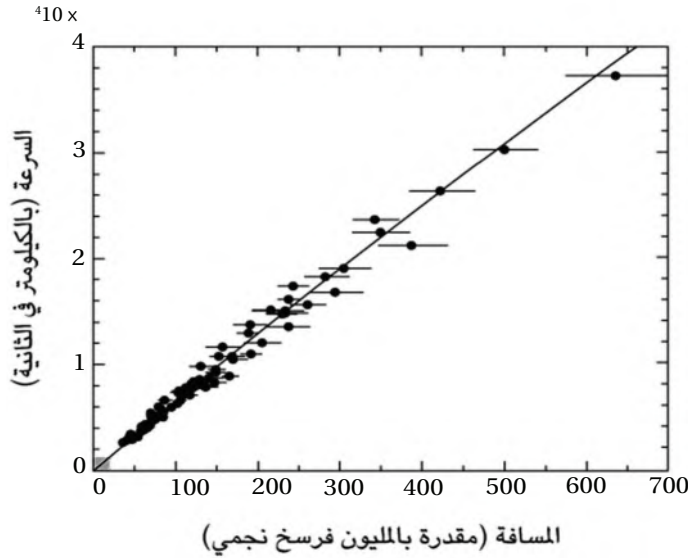
### حساب ثابت هابل

#### Hubble's constant calculation

من خلال الشكل 8-1 الذي يوضح علاقة المسافة بين المجرات والأرض وسرعة التباعد إذ إن النسبة بين السرعة والمسافة تعطي مقدارًا ثابتًا وهو ما يسمى بثابت هابل  $H_0$ .

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

حيث ( $H_0$ ) هو ثابت هابل، و ( $d$ ) هي المسافة بين الأرض والمجرة، و ( $v$ ) هي سرعة تباعد المجرة عن الأرض.



الشكل 8-1 ثمة علاقة خطية بين معدل التمدد الكوني (المقدر هنا بالكيلومتر في الثانية) والمسافة (المقدرة بالمليون فرسخ نجمي، حيث يعادل الفرسخ النجمي 3.26 سنة ضوئية).

### الربط مع الفيزياء

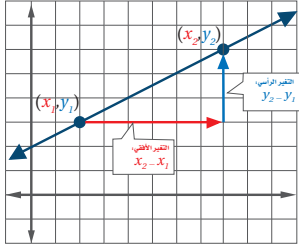
توصل هابل إلى إثبات توسع الكون و حساب عمر الكون عن طريق تأثير دوبلر وهو تغير ظاهري للطول الموجي عندما ترصد من قبل راصد متحرك بالنسبة لمصدر الموجات .



## الربط مع الرياضيات

في المستوى الإحداثي، ميل المستقيم هو نسبة التغير في الإحداثي  $x$  بين أي نقطتين عليه. ويعطي الميل  $m$  لمستقيم يحوي نقطتين إحداثيهما  $(x_1, y_1)$  و  $(x_2, y_2)$  بالصيغة:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



### مجسات النجوم المتفجرة

آدم ريس هو عالم أمريكي في علم الفلك في جامعة جونز هوبكنز ومعهد علوم تلسكوب الفضاء وهو معروف بأبحاثه في مجال استخدام مجسات النجوم المتفجرة. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء لعام 2011 مناصفة مع سول بيرلموتر وبريان شميدت، كما حصل في العام ذاته - مع سول بيرلموتر على قلادة ألبرت أينشتاين -.

## Age of the Universe

## عمر الكون

إذا كان تمدد الكون يسير بمعدل ثابت، فسيكون من اليسير للغاية الربط بين ثابت هابل وبين عمر الكون؛ فجميع المجرات يبتعد بعضها عن بعض في وقتنا الحالي، لكن لا بد أنها كانت في البداية في الموضع ذاته. وكل ما نحتاج إليه هو حساب ذلك الوقت الذي كانت فيه المجرات في الموضع ذاته؛ ومن ثم يكون **عمر الكون Age of the Universe** هو الزمن المنقضي منذ وقوع ذلك الحدث. إن عمر الكون ما هو إلا معكوس ثابت هابل - عملية حسابية بسيطة -. وفي ضوء التقديرات الحالية لثابت هابل، فإن عمر الكون يبلغ نحو 13.8 مليار عام.

ميل خط الرسم البياني في الشكل 8-1 هو  $\frac{v}{D}$  وهو ثابت هابل.

$$H_0 = \frac{v}{d} \quad .1$$

والمسافة مقسومة على السرعة تساوي الزمن أي:

$$t = \frac{d}{v} \quad .2$$

من معادلة (1)

$$v = dH_0 \quad .3$$

وباستبدال معادلة 3 في معادلة 2 نحصل على:

$$t = \frac{1}{H_0} \quad .4$$

بأخذ ثابت هابل ليكون 71 كيلومترًا في الثانية لكل ميغا فرسخ حيث يمثل 1 فرسخ فلكي (الفرسخ الفلكي يساوي 3.26 سنة ضوئية).

لذلك: الكيلومتر = 1000 متر والميغا فرسخ =  $3.09 \times 10^{22}$  متر

$$H_0 = \frac{71000 \text{ m/s}}{3.09 \times 10^{22} \text{ m}} = 2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

وبالتعويض عن قيمة ثابت هابل في معادلة 4

$$t = \frac{1}{2.29 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}} \quad .5$$

$$t = 4.36 \times 10^{17} \text{ s}$$

وبتحويل الثواني إلى سنوات نحصل على:

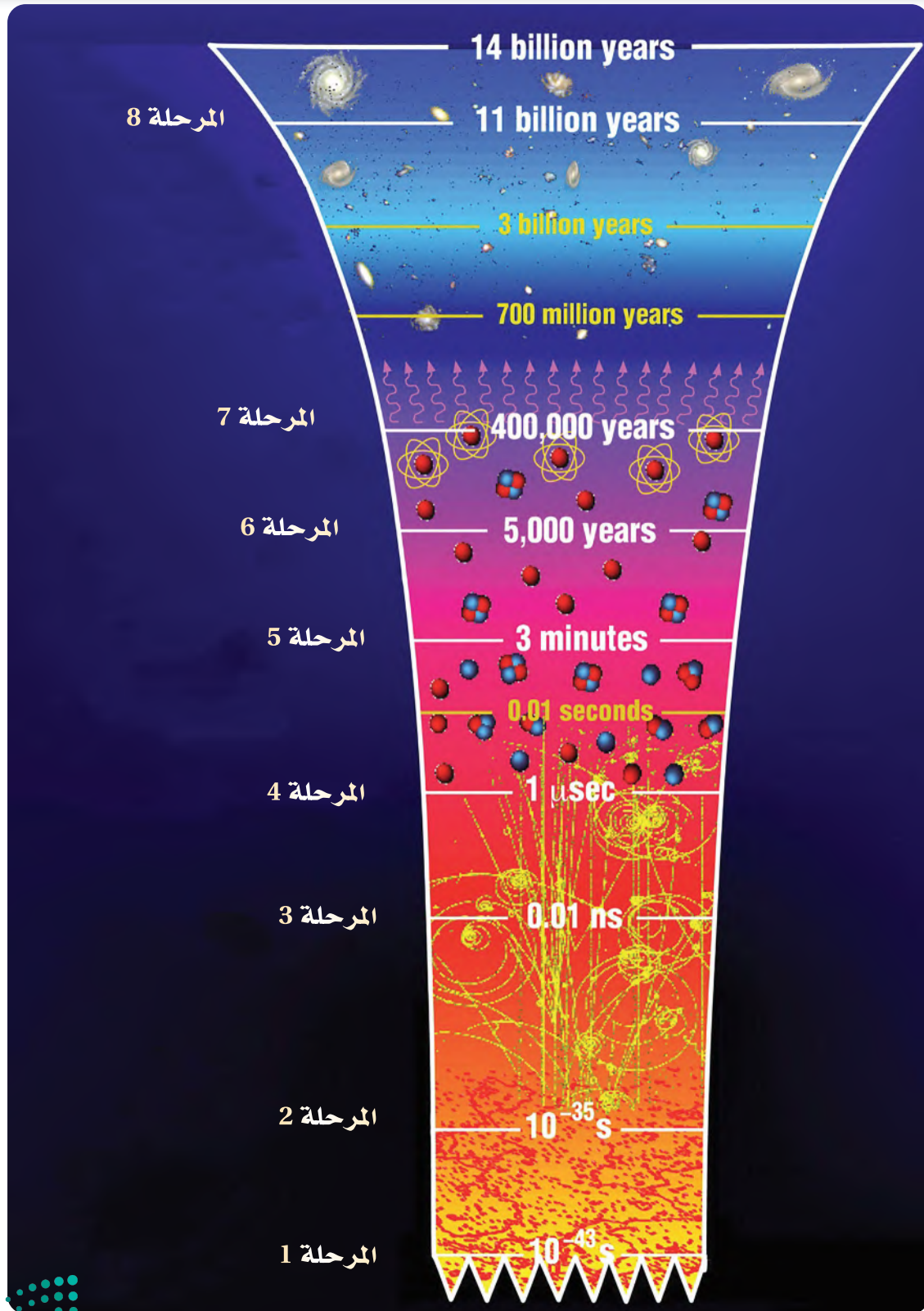
$$t = \frac{4.36 \times 10^{17}}{60 \times 60 \times 24 \times 365}$$

$$t = 13.8 \times 10^9 \text{ y}$$

أي أن عمر الكون يصل إلى 13.8 مليار سنة.



## مخطط يوضح مراحل تطور الكون





## الربط مع التقويم :

JUNE						
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

يُعجُّ الفضاء بمليارات الأجرام السماوية، منها أجسام صخرية صغيرة تدور حول الشمس يطلق عليها "كويكبات"، وقد اعتمدت الأمم المتحدة يوم 30 يونيو ليكون اليوم العالمي للكويكبات، إذ يعتقد العلماء أن الكويكبات تشكّلت منذ نشأة الكون وتطورت من بقايا تكوين نظامنا الشمسي قبل حوالي 4.6 مليار سنة؛ حيث منعت ولادة كوكب المشتري أي كواكب من التكون في الفجوة بينه وبين المريخ، مما تسبب في اصطدام الأجسام الصغيرة التي كانت هناك مع بعضها البعض وتفتتها لتشكيل الكويكبات التي نعرفها اليوم.

## التقويم 1-1

### الخلاصة

- الكون في حالة توسع وتمدد دائم وتم رصد تمدد الكون من قبل العالم هابل
- نصت نظرية الانفجار العظيم على أنه في لحظة معينة منذ ما يقرب من اربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهي في الصغر

### فهم الأفكار الرئيسية

- هل يمكن اعتبار التجمع النجمي عبارة عن مجرة وليدة؟ ولماذا؟
- ما مدى أهمية الفيزياء الفلكية في دراسة نشأة الكون وتطوره؟

### التفكير الناقد

- لماذا حازت نظرية الانفجار العظيم على قبول معظم العلماء عن غيرها من النظريات التي تتناول نشأة الكون؟

### الرياضيات في الفلك

- تبعد مجرة الدوامة 23 Mly عن كوكب الارض . باستعمال القيمة 20.8 km /s /Mly لثابت هابل . أوجد سرعة تباعد هذه المجرة؟





# 1-2

## النجوم والمجرات

### Stars and Galaxies

#### الأهداف

- يشرح دورة حياة النجوم.
- يصنف أنواع المجرات.
- يوضح تركيب مجرة درب التبانة.

#### المفردات الجديدة

- النجم
- النجوم المزدوجة
- الحشود النجمية
- الوسط بين النجوم
- التوازن الهيدروستاتيكي
- العمالقة الحمراء
- سديم كوكبي
- قزم أبيض
- قزم أسود
- مستعر أعظم
- النجم النيوتروني
- ثقب أسود
- المجرة

**الفكرة الرئيسية** وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.

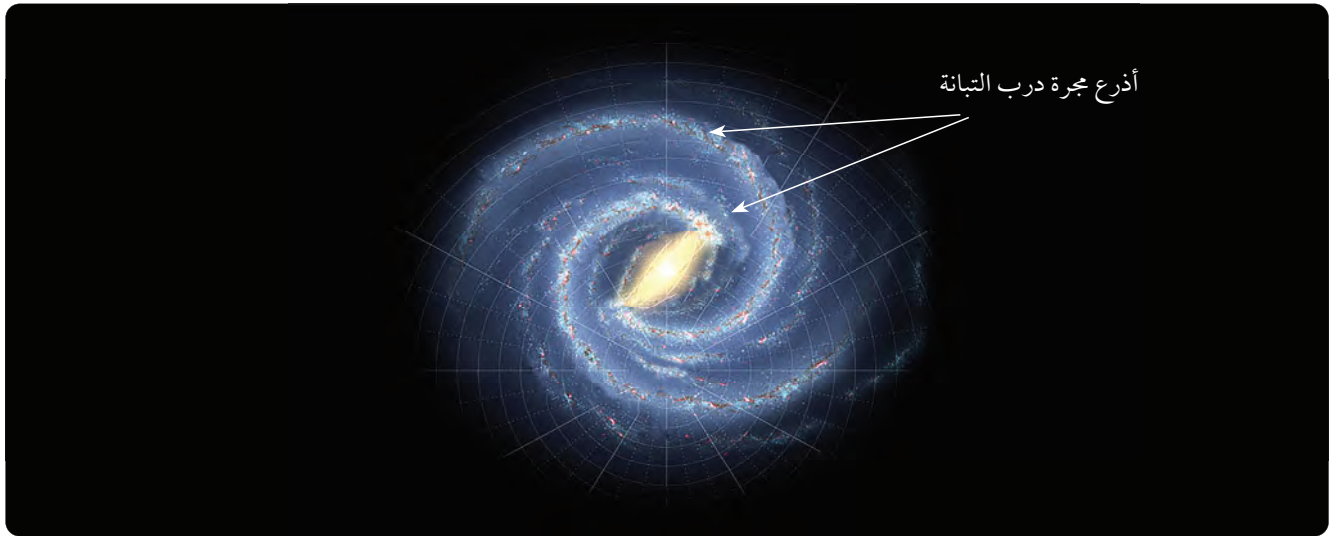
**الربط مع الحياة** تعد النجوم اللبنة الأساسية للمجرات منذ نشأة الكون وتطوره، وهي من أبرز الأجرام السماوية التي حازت على اهتمام الإنسان منذ القدم، وكانت العرب تستخدمها قديماً للاستدلال بالاتجاهات وفصول السنة، قال تعالى: ﴿وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِهَتْدُوايَهَا فِي ظُلُمَاتٍ أَلْبَرَّ وَالْبَحَرِ﴾ سورة الأنعام الآية: 97.

**النجم star** عبارة عن جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي، وتمر النجوم بدورة حياة تمتد إلى مليارات السنين؛ فهي تولد وتتطور وتموت ومن ثم تولد نجوم أخرى، وتميل النجوم إلى التكون في مجموعات مثل: **النجوم المزدوجة Binary star**، وهما نجمان مرتبطان جاذبياً، يدوران حول بعضهما، و**الحشود النجمية Star Cluster** التي تحتوي على مئات الألوف من النجوم، ويمكن أن يولد النجم مفرداً.

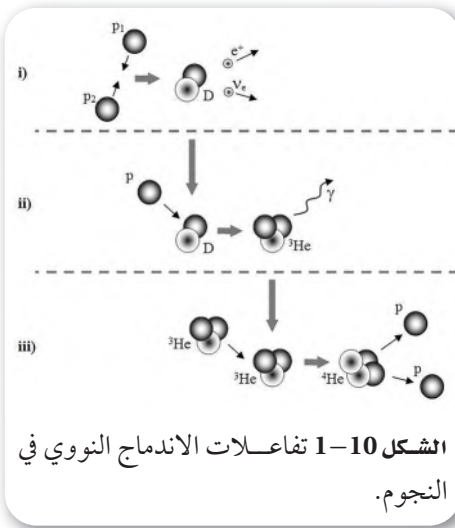
يتكون **الوسط بين النجوم interstellar medium** من الغاز والغبار بكثافة مختلفة؛ فنجد مناطق كثافتها عالية ومناطق أخرى ذات كثافة منخفضة، يحتوي الغاز في غالبيته على الهيدروجين والهيليوم وأيضاً بعض العناصر الأثقل مثل ذرات الكربون، والأوكسجين والنيتروجين والسليكون. يتواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم إما في الحالة الذرية  $H^1$  أو المتأينة  $H^+$  أو الجزيئية  $H_2$ ، وعند وجوده في الحالة الجزيئية يطلق على سحب الغاز والغبار بالسحب الجزيئية وهي سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم والكربون والنيتروجين والأوكسجين. تتميز هذه السحب بكثافة عالية ودرجات حرارة أعلى وتتواجد بكثرة في أذرع مجرة درب التبانة، وهي أذرع لولبية تمتد من مركز المجرات الحلزونية الشكل 9-1.

تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل تمتد لملايين السنين، تنكمش السحابة تحت تأثير جاذبيتها ثم يبدأ الغاز والغبار بالتكوير ويسمى النجم حينها بالنجم الأولي، ومع زيادة الضغط تبدأ حرارة اللب المنكمش بالارتفاع، وعند ارتفاع درجة الحرارة ما بين 10-15 مليون درجة مئوية تبدأ تفاعلات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم في تفاعلات موضحة في الشكل 10-1 لتبدأ بذلك حياة النجم.





الشكل 9-1 صورة افتراضية لأذرع مجرة درب التبانة.



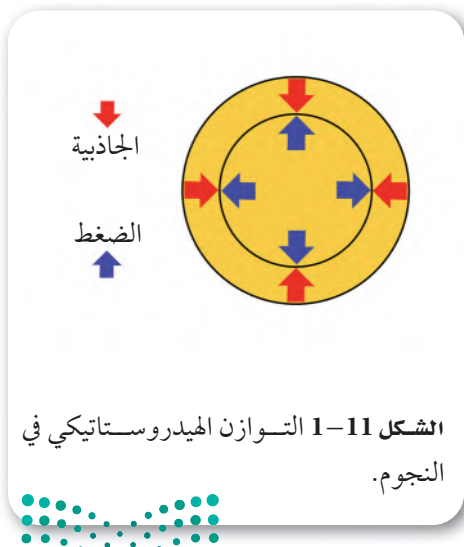
بعد تفاعلات الاندماج النووي وهي تفاعلات يتم فيها دمج نواتين خفيفتان لتكوين نواة أثقل مع إطلاق كميات هائلة من الطاقة، ترتفع درجة الحرارة ويتكون ضغط حراري عالي في اللب يدفع الطاقة الى الخارج، ويواجه النجم في المقابل قوة معاكسة وهي قوة الجاذبية التي تدفع الى الداخل، يستقر النجم عند موازنة قوة الجاذبية الداخلية بواسطة قوة الضغط الخارجية ويسمى هذا التوازن بالتوازن الهيدروستاتيكي **Hydrostatic Equilibrium** الشكل 11-1. تحدد كتلة النجم المولود درجة حرارته وحجمه ولونه حيث أن النجم الأقل سخونة يكون باللون الأحمر ثم الأصفر ثم الأبيض وأخيرًا عند درجات الحرارة العالية جدًا يكون النجم أزرق.

### مخطط التتابع الرئيسي

### Main sequence diagram

حاول العلماء فهم العلاقة بين درجة حرارة النجوم ولعناها والتصنيف الطيفي بعد توفر بيانات هائلة لها، وتوصلوا الى اكتشاف مخطط التتابع الرئيسي Hertzsprung-Russell diagram يتيح هذا المخطط فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط. يوضح الشكل 12-1 أن المحور الأفقي يمثل درجة الحرارة، ويمثل المحور الرأسي اللعنان، ويعد هذا المخطط من أهم الوسائل التي تساعد في معرفة بعض المعلومات المهمة عن النجوم. ويمكن تقسيم المخطط إلى عدة مناطق:

**منطقة شريط التتابع الرئيسي:** لو رسمنا درجات الحرارة أو اللعنان مع النوع الطيفي للنجوم لوجدنا أن غالبية النجوم تنتظم في شريط يمتد من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين، سمي هذا الشريط بالتتابع الرئيسي Main Sequence، ونلاحظ أن الشمس تقع عليه، وهي المرحلة الأولى من التطور، يصل النجم إلى التسلسل الرئيسي بمجرد أن يبدأ الاندماج، وهذا ما يفسر سبب تواجد معظم النجوم على شريط التتابع الرئيسي.





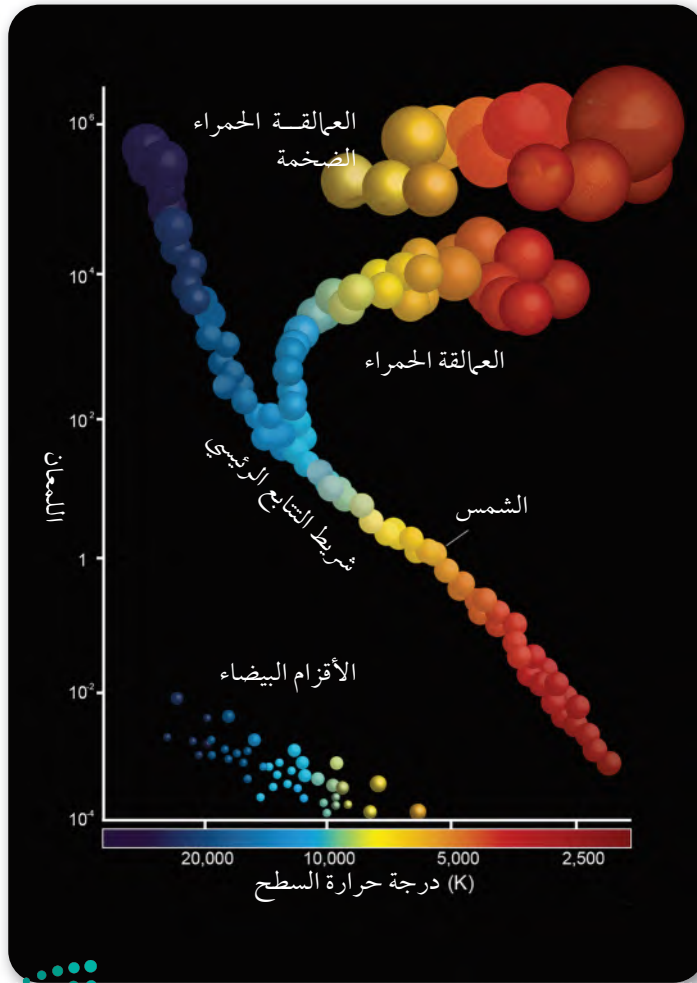
خلال هذه المرحلة تتولد طاقة النجم عن طريق عمليات الاندماج التي تحول الهيدروجين إلى هيليوم ويقتضي النجم 90% من حياته في هذه المرحلة. ويحتوي الشريط على نجوم مختلفة اللون والحرارة والسطوع، حيث تقع النجوم الحمراء ذات السطوع المنخفض والحرارة المنخفضة في أسفل يمين الشريط وتقع النجوم الزرقاء ذات الحرارة العالية والسطوع العالي في أعلى يسار الشريط.

#### منطقة العمالقة الحمراء والعمالقة الضخمة: نجد العمالقة الحمراء

**Red giant** والعمالقة الحمراء الضخمة Red supergiant في أعلى يمين المخطط وهي نجوم ذات حجم هائل، بقطر أكبر من الشمس ب 200 إلى 800 مرة، ولذا هي أسطع من نجوم التتابع الرئيسي، ولكن أبرد بسبب انتهاء عمليات الاندماج النووي وإطلاق الطاقة.

#### منطقة الأقزام البيضاء: أخيرًا، نرى مجموعة من النجوم ذات درجات

حرارة شديدة ولمعان منخفض وحجم صغير جدًا بقطر يتراوح من عدة آلاف إلى 10 آلاف كيلومتر، تقع هذه النجوم في أسفل يسار المخطط وتسمى الأقزام البيضاء.



الشكل 12-1 H-R الذي يوضح مواضع النجوم بحسب درجة الحرارة واللمعان.

## بقايا النجوم

## Star Remnants



الشكل 13-1 سديم هليكس الكوكبي.

تعيش النجوم لملايين، ومليارات، بل وحتى مئات المليارات من السنين، وتحدد كتلة النجم كيفية انتهاء حياته. كتل النجوم المنخفضة التي تساوي 1.4 كتل شمسية أو أقل عندما ينتهي الهيدروجين في لبه تتوقف التفاعلات النووية ويتقلص اللب وينهار على نفسه ويطرّد الطبقات الخارجية إلى الخارج مما يسبب تمدد وتوسع النجم إلى أضعاف نصف قطر النجم الأصلي، وهذا التمدد يؤدي إلى تبريد الطبقات الخارجية ويصبح النجم عملاقاً أحمر، هناك عدة عملاقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلاً، مثل: الدبران Aldebarán والسمك الراح Arcturus وقلب العقرب Antares ومنكب الجوزاء Betelgeuse.

إذا كان النجم ذا كتلة كافية، يصبح اللب المنهار ساخناً بدرجة كافية لبدء سلسلة تفاعلات لعناصر أثقل من الهيدروجين وتنتج عناصر أثقل فتبدأ تفاعلات الهيليوم، ثم تفاعلات الكربون، ثم تفاعلات النيون إلى أن تصل إلى الحديد في اللب وتتوقف التفاعلات النووية وتبدأ نقطة النهاية للنجم منخفض الكتلة حيث يطرّد طبقاته الخارجية إلى الفضاء مشكلاً منظرًا جميلاً مضيئاً يعرف بالسديم الكوكبي الشكل 13-1 وسمي **سديم كوكبي Planetary Nebula**: لأنه عندما كان يرى من تلسكوب صغير كان يشبه إلى حد ما الكواكب الغازية.

بعد طرد الطبقات الخارجية للنجم يبقى اللب فقط ويصبح **قرماً أبيض White Dwarf**، وهو نجم شديد الحرارة بسبب الحرارة المتبقية من التفاعلات النووية، وذو كثافة عالية جداً حيث إن كتلته تساوي كتلة الشمس وحجمه بحجم الأرض.

على مدى عدة مليارات من السنين، ستنخفض درجة حرارة ولمعان القزم الأبيض وينتهي حياته على شكل رماد بارد داكن من الكربون يُعرف باسم **القزم الأسود Black Dwarf**.

أما إذا كان النجم بكتلة عالية تصل إلى 8-10 أضعاف كتلة الشمس، تتغلب قوة الجاذبية على قوة الضغط فينهار النجم على نفسه في ثوانٍ معدودة مما يسبب انفجار النجم بمشهد عظيم قاذفًا جميع العناصر إلى الفضاء ويسمى **مستعر أعظم Supernova** الشكل 14-1.

المستعر الأعظم يخلف وراءه إما نجماً نيوترونياً أو ثقباً أسود بحسب كتلة اللب المنهار، إذا كانت كتلة لب النجم ما بين 1.5 إلى 3 كتل شمسية، يستمر الانهيار حتى تتحد الإلكترونات والبروتونات لتشكل النيوترونات وينتج **النجم النيوتروني Neutron Stars**، وهي نجوم كثيفة جداً يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومتراً فقط، وتدور بسرعة حول محورها، عادةً من 20 إلى 50 مرة في الثانية مكونة

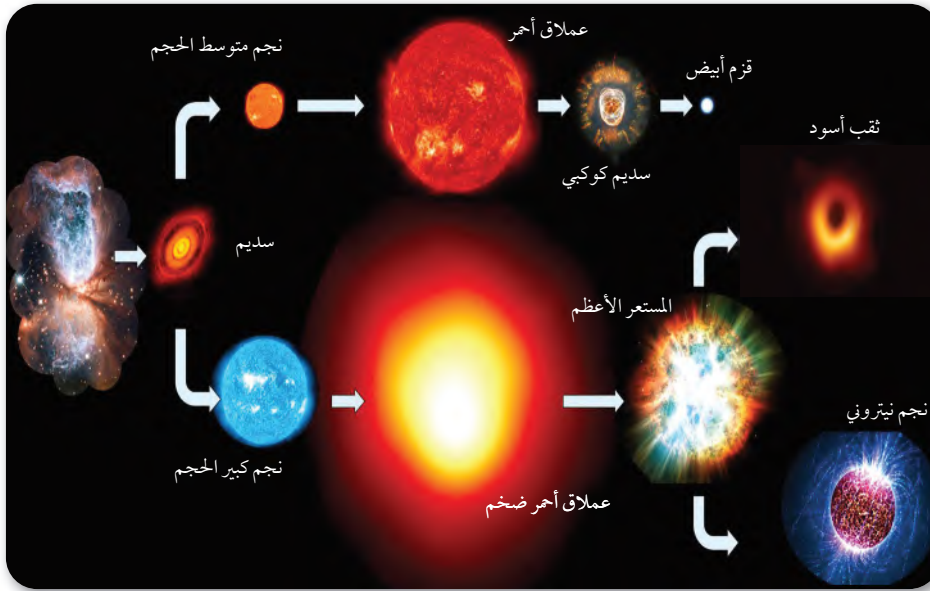


الشكل 14-1 سديم السرطان، وهو بقايا نجم ضخم من مجرتنا، تمت رؤية انفجاره في عام 1054.



مجالاً مغناطيسياً قوياً يسرع الجسيمات الذرية حول الأقطاب المغناطيسية وتنتج حزم إشعاع قوية يتم رصدها بالتلسكوبات الراديوية، إذا كان النجم بزاوية مناسبة لرصد تلك الإشعاعات فإنها تكون كنبضات بسبب دوران النجم السريع ويسمى في هذه الحالة النجم النيتروني بالنجم النابض، أما إذا كان اللب المنهار أكبر من 3 كتل شمسية فإنه ينهار تماماً ليشكل **ثقباً أسوداً** **Black Hole**، وهو جسم كثيف بشكل هائل وتكون جاذبيته قوية جداً وكما يوحي اسمه، لا يمكن للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

يمتزج الغبار والغاز الذي خلفه المستعر الأعظم في النهاية مع الغاز والغبار بين النجوم، مما يزيدها بالعناصر الثقيلة والمركبات الكيميائية الناتجة أثناء الموت النجمي. في النهاية يتم إعادة تدوير هذه المواد، مما يوفر للبنات الأساسية لجيل جديد من النجوم الشكل 15-1 يلخص دورة حياة النجوم.



الشكل 1-15 دورة حياة النجوم.

## تجربة

### العلاقة بين سطوع النجوم وحجمها

نلاحظ أن النجوم لها سطوع في الليل بإضاءات مختلفة. فهل هناك عوامل تؤثر في كمية إضاءة النجوم؟

### خطوات العمل



1. غطِ عدسة أحد المصابيح الكهربائية برقاقة قصدير، وقم بثقب مركز الرقاقة.

2. أحضر مصباحاً كهربائياً آخر.

3. سلط ضوء كل من المصباحين على شاشة بيضاء كلاً على حده، وبنفس البعد عن الشاشة.

4. راقب حجم ضوء كلا المصباحين.

### التحليل

5. أي المصباحين سطوعه أكبر؟
6. ما العوامل التي ترى أن لها دوراً في تغير سطوع المصباحين؟ وهل الأمر ينطبق على النجوم أيضاً؟



## المجرات Galaxies

**المجرات Galaxies** عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية وهي مصدر كل النجوم؛ لأن النجوم لا تولد خارج المجرات. ويختلف عدد النجوم في المجرات اختلافاً كبيراً، على سبيل المثال، في بعض المجرات العملاقة، قد يكون هناك أكثر من تريليون نجم وفي المجرات القزمة الصغيرة قد يكون هناك بضع مئات من الآلاف فقط.

تأتي المجرات في مجموعات متنوعة من الأشكال والأحجام، ويمكن تصنيف المجرات إلى ثلاث فئات رئيسية:

### 1. المجرات الحلزونية Spiral Galaxy

هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزها ذات تركيز عالٍ جداً من النجوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغاز كما هو الحال في درب التبانة. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونية، تتميز هذه الأذرع بكثافة أعلى من الغاز والغبار وهي مواقع ولادة النجوم وتبدو أكثر سطوعاً مقارنةً ببقية القرص بسبب النجوم الساطعة المتكونة حديثاً. المجرات الحلزونية لديها نسبة أعلى بكثير من النجوم الصغيرة بالعمر على عكس المجرات البيضاوية التي تكثر فيها النجوم القديمة. وتنتمي مجرتنا (مجرة درب التبانة) وأيضاً مجرة المرأة المسلسلة الشكل 1-16 إلى المجرات الحلزونية.

### 2. المجرات البيضاوية Elliptical Galaxy

تظهر المجرات البيضاوية على شكل هياكل بيضاوية الشكل 1-17 مع انخفاض في كثافة النجوم والغاز والغبار، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي جديد. هذه المجرات تكثر فيها النجوم القديمة ذات الكتلة المنخفضة واللون الأصفر والأحمر. وتشكل المجرات البيضاوية 10 إلى 15% من المجرات. وتميل النجوم في المجرات البيضاوية إلى التحرك بطريقة عشوائية أكثر من تلك الموجودة في المجرات الحلزونية.

### 3. المجرات غير المنتظمة Irregular Galaxy

هناك أيضاً فئة من المجرات تعرف بالمجرات غير المنتظمة، والتي ليس لها بنية منتظمة. ويعتقد علماء الفلك أن الأشكال المشوهة للمجرات غير المنتظمة قد تكون ناجمة عن جاذبية المجرات المجاورة مثل سحابتي ماجلان Magellanic Clouds، وهما مجرتان قزمتان غير منتظمتان، تعد إحدى أقرب المجرات لمجرة درب التبانة الشكل 1-18.



الشكل 1-16 مجرة المرأة المسلسلة إحدى المجرات الحلزونية.



الشكل 1-17 مجرة NGC 1316 البيضاوية.



الشكل 1-18 مجرة سحابة ماجلان الكبرى غير المنتظمة.

## مجرة درب التبانة Milky Way Galaxy

مجرة درب التبانة مجرة حلزونية تحتوي على أكثر من 200 مليار نجم، المكونات الرئيسية لمجرة درب التبانة كما في الشكل 19-1 هي: القرص الرقيق، ونواة تبدو ككتلة واحدة من شدة تقارب النجوم، ويحيط بالنواة أذرع حلزونية الشكل بالإضافة إلى هالة ضخمة. وتحتوي الأذرع على سحب كثيفة من الغاز والغبار؛ لذلك لا نشاهد النجوم حديثة الولادة إلا على أذرع المجرة، وهذا يفسر اللمعان الشديد لها.

تقع الشمس على الحافة الداخلية لذراع الجبار الشكل 20-1 وتتحرك الشمس بسرعة 200km /s وبالتالي تكمل دورة كاملة حول مركز المجرة كل 200 مليون سنة.

✓ **ماذا قرأت؟ ما موقع نظامنا الشمسي من مجرة درب التبانة؟**

## تركيب مجرة درب التبانة

### Structure of Milky Way Galaxy

تتركب مجرة درب التبانة من:

#### 1. قرص المجرة Galaxy Disk

هو قرص بقطر يساوي 100 ألف سنة ضوئية يحتوي على نجوم صغيرة نسبياً مقارنة بالنجوم الموجودة في الهالة. كما أنه يحتوي على كمية كبيرة من الغاز والغبار والعديد من مناطق التكوين النشط للنجوم. تقع المجموعة الشمسية على بعد 30 سنة ضوئية من مركزها على حافة ذراع الجبار.

#### 2. نواة المجرة Galaxy Bulge

تحتوي منطقة نواة المجرة على كثافة عالية من النجوم وبقياء المستعر الأعظم والغاز والغبار، وتبين ملاحظات الراديو والأشعة السينية على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، ويحيط بالنواة سحب كثيفة تخفي ما يدور بداخلها.

#### 3. هالة المجرة Galaxy Halo

هي هالة معتمة تحيط بالقرص وتشكل نسبة عالية من كتلة المجرة، تحتوي الهالة على غاز وغبار ضئيل، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي؛ لذا تكثر فيها النجوم الكبيرة بالعمر والقديمة.



تمكن الروسي راشد سنييف الفائز بجائزة الملك فيصل في العلوم لعام 2009 م من ابتكار نموذج لدراسة كتلة الثقوب السوداء.

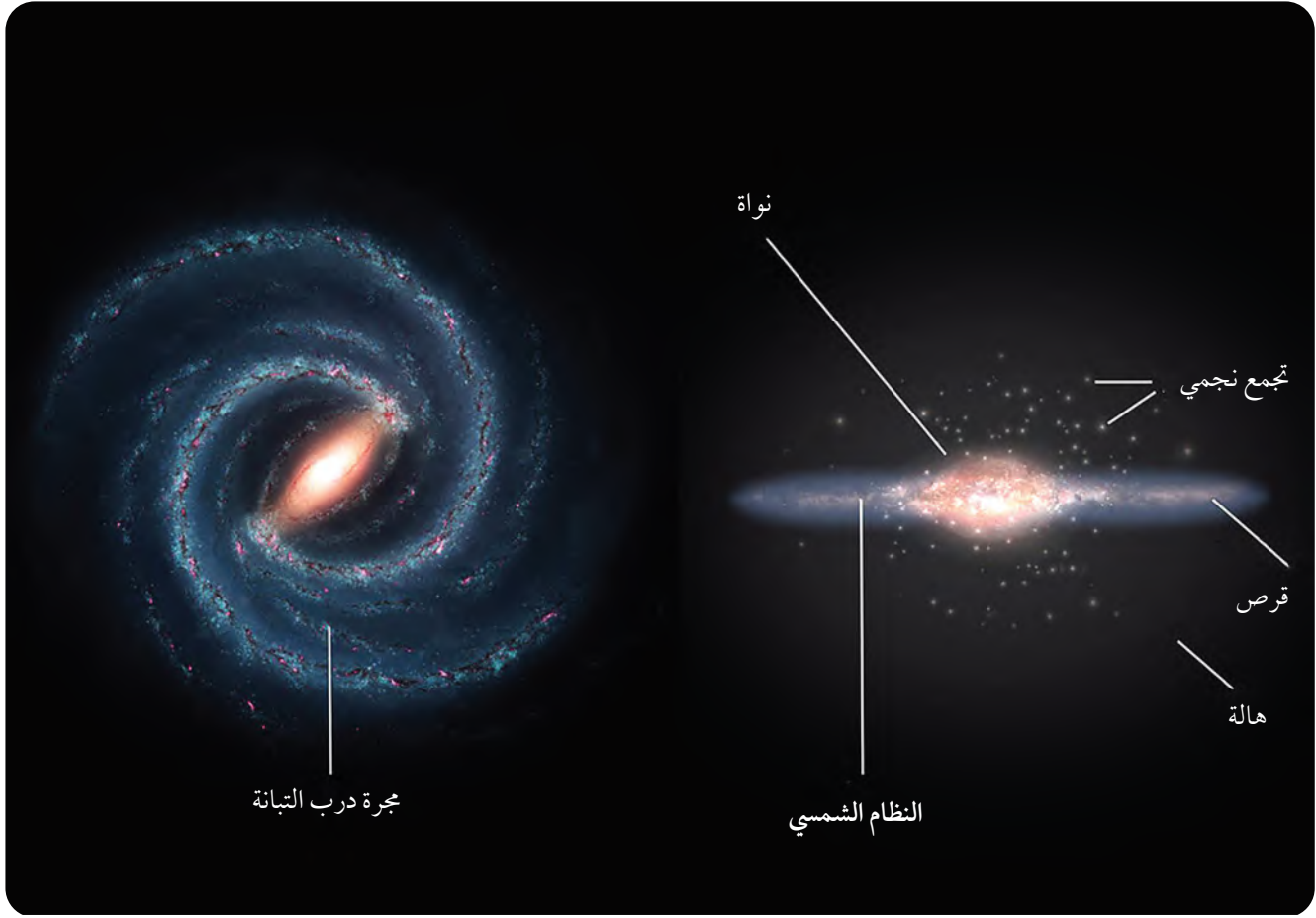


## الربط مع تاريخ علماء الإسلام



كان للعلماء المسلمين دور بارز في اكتشاف المجرات لأول مرة؛ حيث لاحظ الفلكي عبدالرحمن الصوفي مجرة أندروميديا Andromeda في كوكبة المرأة المسلسلة وسماها لطخة سديمية.





الشكل 19-1 تركيب مجرة درب التبانة.

## رؤية 2030 للتقليل من تلوث البيئة

### Vision 2030 to reduce light pollution

أفاد مجموعة من علماء البيئة مؤخراً أن أكثر من ثلث سكان العالم لم يعودوا قادرين على رؤية نجوم درب التبانة حتى في أكثر الليالي صفاء، وذلك بعد أن تسبب الإنسان في إحاطتها بغيمة مضيئة مصدرها المصابيح الموجهة للسماء. ولذلك لجأت بعض الدول كالسعودية إلى إعداد متنزهات للاستمتاع بنجوم درب التبانة كما في مدينة (تروجينا) بمشروع نيوم.



الشكل 20-1 صورة افتراضية لموقع الشمس في مجرة درب التبانة.







تجربة رحلة صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان  
لرصد الأشعة السينية في الفضاء  
تم ذلك بواسطة المركبة "سبارتان" التي كانت مهمتها إعداد  
خارطة توضح مدى انتشار أشعة إكس وتوزيعها، والمنبعثة من  
مصادر كونية موجودة في مركز درب التبانة. و كان من ضمن  
المهمة أيضًا دراسة خصائص الثقب الأسود المتواجد بمركز  
مجرتنا.

## التفكير الناقد

### علاقة تمدد الكون بالمجرات

أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً؛ وإنما يتمدد. بعد  
ذلك بعقودٍ رصد التلسكوب هابل الفضائي  
مستعراتٍ عظيمة بعيدة (السوبرنوفا) تتباعد عن  
بعضها، ووجد أن الكون منذ زمنٍ طويلٍ كان  
يتمدد.

### التحليل

ما أبرز الاحداث المتوقعة التي يمكن أن تطرأ بين  
مجرتنا ومجرة إندروميدا نظراً لكونها أقرب مجرة إلينا؟



## التقويم 1-2

### الخلاصة

- تولد النجوم في السحب الجزيئية وتغر بعدة مراحل أهمها:
- التقلص الثقالي لسحابة غاز وغبار.
- ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي.
- الاندماج النووي.
- يتيح مخطط التتابع الرئيسي فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط.
- تتكون مجرة درب التبانة من نواة تحوي كثافة نجمية عالية يحيط بها هالة تحوي نجومًا كبيرة وقديمة، وقرصًا به عدد من النجوم الصغيرة.
- تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها: حلزونية، بيضاوية وغير منتظمة.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. قارن بين المراحل الثلاثة الرئيسة لولادة نجم.
2. ما هو مصدر الطاقة الرئيسي الذي يجعل نجمًا من التسلسل الرئيسي يضيء في الفضاء؟
3. ما أهمية المستعر الأعظم في توليد نجم جديد؟
4. كم عدد أذرع مجرة درب التبانة؟ وعلى أي أذرعها تقع شمسنا؟

### التفكير الناقد

5. كيف يتحقق علماء الفلك من صحة نظرية في التطور النجمي؟

### الكتابة في علم الفلك

6. ابحث في كيفية استطاعة الفلكيين -مستقبلًا- تطوير معداتهم لتصبح قادرة على رصد الثقوب السوداء وتصويرها بسهولة؟

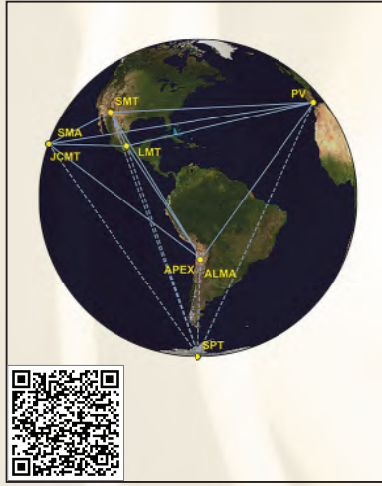




# التقنية والفلك

## Technology and astronomy

عدة أيام في أبريل/ نيسان 2017، وتم تركيز ثمانية تلسكوبات راديوية في هاواي وأريزونا وإسبانيا والمكسيك وتشيلي والقطب الجنوبي على الثقبين الأسودين ساجيتارياس أو M87، حيث شكلت هذه التلسكوبات المجتمعمة تلسكوباً افتراضياً واحداً بقطر 12000 كيلومتر، أي بقطر كوكب الأرض. في النهاية، كان M87 الخيار الأفضل للتصوير، ولا يرصد التلسكوب الثقب الأسود في حد ذاته، ولكنه يرصد المادة التي يجمعها والتي تشكل قرصاً لامعاً من الغازات الساخنة والبلازما البيضاء المعروفة باسم قرص التراكم **accretion disk**.



### كيف تم تصوير الثقب الأسود؟

كشف علماء الفلك عام 2019 عن أول صورة حقيقية لثقب أسود تم التقاطها عبر تلسكوب أفق الحدث EHT. وتبدو صورة النواة المظلمة المحاطة بهالة برتقالية اللون من الغاز الأبيض الساخن والبلازما مثل العديد من الصور الفنية التي تم نشرها على مدار الثلاثين عاماً الماضية، لكن في هذه المرة كانت الصورة حقيقية. تعود هذه الصورة لثقب أسود هائل الكتلة تبلغ كتلته 6,5 مليار ضعف كتلة الشمس، ويقع في قلب مجرة M87 التي تبعد عن الأرض مسافة 50 مليون سنة ضوئية. تركزت معظم التكهّنات على المرشح الآخر المستهدف من قبل تلسكوب أفق الحدث، وهو الثقب الأسود الموجود في مركز مجرتنا درب التبانة والمسمى ساجيتارياس أ\* **Sagittarius A\***، والذي يبعد عن الأرض مسافة 26000 سنة ضوئية.



استنتج لماذا كان تصوير الثقب الأسود مهماً؟

تشابه صعوبة تصوير الثقب الأسود الهائل الخاص بمجرة M87 من على بعد هذه المسافة صعوبة تصوير قطعة من الحصى على القمر، وبدلاً من بناء تلسكوب عملاق من شأنه أن ينهار تحت ثقله الخاص، قام العلماء بدمج العديد من المراصد حول العالم على مدار

# مختبر الفضاء

## قانون هابل في القرن وفي الكون!

$$\frac{B \text{ السرعة} - F \text{ السرعة}}{B \text{ المسافة} - F \text{ المسافة}} = \text{الميل}$$

8. احسب ميل الخط الآن، وسجل إجابتك في ورقة العمل. ونظرًا لأن الكعك هو بديل لكوننا، يمكنك اختبار التوسع المنتظم للكون بوسائل ماثلة، بمعنى آخر عن طريق قياس وتخطيط سرعات ومسافات المجرات، كما فعل أدوين هابل في عشرينات القرن الماضي. لاحظ الجدول التالي الذي يحتوي على بيانات ذات الصلة بالعديد من المجرات.

مسافة وسرعة عدة مجرات		
اسم المجرة	المسافة (مليون فرسخ)	السرعة (كيلومتر / ثانية)
العذراء	19	1,200
الدب الأكبر	300	15,000
الأكليل الشمالي	430	21,600
العواء	770	39,300
الشجاع	1,200	61,200

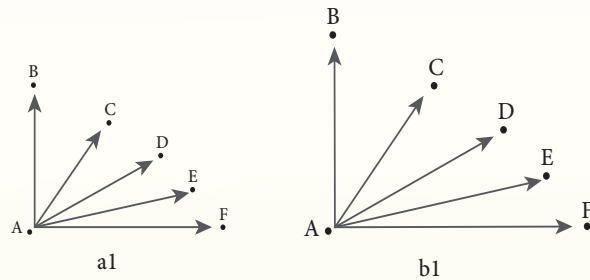
9. مثل بيانات الجدول السابق لمسافات المجرات وسرعاتها.

### خطوات العمل

1. ارسم الخط المستقيم الذي يناسب نقاط البيانات على أفضل وجه (ليس من الضروري أن يمر الخط عبر جميع النقاط).
2. كما ترى عندما يتم رسم سرعات المجرات مقابل مسافات ابتعادها فإنها تظهر علاقة خط مستقيم، وقد أطلق العلماء على النتيجة اسم قانون هابل  $H_0 = V/D$ .
3. وبجانب تشبيه الكعك بالكون، ما الذي يشير إليه قانون هابل بشأن الحالة العامة للكون؟
4. احسب معدل تمدد الكون والذي يسمى ثابت هابل عن طريق حساب ميل قانون هابل



**خلفية علمية** لفهم طريقة إثبات العالم هابل ما إذا كان الكون ثابتًا أو في حالة حركة معينة، حيث سنبدأ بتشبيه الكون كالكعك الذي عليه قطع شوكلاتة. الشكل (a1) يمثل الكعك قبل إدخاله الفرن والشكل (b1) يمثل الكعك بعد خبزه بالفرن بعد مرور ساعة واحدة، حيث يُظهر الشكلين مسافة قطع الشوكلاتة B, C, D, E, F عن القطعة A قبل وبعد إدخاله الفرن. لنفرض أن تغير موقع القطع أُعطي بوحدة cm، حيث يتضاعف حجم الكعك إلى ضعف حجمه الأصلي، أي أن كل مسافة تضاعفت إلى ضعف ما كانت عليه من قبل، وسنسمي هذه الزيادة في المقياس الكلي عامل التمدد.



1. ما مسافة القطعة B عن القطعة A بعد ساعة من خبز الكعك؟ (لا تستخدم المسطرة لقياس المسافة). استخدم الأرقام وعامل التمدد المعطى مسبقًا لصياغة المقياس الخاص بك. سجل إجابتك في ورقة العمل ثم اكتب كل مسافة بجانب السهم المقابل لها في الجزء b1.
2. كرر العملية مع القطع C-F.
3. قم بحساب سرعة كل قطعة شوكلاتة بأخذ المسافة التي تحركتها القطع، وقسمتها على الفترة الزمنية التي تبلغ ساعة واحدة. سجل سرعة كل قطعة على ورقة العمل.
4. مثل السرعة والمسافة المقطوعة بيانيًا.
5. هل تقع نقاط البيانات الخاصة بك تقريبًا بمحاذاة خط مستقيم؟ إذا كان الأمر كذلك ارسم الخط المستقيم في الرسم البياني الذي يناسب البيانات بشكل أفضل.
6. ما نوع علاقة الخط المستقيم بين سرعة القطع والمسافات؟ وبماذا يمكن تفسيره؟
7. يُمثل معدل تمدد الكعك بميل الخط المستقيم الذي رسمته، ويمكنك حساب الميل من قياسات أي نوعين من القطع على سبيل المثال (القطع B, F) كالاتي:

# دليل مراجعة الفصل

## 1

**الفكرة العامة** خلق الله سبحانه وتعالى الكون، وما به من مجرات، ونجوم، وكواكب. وهو في حالة توسع دائم.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
1-1 نشأة الكون	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• يمكن وصف الكون بأنه فضاء شاسع يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من الأجرام السماوية.</li> <li>• تعتمد نظرية الانفجار العظيم على أن الكون كان بالماضي في حالة شديد الكثافة والحرارة فتمدد وكان جزءاً واحداً عند نشأته.</li> <li>• يتم حساب عمر الكون بواسطة:</li> <li>حساب ثابت هابل الذي ينص على أن السرعة التي تبتعد بها مجرة تتناسب طردياً مع مسافتها عن الأرض: <math>H_0 = V / D</math>.</li> </ul>
1-2 النجوم والمجرات	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها:</li> <li>التقلص الثقالي لسحابة غاز وغبار.</li> <li>ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي.</li> <li>الاندماج النووي.</li> <li>• يتيح مخطط التتابع الرئيسي فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط.</li> <li>• دورة حياة نجم ما هو تطور يطرأ على النجم بمرور الزمن.</li> <li>• تتكون مجرة درب التبانة من نواة تحوي كثافة نجمية عالية تحيط بها هالة تحوي نجوماً كبيرة وقديمة، وقرص به عدد من النجوم الصغيرة.</li> <li>• تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها:</li> <li>حلزونية.</li> <li>بيضاوية.</li> <li>غير منتظمة.</li> </ul>



## مراجعة المفردات

قارن بين المفردات الآتية:

1. علم الكون وعلوم الفضاء.
2. الثقب الأسود والقزم الأسود.
3. النجم النيوتروني والقزم الأبيض.
4. المجرة البيضاوية والمجرة الحلزونية.

## تثبيت المفاهيم الرئيسية

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

5. كرة ضخمة مضيئة من الغاز، تتكون في معظمها من الهيدروجين والهيليوم.

- a. النجم.
- b. السديم.
- c. الكوكب.
- d. المجرة.

6. سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم.

- a. السحب الذرية.
- b. السحب المتأينة.
- c. السحب الجزيئية.
- d. السحب الغبارية.

7. نجوم ذات قطر صغير ودرجات حرارة شديدة ولمعان منخفض.

- a. الأقزام البيضاء.
- b. العملاقة الحمراء.
- c. النيوترونية.
- d. المستعر الأعظم.

8. نجوم ذات كثافة عالية يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16

كيلومتراً فقط، وتدور بسرعة حول محورها.

- a. النجم النيوتروني.
- b. العملاقة الحمراء.
- c. الأقزام البيضاء.
- d. الثقوب السوداء.

9. جسم ذو كثافة هائلة وجاذبيته قوية جداً، ولا يمكن

للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

- a. الأقزام البيضاء.
- b. العملاقة الحمراء.
- c. الثقب الأسود.
- d. القزم الأسود.

## أسئلة بنائية

10. تتبع تحول المستعر الأعظم إلى نجم نيوتروني.
11. فسر كيف يتحول العملاق الأحمر إلى نجم قزم أبيض.

12. وضح بالرسم تركيب مجرة درب التبانة.

13. عدد أنواع المجرات مع ذكر الاختلافات بينهم.

## التفكير الناقد

14. دلت القياسات والأرصاء على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، وضح كيف تم اكتشاف ذلك؟
15. هناك عدة عملاقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلاً، مثل: الدبران Aldebarán والسماك الرامح Arcturus. حسب ملاحظتك لمخطط H-R هل ستظل هذه العملاقة على حالها لملايين السنين القادمة؟ وكيف تفسر رأيك.





## سؤال تحفيز

## خريطة مفاهيمية

16. أكمل خريطة المفاهيم التي توضح دورة حياة النجوم بالأجرام التالية:

ثقب أسود - نجم متوسط - عملاق فوق أحمر - السديم الكوكبي.

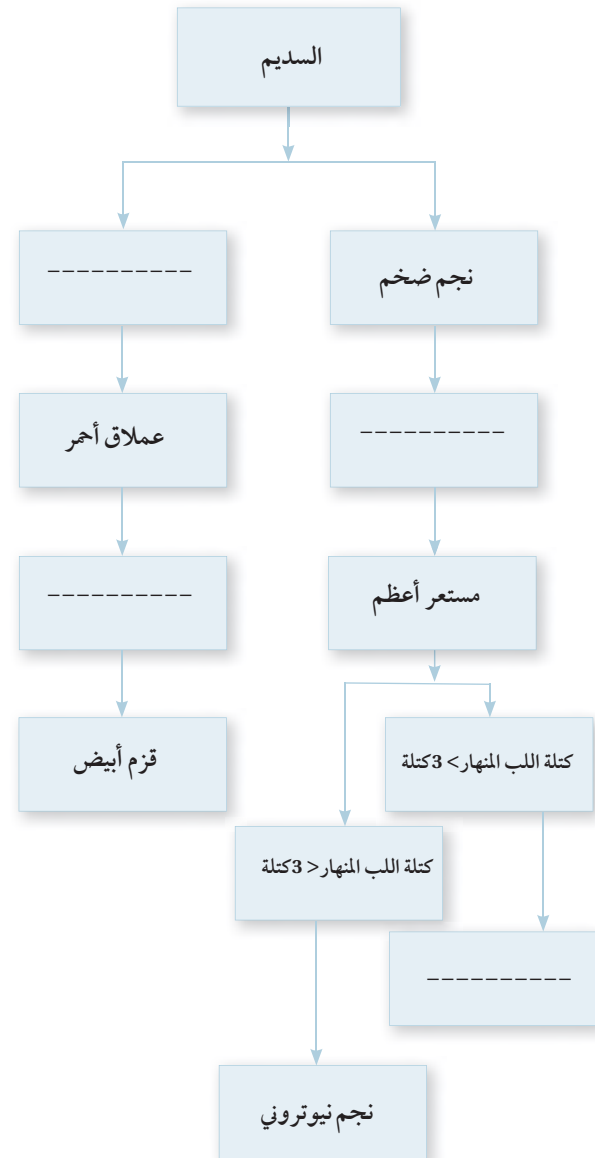
17. ابحث بشكل مختصر في علاقة الكوازارات بالثقوب السوداء.

بحسب مخطط H-R اجب عن الآتي:

18. حدد موقع الشمس في المخطط ؟

19. أين تقع النجوم ذات درجات الحرارة المنخفضة واللمعان العالي، وماذا تسمى ؟

20. أين تقع النجوم ذات درجات الحرارة العالية واللمعان المنخفض، وماذا تسمى ؟



# اختبار مقنن

8. اذكر بعض الظواهر التي يتم الاستفادة منها من مراقبة الكون.
9. ما التجربة الإقليمية السعودية للتقليل من التلوث الضوئي؟

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. في مجرة درب التبانة تقع الشمس :
- على حافة ذراع الجبار.
  - بالقرب من نواة المجرة.
  - في هالة المجرة.
  - داخل نواة المجرة.
2. تقع النجوم الصغيرة في العمر في ..... المجرة:
- هالة.
  - ذراع.
  - قرص.
  - نواة.
3. أي النجوم هي الاسخن:
- النجوم الصفراء.
  - النجوم الزرقاء.
  - النجوم الحمراء.
  - النجوم البرتقالية.
4. ما أنواع المجرات الثلاثة؟
- حلزوني، بيضاوية، دائرية.
  - حلزوني، بيضاوية، وغير المنتظم.
  - دائرية، بيضاوية، وغير المنتظم.
  - كروية، منتظمة، حلزوني.

## أسئلة الإجابات القصيرة

5. ماذا يحدث للنجوم ذات الكتل العالية التي تصل الى 8-10 كتل شمسية؟
6. صف طريقة حركة النجوم في المجرات البيضاوية.
7. اذكر حالات تواجد الهيدروجين في الوسط بين النجوم.





# الميكانيكا السماوية

## Celestial Mechanics

2

الفصل

**الفكرة العامة** تخضع الأجرام السماوية والأنظمة الفضائية لمجموعة من القوانين التي تحدد خصائص حركتها وديناميكيته السماوية.

### 2-1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

**الفكرة الرئيسية** قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها، والسرعات التي تتحرك بها، والكتل المتبادلة بينها.

### 2-2 التقنية الفضائية

**الفكرة الرئيسية** استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافية لدراستها.

### حقائق فلكية

- حينما تنطلق المركبات الفضائية نحو الفضاء فإنها تبدأ رحلتها من الأرض بمسار مُنْحَنٍ وليس مستقيماً - كما في الصورة-.

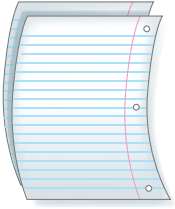


## نشاطات تمهيدية

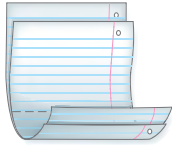
اصنع المطوية الآتية لتتعرف على أنواع المركبات الفضائية.

### المطويات

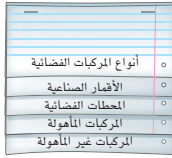
منظمات الأفكار



**الخطوة 1:** ضع ورقتين من دفترك إحداهما فوق الأخرى، بحيث تبعد إحداهما عن الأخرى 2 cm تقريباً، كما في الشكل المجاور.



**الخطوة 2:** اثن الطرف السفلي للورقتين لتكوين خمسة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.



**الخطوة 3:** ثبت أوراق المطوية معاً بالدبابيس، وعنون الألسنة بأنواع المركبات الفضائية: الأقمار الصناعية، المحطات الفضائية، المركبات المأهولة، و المركبات غير المأهولة.

أنواع المركبات الفضائية	○
الأقمار الصناعية	○
المحطات الفضائية	○
المركبات المأهولة	○
المركبات غير المأهولة	○

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 2-2، لتتعرف على مميزات كل نوع، واعطِ مثلاً على كل نوع مبيناً أهميته.

## تجربة استهلاكية

هل تتحرك جميع الأجسام في نظامنا الشمسي بالسرعة نفسها؟

تتحرك أجرام السماء حول بعضها في مدارات إهليلجية، وتتأثر حركتها بالعديد من العوامل: كالمسافات والقوى المتبادلة فيما بينها.



### الخطوات

1. أحضر حوضين دائريين قطر الأول 1m وقطر الآخر 0.5 m، وقم بوضع علامة نقطية على طرف محيط قاع كل منهما.
2. ادفع كرة حديدية صغيرة بشكل دائري حول محيط قاع الحوض الكبير، وقم بحساب الزمن الدوري.
3. أعد الخطوة 2 للحوض الصغير.

### التحليل

1. قارن بين زماني دوران الكرة في الحوضين. ماذا تلاحظ؟
2. ما علاقة قطر الحوضين بالزمن الدوري؟
3. هل تتوافق نتائج تجربتك مع زمن دوران الكواكب حول الشمس. فسر ذلك؟





# 2-1

## قانون الجاذبية وقوانين كبلر

### The law of gravity and kepler's laws

#### الأهداف

- يحسب زمن دوران جرم حول الشمس.
- يحسب وزن جسم ما على كوكب.
- يحسب سرعة هروب قمر صناعي.

#### الفكرة الرئيسية

قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها والسرعات التي تتحرك بها، والكتل المتبادلة بينها.

**الربط مع الحياة** حينما نتابع بثاً مباشراً للنهائيات كأس العالم في كرة القدم، فإن هذا الأمر لم يكن ممكناً إلا من خلال وضع أقمار صناعية في المدار الصحيح بدقة حول الأرض، وذلك استناداً إلى مجموعة قوانين فيزيائية ميكانيكية، توصل إليها الإنسان من خلال رصد الأجرام السماوية، ووضع حسابات تتوافق مع الرصد وذلك من أجل فهم وتفسير الظواهر الفلكية: كالحسوف والكسوف الشكل 1-2، و شروق و غروب الشمس. وعمل تقاويم لأشهر السنة ولتحديد مواعيت العبادة من حج وصوم وتحديد مواسم الزراعة، وعمل محاكاة حاسوبية لتحديد المواقع واتجاه الحركة الشكل 2-2. ومن أبرز هذه القوانين قوانين كبلر التي تستخدم لحساب خصائص مدارات الأقمار الصناعية وليس فقط في معرفة المدارات في النظام الشمسي، وهذه القوانين اكتشفها الفلكي (يوهانس كبلر Johannes Kepler) خلال القرن السابع عشر الميلادي بعد توافقها مع أرصاد "تيخو براهي" لكوكب المريخ.

#### مراجعة المفردات

**المسبار:** مركبة فضائية تستعمل لاستكشاف الفضاء الخارجي؛ حيث يتم إطلاقها في الفضاء الخارجي بهدف استكشاف واحد أو أكثر من الأجرام السماوية.

#### المفردات الجديدة

- قانون كبلر الأول
- البعد الحضيضي
- البعد الأوجي
- قانون كبلر الثاني
- قانون كبلر الثالث
- سرعة الهروب



الشكل 2-2 تحديد المواقع بواسطة نظام الملاحة العالمي.



الشكل 1-2 كسوف شمسي كلي.



## قوانين كبلر

## Kepler Laws

### قانون كبلر الأول

### Kepler's First Law

ينص قانون كبلر الأول Kepler's First Law على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه كما في الشكل 2-4.

#### خصائص القطع الناقص:

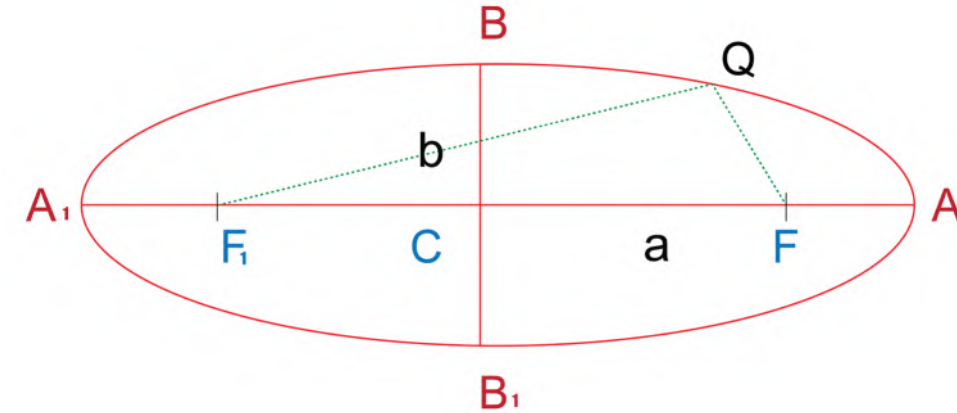
يوضح الشكل 2-3 بعض خصائص القطع الناقص؛ فمثلاً المسافة  $A_1A = 2a$  هي المحور الأكبر والمسافة  $B_1B = 2b$  هي المحور الأصغر. ونصف المحور الأكبر للقطع الناقص نرمز له بالرمز  $a$ ، ونصف المحور الأصغر للقطع الناقص نرمز له بالرمز  $b$  ومركز القطع الناقص هو  $C$ . والقطع الناقص له بؤرتين  $F_1$  و  $F_2$ .

وأيضاً كلما صغرت المسافة  $FF_1$  اقترب شكل القطع من شكل الدائرة، بينما كلما زادت المسافة  $FF_1$  زادت بضاوية القطع أو تفلطح القطع. ويستعمل الرمز  $e$  لتعريف تفلطح القطع، ويسمى "الاختلاف المركزي".

#### للاطلاع

$$e = \frac{CF}{a} \text{ أو } e = \frac{FF_1}{2a}$$

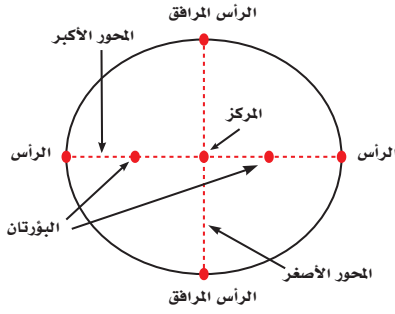
$$CF = ae$$



الشكل 2-3 خصائص القطع الناقص.

### الربط مع الرياضيات

القطع الناقص هو المحل الهندسي لمجموعة النقاط في المستوى الذي يكون مجموع بعدها عن نقطتين ثابتتين يساوي مقداراً ثابتاً. تسمى هاتان النقطتان بالبؤرتين.





تسمى المسافة  $FA$  **بالبعد الحضيضي Perihelion** ( $r_p$ ) ، ويعرف بأنه أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

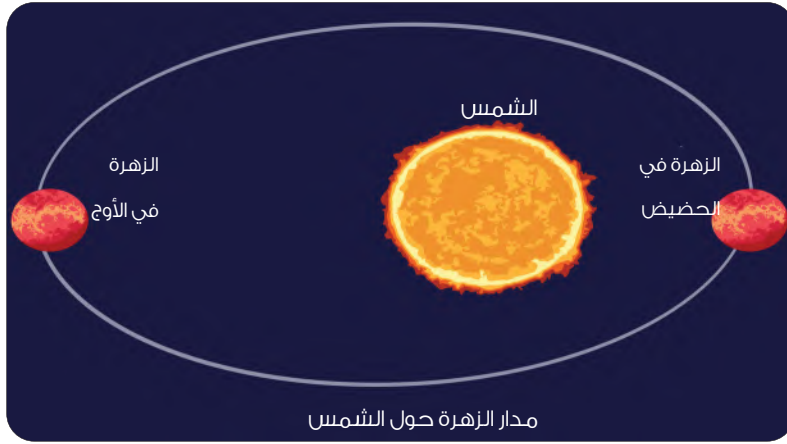
**البعد الحضيضي ( $r_p$ )**

$$r_p = a(1 - e)$$

ويطلق على المسافة  $FA_1$  **بالبعد الأوجي Aphelion** ( $r_a$ ) ، ويعرف بأنه أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب، (بافتراض أن الشمس تقع عند النقطة  $F$ ) .

**البعد الأوجي ( $r_a$ )**

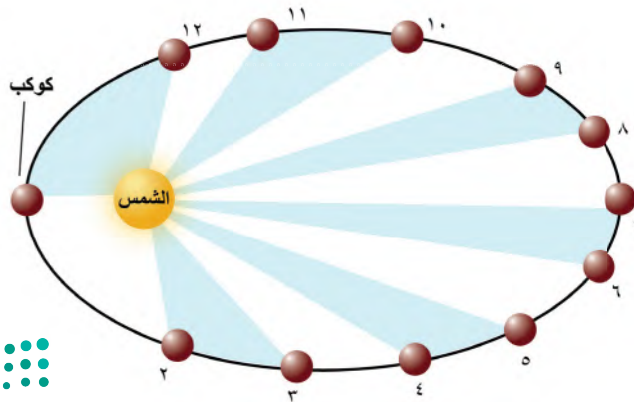
$$r_a = a(1 + e)$$



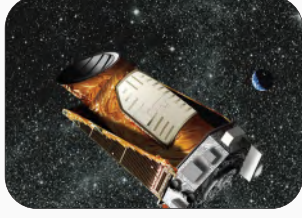
الشكل 4-2 تدور الكواكب حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

## قانون كبلر الثاني Kepler's Second Law

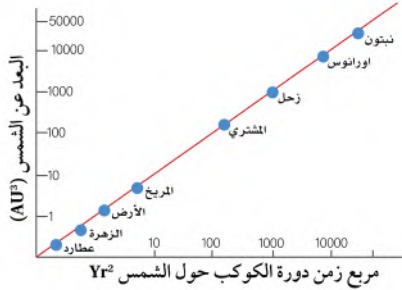
ينص قانون كبلر الثاني Kepler's Second Law على أن الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية. هذا القانون يشير إلى أن سرعة الكوكب حول الشمس متغيرة. ويمكن منه إثبات أن سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس، وتصل السرعة أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج كما في الشكل 5-2.



## مشروع كبلر الفضائي



تقديرًا لجهود العالم كبلر في مجال علم الفلك فقد أطلقت وكالة ناسا مشروعًا فضائيًا باسمه، وهو عبارة عن مرصد فضائي تم إطلاقه إلى الفضاء من أجل استكشاف ما إذا كانت هناك حياة في كواكب نجوم مجرة درب التبانة، حيث قام باكتشاف أكثر من 2600 كوكب نجمي إلى الآن، وجمع المرصد كمية هائلة من البيانات التي سيستمر تحليلها لسنوات.



الشكل 6-2 علاقة زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس ببعده عنها حسب قانون كبلر الثالث.

## Kepler's Third Law

## قانون كبلر الثالث

ينص قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law على أن مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره الشكل 6-2.

إذا كان:  $T$  = زمن دورة الكوكب حول الشمس،  $a$  = نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب؛

فإن:

$$T^2 \propto a^3$$

إذا قسنا  $T$  بالسنة النجمية (years)، و قسنا  $a$  بالوحدة الفلكية (AU) (الوحدة الفلكية هي: متوسط المسافة بين الأرض والشمس، وتساوي 150 مليون كيلومتر)؛

فإن الثابت = 1

$$T^2 = a^3$$

## الصيغة الرياضية لقانون كبلر الثالث

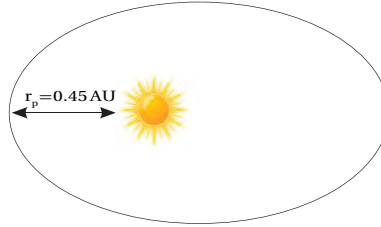
$$T = a \sqrt{a}$$

## مثال 1

مذنب يدور حول الشمس في مدار قطع ناقص تفلطحه 0.97، وصل إلى أقرب نقطة للشمس على بعد 0.45 AU. احسب مدة دورة هذا المذنب حول الشمس بالسنوات.

تحليل المسألة ورسمها:

ارسم وضع المذنب حول الشمس.



المجهول

المعلوم

$$T = ?$$

$$r_p = 0.45 \text{ AU}$$

$$e = 0.97$$

إيجاد الكمية المجهولة:

$$a = \frac{r_p}{1-e}$$

حل قانون البعد الحضيضي لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر

$$a = \frac{0.45}{1-0.97} = 15 \text{ AU}$$

التعويض

حساب مدة دوران المذنب حول الشمس بالسنوات

$$T = a \sqrt{a}$$

$$T = 15 \sqrt{15}$$

$$T = 58.1 \text{ Year}$$

حل قانون كبلر الثالث

التعويض

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟

ستكون وحدة مدة دوران جرم حول الشمس بالسنة.



## قانون كبلر الثالث المعدل : Modified 3<sup>rd</sup> Kepler's law

في عام 1687 قام نيوتن بتعديل قانون كبلر الثالث وفقاً لقوانينه الخاصة للحركة وقانون الجذب العام.

$$a^3 = T^2 M$$

قانون كبلر الثالث المعدل:

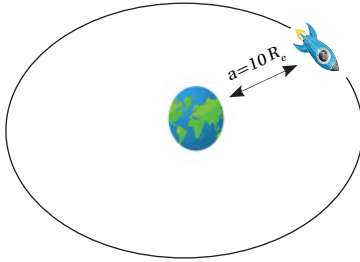
ملاحظة عند حل المسائل:

لتحويل الكتلة إلى كتلة شمسية: يكون بقسمة الكتلة على كتلة الشمس.

لتحويل البعد إلى وحدة فلكية: يكون بقسمة المسافة على مسافة الأرض عن الشمس.

### مثال 2

مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض بـ day. علماً بأن نصف قطر الأرض  $R_e = 6378 \text{ km}$  وكتلة الأرض  $M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$  وكتلة الشمس  $M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ .



المجهول

$$T = ?$$

الحل:

المعلوم

$$a = 10 R_e$$

$$a = 63780 \text{ km}$$

$$M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة بعد المركبة على  $15 \times 10^7$  (متوسط بعد الأرض عن الشمس) لحساب بعد المركبة بالوحدة الفلكية AU.

$$a = \frac{63780}{15 \times 10^7} = 4.25 \times 10^{-4} \text{ AU}$$

بقسمة كتلة الأرض على كتلة الشمس لحساب كتلة الأرض بدلالة كتلة الشمس

$$M = \frac{M_e}{M_s} = \frac{6 \times 10^{24}}{2 \times 10^{30}} = 3 \times 10^{-6} M_s$$

من قانون كبلر الثالث المعدل ( تهمل كتلة المركبة لصغرها مقابل كتلة الأرض )

$$a^3 = T^2 M$$

$$T^2 = \frac{a^3}{M} = \frac{(4.25 \times 10^{-4})^3}{3 \times 10^{-6}} = \frac{7.67 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-6}}$$

$$T^2 = 2.55 \times 10^{-5}$$

$$T = \sqrt{2.55 \times 10^{-5}}$$

$$T = 5.1 \times 10^{-3} \text{ years}$$

بالضرب في 365.25 للتحويل إلى days

$$T = 5.1 \times 10^{-3} \times 365.25 = 1.84 \text{ day}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة ؟ ستكون وحدة مدة دوران المركبة حول الأرض بـ day.

### للاطلاع:

#### قانون كبلر الثالث المعدل

من قانون الجذب العام لنيوتن يمكن إثبات أن:

$$T^2 = a^3 \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$

حيث  $M$  كتلة الشمس،  $m$  كتلة الجرم. إذا أخذنا السنة وحدة لقياس الزمن، والوحدة الفلكية AU لقياس المسافة، وكتلة الشمس لقياس الكتلة؛ فإن الثابت يساوي واحد ( $\frac{4\pi^2}{G} = 1$ ) أي أن:

$$a^3 = T^2 (M+m)$$

إذا طبقنا هذا القانون لجرم يدور حول الشمس فإن:

$$a^3 = T^2 M$$



### إيجاد كتلة كوكب له تابع :

من الممكن إيجاد كتلة كوكب له تابع إذا عُلم نصف المحور الأكبر ومدة الدوران للكوكب وتابعه كالآتي:

حيث:

$$m = M \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2$$

كتلة الشمس  $M$

كتلة الكوكب  $m$

### للاطلاع:

$$T^2 = \frac{4\pi}{G} \frac{a^3}{M+m}$$

$$(a_1)^3 = (T_1)^2 (M+m) \quad \text{للكوكب:}$$

$$(a_2)^3 = (T_2)^2 (m+m_1) \quad \text{للتابع}$$

إذا أهملنا كتلة التابع مقارنة بكتلة الكوكب في البسط أي أن  $m_1 = 0$  وكتلة الكوكب

مقارنة بكتلة الشمس في المقام  $m = 0$

التالي سيكون كتلة الكوكب

$$\left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2 = \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^3 \frac{m+m_1}{M+m}$$

$$\left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2 = \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^3 \frac{m}{M}$$

### مثال 3

يبعد القمر كارون عن مركز بلوتو 19700 km، فإذا كانت مدة دورانه حول بلوتو هي 6.4 day. أوجد كتلة بلوتو. علماً بأن الفترة المدارية لبلوتو هي 248 year وبعده عن الشمس 40 AU.

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المجهول

$$m_{\text{بلوتو}} = ?$$

$$T_1 = 248 \text{ year}$$

$$T_2 = 6.4 \text{ day}$$

$$a_1 = 40 \text{ AU}$$

$$a_2 = 19700 \text{ km}$$

$$M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة الفترة المدارية لكارون على 365.25 لتكون بوحدة (year)

$$T_2 = \frac{6.4}{365.25} = 1.75 \times 10^{-2} \text{ year}$$

بقسمة بعد كارون عن بلوتو على  $15 \times 10^7$  لتكون بوحدة (الوحدة الفلكية AU)

$$a_2 = \frac{19700}{15 \times 10^7} = 1.3 \times 10^{-4} \text{ AU}$$

حل قانون إيجاد كتلة كوكب من كتلة جرم تابع له

$$m = M \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2$$

بالتعويض لإيجاد كتلة بلوتو

$$m = 2 \times 10^{30} \left( \frac{1.3 \times 10^{-4}}{40} \right)^3 \left( \frac{248}{1.75 \times 10^{-2}} \right)^2$$

$$m = 2 \times 10^{30} \times 3.4 \times 10^{-17} \times 2 \times 10^8$$

$$m = 1.3 \times 10^{22} \text{ kg}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة ؟ ستكون وحدة كتلة بلوتو kg.





## قانون الجذب العام لنيوتن

### Newton's Gravitational Law

كان إسحاق نيوتن Isaac newton أول من وضع صيغة رياضية لقوة الجاذبية بين جسمين عام 1687م في كتابه principia. ينص القانون على أن قوة الجاذبية  $F$  بين جسمين تتناسب طرديًا مع كتلتيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

#### للاطلاع:

فإذا كانت لدينا كتلتان، ولتكن الشمس والأرض مثلًا كما في الشكل 7-2 فإن هناك قوة جذب من كتلة الشمس على كتلة الأرض تعطى بالعلاقة:

$$F \propto \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow F = G \frac{Mm}{r^2}$$

يمثل  $G$  ثابت الجذب الكوني. عجلة الجاذبية  $g$  للكوكب تساوي:

$$Mg = G \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow g = G \frac{m}{r^2} \quad (1)$$

إذا افترضنا أن هذا الكوكب هو الأرض فإن تسارع الجاذبية الأرضية  $g_e$  يعطي بالعلاقة:

$$g_e = G \frac{m_e}{r_e^2} \quad (2)$$

حيث  $m_e$  كتلة الأرض

بأخذ النسبة بين  $g$  و  $g_e$

$$\frac{g}{g_e} = \frac{G m}{r^2} \times \frac{r_e^2}{G m_e}$$

$$\frac{g}{g_e} = \frac{m}{m_e} \times \frac{r_e^2}{r^2}$$

إذا افترضنا أن  $\frac{m}{m_e}$  هي كتلة الكوكب بدلالة كتلة كوكب لأرض وتساوي  $m$  و  $\frac{r_e^2}{r^2}$  هي نص قطر الكوكب بدلالة نصف قطر كوكب الأرض وتساوي  $r$  فإن:

$$g_e = \frac{m}{r^2} g_e$$

وبما أن وزن جسم كتلته  $m_1$  على سطح كوكب يساوي قوة جذب الكوكب لهذا الجسم تساوي:

$$W_e = m_1 g \quad (1)$$

وزنه على الأرض:

$$W_e = m_1 g_e \quad (2)$$

إذا وزن هذا الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض:

$$\frac{W}{W_e} = \frac{m_1 g}{m_1 g_e} \Rightarrow W = \frac{g}{g_e} W_e$$



الشكل 7-2 قوة جذب كتلة الشمس على كتلة الأرض.

وزن الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض يعطى بالعلاقة :

$$W = W_e \frac{g}{g_e}$$

#### مثال 4

كوكب كتلته تساوي 0.01 من كتلة الشمس ونصف قطره يساوي نصف قطر الأرض.

1. احسب جاذبيته مقارنة بجاذبية الأرض.

2. افترض أن رائد فضاء وزنه على الأرض يساوي 100 N هبط على هذا الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:  
المعلوم

المجهول

$$W_p = ?$$

$$W_e = 100 \text{ N}$$

$$m_p = 1.01 \text{ M}_s = 2 \times 10^{28} \text{ kg}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بحساب كتلة الكوكب بالنسبة لكتلة الأرض

$$m_p = \frac{m_p}{m_e} = \frac{2 \times 10^{28}}{6 \times 10^{24}} = 3333 m_e$$

$$g = 3333 g_e$$

حل قانون وزن جسم على كوكب بدلالة وزنه على الأرض

$$W = \frac{g}{g_e} W_e$$

بالتعويض تكون جاذبية الكوكب

$$W = 3333 W_e$$

بحساب وزن رائد الفضاء على الكوكب

$$W = 3333 \times 100 = 33.3 \times 10^4 \text{ N}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة وزن رائد الفضاء بالنيوتن N

هل الجواب منطقي؟ نعم لأن وزنه على هذا الكوكب ضعف وزنه على الأرض بمقدار 3333 مرة.



## السرعة المدارية لجرم سماوي

### Orbital Velocity For a Celestial Body

وهي تمثل سرعة جرم حول جرم آخر ومن قانون الجذب العام وعلى سبيل المثال حركة جرم كتلته  $m$  حول جرم كتلته  $M$ ، فإن سرعة الجرم  $V$  في حالة كون المدار قطع ناقص تحقق المعادلة:

**للاطلاع:**

$$V^2 = G(M+m) \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

في حالة دوران جرم حول الشمس أو مركبة فضاء حول القمر، فإن كتلة الجرم الدوار تهمل لصغرها بالنسبة للكتلة الأخرى، فتصبح المعادلة كالآتي:

**للاطلاع:**

$$V^2 = GM \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

ويمكن كتابتها على الصيغة التالية إذا قسنا  $r$  و  $a$  بالوحدة الفلكية والكتلة  $M$  بدلالة كتلة الشمس، فإن السرعة  $v$  ستكون بوحدات  $\text{km/sec}$ :

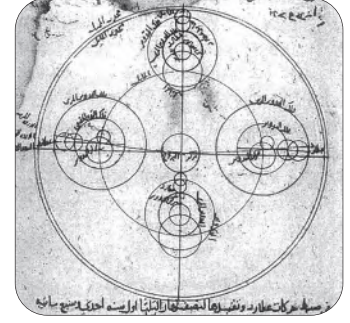
**للاطلاع:**

$$V = 30\sqrt{M} \sqrt{\left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

في حالة حركة جرم حول الشمس فإن  $M$  ستمثل كتلة الشمس وهي تساوي "واحد" وتصبح المعادلة:

$$V = 30 \sqrt{\left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

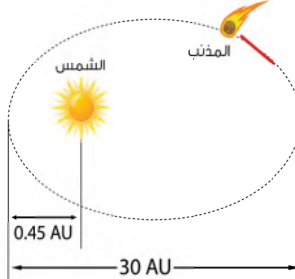
## الربط مع إنجازات علماء الإسلام



استحق أن يكون "ابن الشاطر" هو ملهم علماء الفلك لاستنتاج نظرية مركزية الشمس لنظامنا الشمسي بدلاً من الأرض. إنه من المعروف منذ فترة طويلة أن نموذج "كوبرنيكوس" لمركزية الشمس تحمل تشابهاً واضحاً مع نموذج ابن الشاطر، وكان كوبرنيكوس قد استخدمها فقط لحل الحركات غير المنتظمة لمؤشرات الكواكب التي أحدثها بطليموس. ويتضح هنا أن نموذج ابن الشاطر لها في الواقع انحيازاً لمركزية الشمس مما جعلها مناسبة بشكل خاص كأساس لنماذج مركزية الشمس.

## مثال 5

في المثال 1 السابق كم تبلغ أدنى سرعة للمذنب؟ حيث قيمة الاختلاف المركزي 0.97 ونصف قطر المحور الأكبر 15 AU؟



**الحل:**

**تحليل المسألة ورسمها:**

ارسم حركة المذنب حول الشمس وحدد أوجه

**المجهول**

$V=?$

**المعلوم**

$e=0.97$

$a=15 \text{ AU}$

**إيجاد الكمية المجهولة:**

**حل قانون البعد الأوجي**

$$r_a = a(1+e)$$

وزارة التعليم

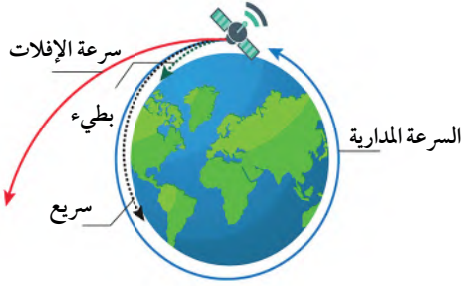
Ministry of Education

2023 - 1445

$$r_a = 15(1+0.97) = 29.55 \text{ AU}$$

## فكر معنا

كيف تهرب المركبات الفضائية خارج كوكب الأرض؟



الشكل 8-2 سرعة الإفلات لقمر صناعي .

حل قانون السرعة المدارية لجرم سماوي

$$V = 30 \sqrt{\left( \frac{2}{r_a} - \frac{1}{a} \right)}$$

بالتعويض لإيجاد أدنى سرعة للمذنب

$$V = 30 \sqrt{\left( \frac{2}{29.55} - \frac{1}{15} \right)} = 0.94 \text{ Km/s}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة السرعة المدارية للمذنب km/s

هل الجواب منطقي؟ نعم بحكم أن هذه السرعة للمذنب وهو في نقطة الأوج.

## Escape Velocity سرعة الهروب

سرعة الهروب **Escape Velocity**: هي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسار على شكل قطع مكافئ حول كوكب ما ثم الهروب من جاذبيته الشكل 8-2.

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \text{ km/sec}$$

### مثال 6

أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته  $7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$  ونصف قطره  $1.5 \times 10^6 \text{ m}$  علمًا بأن ثابت الجذب العام  $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ .

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المجهول

المعلوم

$$V_{esc} = ?$$

$$M = 7.5 \times 10^{22} \text{ Kg}$$

$$R = 1.5 \times 10^6 \text{ km}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون سرعة الهروب

$$V_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

بالتعويض لإيجاد سرعة الهروب للكوكب

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 7.5 \times 10^{22}}{1.5 \times 10^6}}$$

$$V_{esc} = 2.5 \text{ km/s}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة سرعة الهروب للكوكب بوحدة km/s.





## نشاط عملي

### تمثيل سرعة الهروب من جاذبية الأرض:

مغناطيس - كرات حديد - غطاء بلاستيكي كبير.  
ورق مقوى - شريط لاصق.

### الخطوات:

- قص الورق المقوى بطول 30 سم وعرض 10 سم، واثني الورقة على شكل مجرى مائي ذو طرفين.
- ضع المغناطيس في طرف الغطاء البلاستيكي.
- ألصق نهاية الورق المقوى بالمغناطيس.
- ضع كرة الحديد في بداية الورق المقوى واتركها تتدحرج إلى الأسفل.
- ارفع بداية الورق المقوى إلى الأعلى، ثم ضع كرة أخرى واستمر في الرفع مع درجة الكرات إلى أن تصل إلى درجة يصعب فيها على المغناطيس جذب كرات الحديد.

### التحليل:

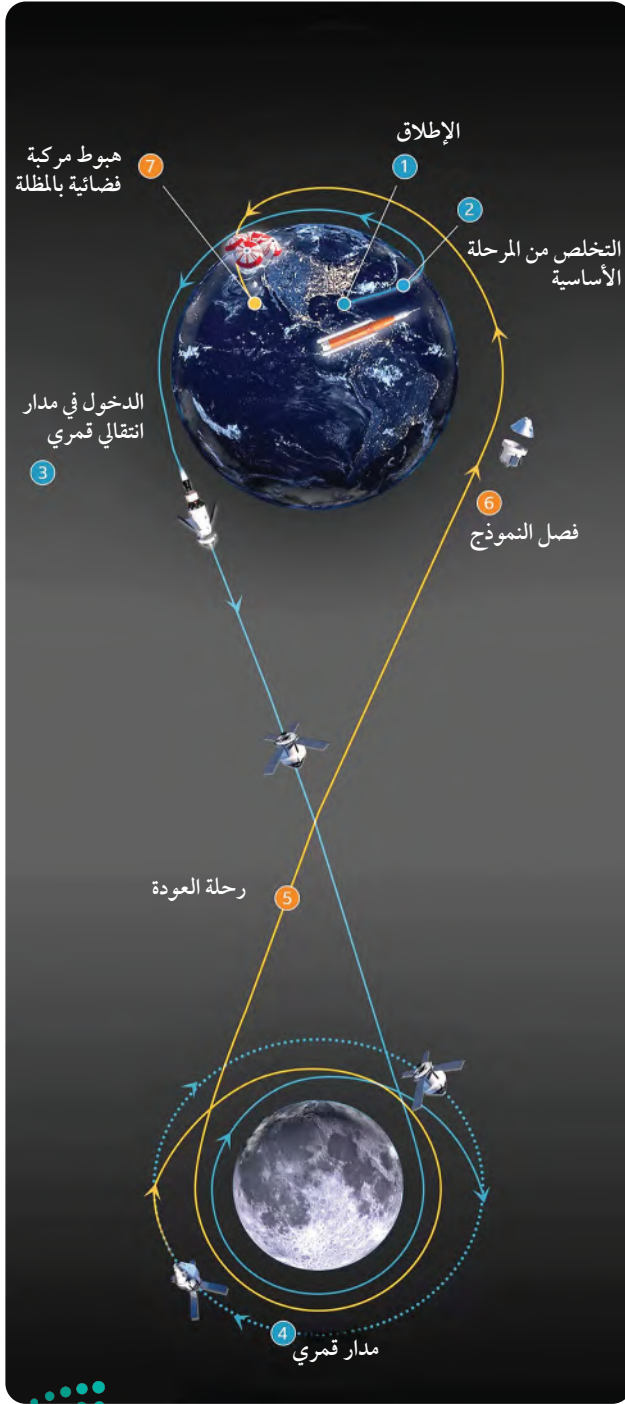
ماذا تلاحظ؟

قارن بين حركة الكرات المتحررة من المغناطيس وحركة جسم يهرب من جاذبية الأرض.

### الربط مع الفيزياء

انطلاق الصواريخ الفضائية هو أحد تطبيقات قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أن لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، ومن أمثلته احتراق الوقود في الصاروخ مولدًا الغازات، حيث يعمل الصاروخ على دفع هذه الغازات للتخلص منها من خلال فتحة أسفل الصاروخ. أما قوة رد الفعل التي تولدها هذه الغازات فتدفع الصاروخ لأعلى.

تمثل رحلة مشروع أرتيمس للقمر الشكل 9-2 مثال حي على انتقال جرم بين أنظمة مدارية لجرمين سماويين هما: الأرض والقمر، وذلك حينما تبلغ سرعة إفلاته من الأرض 11 km/s لينطلق ناحية القمر في مسار قطع مكافئ، ليدخل مداره ويسير بسرعة مدارية تختلف بحسب ارتفاعه عن القمر، وبعد إكمال مهمته ينطلق من مداره حول القمر بسرعة إفلات 2.4 km/s عائداً نحو الأرض.



الشكل 9-2 رحلة مشروع أرتيمس للقمر.

## مختبر تحليل البيانات

### التفكير الناقد

1. ثمة حوالي 10 آلاف كويكب صغير يدور حول الشمس وبعضها منها يحوم قريباً من الأرض، وقد تكون خطيرة على البشر وكل ما هو على سطح الأرض. الجدول التالي يستعرض بعضاً من هذه الكويكبات القريبة منا:

اسم الكويكب	قطره km	بعده عن الأرض (AU)	سرعة اقترابه النسبية km/s
2022 YS6	1,786,449	0.01194	9.72
2022 YY6	813,642	0.00544	20.27
2014 LJ	1,819,585	0.01216	3.48
367789	1,816,884	0.01215	9.92

### التحليل

2. كيف أهتمت قوانين كبلر العلماء للوصول بنجاح إلى تصميم نظام إنذار مبكر للحد من أخطار الكويكبات؟

3. بناء على بيانات الجدول أي الكويكبات الواردة تتوقع انه يشكل خطراً على الأرض في حالة اذا اقترب منها. ولماذا؟

4. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن كويكب اقترب مؤخراً من الأرض وقارن خصائصه بخصائص الكويكبات الواردة بالجدول. ماذا تلاحظ؟



## التقويم 1-2

### الخلاصة

- ينص قانون كبلر الأول على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.
- ينص قانون كبلر الثاني على أن الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.
- ينص قانون كبلر الثالث على أن مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. احسب متوسط المسافة بين فيستا (كويكب) و بين الشمس علماً بأنه يستغرق 3.63 year للدوران حول الشمس.
2. وضح نوع العلاقة بين متوسط المسافة لفيسستا ومدة دورانه حول الشمس.

### التفكير الناقد

3. لماذا يلجأ العلماء الى قوانين كبلر عند تعاملهم مع حركة المذنبات التي تتعدد مصادرها.

### الرياضيات في الفلك

4. أكملت وكالة الفضاء السعودية مهمتها على سطح القمر ولذا فهي ترغب بمغادرة مركبتها حدد سرعة هروبها من القمر إذا كانت كتلة القمر  $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$  ونصف القطر  $1.5 \times 10^6 \text{ m}$ .





## 2-2

### التقنية الفضائية

## Space Technology

#### الأهداف

- يصنف أنواع المركبات الفضائية.
- يذكر أنواع مدارات الأقمار الصناعية.
- يقارن بين المركبات المأهولة وغير المأهولة.

#### الفكرة الرئيسية

استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية من الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافية لدراساتها.

**الربط مع الحياة** كانت أول رحلة للفضاء لرائد الفضاء الروسي جاجارين في سنة 1961 ميلادية.

### رحلات الفضاء Space flights

بدأت التقنية الفضائية في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي عندما أطلق الاتحاد السوفيتي (روسيا حالياً) أول قمر صناعي للاتصالات سبوتنيك 1 الشكل 10-2، ومن ثم بدأ سباق التقنية الفضائية بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي مع إطلاق بعض المركبات الفضائية التي تحمل حيوانات مثل الكلبة لايبكا الشكل 11-2 والقرود هام، وكانت هذه المركبات تدور حول الأرض ثم تسقط أو تعود إلى الأرض بواسطة مظلة.

### سباق الفضاء Space race

وبعد ذلك بدأ التسابق لإرسال مركبات فضائية إلى القمر وتصوير الجانب المظلم فأرسلت مجموعة من الأقمار الروسية والأقمار الأمريكية.

أواخر الستينات من القرن الماضي بدأ برنامج أبولو لإرسال رائد فضاء والهبوط على القمر، وكانت رحلة (أبولو 11) أول رحلة ناجحة للهبوط على القمر بواسطة رائد الفضاء الأمريكي نيل أرمونسترونج ورفيقه الشكل 12-2 عام 1969، واستمر هذا البرنامج إلى 1974 كما أرسلت مركبات فضائية عديدة لاستكشاف كواكب المجموعة

#### مراجعة المفردات

**المدار:** هو مسار منحني لجسم ما حول جسم آخر تحت تأثير قوة الجاذبية.

#### المفردات الجديدة

المركبات الفضائية

القمر الصناعي

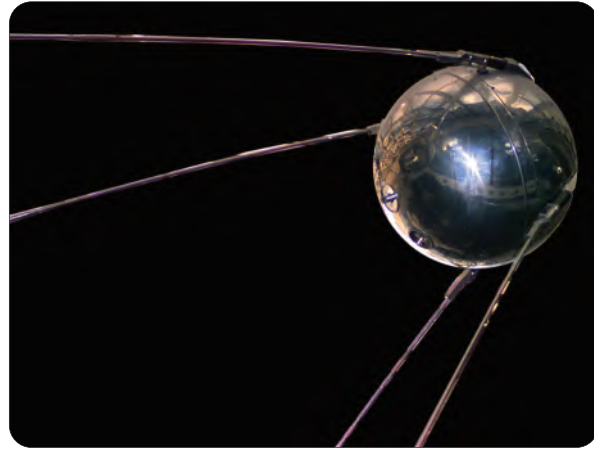
محطة الفضاء

مركبة الفضاء المأهولة

مركبة الفضاء غير المأهولة



الشكل 11-2 الكلبة لايبكا في أول رحلة فضاء لمخلوق حي.



الشكل 10-2 القمر الروسي سبوتنيك 1.



الشمسية، مثل: كوكب عطارد والزهرة والمريخ، حيث هبطت على سطح المريخ المركبة المشهورة (فايكنج) في منتصف السبعينات من القرن الماضي وأرسلت أيضًا المركبة الفضائية (فويجر 1)، و(فويجر 2) الشكل 13-2، التي قامت في استكشاف كواكب المجموعة الشمسية خصوصًا الكواكب الغازية وهي: المشتري وزحل وأورانوس ونبتون، وتوالت بعد ذلك كثير من هذه المركبات التي اكتشفت المجموعة الشمسية.

## المركبات الفضائية Spacecraft

المركبات الفضائية Spacecraft هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء تختلف أنواعها باختلاف مهامها.

ويمكن تصنيفها على النحو الآتي:

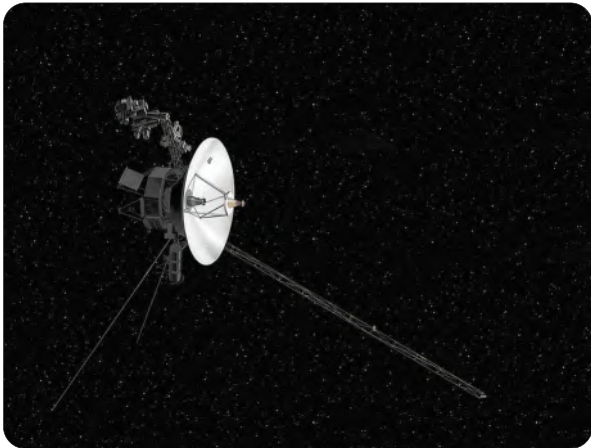
### 1. الأقمار الصناعية Satellites

هي مركبات صممت لتدور في مدارات حول الجرم السماوي ولها عدة وظائف بحسب مداراتها، وتخضع حركة الأقمار الصناعية Satellites حول الكرة الأرضية إلى قوانين كبلر التي تحدد حركة الكواكب. وهذه القوانين تنص على أنه كلما كان القمر واقفًا في مدار أعلى، تحرك بسرعة أبطأ. ويطلق القمر الصناعي إلى الفضاء بواسطة صاروخ، حيث يدور هذا القمر الصناعي حول الأرض عندما تتوازن السرعة من خلال الجاذبية الأرضية، إذ بدون التوازن إما أن يطير في خط مستقيم إلى الفضاء، أو يسقط إلى الأرض.

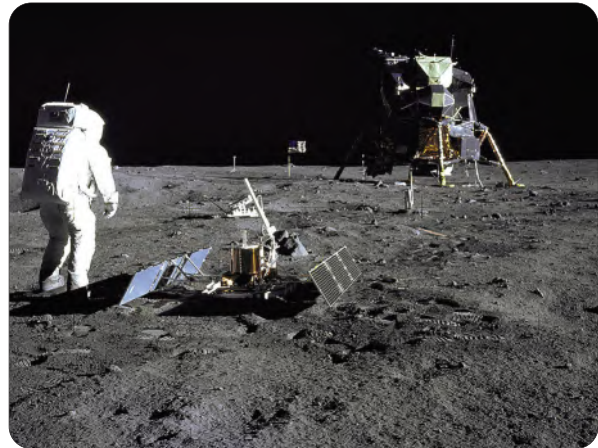
## الربط مع الفيزياء



قام رواد فضاء رحلة أبولو 11 القمرية بتجارب عدة، أشهرها: تجربة السقوط الحر التي استخدموا فيها ريشة النسور ومطرقة؛ حيث إنه عندما أسقطتهما رائد الفضاء سقاطا معًا نتيجة عدم وجود مقاومة من الهواء على سطح القمر، وهذا يؤكد ما أشار إليه العالم غاليليو حول أن الأجسام تسقط بنفس التسارع.



الشكل 13-2 المسبار فويجر 2.

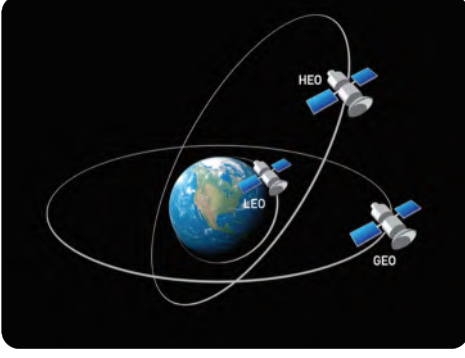


الشكل 12-2 رحلة أبولو 11 القمرية.



و لذا يتم تصنيفها إلى عدة أنواع بحسب مداراتها الآتية الشكل 14-2:

#### المدار الأرضي المنخفض (LEO) Low Earth orbit



الشكل 14-2 أنواع مدارات الأقمار الصناعية.

مدار قريب من سطح الأرض، على ارتفاع أقل من 2000 Km، وهو المدار الأكثر استخدامًا للتصوير عن طريق الأقمار الصناعية، حيث إن قربها من السطح يسمح له بالتقاط صور بدقة أعلى. وهو أيضًا المدار المستخدم لمحطة الفضاء الدولية (ISS)، وتتحرك الأقمار الصناعية في هذا المدار بسرعة حوالي 7.8 Km /s، بهذه السرعة يستغرق القمر الصناعي حوالي 90 min لإكمال دوره حول الأرض.

#### المدار الأرضي المتوسط (MEO) Medium Earth orbit

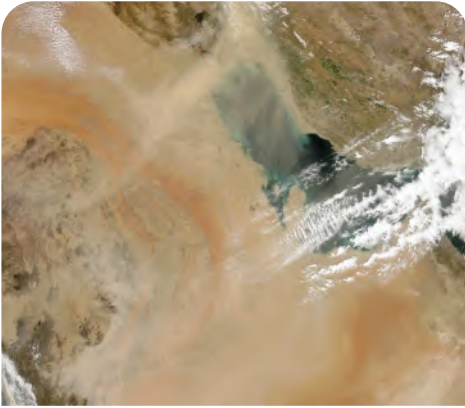


الشكل 15-2 أقمار نظام تحديد المواقع العالمي.

يقع هذا المدار على مسافة 2000 إلى 35000 km من سطح الأرض، هذا المدار مثالي للملاحة والأقمار الصناعية للاتصالات، يستغرق القمر الصناعي على هذا المدار 12h لإكمال دورة حول الأرض، أي أنه يدور مرتين في اليوم ومن أشهر أنواع الأقمار الصناعية في هذا المدار أقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الشكل 15-2.

#### المدار الثابت للأرض (GEO) Geostationary orbit

هو مدار دائري يقع مباشرة فوق خط الاستواء على ارتفاع 35786 km من سطح الأرض، يتحرك في اتجاه دوران الأرض بنفس سرعة دورانها أي أن فترة دورانه مساوية لفترة دوران الأرض؛ لذا هو ثابت لمنطقة معينة ويدور مع هذه المنطقة. الأقمار التي تقع في هذا المدار هي أقمار مراقبة الطقس الشكل 16-2 لأنها تحتاج إلى رؤية ثابتة لنفس المنطقة، وأيضًا أقمار الاتصالات السلكية واللاسلكية والقنوات الفضائية حتى لا يتم تغيير اتجاه الهوائي.



الشكل 16-2 صورة للسحب ملتقطة من قمر صناعي متخصص برصد الطقس.



## المدار القطبي الارضي : Earth's Polar Orbit

تتحرك الأقمار الصناعية في المدارات القطبية من الشمال إلى الجنوب مروراً تقريباً فوق قطبي الأرض، وهي تقع على ارتفاعات منخفضة بين 200 إلى 1000 km، ويستخدم العلماء سلسلة صور هذه الأقمار للمساعدة في التنبؤ بالطقس أو العواصف وحرائق الغابات الشكل 17-2 والفيضانات.



✓ ماذا قرات؟ ما القمر الصناعي المناسب لعمل إنذار مبكر لإعصار؟

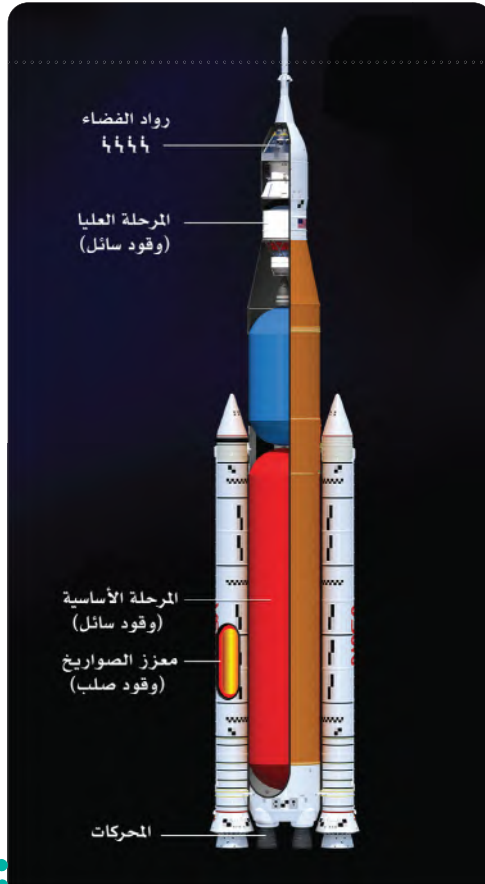
## 2. محطات الفضاء Space Station :

**محطة الفضاء Space Station** هي مركبة مصممة من عدة وحدات معملية ومعيشية يتناوب على العمل فيها رواد الفضاء لعدة أشهر، وتدور حول الأرض في المدار الأرضي المنخفض، وتجرى في المحطات الفضائية التجارب والاختبارات والأبحاث، وهناك وحدة خاصة للعودة إلى الأرض. هناك محطتان فضائيتان، الأولى محطة الفضاء الدولية (ISS) الشكل 18-2 وهي بالتعاون مع خمس وكالات فضائية: الأمريكية، الروسية، الأوروبية، اليابانية، الكندية. والثانية محطة الفضاء الصينية (TSS).

الشكل 17-2 حرائق غابات ملقطة من قمر متخصص برصد ملوثات البيئة.



الشكل 18-2 محطة الفضاء الدولية



الشكل 19-2 تركيب صاروخ الإطلاق لمركبات الفضاء المأهولة.

## مهنة مرتبطة

### رائد فضاء:

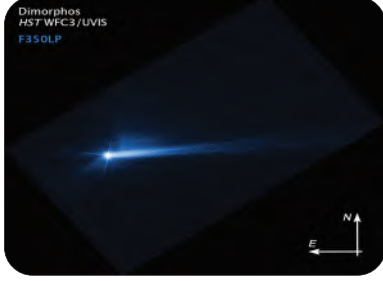
تتمثل مهنة رائد الفضاء في قيادة مركبة الفضاء أو القيام بمهام فضائية دقيقة داخل المركبة أو خارجها أو القيام بإجراء تجارب هندسية أو طبية أو علمية عامة.



## فكر معنا

ما أبرز المشاكل التي قد يواجهها رواد الفضاء عند القيام برحلات مدارية؟

### الربط مع البيئة



استطاع مسبار الفضاء «دارت» عام 2022 من الاصطدام بكويكب ديمورفوس الذي بلغ عرضه 160m على بعد  $11 \times 10^6$  Km من أرضنا، وحرفه عن مساره بنجاح، وذلك في تجربة لمعرفة مدى إمكانية منع صخرة كبيرة في الفضاء من الاصطدام بالأرض، وذلك بحرفها عن مسارها بسلام.

## 3. مركبات الفضاء المأهولة Manned Space Vehicles

مركبات الفضاء المأهولة **Manned Space Vehicles** هي مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعودون إلى الأرض عن طريق نفس المركبة الشكل 19-2.

## 4. مركبات الفضاء غير المأهولة Unmanned Space Vehicle

تتنوع مركبات الفضاء غير المأهولة **Unmanned Space Vehicle** فهناك مركبات استطلاع، تقترب من الجرم سواء كان كوكبًا، أو قمرًا، أو كويكبًا، أو مذنبًا، ثم تبتعد عنه وفي أثناء اقترابها تأخذ العديد من الصور والقياسات وتبعث بها إلى محطات المراقبة الأرضية أو تعود إلى الأرض بعينات ترابية كمركبة (ستاردست stardust) الشكل 20-2 التي ظلت تجمع الغبار من مخلفات مذنب (wild2) الشكل 21-2. وهناك مركبات يهبط منها مركبة (Rover) تقوم بالعديد من التجارب ومتنقلة بين أرجاء السطح تأخذ العينات وتقوم بتحليلها وترسل بياناتها إلى محطات المراقبة الأرضية، ومن أمثلة هذه المركبات مركبة (برسفيرنس Perseverance) المريخية الشكل 22-2.

وأيضًا توجد مركبات تهبط بهدوء دون أن تتحطم، وبعد نزولها تأخذ العديد من الصور والقياسات باعثة بها إلى محطات المراقبة الأرضية.

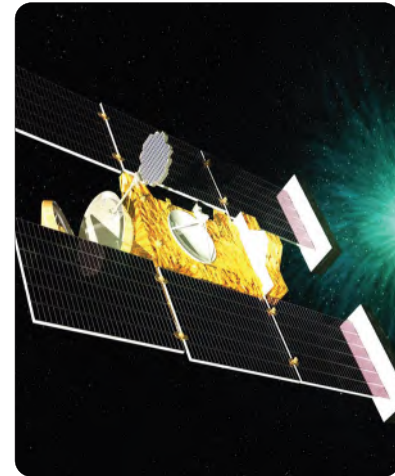
✓ **ماذا قرأت؟ كيف** يستطيع العلماء الحصول على بيانات وعينات المركبات الفضائية غير المأهولة؟



الشكل 22-2 مركبة برسفيرنس.



الشكل 21-2 عينة من مخلفات مذنب ويلد2 التي جمعتها مركبة ستاردست.



الشكل 20-2 مركبة ستاردست.

# تجربة

## العلاقة بين حمولة الصاروخ وسرعة انطلاقه

تستخدم المركبات الفضائية (الصاروخ) لنقل الأشخاص أو نقل حمولات من الأرض إلى الفضاء الخارجي. وتوضع حمولة الصاروخ قرب قمته، وتكون مغطاة بغطاء يحميها أثناء الإقلاع من أحوال الطقس الخارجية وتنفصل الحمولة بعد الوصول للهدف.

## خطوات العمل

1. خذ كمية من بيكرونات الصوديوم بواسطة الملعة الصغيرة وضعها داخل علة فيتامين سي بها 5 مل ماء.
2. أحكم إغلاقها وضعها بشكل رأسي بجانب مبنى

المدرسة الخارجي. لاحظ انطلاقها وحدد موقعها بالنسبة للمبنى.

3. أعد الخطوة 2 بإضافة كمية من بيكرونات الصوديوم بواسطة الملعة الكبيرة.

## التحليل

4. أي الحالتين كان الارتفاع الذي وصلت له العلة كبيراً؟
5. ما العلاقة بين ارتفاع الصاروخ وبين كمية وقوده؟
6. هل من المناسب تقليل حمولة الصاروخ أم زيادة كمية وقوده لإيصاله إلى مداره؟

## تاريخ المملكة العربية السعودية في الفضاء History of Saudi Arabia in space

تسعى المملكة العربية السعودية إلى تحقيق الريادة الإقليمية في مجالات الفضاء والمساهمة في التنمية المستقبلية لهذا القطاع الحيوي، وتعمل المملكة العربية السعودية على تقنيات وأنظمة الفضاء من خلال التعاون الوطني والدولي في برامج البحث والتطوير ونقل التكنولوجيا وتوطينها. في عام 1985 أصبح صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان بن عبد العزيز آل سعود أول رائد فضاء عربي مسلم عندما شارك في مهمة فضائية على متن مكوك "ناسا ديسكفري" الذي حمل معه ثاني قمر صناعي عربي، كأخصائي حمولة ضمن رحلة (STS-51G Discovery) والتي استغرقت مدتها أسبوعاً كاملاً من 17 إلى 24 يونيو 1985.

كما حققت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية العديد من الإنجازات بإطلاقها 17 قمراً صناعياً سعودياً بين عامي 2000 و2022 الشكل 2-23، وشاركت مع وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" وجامعة ستانفورد بتنفيذ تجارب علمية في الفضاء عام 2014 على القمر الصناعي (سعودي سات 4). إلى جانب ذلك، تعاونت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مع إدارة الفضاء الوطنية الصينية في مهمة (Chang'e 4 lunar) في عام 2018، لاستكشاف الجانب المظلم للقمر الشكل 2-24.



الشكل 2-24 صورة القمر من كاميرا تقنية سعودية موجودة ضمن مهمة تشانج ليونار الصينية للقمر.

## الربط مع رؤية 2030

### من أهداف الرؤية:

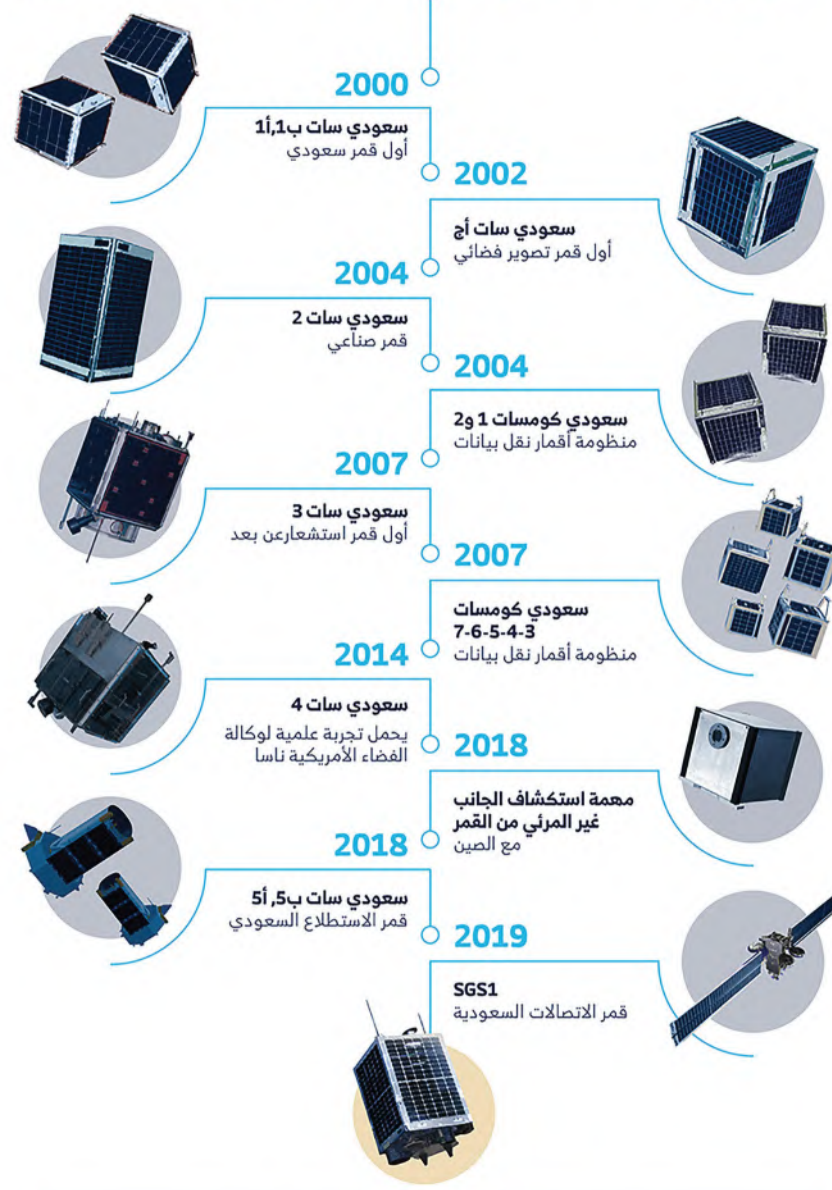
تأسست الوكالة السعودية للفضاء بموجب أمر ملكي في ديسمبر 2018، وهي خطوة شجاعة نحو مستقبل أكثر ابتكاراً وتطلعاً لأحدث التقنيات والفرص في قطاع الفضاء السعودي. تتوافق أهداف الهيئة السعودية للفضاء مع تطلعات المملكة نحو حياة أكثر جودة وتقدم، حيث تتوافق مع رؤيتها لخلق بيئات أفضل وأكثر أماناً لمواطنيها، مع خلق فرص جديدة لمزيد من الابتكارات المربحة الداعمة للاقتصاد السعودي.

وفي يونيو 2023 تم إصدار قرار مجلس الوزراء رقم 13 بتحويل مسمى الهيئة السعودية للفضاء لتكون وكالة الفضاء السعودية.





# تاريخ الأقمار السعودية



**2021**

القمر الصناعي السعودي "شاهين سات"  
جيل جديد من الأقمار الصناعية ذات الأحجام الصغيرة



KACST.edu.sa  
KACST KACST KACST KACST KACST KACST

SPA

الهيئة السعودية للفضاء  
SAUDI SPACE COMMISSION

مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلم والتقنية KACST

الشكل 23-2 تاريخ الأقمار الصناعية السعودية .

## السعودية نحو الفضاء

أعلنت المملكة العربية السعودية في يوم الأحد بتاريخ 21/05/2023 عن إرسال أول رائدة فضاء سعودية ورائد فضاء سعودي إلى محطة الفضاء الدولية، حيث انضمت (رائدة الفضاء ريانة برناوي، ورائد الفضاء علي القرني) إلى طاقم مهمة AX-2 الفضائية بهدف بناء القدرات الوطنية في مجال الرحلات المأهولة؛ لأجل البشرية والاستفادة من الفرص الواعدة التي يقدمها قطاع الفضاء وصناعاته عالمياً، وتهدف هذه المهمة إلى إجراء 14 تجربة علمية وبحثية رائدة في الجاذبية الصغرى تتضمن ثلاث تجارب تعليمية توعوية لطلاب التعليم العام تساهم نتائجها في تعزيز مكانة المملكة عالمياً في مجال استكشاف الفضاء، وخدمة البشرية، وإبراز دور مراكز الأبحاث السعودية .

كما تضمن البرنامج تدريب رائدة ورائد فضاء آخرين على جميع متطلبات المهمة كطاقم احتياطي، وهما (مريم فردوس و علي الغامدي).



## شارة مُلهمة لتحقيق الطموحات



تجسد شارة الرحلة السعودية للفضاء رؤية المملكة للتطور العلمي والتقني، وتمثل تطلعاتها نحو المستقبل.

**الشكل الدائري**  
استلهم شكل الشارة الدائري من الناقذة الشهيرة لرحلة الفضاء الدولية، مما يعكس التعاون والتواصل بين الأمم في استكشاف الفضاء.



**علم المملكة**  
يظهر علم المملكة العربية السعودية على الشعار للأكيد على الهوية الوطنية والانتماء للوطن.



**النجمان الصاعدان**  
يمثل النجمان الصاعدان رائدتي الفضاء السعوديتين وطموحاتهم وتطلعاتهم نحو التقدم والإنجاز.



**الكرة الأرضية وخريطة المملكة**  
رسمت الكرة الأرضية وتتداخل خريطة المملكة العربية السعودية مما يظهر مدى التطور العلمي في المملكة على المستوى العالمي.



**النجوم الأربعة عشر**  
تمثل 14 نجمة الرسوم على الشعار عدد التجارب التي سيجريها رواد الفضاء السعوديون خلال رحلتهم؛ لتكون رمزاً للتقدم في سماء الوطن.



**رائد الفضاء**  
يرمز لرائد الفضاء للأرض إلى الهدف الأساسي من الرحلة، وهو خدمة البشرية وتحسين جودة حياة الناس على كوكب الأرض.



**سنة الانطلاق نحو الفضاء**  
يشير العام 2023 إلى عام الانطلاق نحو الفضاء وإلى بداية رحلة المملكة في استكشاف الفضاء وتحقيق طموحاتها العلمية والتكنولوجية.



**شعار رؤية 2030**  
يعكس دور رؤية 2030 في تعزيز تطور العلوم والأبحاث والابتكار.



يجمع الشعار بين الهوية الوطنية والطموحات العالية، ويعكس التزام المملكة العربية السعودية بالتطور العلمي والتكنولوجي وللإسهام في خدمة البشرية.

الهيئة السعودية للفضاء  
SAUDI SPACE COMMISSION

سعودية  
نحو الفضاء  
SAUDI SPACE COMMISSION

## تجارب علمية أجراها رواد الفضاء السعوديين

التغير في طول التيلومير

قياس المؤشرات الحيوية  
عن طريق الدم

استخدام تخطيط أمواج  
الدفاع لقياس النشاط  
الكهربائي

تجربة الإرواء الدماغية  
وتعديلات وضع الدماغ في  
الجاذبية الصغرى

تجربة علوم الخلايا

تجربة قياس الضغط داخل  
الجمجمة

تجربة الاستمطار في  
الجاذبية الصغرى

قياس قطر غلاف العصب  
البصري

## مختبر حل المشكلات

تستخدم الأقمار الصناعية مدارات محددة من أجل القيام بمهام أرضية أو فضائية حيث لكل مدار خصائصه التي تساعد القمر الصناعي على أداء مهامه بدقة كما تظهر من خلال الجدول الآتي :

GEO	MEO	LEO	
35786	14484	2896	ارتفاع
15 سنة	10 سنوات	5 سنوات	الفترة العمرية
24 ساعة	3-7 ساعة	95-115 دقيقة	الفترة المدارية

### التحليل

1. إذا أردت تصميم قمر صناعي مخصص لرصد الزحام المروري في مدن المملكة الكبرى وقت الذروة مستعيناً بالجدول الذي أمامك اقترح اختيار المدار المناسب لوضع قمر الصناعي فيه وذلك بناء على موقع المهمة وفترة الزمن لتستطيع الحصول على البيانات المطلوبة بكل دقة .

### التفكير الناقد

2. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن مميزات أخرى لمدارات GEO و LEO و MEO و اضعها للجدول السابق و بناء عليها ناقش أي المدارات السابقة تلجأ إليه معظم دول العالم؟



## التقويم 2-2

### الخلاصة

المركبات الفضائية هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء تختلف أنواعها باختلاف مهامها.

ويمكن تصنيفها على النحو الآتي:

• الأقمار الصناعية.

• محطات الفضاء.

• مركبات الفضاء المأهولة.

• مركبات الفضاء غير المأهولة.

### أنواع مدارات الأقمار الصناعية:

المدار الأرضي المنخفض، المدار الأرضي المتوسط،

المدار الثابت للأرض، المدار القطبي الأرضي.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. قارن بين أقمار المدار القطبي وأقمار المدار الأرضي الثابت من حيث أيهما الأنسب لمتابعة مباشرة لحريق في منطقتك.

2. يريد رواد فضاء القيام بتجارب علمية تستغرق 4 أشهر، فما التقنية الفضائية المناسبة لهم مبيناً سبب اختيارك.

### التفكير الناقد

يرغب العلماء في الحصول على عينة ترابية من إحدى الكويكبات التي بدأت تقترب من مدار الأرض حول الشمس؛ وذلك لدراسة مكوناته الأولية وعلاقتها ببناء النظام الشمسي.

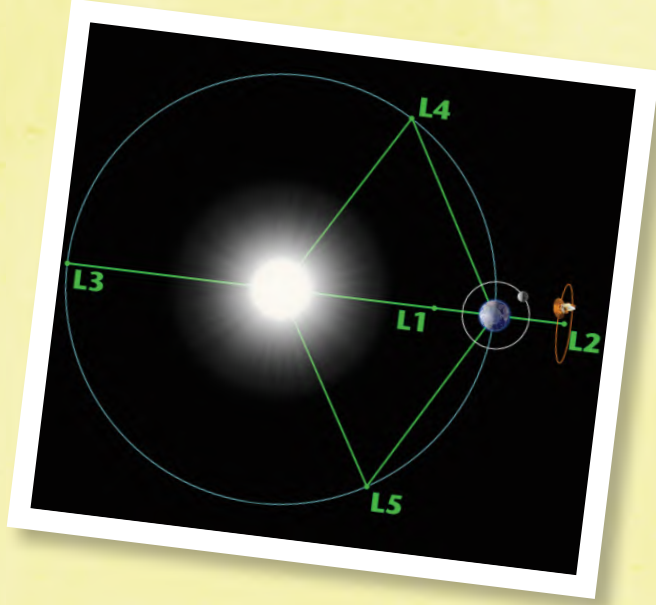
حدد التقنيات الضرورية للقيام بهذه المهمة مبيناً دور كل تقنية.





# تطبيقات فضائية

## ما الذي يجعل نقاط لاغرانج مواقع مهمة في الفضاء



إذا كان لدينا جسمان فائقي الكتلة، فإن قوى الجاذبية ستتوازن تمامًا بينهما في 5 أماكن، وفي كلٍ من هذه الأماكن الخمسة يمكنك وضع قمر صناعي له كتلة صغيرة نسبيًا، وتحافظ على موقعه ببذل القليل من الجهد. فعلى سبيل المثال، يمكنك وضع تلسكوب فضائي أو مستعمرة مدارية، وعندها ستحتاج القليل من الطاقة أو لا شيء منها للحفاظ على موقعها، وقد وجد علماء الفلك هدفهم المنشود في أماكن مميزة من نظامنا الشمسي أطلق عليها اسم نقاط لاغرانج.

مكان يسهل منه الوصول إلى الأرض أو القمر مع حد أدنى من الوقود.

وتتمركز أغلب أفكار الخيال العلمي حول وضع محطة فضائية أسطوانية دوارة وعملاقة في نقاط L4 و L5 فهي ستكون مستقرة تمامًا في المدار، وعملية الوصول إليها سهلة نسبيًا، وستكون أكثر الأماكن مثالية لبدء استعمار النظام الشمسي.

فموقع النقطة L1 من نظام الشمس-الأرض مكان عظيم لتركيز تلسكوب شمسي، حيث إنها أقرب قليلًا إلى الشمس، ولكن موقعها سيسمح لها بإرسال البيانات ثانية لنا على الأرض.

وقد أُعد تلسكوب جيمس ويب الفضائي لوضعه في النقطة L2 من نظام الشمس-الأرض، وهي تقع على بعد حوالي 1.5 مليون كيلومتر من الأرض.

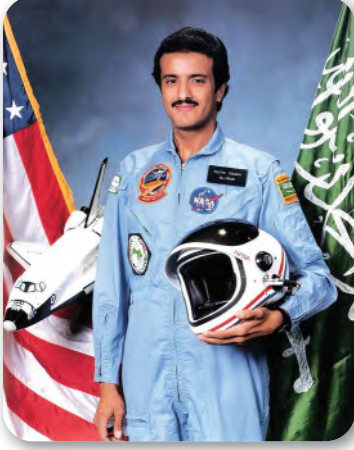
ومن هناك، ستكون كل من الشمس والأرض والقمر واقعة في مكان صغير في السماء، لتترك بقية الكون حرًا أمام عمليات الرصد.

أما نقطة L1 من نظام الأرض-القمر ستكون المكان المثالي لوضع محطة قمرية يُعاد تزويدها بالوقود، وهي





# رحلة صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان للفضاء\*



" رحلة سلطان لم تكن رحلة عادية أو نزهة، وإنما كانت لخدمة أهداف علمية لصالح العلم والتعليم.. ويجب أن نعتز بها كمواطنين سعوديين؛ بأننا وصلنا إلى مرحلة من التعليم والتطور جعلتنا نستوعب هذه المهمة، وجعلت علماءنا يقومون بأبحاث فضائية لخدمة العلم في المملكة العربية السعودية والبلاد العربية والإسلامية. "

كلمة خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود لوكالة الأنباء السعودية في 29 رمضان 1405 هـ الموافق 17 يونيو 1985.

## الفكرة والانطلاقة

بدأت الفكرة انطلاقا من سعي المملكة إلى دعم العلماء والباحثين من خلال مجموعة واسعة من المشاريع التنموية الشاملة في مجالات متعددة؛ حيث كان أحدها مشاركة المملكة في رحلة الفضاء ديسكفري عام (1985) وقد كانت أول ريادة إسلامية وعربية في الفضاء.

## قصة الترشيح

يذكر صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان أنه عندما رُشح لهذه المهمة الفضائية عادت به الذاكرة إلى العام (1969)؛ حيث قال: "لقد تابعت آنذاك وأنا شاب في سن الثالثة عشرة البث التلفزيوني لصعود أول إنسان إلى سطح القمر، وتابعتنا في المملكة باهتمام بالغ نزول نيل أرمسترونج أول إنسان تخطى قدماه سطح القمر في (20 يوليو 1969) في رحلة أبولو 11".



\* خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان يحيى ابنه سلطان عند استقبال الفريق المشارك في رحلة الفضاء في 20 يوليو 1985.

ثم ذكر: "لقد كان لذلك الحدث أثر بالغ في تشكيل تاريخ الإنسانية، وفي الشباب في بلادنا، وبقية شعوب العالم". ومنذ تلك اللحظة عمل على كافة الجوانب المتعلقة بالمهمة ومنها كان تشكيل الفريق العملي.

## برنامج التدريب

كان برنامج الإعداد لرحلة الفضاء طموحاً إلى أبعد الحدود لما تضمنه من ثراء في الأهداف، و ذكرت مديرة برنامج التدريب الذي أعدته «ناسا» لصاحب السمو الملكي ولزميله الاحتياطي عبدالمحسن البسام؛ المهندسة الأمريكية كاثيري أبلتين أن تدريب رائد الفضاء كي يصبح أخصائي حمولة يحتاج إلى نحو (114) ساعة تدريب؛ أي من ستة أشهر إلى ثمانية عشر شهراً، كما جرى مع باتريك بودري أخصائي الحمولة الفرنسي مثلاً. ولكن نظراً إلى ضيق الوقت؛ كان من الضروري تكثيف البرنامج جداً؛ حتى يستطيع رائد الفضاء وزميله استيعابه في مدة زمنية قياسية استغرقت نحو عشرة أسابيع فحسب، أي منذ بداية إبريل حتى منتصف يونيو (1985).



## التجارب العلمية



صورة تذكارية تجمع رائد الفضاء العربي مع الفريق العلمي السعودي (نحو 19 عالماً وباحثاً).

اختير البرنامج العلمي بعناية ليشمل المجالات الرئيسة في علوم الفضاء، وتقنياته، والاستشعار عن بعد؛ وكان أبرز التجارب العلمية:

◀ التصوير الفضائي لبعض مناطق المملكة للحصول على معلومات جيولوجية وطقسية، وغيرها .

◀ رصد هلال شهر شوال حيث كان موعد بدء الرحلة في (12 يونيو 1985) أي (24 رمضان)؛ مما يتيح الفرصة لرؤية هلال بداية شهر شوال، لكن ألغيت التجربة عند تأخر موعد إطلاق المكوك.

◀ تجربة فصل السوائل التي أجريت لأول مرة على عينات من خليط الماء وزيت البترول العربي الخام.

◀ تجربة الغاز المؤين حيث أضافت هذه التجربة مفاهيم علمية جديدة لظاهرة انتشار الغازات في الفضاء، وتأثير درجة تأينها على المجال الكهربائي المحيط بالمركبات الفضائية والأقمار الصناعية.

بالإضافة إلى تجارب دولية أخرى كانت على متن الرحلة من أمريكا، وفرنسا، والمكسيك، وألمانيا الغربية.

## الإنجاز

كانت المركبة الفضائية قد وصلت إلى مدارها على بعد (320) كيلو متراً من سطح الأرض، بعد مضي نحو خمس وأربعين دقيقة من موعد الإقلاع، وبعد ست ساعات من انطلاق المكوك من الأرض، بدأ الاستعداد لنشر الأقمار الصناعية التجارية الثلاثة، ثم -بعد ذلك- بدأ رائد الفضاء الفرنسي تجاربه الطبية حول دراسة التغيرات التي تطرأ على جسم الإنسان في حالة انعدام التوازن.

## وكانت أهم الإنجازات:

◀ مشاركة أول رائد فضاء عربي مسلم في مهمة فضائية.

◀ النجاح في وضع القمر العربي الثاني في مداره، واستقبال الإشارات، وتشغيله.

◀ صرح جيسي مور مدير رحلات رواد الفضاء بوكالة ناسا بأن الرحلة (G51) تُعد من أنجح الرحلات المكوكية التي تحققت في تاريخ «ناسا» حتى تاريخه.

◀ شهد القمر الصناعي أول تجربة له حينما نقل التلفاز السعودي وقائع صلاتي المغرب والعشاء من مكة المكرمة والمدينة المنورة تبعاً على الهواء مباشرة يوم الخميس (6 ذو الحجة 1405 هـ) الموافق (22 أغسطس 1985)؛ أي في أقل من أسبوع على إطلاقه، وكانت أول صورة حية يبثها القمر العربي هي صورة الكعبة المشرفة، كما نجح بعد ذلك في نقل مشاعر الحج كاملة وصلاة العيد لعام (1405 هـ) حية على الهواء لملايين المسلمين في ثلاثٍ وعشرين دولة عربية وأوروبية.

## \* المرجع



7 أيام في الفضاء قصة أول ريادة عربية للفضاء، سبطان بن سلمان آل سعود، 1440 هـ.

# مختبر الفضاء

## قانون كبلر الثالث

### الهدف

1. قياس الفترة المدارية للكوكب.
2. قياس نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب.
3. إثبات قانون كبلر الثالث.

### المواد:

1. آلة حاسبة.
2. تلسكوب Microsoft على الويب.



### خطوات العمل

1. قم بفتح البرنامج عبر الرابط على الشبكة العنكبوتية، اضغط على أيقونة "انظر إلى" بالقائمة السفلية واختر (النظام الشمسي).
2. قم باختيار كوكب عطارد واضغط على أيقونة "منظر" بالقائمة العلوية، وقم بتحريك المدة الزمنية إلى عدة سنوات لحساب الفترة المدارية للكوكب.
3. سجل قيمة الزمن الدوري في الجدول، ثم اوجد قيمة  $T^2$ .
4. اوجد قيمة نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب  $a$  ثم اوجد  $a^3$  وسجلها بالجدول.
5. أعد الخطوات (2-4) لكواكب الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري.
6. مثل بيانياً  $a^3$  و  $T^2$ . ما نوع العلاقة.
7. هل تم إثبات قانون كبلر الثالث من الرسم البياني؟ فسر ذلك.

Planet	نصف المحور الأكبر $a$ AU	الفترة $T$ المدارية سنة	$T^2$	$a^3$
عطارد				
الزهرة				
الأرض				
المريخ				
المشتري				



# دليل مراجعة الفصل

2

الفصل

**الفكرة العامة** تخضع الأجرام السماوية والأنظمة الفضائية لمجموعة من القوانين التي تحدد خصائص حركتها وديناميكيته السماوية.

## المفردات

## المفاهيم الرئيسية

### 2-1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

قانون كبلر الأول  
البعد الحضيضي  
البعد الأوجي  
قانون كبلر الثاني  
قانون كبلر الثالث  
سرعة الهروب

**الفكرة الرئيسية** قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها والسرعات التي تتحرك بها والكتل المتبادلة بينها.  
**قانون كبلر الأول** تدور الكواكب حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

$$r_p = a(1 - e) \text{ البعد الحضيضي}$$

$$r_a = a(1 + e) \text{ البعد الأوجي}$$

**قانون كبلر الثاني** الخط الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.

**قانون كبلر الثالث** مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

$$T^2 = a^3$$

$$V = 30 \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

السرعة المدارية لجرم سماوي

$$m = M \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$$

كتلة كوكب له تابع

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

سرعة إفلات الكوكب

### 2-2 التقنية الفضائية

**الفكرة الرئيسية** استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية من الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافية لدراستها.  
أنواع المركبات الفضائية.

- الأقمار الصناعية، وأنواعها: منخفضة - متوسطة - ثابتة - قطبية.
- محطات الفضاء.
- مركبات مأهولة.
- مركبات غير مأهولة.

المركبات الفضائية.  
القمر الصناعي.  
محطة الفضاء.  
مركبة الفضاء المأهولة.  
مركبة الفضاء غير المأهولة.

## مراجعة المفردات

وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يلي:

1. سرعة الهروب والسرعة المدارية.
2. المركبات المأهولة والمحطة الفضائية.
3. المدار القطبي والمدار الثابت.
4. مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب -----.
5. مركبات ----- يقودها رواد فضاء، ويقومون بتجارب عدة بها عبر معامل صممت لعدة أغراض.
6. أكمل الجدول التالي الذي يستعرض بعضاً من المهمات والتجارب الفضائية:

المهمة	المركبة الفضائية اللازمة
رصد البقع الشمسية	
أثر فقدان الجاذبية على العظام	
مراقبة ناقلات النفط	
جلب عينة من كويكب	
إصلاح منظار هابل	

## تشبيث المفاهيم الرئيسية

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

7. تعاونت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مع إدارة الفضاء الوطنية الصينية في مهمة:
  - a. تشانج ليونار.
  - b. ارتيميس.
  - c. ديسكفري ج.
  - d. ستاردست.
8. قانون يمكن منه إثبات أن سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس.
  - a. كبلر 1.
  - b. كبلر 3.
  - c. كبلر 2.
  - d. الجذب العام.

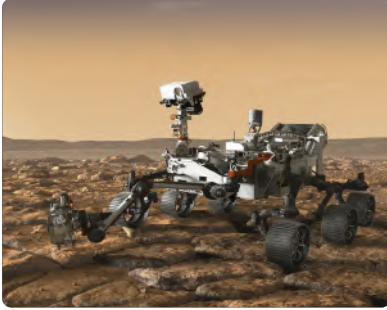
9. لاستقبال البث التلفزيوني فإننا نحتاج إلى قمر صناعي.

- a. ثابت المدار للأرض.
- b. منخفض المدار.
- c. متوسط المدار.
- d. قطبي المدار.

10. المدار المناسب لمحطة الفضاء الدولية.

- a. المدار الأرضي الثابت.
- b. المدار المنخفض.
- c. المدار المتوسط.
- d. المدار القطبي.

11. المركبة التي بالصورة التالية تمثل:



- a. محطة فضاء.
- b. قمر صناعي.
- c. مركبة غير مأهولة.
- d. مركبة مأهولة.

12. أكملت إحدى المركبات مهمتها على سطح المريخ، وأقلعت من على سطحه لتدور حوله بسرعة مدارية  $4.6 \text{ km/s}$ . فما مقدار سرعة الهروب من المريخ، وهل تستطيع الإفلات منه والعودة إلى الأرض؟

- a.  $5 \text{ km/s}$  لا تستطيع الإفلات.
- b.  $4 \text{ km/s}$  تستطيع الإفلات.
- c.  $19 \text{ km/s}$  لا تستطيع الإفلات.
- d.  $1.6 \text{ km/s}$  تستطيع الإفلات.

13. تدور مركبة فضاء حول المشتري في مدار دائري وعلى بعد من مركزه يساوي 100 مرة نصف قطره، فإن سرعة المركبة بوحدة  $\text{km/s}$ :

- a.  $0.1 \text{ km/s}$ .
- b.  $2 \text{ km/s}$ .
- c.  $0.01 \text{ km/s}$ .
- d.  $6 \text{ km/s}$ .

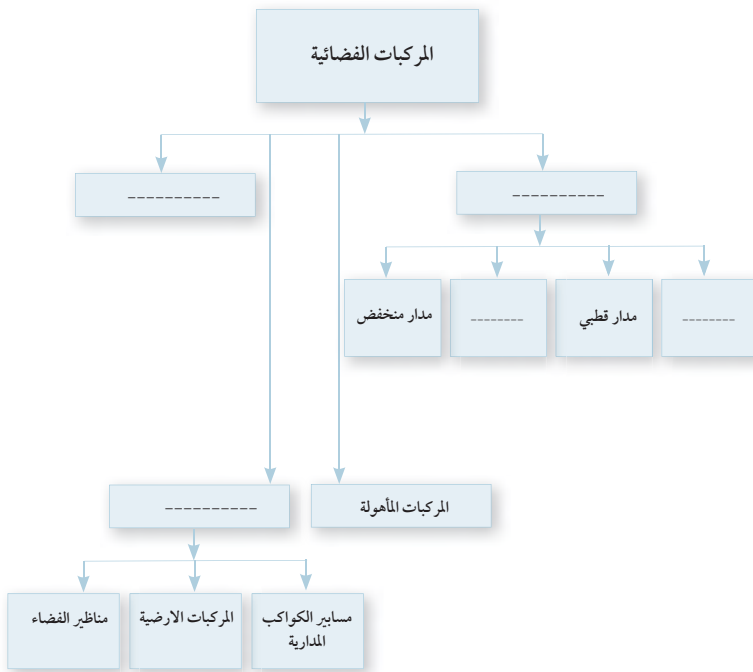




## تقويم الفصل

## خريطة مفاهيمية

19. أكمل خريطة المفاهيم التي توضح تقنيات المركبات الفضائية:



## سؤال تحفيز

**20.** يراد القيام بمهمة لدراسة أثر مخلفات كويكب على غلافنا الجوي. في ضوء دراستك للمركبات الفضائية، رتب اختيارك لهذه المركبات للقيام بهذه المهمة.

14. إذا أردنا إطلاق قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري بحيث تكون مدة دورته 24 hour؛ فإن بعده عن الأرض:

- .60000 km .a  
.35786 km .b  
.20000 km .c  
.400 km .d

## أسئلة بنائية

مستعيناً بالجدول الآتي أجب عن السؤال:

الكوكب	الفترة المدارية T (year)	نصف المحور a AU
عطارد	0.24	0.39
الزهرة	0.61	0.72
الأرض	1.00	1.00
المريخ	1.88	1.52
المشتري	11.9	5.20

15. **فسر سبب طول الفترة المدارية لكوكب المشتري؟**

16. اشرح سبب عدم إفلات الطائرات الحربية النفاثة من جاذبية الأرض (ابحث عن سرعة هذه الطائرات) وحوّلها بوحدّة  $\text{km/s}$ .

17. **صف طريقة توصيل المؤونة إلى رواد الفضاء بالمحطة الدولية للفضاء مسبقاً التقنيات الفضائية المستخدمة.**

## التفكير الناقد

**18.** استطاع تلسكوب جيمس ويب من التقاط صورٍ  
لمذنب قصير الفترة المدارية، يتحرك خلال مدارات  
كواكب النظام الشمسي في مسار قطع ناقص، مما قد  
ينتج عنه اصطدامٌ بكوكب الأرض. مستعيناً بقوانين  
كبلر وقانون الجذب العام، ادرس العوامل التي تؤثر  
في مساره مما تعطى العلماء أملاً في تجنب الاصطدام به.



# اختبار مقنن

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. إذا علمت أن متوسط نصف قطر مدار "تيتان" أكبر أقمار كوكب زحل يبلغ  $1.22 \times 10^9 \text{ m}$  وفترته المدارية 15.95 day. وهايريون قمر آخر من أقمار زحل يدور حوله بنصف قطر متوسط  $1.48 \times 10^9 \text{ m}$ . فإن الفترة المدارية لـهايريون بالأيام:

a. 23 day

b. 60 day

c. 120 day

d. 13 day

2. يدور كوكب عطارد حول الشمس بمتوسط نصف قطر مداري يبلغ  $5.8 \times 10^{10} \text{ m}$ . فإذا كانت كتلة الشمس  $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ . فإن الكوكب يستغرق للدوران حول الشمس مدة تقدر بـ:

a. 65 day

b. 39 day

c. 88 day

d. 48 day

3. إذا كان نصف قطر كوكب المشتري 71492 km وكانت كتلته  $(1.898 \times 10^{27} \text{ kg})$ ، فإن سرعة هروبه:

a. 59.2 km/s

b. 45 km/s

c. 68 km/s

d. 77 km/s

4. أول رائد فضاء هبط على أرض القمر هو:

a. باز الدرين.

b. آن ماكلاين.

c. نيل آرموسترانج.

d. آلان شيبارد.

5. يمكن تطبيق قانون العام للجاذبية بين:

a. الكواكب فقط.

b. أي جسمين.

c. الكواكب وأقمارها.

d. الأقمار الصناعية والأرض.

6. من الأمثلة على المركبات غير المأهولة:

a. القمر الصناعي.

b. محطة الفضاء الدولية.

c. منظار هابل.

d. a ، c معًا.

## أسئلة الإجابات القصيرة

7. ما أول كائن تم إرساله في تجربة للفضاء؟

8. ما أقصى ارتفاع لوضع الأقمار الصناعية في المدار الثابت الأرضي؟

9. ما العوامل المؤثرة لحساب قيمة سرعة هروب جرم ما من كوكب؟

10. كيف تأكد كبلر من صحة قوانينه الثلاث؟

11. ما العلاقة بين زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس وبعدها عنها؟



## القراءة والاستيعاب

يهدف برنامج تطوير نظام الإطلاق القابل لإعادة الاستخدام إلى تطوير مجموعة من التقنيات الجديدة لنظام إطلاق مداري يمكن إعادة استخدامه عدة مرات بطريقة مشابهة لقابلية إعادة استخدام المركبات الجوية. وبدأت شركة سبيس إكس في تطوير هذه التقنيات عبر سنوات عديدة لتسهيل وتسريع من إمكانية إعادة استخدام مركبات الإطلاق للفضاء. تشمل الأهداف طويلة الأمد لهذا المشروع على العودة بالمرحلة الأولى من مركبة الإطلاق إلى موقع الإطلاق بعد دقائق من إطلاق المركبة، والعودة بالمرحلة الثانية إلى منصة الإطلاق بعد محاذاة المركبة مدارياً مع موقع الإطلاق ثم دخول الغلاف الجوي في مدة أقصاها ٢٤ ساعة. ويعدّ الهدف طويل الأمد لشركة سبيس إكس هو تصميم مرحلتي مركبة الإطلاق المداري بشكل يسمح بإعادة استخدامها بعد بضع ساعات من العودة.

12. اعتماداً على النص السابق، ما المردود الإيجابي لهذا النظام؟

- a. تقليل مدة الرحلات الفضائية.
- b. ترشيد استهلاك الوقود.
- c. إعادة استخدام المركبة عدة مرات.
- d. تقليل وزن المركبة.

13. يفيد هذا النظام في:

- a. الرحلات الفضائية للكواكب.
- b. الرحلات المدارية القصيرة.
- c. الرحلات المدارية الطويلة.
- d. كل ما سبق.





**الفكرة العامة** المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

### 3-1 ما المعدن؟

**الفكرة الرئيسية** المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي، وشكل بلوري ثابت.

### 3-2 أنواع المعادن وأهميتها

**الفكرة الرئيسية** تصنف المعادن اعتماداً على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

### حقائق جيولوجية

- المعدل الزمني لتكوّن الهوابط في الكهوف يساوي آلاف السنين. وتفيد بعض التقديرات أن الهوابط تنمو بمعدل 10 cm كل 1000 عام؛ أي ما يعادل 0.1 mm كل عام.
- قد يعادل قطر أحد أنواع الهوابط الذي يسمى Soda Straw قطرة الماء التي تسقط منه بينما قد يتجاوز طوله تسعة أمتار.

الشيء الذي

ترسيب كربونات  
الكالسيوم

بلورات أراجونيت



## نشاطات تمهيدية

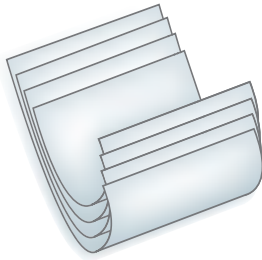
### تعرف المعادن

اعمل المطوية الآتية، وسجل فيها الخواص الفيزيائية التي تستخدم في تعرف المعادن.

### المطويات منظّمات الأفكار



**الخطوة 1:** ضع أربع أوراق من دفتر الملاحظات بعضها فوق بعض، متباعدة إحداها عن الأخرى بمقدار 2cm كما في الشكل المجاور.



**الخطوة 2:** اثن الطرف السفلي للأوراق لتكوين سبعة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.

**الخطوة 3:** ثبت الأوراق المطوية معاً بالدبابيس من الأعلى كما في الشكل المجاور.



**الخطوة 4:** اكتب الخواص الفيزيائية المستعملة في تعرف المعادن على كل لسان.

استخدم هذه المطوية في القسم 1-3، مع قراءتك هذا الدرس، صف الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن المستعملة في كل فحص.

## تجربة استهلاكية

### ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

رغم وجود آلاف المعادن في القشرة الأرضية، إلا أن لكل معدن خصائص فريدة تميزه عن غيره من المعادن. تدل هذه الخصائص على مكونات المعدن وعلى الطريقة التي تكوّن بها، وتستعمل الخواص الفيزيائية في التمييز بين المعادن.



### الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع قليلاً من حبيبات ملح الطعام (معدن الهاليت) على شريحة المجهر. ضع الشريحة على منضدة المجهر، أو شاهد الحبيبات باستخدام العدسة المكبرة.
3. ركز على حبيبة واحدة في كل مرة. عدّ أوجه كل حبيبة، ثم ارسمها.
4. اختبر بلورة كوارتز بعد ذلك باستخدام المجهر أو العدسة المكبرة. عدّ جوانب البلورة، ثم ارسمها. (قد لا تحتاج إلى عدسة مكبرة إذا كانت بلورة الكوارتز أو الهاليت كبيرة الحجم).

### التحليل

1. قارن بين شكل بلورة الكوارتز وبلورة الهاليت.
2. صف خواص أخرى لعيناتك المعدنية.
3. استنتج سبب الفروق التي شاهدها.







# 3-1

## What is a mineral? ما المعدن؟

### الأهداف

• تتعرف على المعدن.

• تصف كيف تتكون المعادن.

• تصنف المعادن حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

### مراجعة المفردات

العنصر: مادة نقية لا يمكن تفتيتها إلى مواد أبسط بطرائق فيزيائية أو كيميائية.

### المفردات الجديدة

المعدن

البلورة

البريق

القساوة

الانفصام

المكسر

المخدش

الوزن النوعي

**الفكرة الرئيسية** المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي، وشكل بلوري ثابت.

**الربط مع الحياة.** انظر حولك في غرفة صفك، لتجد الفلز في مقعدك والجرافيت في قلمك الرصاص، والزجاج في النوافذ. هذه الأشياء أمثلة على استعمال الإنسان المعاصر لمواد مصنوعة من المعادن.

## Mineral Characteristics الخصائص العامة للمعادن

تتكون القشرة الأرضية من 3000 معدن تقريباً، والمعدن Mineral مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد، انظر الشكل 1-3. وهذه المعادن كونت الصخور وشكلت سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية؛ فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما تمكن الإنسان وقتئذٍ من استخراج فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته. وقد قال تعالى في محكم آياته: ﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مِنْ يَضُرُّهُ، وَرُسُلَهُ، بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ﴾ سورة الحديد الآية 25.

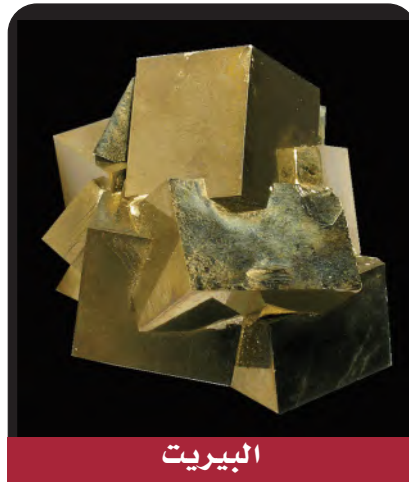
### تتكون بشكل طبيعي وغير عضوي

### Naturally occurring and inorganic

تتكون المعادن بطرائق طبيعية. لذا، فإن الألماس الصناعي والمواد الأخرى التي تم تحضيرها في المختبرات لا تعدّ معادن.



الكالسيت



البيريت

الشكل 1-3 تعكس أشكال بلورات المعادن الترتيب الداخلي لذراتها.



الشكل 2-3 تبلورت هذه القطعة من الكوارتز في حيز محصور ضمن كسر أو شق في الصخر.

### المفردات مفردات أكاديمية

محصور  
حيز صغير محدد



الكبريت



النحاس



الفضة

الشكل 3-3 بعض المعادن ومنها الكبريت والنحاس والفضة مكونة من عنصر واحد.



والمعادن مواد غير عضوية؛ فليست مكونة من مادة حية، ولا من مادة كانت حية، أو ناشئة عن نشاط حيوي. وبناء على هذه الخاصية يعدُّ الملح معدنًا، أما السكر الذي يستخرج من النبات فليس معدنًا. ماذا عن الفحم الحجري مثلاً؟ الفحم الحجري ليس معدنًا؛ لأنه تكون من مواد عضوية قبل ملايين السنين.

**بناء بلوري محدد Definite crystalline structure** المعدن له بناء بلوري محدد، وهذا يعني أن الذرات مرتبة في بناء هندسي منتظم ومتكرر، وينتج عن هذا البناء البلورة. **والبلورة Crystal** جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. وغالبًا ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكل البلورة نفسها الشكل 1-3 والشكل 2-3.

✓ **ماذا قرأت؟** صف الترتيب الذري لبلورة ما.

**مواد صلبة ذات تراكيب محددة Solids with specific compositions** المواد الصلبة لها شكل وحجم محددان، أما السوائل والغازات فليس لهما ذلك، لذا لا يعدان من المعادن.

لكل نوع من المعادن مكونات كيميائية خاصة به، وقد تكون هذه المكونات محددة أو متغيرة إلى حد ما. والقليل من المعادن ومنها المعادن الحرة (الأصلية) - وتشمل النحاس والفضة والكبريت - مكون من عنصر واحد فقط انظر الشكل 3-3، أما معظم المعادن فمكون من مركبات؛ فمعدن الكوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) مثلاً؛ مكون من ذرتين من الأكسجين وذرة واحدة من السيليكون. ورغم وجود معادن أخرى تحتوي على السيليكون والأكسجين، إلا أن نسب هذين العنصرين وترتيبهما في الكوارتز خاصيتان ينفرد بهما هذا المعدن.

**التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition** قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلاً تبعاً للظروف التي تتكوّن عندها بلوراتها. فمعدن الفلسبار البلاجيوكليزي مثلاً في الشكل 4-3 تتفاوت مكوناتها من معدن الألبيت الغني بالصوديوم الذي يتكون في درجات حرارة منخفضة، إلى معدن



الفلوريت



الكوارتز

الأنورثيت



اللابرادوريت



الأوليغوكليس



الألبيت



الشكل 3-4 مدى التغير في المكونات الكيميائية وما يتبعه من تغير في المظهر الخارجي كافيان لتعرّف أنواع معادن الفلسبار المتعددة بدقة.

الأنورثيت الغني بالكالسيوم الذي يتكون في درجات حرارة مرتفعة. وعندما يتبلور المعدن عند درجات حرارة متوسطة يدخل كل من الصوديوم والكالسيوم في البناء البلوري مُتَجَنِّين طبقات متبادلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسببين ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر الشكل 3-4. وينتج عن هذا التغير الطفيف في مكونات المعدن الكيميائية تغيّر في مظهره الخارجي.

### الصخور تتكون من معادن Rock-Forming minerals

رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريباً في القشرة الأرضية، إلا أن ثلاثين معدناً فقط هي الأكثر شيوعاً. وتشكّل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية. لذا يشار إليها أنها المعادن المكونة للصخور، وهي مكونة من ثمانية عناصر هي الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية وهي الأكسجين والسيليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم.

**معادن تتبلور من الصهارة Minerals from magma** تسمى المادة المصهورة التي تتكون وتتجمع تحت سطح الأرض الصهارة. وهي أقل كثافة من الصخور الصلبة المحيطة بها، لذا يمكنها الصعود نحو طبقات الأرض العليا الباردة ثم تتبلور.

إذا بردت الصهارة ببطء في الأعماق فسوف يكون لدى الذرات وقت كاف لترتب نفسها في بلورات كبيرة الحجم، كما في صخر الجرانيت المبين في الشكل 3-5. أما إذا وصلت إلى سطح الأرض ولامست الماء أو الهواء فإنها تبرد بسرعة، وتتكون بلورات صغيرة. ويسهم عدد العناصر الموجودة في الصهارة ونوع هذه العناصر في تحديد نوع المعدن المتكون.

✓ **ماذا قرأت؟** صنف أنواع المعادن المتبلورة من المحاليل ؟







الجرانيت



الملح الصخري

الشكل 3-5 تكونت البلورات في هاتين العينتين بطرائق مختلفة. صف الفرق بين هاتين العينتين.

**المعادن المتبلورة من المحاليل Minerals from solutions** تذوب الأملاح في مياه المحيطات مكونة محلولاً ملحيًا، وعندما يصبح المحلول مشبعًا بمادة مذابة فلا يمكنه إذابة المزيد منها، فإذا ذابت كمية أكبر يصبح فوق المشبع، وعندئذٍ تنهيا الظروف لتكوين المعادن؛ حيث ترتبط الذرات المنفردة بعضها مع بعض، وترسب مكونة بلورات المعادن.

وقد تتبلور المعادن من المحاليل أيضًا عند تبخر الماء؛ حيث تترسب المعادن المذابة في المحلول. وتسمى المعادن المتكونة من تبخر السوائل المتبخرات. ومن ذلك تكون الملح الصخري كما في الشكل 3-5 بفعل عملية التبخر. ويوضح الشكل 3-6 تكون المتبخرات الملحية في سبخة القصب في المملكة العربية السعودية.

## تعرّف المعادن Identifying Minerals

يجري الجيولوجيون كثيرًا من الاختبارات لتعرف المعادن. وتعتمد هذه الاختبارات على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن، ومنها: الشكل البلوري والبريق، والقساوة والانقسام والمكسر والمخدش واللون والنسيج والكثافة والوزن النوعي، وبعض الخواص الأخرى.

**الشكل البلوري Crystal Form** بعض المعادن تمتاز بأشكال بلورية مميزة يمكن تعرّفها بسهولة. فالهاليت (ملح الطعام) غالبًا ما تكون بلوراته المكعبة كاملة الأوجه، وبلورات الكوارتز ذات النهايتين المدببتين والمحاطة بستة أوجه جانبية تمثل ميزة لها تسهل تعرّفها، انظر الشكل 3-7. ولأن البلورات المكتملة النمو نادرة التشكل، لذا يندر تعرّف المعدن اعتمادًا على شكل بلوراته.

**البريق Luster** تسمى الكيفية التي يعكس بها المعدن الضوء الساقط على سطحه **البريق Luster**. ويوجد نوعان من البريق: الفلزي واللافلزي. فالفضة والذهب والنحاس والجالينا لها سطوح لامعة تعكس الضوء، كما تعكس قطع السيارة



الشكل 3-6 تكونت هذه المتبخرات بسبب تبخر الماء المالح المتجمع في السبخة.





المصنوعة من الكروم الضوء الساقط عليها، لذا يقال إن هذه المعادن بريقاً فلزياً. والمعادن ذات البريق الفلزي ليست جميعها فلزات، ولكن سطحها لامع كالفلزات. أما المعادن ذات البريق اللافلزي - ومنها الكالسيت والجبس والكبريت والكوارتز - فلا تلمع كالفلزات. ويوصف البريق اللافلزي بأنه باهت أو لؤلؤي أو شمعي أو حريري أو أرضي (مطفي). ويوضح الشكل 8-3 الفرق في البريق الناتج بسبب الاختلافات في المكونات الكيميائية للمعدنين.

✓ **ماذا قرأت؟** عرّف مصطلح البريق.

**القساوة Hardness** أكثر الاختبارات مصداقية واستخداماً في تعرّف المعادن هو **القساوة Hardness** وهو مقياس لقابلية المعدن للخدش. وقد طور الجيولوجي الألماني فريدريك موهس مقياساً لتعرف قساوة المعادن المجهولة، بمقارنتها بقساوة عشرة معادن معلومة القساوة. والمعادن المختارة في مقياس موهس يمكن تعرّفها بسهولة، ويكثر وجودها في الطبيعة إلا الألماس.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح ماذا تقيس القساوة؟

يمثل معدن التلك الدرجة رقم 1 في مقياس موهس للقساوة؛ لأنه من أطرى المعادن، ويمكن خدشه بظفر الأصبع. وفي المقابل فإن الألماس يمثل الرقم 10 في المقياس نفسه. لذا يستخدم لجعل أدوات القطع ومنها مثقاب الحفر ومعدات الصقل أكثر حدة. ويوضح الشكل 9-3 معدني الماس والكورندوم.

ويستخدم المقياس المبين في الجدول 1-3 بالطريقة الآتية: المعدن الذي يُخدش بظفر الإصبع قساوته تعادل 2 أو أقل، والمعدن الذي لا يُخدش بظفر الإصبع ويُخدش قطعة نحاسية تتراوح قساوته بين 2.5 - 3.5. أما المعدن الذي يُخدش قطعة نحاسية فقساوته أكبر من 3.5. ويمكن أن تستخدم مواد أخرى شائعة كتلك المدوّنة في الجدول. ويوضح الشكل 10-3 معدنين مختلفين في قساوتهما.



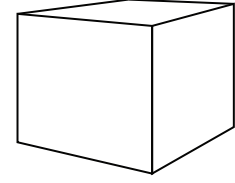
الكاولينيت



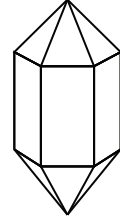
التلك



الشكل 8-3 المظهر الصفيحي اللامع للتلك يكسبه بريقه اللؤلؤي، في حين أن الكاولينيت - وهو أيضاً معدن أبيض لكنه على النقيض من التلك - ذو بريق أرضي.



بلورة مكعبة الشكل



بلورة سداسية الأوجه

الشكل 7-3 توجد المعادن المكتملة بأشكال بلورية مميزة لها يمكن من خلالها تعرّفها.

### مهن مرتبطة بالمعادن

**مهندس التعدين** : يقوم بعمليات استخراج المعادن وتقييم جدوى مواقع التعدين وتحديد مدى إمكانية الاستفادة من موقع التعدين والمناجم من الناحية التجارية والأشرف على عمليات التنقيب التي تحدث داخل الأرض .



الألماس



الكورندوم

الشكل 9-3 أكثر المعادن قساوة هما معدني الألماس والكورندوم ودرجتا قساوتهما 10 و9 بالترتيب.



الشكل 10-3 المعدن العلوي يمكن خدشه بظفر الأصبع. والمعدن الشفاف السفلي لا يمكن خدشه بظفر الأصبع ولكن يخدشه معدن آخر.

حدد أي المعدنين أكثر قساوة؟

الجدول 1-3 مقياس موهس للقساوة		المعدن
القساوة	قساوة بعض المواد الشائعة	
1		التلك
2	ظفر الأصبع = 2.5	الجبس
3	قطعة نحاسية = 3.5	الكالسيت
4	مسار حديدي = 4.5	الفلوريت
5	الزجاج = 5.5	الأباتيت
6	نصل السكين = 6.5	الفلسبار
7	قطعة بورسلان = 7	الكوارتز
8		التوباز
9		الكورندوم
10		الألماس

### الانقسام والمكسر Cleavage and Fracture يُحدّد البناء البلوري كيف تنكسر

المعادن، فهي تنكسر بسهولة عند المستويات التي تكون الروابط الذرية على طولها ضعيفة. ويقال عن المعدن الذي ينقسم بسهولة وبشكل مستو في اتجاه واحد أو أكثر أن له انقسامًا **Cleavage**. ولتعرف المعدن حسب انقسامه يقوم الجيولوجيون بعدّ مستويات الانقسام، ودراسة الزوايا بينها. فعلى سبيل المثال، لمعدن المايكا انقسام بمستوى واحد إذ ينقسم إلى رقائق بسبب ضعف الروابط الذرية له.

الشكل 11-3 يوضح انقسام مكعب تام لمعدن الهاليت؛ بمعنى أنه يفصل بمستويات ثلاثة؛ بسبب ضعف التجاذب الذري على طول هذه المستويات.

أما معدن الكوارتز فينكسر بدون انتظام بحواف متعرجة بسبب الترابط الذري المحكم. ويقال عن المعادن التي تنكسر بحواف خشنة متعرجة إن لها مكسرًا **Fracture**. فالصوان والجاسبر والكالسيدوني (أنواع مختلفة من الكوارتز المجهرى البلورات) تظهر مكسرًا فريدًا بأشكال قوسية تشبه زخارف أصداف المحار، ويسمى هذا المكسر مكسرًا محاريًا.

**المخدش Streak** يترك المعدن الذي يُخدش بقطعة البورسلان مسحوقًا ملونًا على سطحها. والمخدش **Streak** هو لون مسحوق المعدن، ويكون مخدش المعادن اللافلزية في العادة أبيض اللون، لذا يكون المخدش مفيدًا جدًا في تعرّف المعادن الفلزية أكثر من المعادن اللافلزية، وقد لا يشبه مخدش المعدن الفلزي لونه الخارجي، كما في الشكل 12-3. فعلى سبيل المثال يوجد معدن الهيماتيت بهيئتين ينجم عنهما مظهران مختلفان. فالهيماتيت الذي يتكون بفعل التجوية والتعرض للهواء والماء يكون مظهره صديًا، وبريقه أرضيًا، بينما الهيماتيت الذي تكوّن من الصهارة لونه فضي، ومظهره فلزي، أما مخدشهما فأحمر إلى بني. ولا يمكن أن نستخدم المخدش إلا مع المعادن الأظرى من قطعة الخزف، وهذا سبب آخر يجعل استعمال المخدش في تعرّف المعادن محدودًا.



الصوان



الكوارتز



الهاليت

الشكل 11-3 للهاليت انفصام مكعب تام؛ فهو ينكسر إلى قطع بزوايا 90 درجة. أما معدن الكوارتز فإن الروابط القوية فيه تمنع حدوث الانفصام. أما المكسر المحاري فيميّز المعادن التي تتكون من بلورات لا ترى بالعين المجردة مثل الصوان.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر أي نوع من المعادن يمكن تعرّفه باستعمال المخدش؟

**اللون Color** من أهم الخصائص الملاحظة في المعدن، ولكنه أقل الخصائص في تعرّف المعادن. وينتج اللون أحياناً من وجود بعض العناصر النادرة أو المركبات داخل المعدن. فعلى سبيل المثال، يكون الكوارتز أبيض اللون كما في الشكل 2-3

## تجربة

### تعرّف الانفصام والمكسر

كيف يستخدم الانفصام في تعرف المعادن؟ يتكون الانفصام عندما ينكسر المعدن في مستويات الروابط الضعيفة، وإن لم يكن للمعدن انفصام يظهر مكسراً. وتعد طريقة تعرف وجود انفصام أو عدم وجوده وتحديد عدد مستويات الانفصام طريقة ذات مصداقية في تعرف المعادن.

### خطوات العمل

#### الجزء الأول

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في كراسة التجارب العملية.
2. احصل على عينات لخمس معادن من معلمك، وصنفها في مجموعتين: الأولى المعادن التي لها انفصام، والأخرى المعادن التي لا انفصام لها.
3. رتب المعادن التي لها انفصام إلى مستويات من الانفصام الأقل إلى الأكثر. ما عدد المستويات التي تظهرها كل عينة؟ عرّف هذه المعادن إن استطعت.

#### التحليل

1. سجّل عدد مستويات الانفصام، أو وجود مكسر في العينات السبع.
2. قارن بين زوايا الانفصام للعينتين 6، 7. وهل تمثل العينتان نفس المعدن أم لا؟
3. توقع نتيجة ما يحصل لكل معدن منها لو ضرب بمطرقة.







الشكل 12-3 رغم أن هاتين القطعتين من الهيماتيت مختلفتان في المظهر، إلا أن مחדشهما واحد (لون المسحوق نفسه)؛ لأن مكوناتهما الكيميائية واحدة.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

السابق ولكنه أيضًا يوجد بألوان مختلفة، كما في الشكل 13-3؛ بسبب وجود عناصر نادرة فيه. فالجاسبر الأحمر والجمشت الأرجواني والسترين البرتقالي تحتوي على كميات وأشكال مختلفة من الحديد. أما الكوارتز الوردي فيحتوي على المنجنيز أو التيتانيوم. وسبب ظهور الكوارتز بلون حليبي أنه يحتوي على فقاعات من الغازات والسوائل المحصورة في البلورة.

**الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity** قد يكون لمعدنين أحيانًا الحجم نفسه، إلا أن كليهما مختلفان بسبب اختلاف كثافتهما. فإذا كان لديك عيتان من الذهب والبيريت لهما الحجم نفسه، فسوف تكون كتلة الذهب أكبر؛ لأن كثافته أكبر. والكثافة انعكاس للكتلة الذرية وبنائية المعدن، فكثافة البيريت  $5.2 \text{ g/cm}^3$ ، وكثافة الذهب  $19.3 \text{ g/cm}^3$ . ويمكن حساب الكثافة من خلال العلاقة:  $D = \frac{M}{V}$  حيث  $D$  الكثافة،  $M$  الكتلة، و  $V$  الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعدن فإنها وسيلة ناجحة لتعرّف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخدامًا من قِبل الجيولوجيين **الوزن النوعي Specific gravity**، وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة  $4^\circ \text{C}$ . فمثلاً، الوزن النوعي للبيريت 5.2، والوزن النوعي للذهب النقي 19.3.

**النسيج Texture** يصف النسيج ملمس المعدن، وتعدّ هذه الخاصية غير مميزة للمعادن، مثلها في ذلك مثل خاصية البريق، ويمكن وصف النسيج بأنه ناعم أو خشن أو متعرج أو شحمي أو صابوني. فمثلاً، نسيج الفلوريت في الشكل 14-3 ناعم، بينما نسيج التلك في الشكل 8-3 شحمي.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر العلاقة بين الوزن النوعي والكثافة.



الكوارتز الوردي



السترين



الجمشت



الجاسبر الأحمر (اليشب)

الشكل 13-3 تحتوي هذه العينات المختلفة وجميعها من الكوارتز على السيليكون والأكسجين، وتحدد الشوائب لون العينة.







الشكل 14-3 يختلف الإحساس بالنسيج من شخص لآخر. توصف عينة الفلوريت هذه بأنها ناعمة.

**صفات خاصة Special Properties** هناك الكثير من الصفات الخاصة التي يمكن استعملها في تعرف المعادن، ومنها: المغناطيسية، والانكسار المزدوج وتتصاعد الفقاعات الغازية عند تفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك والفلورة، كما في الجدول 2-3.

الجدول 2-3 صفات خاصة ببعض المعادن					الجدول 2-3
الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الفلوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسيت فتتصاعد الفقاعات محدثة صوتًا للفلوران.	المغناطيسية تحدث بين المعادن المحتوية على الحديد.	تعدد الألوان سببه انكسار الأشعة الضوئية.	التضوء (الفلورة) تحدث عندما تتعرض بعض المعادن للأشعة فوق البنفسجية التي تجعلها تتوهج في الظلام.	الخاصية
سبار أيسلند (كالسيت شفاف).	الكالسيت	الماجنيتيت البيروتيت	لابرادورايت	الفلوريت الكالسيت	المعدن
					مثال



## التقويم 1-3

### الخلاصة

- المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، ولها مكونات كيميائية محددة، وترتيب ذريّ داخليّ منتظم.
- البلورة مادة صلبة، تترتب الذرات فيها وفق ترتيب معين بصورة متكررة.
- تتكون المعادن من الصهارة أو من محاليل فوق مشبعة.
- يتمّ تعرف المعادن اعتماداً على خواصها الفيزيائية والكيميائية.
- لتعرّف نوع المعدن بشكل دقيق نحتاج إلى إجراء اختبارات متعددة له منها: تحديد القساوة، وتحديد الوزن النوعي.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. اذكر سببين لعدم اعتبار النفط معدناً.
2. عرف المقصود بأن المعادن تتشكل بصورة طبيعية.
3. قارن بين تكون المعادن من الصهارة، ومن المحاليل.
4. ميز بين الخواص الأكثر مصداقية والأقل مصداقية للمعادن.

### التفكير الناقد

5. وضح كيف يمكنك فحص قساوة معدن الفلسبار باستخدام كل مما يأتي: قطعة زجاج، عملة نحاسية، قطعة بورسلان.
6. توقع مدى نجاح الفحص المخبري الذي يقوم به الطلاب لمقارنة المخدش واللون لكل من الفلوريت والكوارتز والفلسبار.

### الرياضيات في الجيولوجيا

7. احسب حجم 5 g من الذهب النقي، إذا علمت أن كثافة الذهب  $19.3 \text{ g/cm}^3$ .





## 3-2

### أنواع المعادن وأهميتها

### Types and importance of Minerals

**الفكرة الرئيسية** تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

**الرابط مع الحياة.** يُصنف كل شيء في العالم إلى مجموعات مختلفة، فالطعام والحيوانات والنباتات وغيرها تُصنف في مجموعات اعتمادًا على بعض صفاتها أو خصائصها. ولا تختلف المعادن في ذلك؛ حيث تُصنف هي أيضًا في مجموعات.

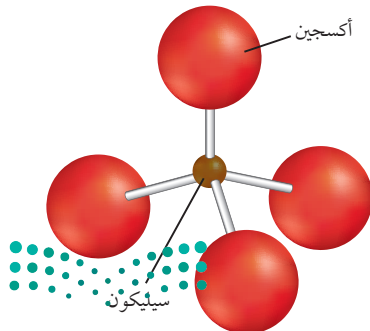
### مجموعات المعادن Minerals Groups

ترتبط العناصر بعضها مع بعض بطرائق وأشكال ونسب مختلفة، وينتج عن ذلك تكون آلاف المعادن. ولتسهيل دراسة المعادن وفهم خواصها صَنَّفَهَا الجيولوجيون إلى مجموعات، ولكل مجموعة طبيعة كيميائية محددة وخصائص مميزة.

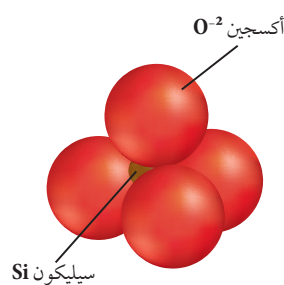
**السيليكات Silicate** يُعد الأكسجين أكثر العناصر شيوعًا في القشرة الأرضية، يليه السيليكون، وتسمى المعادن المحتوية على الأكسجين والسيليكون وعنصر آخر أو أكثر -في الغالب- **السيليكات Silicate**. وتشكل السيليكات 96% تقريبًا من المعادن الموجودة في القشرة الأرضية. ويتبع المعدنان الأكثر شيوعًا (الفلسبار والكوارتز) مجموعة السيليكات.

وحدة البناء الأساسية للمعادن السيليكاتية هي سيليكات الهرم الرباعي الأوجه المبين في الشكل 3-15. **والهرم الرباعي الأوجه Tetrahedron** جسم صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم، لذا يمكن تسميته هرم السيليكات. من المعروف أن الإلكترونات في مستويات الطاقة الأخيرة في الذرة تسمى إلكترونات التكافؤ. ويحدد عدد إلكترونات التكافؤ نوع وعدد الروابط الكيميائية التي تشكلها الذرة، ولأن لذرة السيليكون أربعة إلكترونات تكافؤ، فلديها القدرة على الارتباط بأربع ذرات أكسجين بطرائق متعددة، مما يسمح بوجود معادن السيليكات بتركييب متنوعة، وخصائص مختلفة. كما في الشكل 3-16 والشكل 3-17.

نموذج هرم رباعي الأوجه



منظر مصمت لهرم سيليكات رباعي الأوجه



### الأهداف

- تتعرف مجموعات المعادن المختلفة.
- توضح مجسم السيليكات الرباعي الأوجه.
- تناقش كيف تستعمل المعادن؟

### مراجعة المفردات

رابطة كيميائية: القوة التي تربط ذرتين إحداهما بالأخرى.

### المفردات الجديدة

السيليكات

الهرم الرباعي الأوجه

الخام

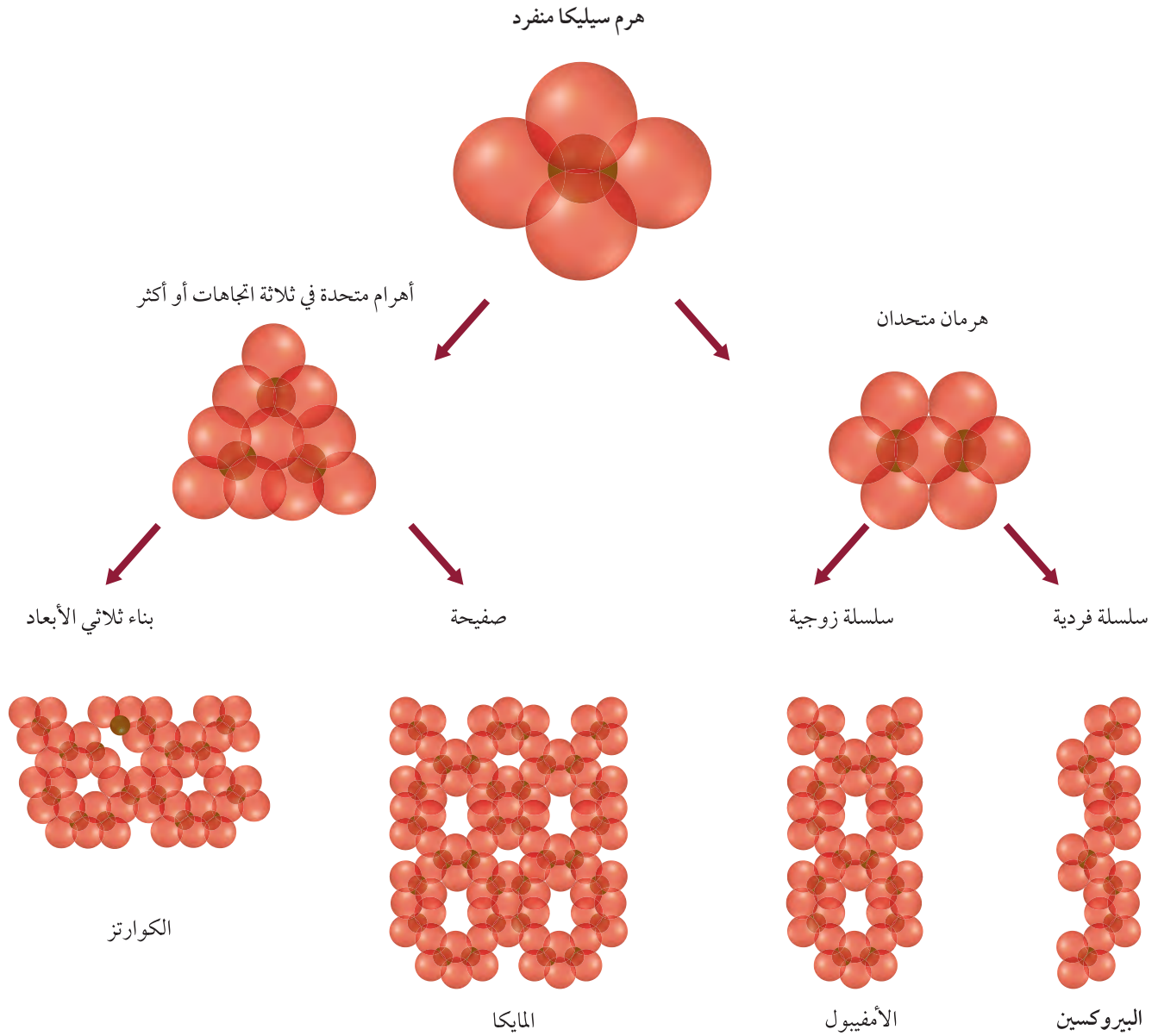
الأحجار الكريمة

**الشكل 3-15** يشكل أيون السيليكات  $\text{SiO}_4^{4-}$  ما يسمى سيليكات رباعي الأوجه (هرم السيليكات)؛ حيث توجد ذرة السيليكون في مركزه الذي يرتبط برابطة تساهمية مع أيونات الأكسجين.

**حدد** عدد الذرات في الهرم الواحد.

# أهرامات السيليكا Silica Tetrahedron

الشكل 16-3 تحتوي أهرامات السيليكا على أربعة أيونات أكسجين مرتبطة مع ذرة سيليكون مركزية، وتتحد أهرامات السيليكا، بعضها مع بعض على شكل سلاسل وصفائح وتراكيب معقدة، وتصبح هذه التراكيب معادن سيليكاتية متعددة في الأرض.





**الكربونات Carbonates** تختلف المعادن السيليكاتية اعتمادًا على ترتيب أهرامات السيليكا فيها. فمثلاً ترتبط أهرامات السيليكا على شكل سلاسل زوجية في الإسبستوس بينما ترتبط على شكل صفائح في المايكا. وفي كلا النوعين تكون الروابط ضعيفة بين السلسلتين وبين كل صفيحتين. يتحد الأكسجين بسهولة مع معظم العناصر تقريباً مكوناً مجموعات معدنية منها الكربونات. والكربونات معادن مكونة من أيونات فلز أو أكثر موجبة الشحنة متحدة مع أيون الكربونات  $\text{CO}_3^{2-}$  سالبة الشحنة.

ومن أمثلة الكربونات: الكالسيت والدولوميت والرودوكروزييت. وتوجد معادن الكربونات في الصخور الجيرية والرخام، وتمتاز بعض معادن الكربونات ومنها الكالسيت بتعدد ألوانها بسبب وجود شوائب فيها، كذلك يتميز معدن الرودوكروزييت بلونه الوردي المبين في الشكل 18-3.

**الأكاسيد Oxides** مركبات تتألف من أكسجين وفلز. وتعد معادن الهيماتيت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  والماجنتيت  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  أكاسيد حديد شائعة، ومصدرًا جيدًا للحديد. ومعدن اليورانينيت  $\text{UO}_2$  معدن قيم؛ لأنه يشكل المصدر الرئيس لليورانيوم المستخدم في إنتاج الطاقة النووية.

**الفوسفات Phosphate** معادن تحتوي على أيون الفوسفات  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\text{Ph}_4$ ) ضمن تركيبها الكيميائي. ومن أشهر معادن هذه المجموعة الأباتيت ( $\text{F, Cl, OH}$ )  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)$ ، وتستخدم الفوسفات في صناعة الأسمدة وإنتاج حامض الفوسفوريك.

**المجموعات الأخرى Other groups** هناك مجموعات معدنية رئيسية أخرى، ومنها الكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والعناصر الحرة (الأصلية). فالكبريتيدات - ومنها البيريت  $\text{FeS}_2$  - مركبات تتألف من الكبريت وعنصر واحد أو أكثر. أما الكبريتات - ومنها الأنهدريت  $\text{CaSO}_4$  - فهي مركبات لعناصر متحدة مع أيون الكبريتات  $\text{SO}_4^{2-}$ . وتتكون الهاليدات - ومنها معدن الهاليت  $\text{NaCl}$  - من أيونات الكلوريد أو الفلوريد متحدة مع كالسيوم أو صوديوم أو



الإسبستوس



المايكا

الشكل 17-3 بعض المعادن السيليكاتية.

الشكل 19-3 استعمالات المعادن عبر الزمن تغيرت قيم المعادن واستعمالاتها عبر الزمن.

800 ق.م استعمل الألماس في الهند، ومنها انتشر إلى أماكن أخرى في العالم، في القطع، والحفر، وفي الحلي.



3000-3300 ق.م شاعت الأسلحة البرونزية في منطقة الشرق الأدنى مع بزوغ فجر الإمبراطوريات القوية.

500 قبل الميلاد

3000 قبل الميلاد

10000 قبل الميلاد

506 ق.م سيطرت روما على صناعة الملح في أوستايا. وقد دفعت روما رواتب جنودها على شكل حصص من الملح.



1000-1200 ق.م أصبح البرونز في الشرق الأدنى نادرًا، واستعمل الحديد بدلاً منه في صناعة الأدوات والأسلحة.



9000-12000 ق.م أدى الطلب على الأوبسديان وهو زجاج بركاني يستخدم في صنع الأدوات إلى تشكل أول طريق تجاري طويل.

بوتاسيوم. والعناصر الحرة - ومنها الفضة Ag أو النحاس Cu - مكونة من عنصر واحد فقط كما في الشكل 3-3 السابق.

## المعادن الاقتصادية Economic Minerals

تستعمل المعادن في صناعة الحواسيب والسيارات والتلفزيونات والمكاتب والطرق والبنائات والمجوهرات والدهانات وأدوات الرياضة والأدوية، وفي صناعات أخرى كثيرة. وتوضح الاستعمالات المختلفة للمعادن عبر التاريخ بدراساتك المخطط الزمني في الشكل 3-19.

**الخامات Ores** كثير من المواد التي سبق ذكرها مصنوع من الخامات. ويسمى المعدن **خامًا Ore** إذا احتوى على مواد قيمة يمكن تعدينها، بحيث تكون مجدية اقتصاديًا. فالهيماتيت على سبيل المثال خام يحتوي على عنصر الحديد، فالمواد المصنوعة من الحديد في غرفة صفك مصدرها على الأغلب خام الهيماتيت، والمواد المصنوعة من الألومنيوم مصدرها خام البوكسيت، والدراجه النارية في الشكل 3-20 مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلميت.

ويتم استكشاف المعادن الاقتصادية بطرق مختلفة منها الاستشعار عن بُعد Remote Sensing؛ وتستخدم هذه الطريقة من خلال الأقمار الاصطناعية أو طائرات تحمل معدات خاصة؛ لجمع بيانات ومعلومات عن الخامات المعدنية، أو التراكيب الجيولوجية المصاحبة للتجمعات المعدنية على سطح الأرض. وتعتمد هذه الطريقة على قياس مقدار الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة أو المنعكسة عن الأجسام المراد دراستها، ثم معالجتها باستخدام برمجيات خاصة، ورسم صور وخرائط للأجسام المدروسة. ومن الخامات المعدنية التي يتم استكشافها بهذه الطريقة: النحاس، والذهب، وخامات الحديد.

ويوجد في المملكة العربية السعودية الكثير من الخامات الاقتصادية، من أهمها الذهب الذي يستخرج من مناجم مهد الذهب والصخيبرات والحجار والأمار. ومن الخامات الأخرى: الفضة والنحاس والنيكل والكروم والزنك.



الرودوكروزييت

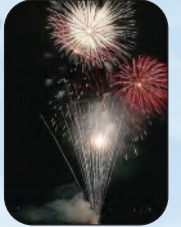


الكالسيت

الشكل 3-18 من الأمثلة عن الكربونات الرودوكروزييت والكالسيت.

900-800 م استعمل الكيميائيون

الصينيون الملح الصخري وعنصري الكبريت والكربون في صناعة ملح البارود الذي استعمل للمرة الأولى في الألعاب النارية، واستعمل في وقت لاحق في الأسلحة.



1546 م ساعدت مناجم الفضة

في أمريكا الجنوبية الأسبان على تأسيس تجارة عالمية قوية، وتوفير الفضة اللازمة في صك النقود.

2006 م هنالك 242 محطة طاقة

نووية وقودها اليورانيوم تعمل عبر العالم بقدرة كلية مقدارها 369.566 جيجا وات.

2000 ميلادية

1500 ميلادية

500 ميلادية

1927 م حققت أول ساعة كوارتز

نجاحًا في الحفاظ على دقة الوقت. وقد ساهمت خصائص الكوارتز في تطوير

صناعة المذياع والرادار والحاسوب.



400-200 م مكنت أدوات الزراعة والأسلحة

الحديدية الناس من الهجرة عبر إفريقيا لاستصلاح الأراضي وإقامة المستوطنات والحلول محل مجتمعات الصيد.

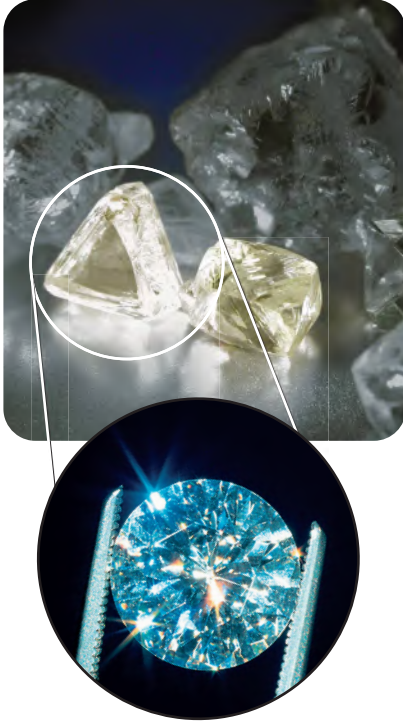
يلخص الجدول 3-3 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسية.

الجدول 3-3		مجموعات المعادن الرئيسية
المجموعة	الأمثلة	الاستعمالات الاقتصادية
السيليكات	المايكا (بيوتيت) أوليفين $Mg_2SiO_4$ الكوارتز $SiO_2$ الفيرميكيوليت	نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج يضاف لتربة الأرص
الكبريتيدات	البيريت $FeS_2$ المركزيت $FeS_2$ الجالينا $PbS$ السفاليريت $ZnS$	صناعة حمض الكبريتيك مجوهرات خام الرصاص خام الزنك
الأكاسيد	الهيماتيت $Fe_2O_3$ الكوروندم $Al_2O_3$ اليورانينيت $UO_2$ الإلمنيت $FeTiO_3$ الكروميت $FeCr_2O_4$	خام حديد، صبغة حمراء حجر جليخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.
الكبريتات	الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	أعمال المسح، مثبت لتصلب الأسمنت أعمال المسح الجيولوجية.
الهاليدات	الهاليت $NaCl$ الفلوريت $CaF_2$ السلفيت $KCl$	ملح الطعام، علف للمواشي، قاتل للأعشاب، إعداد الأطعمة وحفظها صناعة الفولاذ، صناعة أدوات الطهي صناعة الأسمدة
الفوسفات	الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(OH, F, Cl)_2$	صناعة الأسمدة
الكربونات	الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$	صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير، مصدر للكالسيوم والمغنسيوم في الفيتامينات
العناصر الحرة الطبيعية (الأصلية)	الذهب $Au$ النحاس $Cu$ الفضة $Ag$ الكبريت $S$ الجرافيت $C$	العملات المعدنية والمجوهرات العملات المعدنية والأسلاك الكهربائية والمجوهرات العملة والمجوهرات والتصوير الأدوية والصناعات الكيميائية (أعواد الثقاب والألعاب النارية) أقلام الرصاص والتشحيم



الشكل 20-3 أجزاء من هذه الدراجة مصنوعة من التيتانيوم؛  
لخفة وزنه ومتانته الجيدة، مما يجعله فلزاً مثاليًا للاستخدام





**الأحجار الكريمة Gems** ما الذي يجعل الياقوت أكثر قيمة من المايكا؟ لندرته، ولكونه أكثر جمالاً من المايكا، لذا يعتبر الياقوت من الأحجار الكريمة. **والأحجار الكريمة Gems** معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلاً عن قساوتها ومقاومتها للخدش. والأحجار الكريمة تصقل، وتستعمل في صناعة المجوهرات. ويوضح الشكل 21-3 ألماساً مصقولاً وآخر غير مصقول.

يؤدي وجود بعض الشوائب أحياناً في أحد المعادن إلى جعله ذا لون مختلف، وأعلى ثمناً من المعدن النقي نفسه. فالجُمشت حجر كريم من الكوارتز حيث يحتوي على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجياً، ومعدن الكوروندم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر حدة يوجد أيضاً في شكلين من الأحجار الكريمة هما: الياقوت ruby والزفير Sapphir؛ حيث يحتوي الياقوت على كميات نادرة من عنصر الكروم، بينما يحتوي الزفير على مقدار ضئيل من الكوبالت والتيتانيوم.

الشكل 21-3 يظهر جمال الأحجار الكريمة الحقيقي بمجرد قطعها وصلقلها.

## التقويم 2-3

### الخلاصة

- ترتبط ذرة من السيليكون مع أربع ذرات من الأكسجين لتكوين هرم رباعي الأوجه.
- مجموعات المعادن الرئيسة تتضمن السيليكات والكربونات والأكاسيد والكبريتات والفوسفات والكبريتيدات والهاليدات والعناصر الحرة.
- يحتوي الخام على مادة قيمة، تعدينها مُجدٍ اقتصادياً.
- الأحجار الكريمة معادن قيمة لندرته وجمالها.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. صغ جملة توضح العلاقة بين العناصر الكيميائية وخواص المعادن.
2. اعمل قائمة توضح العنصرين الأكثر شيوعاً في القشرة الأرضية، واذكر اسم المجموعة المعدنية التي يشكلانها.

### التفكير الناقد

3. كوّن فرضية تفسر لماذا لا يعد الأوبال معدناً.
4. قوم أي الفلزات الآتية يفضل استخدامه في الأدوات الرياضية وفي التطبيقات الطبية: التيتانيوم الذي وزنه النوعي 4.5 ويحتوي على Ti فقط، أم الفولاذ الذي وزنه النوعي 7.7 ويحتوي على Cr و O و Fe؟

### الكتابة في الجيولوجيا

5. صمّم إعلاناً لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعياً، وضمن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.



# السياحة الجيولوجية

## في الميدان

### الدحول في المملكة العربية السعودية



تعتبر الدحول الصحراوية في المملكة العربية السعودية واحدة من أجمل وأروع المناطق السياحية الطبيعية في الصحراء. وقد تكونت هذه الدحول ببطء عبر مئات الألوف من السنين. وتقوم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بدراسة الدحول، ومنها الواقعة في منطقة الصمان شمال شرق الرياض، واتخاذ الإجراءات اللازمة للمحافظة عليها.

والدحول - مفردها دحل - فتحات في الأرض، أشبه بالأنفاق، يصل قطر فوهة بعضها إلى حوالي ٢٠ مترًا. وتتكون الدحول نتيجة تسرب المياه عبر الشقوق في الصخور، ومع مرور الزمن يذوب الصخر وتتكون الدحول. وتنمو في الدحول بلورات من معدني الكالسيوم والجبس بأشكال وألوان مميزة، وتختلف البلورات في أطوالها حيث يتجاوز بعضها المتر أحيانًا.

كيف تكونت هذه البلورات؟ تحتاج البلورات إلى أشياء عدة لكي تتكون، أولها الفراغ وهو الدحل، وتحتاج البلورات في تكوينها أيضًا إلى مصدر من الماء غني بالمعادن الذائبة. وهناك عوامل أخرى أيضًا، منها: الضغط، درجة الحرارة، مستوى الماء في الكهف، كيميائية المياه الغنية بالمعادن.

ومن الدحول المشهورة في المملكة العربية السعودية: دحل سلطان الذي يقع بالقرب من قرية المعاقلة في منطقة الصمان الذي يتميز بمدخل ضيق، يقود إلى بهو رائع، تتدلى من سقفه الهوابط الجميلة. وفيه ممرات عديدة، ممتدة، ويمتلئ في الشتاء بالمياه.

ومن الدحول أيضًا دحل درب نجم، في صحراء المجمعة الشرقية وهو أقدم الدحول المكتشفة، ودحل هيت في جبال الجبيل بالقرب من الخرج وهو من أعجب وأغرب الدحول في المملكة العربية السعودية؛ حيث اكتشف في باطنه بحيرة تقع على عمق مئة متر تقريبًا تحت سطح الأرض. كذلك دحل المربع ودحل المفاجأة في منطقة الصمان الذي يوصف بأنه أجمل الدحول على الإطلاق؛ لما فيه من مناظر خلابة ناتجة عن تبلور معدن الكالسيوم على شكل هوابط وصواعد وأعمدة في غرفتي الثريا والأنياب.

### الجيولوجيا

#### الكتابة في

بحث: ابحث في الإنترنت والموسوعات العلمية حول أحد الدحول أو الكهوف الشهيرة، أو زر - مصطحبًا معلمك - أحد الدحول القريبة من منطقتك، ووثق زيارتك بصور أو عينات صخرية تجمعها ثم اكتب تقريرًا يتضمن المعلومات التي حصلت عليها

# دليل مراجعة الفصل

3

الفصل

المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

الفكرة العامة

المفاهيم الرئيسية

المفردات

3-1 ما المعدن؟

- الفكرة الرئيسية** المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، لها تركيب كيميائي، وشكل بلوري ثابت.
- المعادن مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد.
  - البلورة جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. وغالبًا ما يمثل البناء الداخلي المنتظم للمعدن شكل البلورة.
  - المعادن تتبلور من الصهارة، ومن المحاليل فوق المشبعة.
  - لتمييز المعادن بطريقة صحيحة لا بد من اختبار أكثر من خاصية.

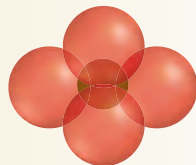


المعدن  
البلورة  
البريق  
القساوة  
الانفصام  
المكسر  
المخدش  
الوزن النوعي

3-2 أنواع المعادن وأهميتها

- الفكرة الرئيسية** تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.
- تحاط ذرة السيليكون في مجموعة السيليكات بأربع ذرات أكسجين لتشكل هرم السيليكات.
  - مجموعات المعادن الرئيسية هي: السيليكات والكربونات والأكاسيد والفوسفات والكبريتيدات والكبريتات والهاليدات والعناصر الحرة.
  - الخام يحتوي على مواد قيّمة يمكن تعدينها بحيث تكون مجدية اقتصاديًا.
  - يمكن تصنيف المعادن اعتمادًا على صفاتها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية.
  - الأحجار الكريمة معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلًا عن قساوتها ومقاومتها للخدش.

سيليكات  
هرم رباعي الأوجه  
الخام  
الأحجار الكريمة



## مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الذي يصف كلاً من العبارات الآتية استعن بما ورد في دليل مراجعة الفصل:

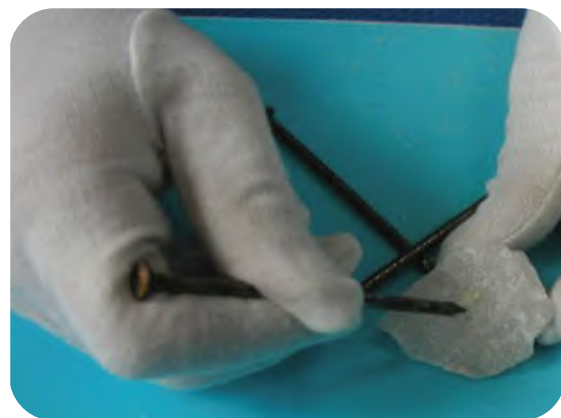
1. العنصر أو المركب غير العضوي الصلب الذي يوجد في الطبيعة.
2. الأشكال الهندسية المنتظمة والمرتبطة بنمط متكرر في المعادن.
3. مجموعة المعادن المحتوية على السيليكون والأكسجين.

وضّح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

4. خام، حجر كريم.
5. سيليكات، هرم رباعي الأوجه.
- أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:
6. تُظهر المعادن التي تنكسر عشوائياً .....
7. فحص الـ ..... يحدد المواد التي يחדشها المعدن.

## تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن سؤال 8.



8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟

- a. النسيج
- b. المكسر
- c. الانفصام
- d. القساوة

9. ما الخاصية التي تؤدي إلى تكسر معدن الجالينا إلى مكعبات صغيرة؟

- a. الكثافة
- b. البناء البلوري
- c. القساوة
- d. البريق

10. ما الخاصية المستعملة في تصنيف المعادن إلى مجموعات منفردة؟

- a. البناء الذري الداخلي.
- b. وجود أهرامات السيليكا أو عدم وجودها.
- c. المكونات الكيميائية.
- d. الكثافة والقساوة.

11. معدن كتلته 100 g وحجمه  $50 \text{ cm}^3$ . ما كثافته؟

- a.  $5000 \text{ g/cm}^3$
- b.  $2 \text{ g/cm}^3$
- c.  $5 \text{ g/cm}^3$
- d.  $150 \text{ g/cm}^3$

12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟

- a.  $\text{SiO}_2$
- b.  $\text{Si}_2\text{O}_2^{+4}$
- c.  $\text{SiO}_4^{-4}$
- d.  $\text{Si}_2\text{O}_2$





17. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى

أي مجموعة معدنية ينتمي؟

a. السيليكات c. الأكاسيد

b. الكربونات d. الكبريتات

18. أي معدن تتصاعد منه فقاعات غازية (فوران) عند

ملامسته حمض الهيدروكلوريك؟

a. الكوارتز c. الجبس

b. الكالسيت d. الفلوريت

19. ما الخاصية التي تصف المصطلحات الآتية: باهت،

حريري، شمعي، لؤلؤي، أرضي؟

a. البريق c. اللون

b. المخدش d. الانقسام

20. ماذا يتطلب المعدن لكي يعتبر خامًا؟

a. أن يكون شائعًا.

b. ألا يسبب إنتاجه تلوثًا.

c. أن يوجد بصورة تلقائية في الطبيعة.

d. أن يحقق إنتاجه ربحًا اقتصاديًا.

### أسئلة بنائية

21. فسّر لماذا يختلف لون حجر الياقوت عن لون الزفير

رغم أنها شكلان لمعدن الكورندوم؟

22. صف الأثر الضوئي الناجم عن وضع قطعة شفافة

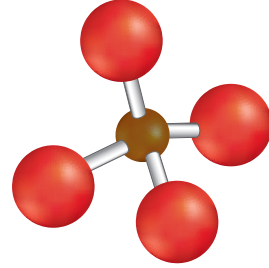
من معدن سبار أيسلندا (نوع من معدن الكالسيت)

فوق كلمة جيولوجيا في كتاب ما.

23. لخص عملية تكون بلورات سكر في كأس من الشاي

الساخن محلي بالسكر.

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 13 و 14



13. أين يرتبط رباعي الأوجه بعضه مع بعض؟

a. في مركز ذرة السيليكون.

b. عند أي ذرة أكسجين.

c. عند ذرة الأكسجين العلوية فقط.

d. عند ذرات الأكسجين السفلية فقط.

14. أي مجموعات المعادن الآتية تتكون بشكل رئيس من

شكل رباعي الأوجه؟

a. السيليكات c. الكربونات

b. الأكاسيد d. الكبريتات

15. أي المعادن الآتية لا يمكن تحديد مחדشه باستعمال

صفحة البورسلان؟

a. الهيماتيت c. الفلسبار

b. الذهب d. الماجنيتيت

16. أي من العناصر الآتية أكثر شيوعًا في القشرة

الأرضية؟

a. الصوديوم c. الحديد

b. السيليكون d. الكربون

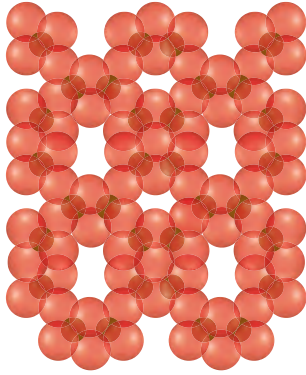




30. قوّم تخيل أنه تم اكتشاف حجر كريم أكثر إبهاراً من الألماس والياقوت. قوّم العوامل التي ستؤخذ بعين الاعتبار لتقدير قيمة الحجر الكريم الجديد مقارنةً بالأحجار الكريمة المعروفة.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 31 و 32 :

31. استنتج المايكا معادن سيليكاتية صفائية تترتب ذراتها، كما في الشكل أعلاه. ما الذي يربط هذه الصفائح التي تتكون من هرم رباعي الأوجه سالب الشحنة؟



32. صف نوع الانفصام في المعادن التي لها التركيب الذري الموضح في الشكل.

24. كوّن فرضية أي الخواص المعدنية نتيجة مباشرة لترتيب الذرات أو الأيونات في البلورات؟ وضح إجابتك.

25. قارن للألماس والجرافيت المكونات الكيميائية نفسها. ما أوجه الشبه والاختلاف بين هذين المعدنين؟ ولماذا يعد الألماس حجراً كريماً بخلاف الجرافيت؟

#### التفكير الناقد

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال 26.



26. ارسم كيف يكون التركيب الذري لبلورة هذا المعدن إذا كان شكل البلورة انعكاساً خارجياً له؟

27. اقترح أفضل المعادن - ما عدا الألماس - التي يمكن أن تُستخدم في صنع ورق الصنفرة؟ وضح إجابتك مستخدماً الجدول 1-3.

28. قرّر أي المواد الآتية ليست معادن؟ النفط، الخشب، الفحم، الفولاذ، الأسمت، الزجاج. ولماذا؟

29. استدل كيف استعمل المنقبون الأوائل في المناجم الكثافة في تحديد إذا كان المعدن الذي وجدوه بيريتاً أم ذهباً؟



## خريطة مفاهيمية

33. ارسم خريطة مفاهيمية مستعملًا المصطلحات الآتية:  
سيليكات، أكاسيد، هاليدات، كبريتات، كربونات،  
كبريتيدات، فوسفات، عناصر حرة (أصلية)، أضف  
أي مصطلحات مساعدة.

## سؤال تحفيز

34. رتب بالإضافة إلى السيليكات الصفائية هناك  
سيليكات السلاسل والسيليكات الثلاثية الأبعاد  
والسيليكات الحلقية. رتب ستة أهرامات سيليكات  
على شكل سيليكات حلقية، وتأكد من ربط ذرات  
الأكسجين بدقة.



استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6:

المعدن	القساوة	المعدن	القساوة
التلك	1	الفلسبار	6
الجبس	2	الكوارتز	7
الكالسيت	3	التوباز	8
الفلوريت	4	كورندوم	9
الأباتيت	5	الألماس	10

5. بم تصف الألماس من واقع البيانات الواردة في الجدول؟

- المعدن الأثقل.
  - المعدن الأبطأ في التكون.
  - الأكثر انتظاماً في البناء البلوري.
  - لا يمكن خدشه بأي معدن آخر.
6. أي معدن يخدش الفلسبار ولا يخدش التوباز؟
- الكوارتز
  - الكالسيت
  - الأباتيت
  - الألماس
7. التخطيط الجيد لإجراء تجربة لا يشترط بالضرورة وجود واحد من العناصر الآتية:
- التقنية.
  - تحديد المتغيرات.
  - صياغة الفرضيات.
  - جمع البيانات.

## اختيار من متعدد

1. أي العناصر الآتية ترتيبه الثاني من حيث وفرة في القشرة الأرضية؟

- النيتروجين
- الأكسجين
- السيلكون
- الكربون

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3:

المعدن	القساوة	الوزن النوعي	البريق / اللون
الفلسبار	6-6.5	2.5-2.8	لافلزي / شفاف أو أبيض
الفلوريت	4	3-3.3	لافلزي / أزرق، أصفر، بنفسجي، أخضر، بني
الجالينا	2.5-2.75	7.4-7.6	فلزي / رمادي، أسود
الكوارتز	7	2.65	لافلزي، شفاف عندما يكون نقياً

2. أي المعادن الآتية أكثر قساوة؟

- الفلسبار
- الفلوريت
- الجالينا
- الكوارتز

3. أي المعادن الآتية ذات لمعان فلزي؟

- الفلسبار
- الفلوريت
- الجالينا
- الكوارتز

4. أي الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟

- اللون
- المخدش
- القساوة
- البريق



# اختبار مقنن

## أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل معامِل التحويل والجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 8-10:  
1.0 قيراط = 0.2g

ألماس	قيراط	جرام
ماسة سام: أكبر ماسة في العالم وجدت في الولايات المتحدة	40.4	؟
ماسة بنش جون: ثاني أكبر ماسة في العالم	؟	6.89
ماسة تريزا: اكتشفت عام 1888م	21.5	4.3
جمل إنتاج غرب أستراليا من الألماس في العام 2001 م	21,679,930	؟

- رتب الماسات الثلاث من الأصغر إلى الأكبر حسب أوزانها بالقيراط وسجل وزن كل منها.
- كم كيلو جراماً من الألماس أنتجت غرب أستراليا في العام 2001 م؟
- لماذا يحول منقبو الألماس قياساتهم من القيراط إلى الجرام؟
- لماذا يعاد تصنيف بعض المعادن من خام اقتصادي إلى معدن غير اقتصادي؟
- عرّف البريق، وبيّن لماذا يصعب استعمال البريق في تعرف المعادن؟
- لماذا تصنف بعض المعادن خامات، ولا تصنف معادن أخرى كذلك؟

## القراءة والاستيعاب

### السيليكون

السيليكون Si ثاني أكثر العناصر انتشاراً في القشرة الأرضية. إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في

صناعة الأجهزة الإلكترونية، ويوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحياناً في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، ويوجد أيضاً في الكواكب والنجوم. لا يوجد السيليكون منفرداً في الطبيعة، بخلاف الذهب أو الفضة، بل يوجد دائماً متحداً مع عناصر؛ منها الأكسجين O والألومنيوم Al والمغنسيوم Mg والكالسيوم Ca والصوديوم Na والبوتاسيوم K والحديد Fe، وغيرها من العناصر، ويكون مجموعة السيليكات، وهي أكبر المجموعات الكيميائية، وأكثرها تعقيداً.

لون السيليكون رمادي باهت، ووزنه النوعي 2.42، وتكافؤه مثل تكافؤ الكربون، وقد دخل السيليكون في مجموعة من الصناعات الكيميائية، منها كريد السيليكون الذي يستعمل لشحذ أدوات القطع، ومطاط السيليكون المستعمل في السدادات، والزيوت والدهانات. والسيليكون من العناصر شبه الموصلة، لذا يستعمل في الخلايا الشمسية لتوليد التيار الكهربائي من الضوء، ويستعمل في صنع الرقائق الإلكترونية والترانزستورات.

14. اعتماداً على النص السابق؛ أيّ خصائص السيليكون الآتية تشكل تحدياً لاستخدامه؟

- يحيط به هالة من الإلكترونات.
- لونه رمادي باهت.

c. لا يوجد منفرداً في الطبيعة.

d. واسع الانتشار في أماكن عديدة.

15. أيّ الصناعات الآتية لا تعتمد على الحالة الكيميائية للسيليكون؟

- مطاط السيليكون والسدادات.
- كريد السيليكون والحجارة التي تشحذ أدوات القطع.
- الرقائق الإلكترونية.
- الزيوت والدهانات.

16. لماذا لم يكن السيليكون معروفاً بشكل واسع قبل انتشار الأجهزة الإلكترونية؟





بيروكسين

أوليغين

بلاجيوكلينز

**الفكرة العامة** تقسم الصخور الى ثلاثة أنواع؛ هي الصخور النارية، والصخور الرسوبية، والصخور المتحولة.

#### 1-4 ما الصخور النارية؟

**الفكرة الرئيسية** الصخور النارية صخور تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض أو على سطحها ثم تتبلور.

#### 2-4 تصنيف الصخور النارية

**الفكرة الرئيسية** يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.

#### 3-4 تشكل الصخور الرسوبية

**الفكرة الرئيسية** تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

#### 4-4 أنواع الصخور الرسوبية

**الفكرة الرئيسية** تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكيلها.

#### 5-4 الصخور المتحولة

**الفكرة الرئيسية** تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

#### حقائق جيولوجية

- بنيت الكعبة المشرفة في عهد نبي الله إبراهيم عليه السلام.
- تم بناؤها باستخدام الصخور البازلتية المتوافرة في مكة المكرمة.
- تبلغ مساحة الكعبة المشرفة تقريباً 145 m<sup>2</sup>، وارتفاعها 14 m.

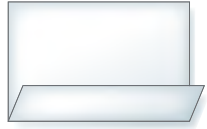
## نشاطات تمهيدية

### أنواع الصخور

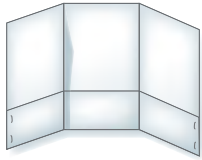
اصنع المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع الصخور الثلاثة.

### المطويات

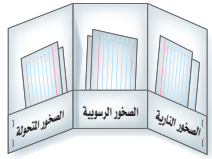
#### منظّمات الأفكار



**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



**الخطوة 3** ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعنونها على النحو الآتي: الصخور النارية، والصخور الرسوبية، والصخور المتحولة.

**استخدم هذه المطوية** مستعملاً ثلث ورقة تكتب فيها ملخصاً عن كيفية تكوّن كل نوع من الصخور مع إعطاء أمثلة.

**المجهر المستقطب** يختص بدراسة المعادن والصخور وذلك بقياس خصائصها البصرية لتحديد التركيب المعدني لها من خلال عينات يتم صقلها لتكون شرائح رقيقة ينفذ الضوء من خلالها.

## تجربة استهلاكية

### كيف نتعرف الصخور؟

تتكون الصخور النارية من معادن مختلفة، ويمكن تمييز تلك المعادن في بعض أنواع الصخور النارية التي تتكون من بلورات معدنية كبيرة.

### الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. افحص عيّنة من الجرانيت بالعين المجردة، وسجّل ملاحظاتك من خلال المجهر المستقطب.
3. استعمل عدسة مكبرة أو مجهرًا مستقطب لمشاهدة عيّنة الجرانيت، وسجّل ملاحظاتك.
4. استعمل مجهرًا مستقطبًا لمشاهدة شرائح رقيقة من عينة الجرانيت وتعرف على المحتوى المعدني.



### التحليل

1. وضح ما شاهدته من خلال العدسة المكبرة أو المجهر المستقطب. ضمّن رسمك مقياساً للرسم توضح من خلاله النسبة بين حجم البلورات في العينة وحجمها على الرسم.
2. عدّد أنواع المعادن التي شاهدتها في عيّنتك.
3. صف أشكال بلورات المعادن وحجومها.
4. اكتب أي دليل يفيد أن هذه البلورات تكوّنت من صخر مصهور.







## ما الصخور النارية؟ What are Igneous Rocks?

**الفكرة الرئيسية** الصخور النارية صخور تتكوّن عندما تبرد المواد المنصهرة في باطن الأرض أو على سطحها ثم تبلور.

**الربط مع الحياة.** تستخدم الصخور النارية في العديد من المجالات ومنها: مجال البناء وفي المطابخ وواجهات المباني ورصف الشوارع.

### تكوّن الصخور النارية Igneous Rocks Formation

لو أنك تابعت فيلمًا عن بركان نشط لشاهدت كيف تتكون الصخور النارية. وكما درست سابقًا، فإن الصهارة صخور مصهورة توجد تحت سطح الأرض. أما **اللاابة Lava** فهي صهارة تتدفق على سطح الأرض. تتكون **الصخور النارية Igneous Rock** عندما تبرد الصهارة أو اللاابة وتبلور المعادن.

تمكّن العلماء من صهر معظم أنواع الصخور في المختبر بتسخينها إلى درجات حرارة تتراوح بين  $800^{\circ}\text{C}$  و  $1200^{\circ}\text{C}$ . وتتوافر درجات الحرارة هذه في الطبيعة في الجزء السفلي من القشرة الأرضية، وفي الجزء العلوي من الستار. ما هو مصدر هذه الحرارة؟ يعتقد العلماء أن مصدري الطاقة الحرارية الأرضية هما: الطاقة المتبقية من تكوّن الأرض من الصهير الأولي، وطاقة التحلل الإشعاعي للعناصر.

**مكونات الصهارة Composition of magma** يعتمد نوع الصخر الناري المتكوّن على مكونات الصهارة، والصهارة خليط من صخر مصهور وغازات مذابة وبلورات معدنية، والعناصر الشائعة في الصهارة هي نفسها العناصر الرئيسية في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكالسيوم Ca، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والمغنيسيوم Mg. ومن بين جميع المركبات الموجودة في الصهارة، تعد السيليكا من أكثرها شيوعًا وتأثيرًا في خصائصها.

### الأهداف

- تتلخص تكون الصخور النارية.
- تصف مكونات الصهارة.
- تعرف العوامل التي تؤثر في كيفية انصهار الصخور وتبلورها.

### مراجعة المفردات

السيليكات: معادن تحتوي على السيليكون والأكسجين، مع وجود واحد أو أكثر من عناصر أخرى غالبًا.

### المفردات الجديدة

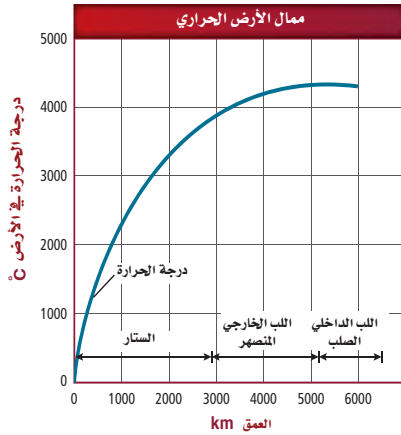
اللاابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

التبلور الجزئي





الشكل 1-4 متوسط الممال الحراري في القشرة الأرضية  $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$  تقريباً، ويعتقد العلماء أنها تهبط بشدة إلى  $1^{\circ}\text{C}/\text{km}$  في السطح.



الشكل 2-4 تصادف آلة الحفر عند عمق 3Km صخوراً درجة حرارتها قريبة من درجة غليان الماء، وتزداد درجة حرارة الجزء العلوي من القشرة مع زيادة العمق  $30^{\circ}\text{C}/\text{Km}$  تقريباً.

## أنواع الصهارة

### الجدول 1-4

نوع الصهارة	المحتوى من السيليكا	مثال
بازلتية	42 – 52%	حرات المدينة المنورة
أنديزيتية	52 – 66%	جبال الأنديز
ريولايتية	أكثر من 66%	متنزه يلوستون - أمريكا

وتصنف الصهارة اعتماداً على محتواها من السيليكا - كما هو مبين في الجدول 1-4 إلى بازلتية أو أنديزيتية أو ريولايتية. ويؤثر محتوى الصهارة من السيليكا في درجة انصهارها وسرعة تدفقها.

وعندما تتحرر الصهارة من الضغط الواقع عليها من الصخور المحيطة بها تتمكن الغازات الذائبة فيها من الانطلاق إلى الغلاف الجوي. لذا تختلف مكونات اللابة الكيميائية قليلاً عن المكونات الكيميائية للصهارة التي نتجت اللابة عنها.

**تكوّن الصهارة Magma formation** تتكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض، أو مادة السطح. وهناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر في تكوّن الصهارة، هي: درجة الحرارة، الضغط، المحتوى المائي، المحتوى المعدني لمادة القشرة أو السطح. وتزداد درجة الحرارة عادة كلما تعمقنا في القشرة الأرضية، وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة الممال الحراري، وهي ممثلة في الشكل 1-4. ولدى حفاري آبار النفط خبرة مباشرة في الممال الحراري الأرضي؛ فآلات الحفر -كتلك المبينة في الشكل 2-4- يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على  $200^{\circ}\text{C}$  في أثناء حفر آبار النفط العميقة. يزداد الضغط أيضاً مع زيادة العمق، وهذا ناجم عن وزن الصخور العلوية. وتفيد التجارب المختبرية أنه مع ازدياد الضغط الواقع على الصخور تزداد درجة الانصهار. لذلك فإن الصخر الذي ينصهر عند  $1100^{\circ}\text{C}$  على سطح الأرض ينصهر عند درجة  $1400^{\circ}\text{C}$  على عمق 100 km.

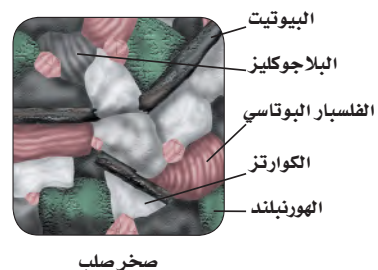
أما العامل الثالث الذي يؤثر في تكوين الصهارة فهو المحتوى المائي الذي يغير من درجة انصهار الصخور التي تقل بازدياد المحتوى المائي.

📌 **ماذا قرأت؟** عدد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكوين الصهارة.



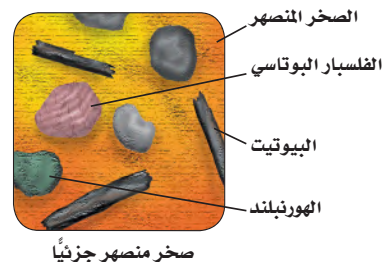


**المحتوى المعدني Mineral content** لكي نفهم كيف تعتمد الصهارة على عناصرها ومركباتها؛ من المفيد إلقاء الضوء على المحتوى المعدني للصهارة. المعادن المختلفة لها درجات انصهار مختلفة؛ فعلى سبيل المثال تنصهر صخور البازلت التي تتكون من معادن الأوليفين والفلسبار الكلسي والبيروكسين عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بصخور الجرانيت أو الريولايت التي تتكون من الكوارتز والفلسبار البوتاسي.



إن درجة انصهار صخر الجرانيت أقل من درجة انصهار صخر البازلت؛ لأنه يحتوي على ماء أكثر، ولعادته درجات انصهار أقل.

وعموماً تنصهر الصخور المحتوية على الحديد والماغنيسيوم -ومنها البازلت- عند درجات حرارة أعلى، مقارنة بالصخور المحتوية على نسب أعلى من السيليكون، ومنها الجرانيت.



**الانصهار الجزئي Partial melting** افترض أنك جمدت شمعا منصهراً وماء في قالب مكعبات جليد، وأخذت هذا القالب خارج الثلاجة وتركته في درجة حرارة الغرفة؛ سوف ينصهر الجليد، ولكن الشمع لن ينصهر. والسبب في ذلك هو اختلاف درجتي انصهارهما. تنصهر الصخور بالطريقة نفسها لاختلاف درجات انصهار المعادن التي تحتويها. لذلك لا تنصهر جميع أجزاء الصخر عند درجة الحرارة نفسها. وهذا يفسر لماذا تُكوّن الصهارة غالباً مزيجاً من بلورات ومصهور صخري. وتسمى عملية انصهار بعض المعادن عند درجات حرارة منخفضة مع بقاء معادن أخرى صلبة **الانصهار الجزئي Partial Melting**. انظر الشكل 3-4. ويضاف مع صهر كل مجموعة معدنية عناصر جديدة إلى خليط الصهارة، مما يؤدي إلى تغير في مكوناتها، وإذا لم تكن درجات الحرارة كافية لصهر الصخر بأكمله فإن مكونات الصهارة الناتجة ستختلف عن مكونات الصخر الذي تكونت منه، وهذه إحدى الطرائق التي تتكون بها الأنواع المختلفة من الصخور النارية.

الشكل 3-4 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما عندما تبدأ درجة الحرارة بالإرتفاع. **حدد** ماذا تتوقع أن تكون درجة انصهار الكوارتز اعتماداً على هذا الشكل؟

✓ **ماذا قرأت؟** لخص لماذا تختلف مكونات الصهارة الكيميائية عن المكونات الكيميائية للصخر الأصلي؟

## التبلور الجزئي Fractional Crystallization

عندما تبرد الصهارة تتبلور معادنها بترتيب عكس ترتيب انصهار بلورات المعادن في حالة الانصهار الجزئي، بمعنى أن آخر المعادن انصهاراً تكون أولها تبلوراً.

وتسمى عملية تصلب بلورات المعادن وانفصالها **التبلور الجزئي Fractional crystallization**. وتشبه هذه العملية عملية الانصهار الجزئي في أن تركيب الصهارة يتغير في كل منهما. وفي هذه الحالة تنفصل البلورات التي تتكون في البداية عن الصهارة، ولا تستطيع التفاعل معها، فتصبح الصهارة المتبقية غنية بالسيليكا.



# تجربة

## مقارنة الصخور النارية

كيف تختلف الصخور النارية بعضها عن بعض؟ للصخور النارية خصائص كثيرة مختلفة. فاللون وحجم البلورات تعدّ من المعالم التي نستطيع من خلالها تمييز الصخور النارية بعضها عن بعض.

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر الموجود في دليل التجارب العملية، واملأه.
2. احصل على مجموعة من عينات صخرية نارية من معلمك.
3. لاحظ الخصائص الآتية لكل صخر: مجمل اللون، حجم البلورات، والمكونات المعدنية (إن أمكن).
4. صمّم جدول بيانات لتدوين ملاحظاتك.

## التحليل

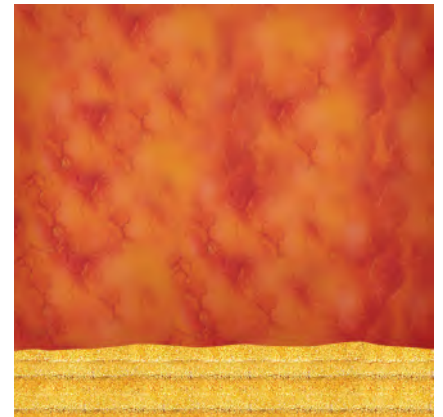
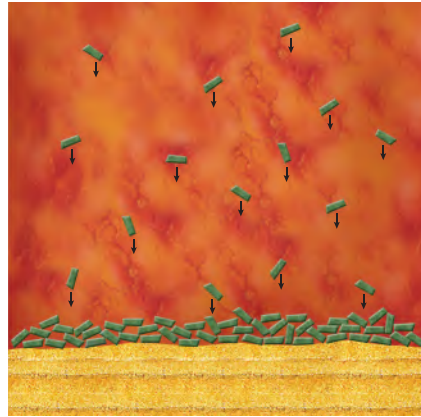
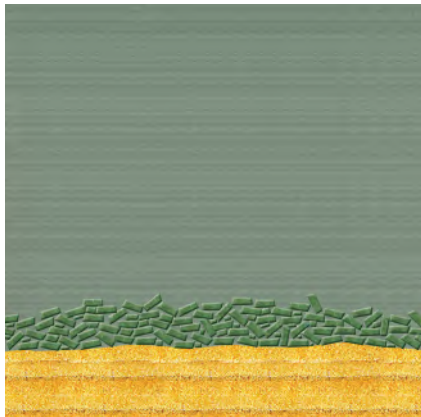
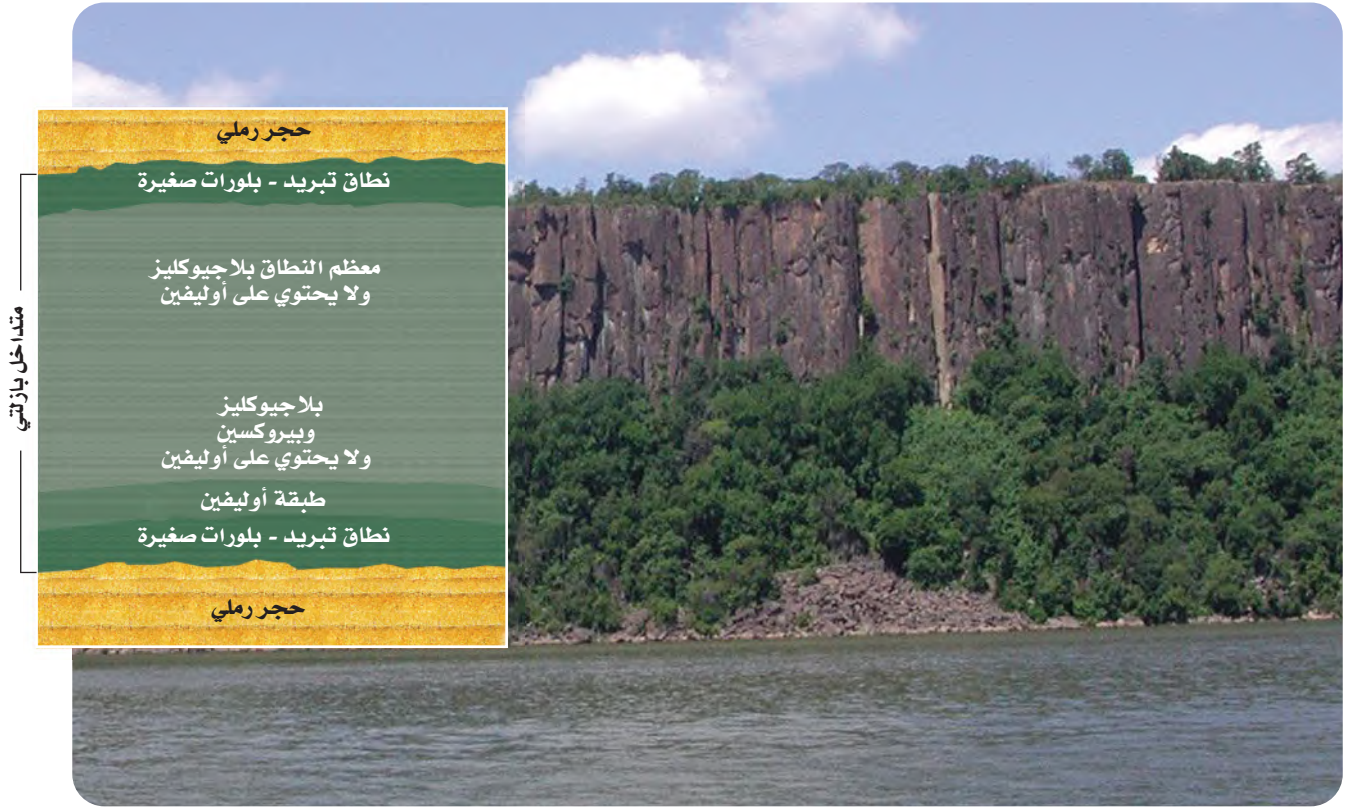
1. صنّف عيناتك إما بازلتية وإما أنديزيتية وإما ريوليتية. [تلميح: كلما زاد محتوى الصخر من السيليكا يصبح لونه فاتحاً].
2. قارن بين عيناتك باستخدام جدول البيانات. كيف تختلف؟ ما الخصائص التي تشترك فيها المجموعات؟
3. خنّ الترتيب الذي تبلورت به العينات.



# التبلور الجزئي وترسب البلورات

## Fractional Crystallization and Crystal Settling

الشكل 4-4 تعد عتبة باليسيد (Palisade Sill) في وادي نهر هدسون (Hudson) في نيويورك ونيوجيرسي مثالاً على عملية التبلور الجزئي وترسيب البلورات. ففي العتبة البازلتية تكونت بلورات صغيرة في نطاق التبريد؛ لأن الأجزاء الخارجية من هذا الجسم البازلتية بردت بسرعة أكبر من الأجزاء الداخلية.



مع بدء تبريد الصهارة التي اخترقت الطبقات الصخرية تتكون البلورات وتستقر في القاع، وتسمى هذه الطبقة في توزيع البلورات التبلور الجزئي.







الشكل 4-5 تمثل عروق الكوارتز هذه آخر ما يبرد وتبلور من الجسم الصهاري المتبقي.

### آلية التبلور الجزئي Mechanism of partial crystallization

إذا تحول الأوليفين إلى بيروكسين فلماذا نجد الأوليفين في الصخر؟ يفترض الجيولوجيون أنه في ظروف خاصة تنفصل البلورات المتكونة من الصهارة فيتوقف التفاعل بين الصهارة والمعدن، ويمكن أن يحدث هذا عندما تستقر البلورات في قاع الجسم الصهاري، وعندما ينفصل سائل الصهارة عن البلورات يتكون جسمان ناريان مختلفان في مكوناتهما. ويوضح الشكل 4-4 هذه العملية، كما يوضح مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة بالسيد، وهذه إحدى الطرق التي تتكون بها الصهارة المشار إليها في الجدول 1-4.

وباستمرار التبلور الجزئي وانفصال بلورات أخرى من المعادن تصبح الصهارة أغنى بالسيليكا وعناصر الألومنيوم والبوتاسيوم. لذا، فإن آخر معدنين يتبلوران هما: الفلسبار البوتاسي والكوارتز. والفلسبار البوتاسي أكثر أنواع الفلسبار شيوعاً في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالباً كما في الشكل 4-5؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقي من الصهارة في الشقوق الصخرية.

## التقويم 1-4

### الخلاصة

- تتكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معدنية.
- تُصنّف الصهارة إلى بازلية أو أنديزيتية أو ريوليتية اعتماداً على كمية السيليكا التي تحتويها.
- تنصهر المعادن المختلفة وتبلور عند درجات حرارة مختلفة.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. توقع المظهر الذي سيبدو عليه صخر ناري تكون من صهارة خرجت إلى السطح فبدأت تبرد بسرعة، ثم قلّت سرعة تبريدها مع الوقت.
2. اعمل قائمة بالعناصر الثمانية الرئيسية الموجودة في معظم أنواع الصهارة. أضف الرمز الكيميائي لكل عنصر.
3. لخص العوامل التي تؤثر في تكوين الصهارة.
4. قارن بين الصهارة واللابة.

### التفكير الناقد

5. توقع إذا كانت درجة الحرارة تزداد نحو مركز الأرض، فلماذا يصبح مركز الأرض صلباً؟
6. استدل على محتوى السيليكا في صهارة مشتقة من الانصهار الجزئي لصخر ناري. هل سيكون أكثر، أم أقل، أم مساوياً لمحتوى الصخر نفسه؟ وضح إجابتك.

### الكتابة في الجيولوجيا

7. ادّعى أحد هواة جمع الصخور أنه وجد أول مثال على البيروكسين والفلسبار الغني بالصدديوم في الصخر نفسه. اكتب تعليقاً على هذا الادّعاء.





## 4-2

### الأهداف

- تصنف الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها.
- تعرف أثر معدلات التبريد في أحجام البلورات في الصخور النارية.
- تصف بعض استخدامات الصخور النارية.

### مراجعة المفردات

#### التبلور الجزئي

عملية متعاقبة يتم في أثناءها فصل أول البلورات المتكونة من الصهير، فلا تتفاعل مع الصهارة المتبقية.

### المفردات الجديدة

- الصخور الجوفية
- الصخور السطحية
- الصخر البازلتي
- الصخر الجرانيتي
- الصخور المتوسطة
- الصخور فوق القاعدية
- النسيج
- النسيج البورفيرى
- النسيج الفقاعي
- البيجماتيت
- الكمبرليت

## تصنيف الصخور النارية

### Classification of Igneous Rocks

**الفكرة الرئيسية** يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.

**الربط مع الحياة.** هناك شيء مشترك بين الأرضيات والمباني والجدران؛ فالعديد منها من النوع الصخري المعروف بالجرانيت، وهو صخر شائع في القشرة الأرضية.

### المكونات المعدنية للصخور النارية

#### Mineral Composition of Igneous Rocks

تُصنف الصخور النارية عمومًا إلى صخور جوفية (متداخلة)، وأخرى سطحية (بركانية)؛ فعندما تبرد الصهارة وتبلور تحت سطح الأرض تتكون **الصخور الجوفية Intrusive Rocks**، وتكون بلورات الصخور الجوفية كبيرة عادة، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتشكل الصهارة التي تبرد وتبلور على سطح الأرض **صخورًا سطحية Extrusive Rocks**، ويشار إليها أحيانًا بالخرات أو الطفوح البازلتية مثل حرة الحرة. والبلورات التي تتكون في هذه الصخور صغيرة ويصعب رؤيتها بالعين المجردة، ويُصنف الجيولوجيون هذه الصخور حسب مكوناتها المعدنية، بالإضافة إلى الخصائص الفيزيائية ومنها حجم البلورات والنسيج وهذا يمثل مؤشرًا لتعرف أنواع الصخور النارية المتنوعة.

تُصنف الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ **فالصخور البازلتية Basaltic Rocks** ومنها الجابرو - لونها غامق، ومحتواها من السيليكا قليل، وتتكون في غالبيتها من البلاجيوكليز والبيروكسين. أما **الصخور الجرانيتية Granitic Rock** - ومنها الجرانيت - فهي فاتحة اللون ومحتواها من السيليكا كثير، ويتكون معظمها من الكوارتز والفلسبار البوتاسي والبلاجيوكليز. وتسمى الصخور ذات المكونات المتوسطة بين البازلت والجرانيت **الصخور المتوسطة Intermediate Rocks**، ويتكون معظمها من البلاجيوكليز والهورنبلند، ويعد الديوريت مثالًا جيدًا على هذا النوع. ويوضح الشكل 4-6 أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية.



الجابرو



الجرانيت

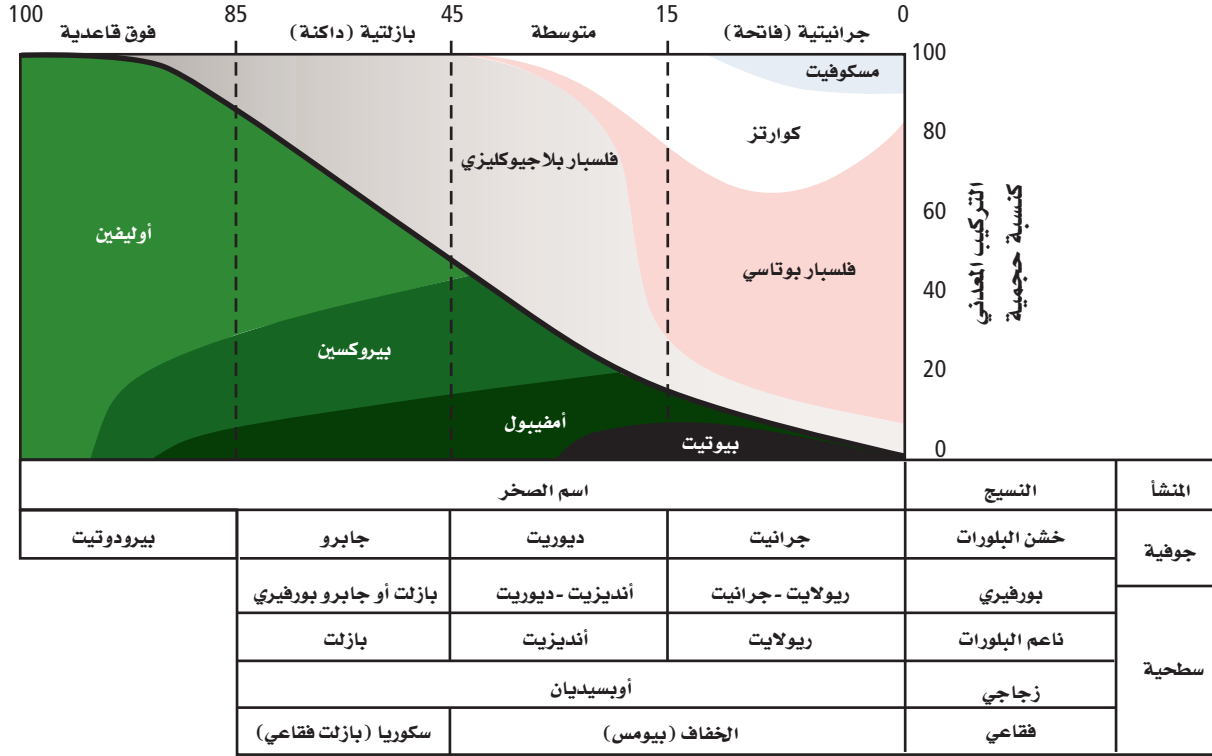


الديوريت

الشكل 4-6 يمكن ملاحظة الفروق في مكونات الصهارة في الصخور التي تتكون عندما تبرد الصهارة وتبلور. لاحظ. صف الفروق التي تشاهدها في هذه الصخور.

## تعرف الصخور النارية

### نسبة المعادن الرئيسية



الشكل 7-4 أنواع الصخور النارية يمكن تعرفها من خلال نسب المعادن فيها.

### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وهناك مجموعة رابعة من الصخور تدعى **فوق القاعدية Ultrabasic**، منها صخر البيروكسين، وتحتوي هذه الصخور فقط على معادن غنية بالحديد مثل الأوليفين والبيروكسين، وهي دائماً داكنة اللون. ويلخص الشكل 7-4 آلية تعرف الصخور النارية.

## النسيج Texture

كما تختلف الصخور النارية في مكوناتها المعدنية، وتختلف أيضاً في أحجام بلوراتها، ويشير **النسيج Texture** إلى حجم البلورات التي يتكون منها الصخر، وإلى شكلها وتوزيعها. فعلى سبيل المثال يمكن وصف نسيج الريولايت المين في الشكل 8-4 بأنه ناعم البلورات، أما الجرانيت فيوصف بأنه خشن البلورات، ويرجع الاختلاف في حجم البلورات إلى أن أحدهما صخر سطحي، والآخر صخر جوفي (متداخل).



الريولايت



الجرانيت



الأوبسيديان

الشكل 8-4 للريولايت والجرانيت والأوبسيديان أنسجة مختلفة لأنها تكونت بطرائق مختلفة.

### حجم البلورة ومعدلات التبريد Crystal size and cooling rates

عندما تتدفق اللابة على سطح الأرض تبرد بسرعة، ولا تتهياً الفرصة لتشكيل بلورات كبيرة، فتنتج صخوراً نارية سطحية كالريولايت المين في الشكل 8-4. بلوراتها صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأحياناً يحدث التبريد بسرعة كبيرة جداً، بحيث لا تتهياً الفرص لتكوّن البلورات، وينتج زجاج بركاني يسمى أوبسيديان كما في الشكل 8-4. وفي مقابل ذلك يمكن للصخور الجوفية -ومنها الجرانيت والديوريت والجابرو- التي تبرد ببطء أن تكون بلوراتها بحجم أكبر من 1 cm.

**النسيج البورفيرى Porphyritic texture** انظر إلى أنسجة الصخور في الشكل 9-4. توضح الصورة العلوية صخوراً تحتوي على بلورات بحجمين مختلفين، ويظهر هذا الصخر نسيجاً بورفيرياً **Porphyritic Texture** يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم، محاطة ببلورات صغيرة من المعدن نفسه أو من معادن مختلفة. ما الذي جعلها تتكون في صورة بلورات صغيرة وأخرى كبيرة وكتلتهما في صخر واحد؟ تدل الأنسجة البورفيرية أن جزءاً من الصهارة مرّ في البداية بتبريد بطيء في باطن الأرض، حيث نمت عليه البلورات الكبيرة الحجم، ثم قذفت فجأة إلى مواقع أعلى في القشرة الأرضية أو على سطح الأرض، وبدأت الصهارة المتبقية تبرد بسرعة مكونة بلورات صغيرة الحجم تحيط بالبلورات الكبيرة التي تبلورت من قبل.

**النسيج الفقاعي Vesicular texture** تحتوي الصهارة على غازات ذائبة، تأخذ في التصاعد عندما ينحسر الضغط عنها، فتصبح عندئذ لابة؛ فإذا كانت اللابة شديدة القوام، فإنها تمنع تصاعد الفقاعات الغازية بسهولة، فتترك الغازات ثقوباً في الصخر تسمى فقاعات، ويبدو الصخر إسفنجياً، ويسمى هذا المظهر الإسفنجي نسيجاً فقاعياً **Vesicular Texture**. ويعد كل من الخفاف والبازلت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر الشكل 9-4

✓ **ماذا قرأت؟** فسر سبب تكون الثقوب في الصخور النارية.



أنديزيت (النسيج البورفيرى)



بازلت فقاعي



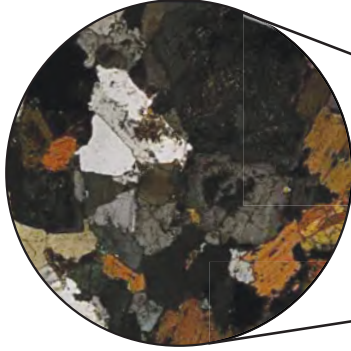
الخفاف (بيومس)

الشكل 9-4 تعطي أنسجة الصخور معلومات عن كيفية تكون الصخر؛ حيث تحتفظ أنسجة هذه الصخور بأدلة عن معدلات التبريد، وكذلك تدلّ على وجود الغازات المذابة فيها أو عدم وجودها.





### جرانيت تحت المجهر



### صخر الجرانيت



الشكل 10-4 يمكن تعرّف المعادن المكونة للجرانيت باستعمال شرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب.

## الشرائح الرقيقة Thin Sections

لتعرّف الصخر يفحص الجيولوجيون بلورات المعادن في العينات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر (المجهر المستقطب). والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريباً، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء خلالها. ويوضح الشكل 10-4 مقطع من الجرانيت تحت المجهر المستقطب.

## الصخور النارية موارد طبيعية

### Igneous rocks as Resources

للصخور النارية أهمية اقتصادية كبيرة في حياتنا؛ فالعديد من المعادن التي تستخدم في المجوهرات تبلور فيها، ويمكن أن يستخلص منها العديد من العناصر المفيدة ومنها الليثيوم وغيره مما يدخل في مجالات عديدة في حياتنا، وتستخدم الصخور النارية أيضاً في المباني. وتوضح الفقرات الآتية بعض هذه الاستخدامات:

**العروق Viens** تحتوي الموائع المتبقية من تبلور الصهارة على تراكيز عالية من السيليكا والماء، كما تحتوي على شوائب أو بقايا من عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنها المعادن الشائعة. وتتحلل هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الصهارة، على هيئة موائع ساخنة غنية بالعناصر، تملأ الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. وتتصلب هذه الموائع مكونة عروقاً غنية بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبين الشكل 11-4 ذهباً متكوناً في عروق الكوارتز.

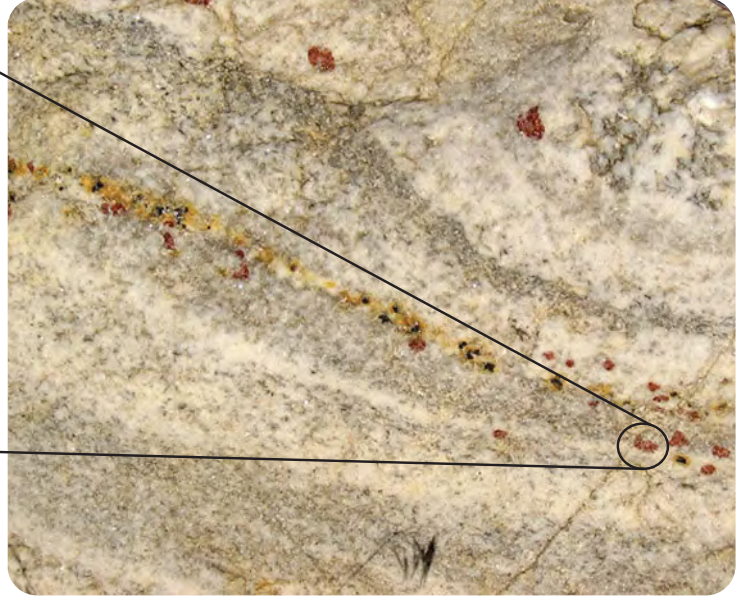
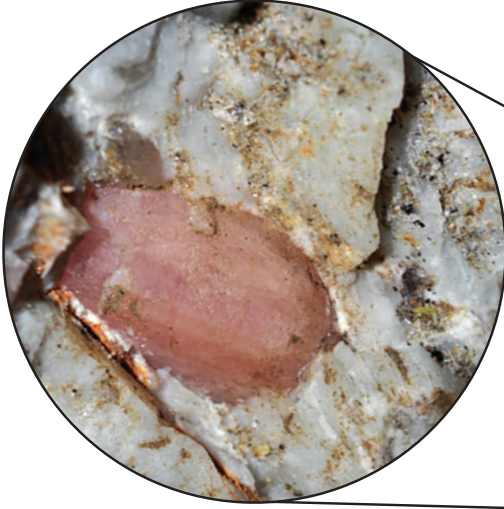
✓ **ماذا قرأت؟** وضح لماذا تحتوي العروق على كميات كبيرة من الكوارتز؟



الشكل 11-4 يستخرج الذهب والكوارتز معاً من المناجم، ثم يفصلان لاحقاً.  
**استدل** ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟







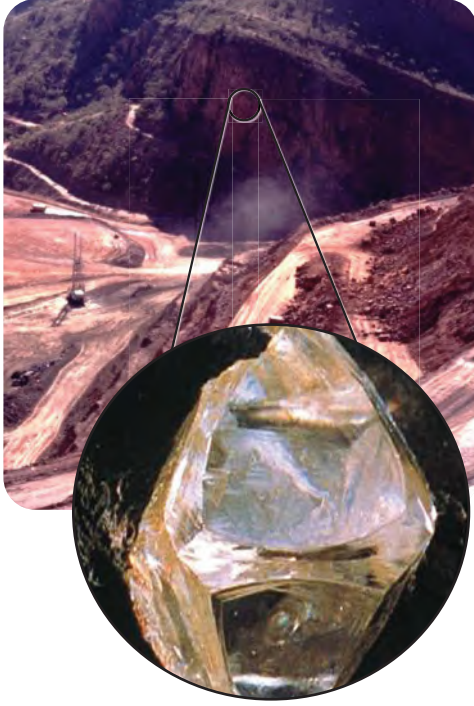
**البيجماتيت Pegmatites** تسمى الصخور التي تتكون من بلورات خشنة جداً **بيجماتيت Pegmatites**. وتوجد صخور البيجماتيت على شكل عروق تحتوي على العديد من الفلزات والعناصر الأخرى القيمة. ويمكن أن تحتوي صخور البيجماتيت على خامات العناصر النادرة، ومنها الليثيوم Li والبيريليوم Be، فضلاً عن احتوائها على بلورات جميلة كما يتضح في الشكل 4-12. ولأن هذه العروق تملأ الكهوف وشقوق الصخور فإن المعادن تنمو في الفراغات محتفظة بأشكالها؛ حيث وجدت معظم المعادن النفيسة في العالم في صخور البيجماتيت. ويوجد البيجماتيت في مناطق مختلفة جنوب المملكة العربية السعودية وغربها على هيئة قواطع في صخور جرانيتية.

**الكمبرليت Kimberlites** الألماس معدن قيّم، نادر الوجود، يوجد في الصخور فوق القاعدية المسماة **كمبرليت Kimberlite**، نسبة إلى مدينة كمبرلي في جنوب إفريقيا، وتعد هذه الصخور غير العادية أحد أنواع البيرودوتيت. وتتكون هذه الصخور في أعماق القشرة الأرضية، أو في الستار على أعماق تتراوح بين 150 km و 300 km؛ لأن الألماس الذي تحويه هذه الصخور مع معادن أخرى لا يمكن أن يتكون إلا تحت ضغط عال جداً.

وقد وضع الجيولوجيون فرضية مفادها أن صحارة الكمبرليت قد حُقنت بسرعة إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض، مشكّلةً تراكيب طويلة ضيقة في صورة أنابيب، تمتد عدة كيلومترات في القشرة الأرضية، وتتراوح أقطارها بين 100 m و 300 m ومعظم ألماس العالم يأتي من مناجم جنوب إفريقيا. انظر الشكل 4-13.

الشكل 4-12 عرق بيجماتيت يخترق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.





الشكل 13-4 يستخرج الألماس من الكمبرليت في منجم في جنوب إفريقيا.

## الصخور النارية في البناء Igneous rocks in construction

للصخور النارية عدة خصائص تجعلها مناسبة للبناء؛ فنسيج بلوراتها المتداخل يجعلها قوية، بالإضافة إلى احتوائها على العديد من المعادن المقاومة للتجوية. والجرانيت من أكثر الصخور النارية ثباتاً ومقاومة للتجوية، ولعلك شاهدت الكثير منه يستخدم بلاطاً للأرضيات، وفي المطابخ والرفوف، وأسطح المكاتب، وفي تزيين أوجه البنايات.

وتستخدم الصخور النارية - ومنها الجرانيت والجابرو - في المملكة العربية السعودية بوصفها أحجار زينة، وتستخرج من مناطق الدرع العربي غربي المملكة العربية السعودية.

## التقويم 2-4

### الخلاصة

- يعتمد تصنيف الصخور النارية على ثلاث خصائص رئيسة هي: التركيب المعدني والنسيج وحجم البلورات.
- يحدد معدل التبريد حجم البلورة.
- يكثر وجود الخامات في البيجماتيت.
- ويوجد الألماس في الكمبرليت.
- تستخدم بعض الصخور النارية كمواد بناء؛ بسبب متانتها وجمالها.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. استنتج لماذا التركيب الكيميائي للأوبسيديان الأسود أو الأحمر تركيباً جرانيتياً؟
2. صف مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسية.
3. طبق ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيح الاختلاف في أحجام البلورات.
4. ميّز بين الأنديزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

### التفكير الناقد

5. حدّد أيها أكثر قابلية لتكوين بلورات مكتملة الأوجه في الصخور النارية: الكوارتز أم فلسبار البلاجيوكليز؟ وضع إجابتك.



# الجيولوجيا والبيئة

تفاعلات باون معادن فلسبار البلاجيوكليز التي تخضع لتغير مستمر في مكوناتها، فمع تبريد الصهارة يتكون أكثر معادن البلاجيوكليز غنى بالكالسيوم. ويتفاعل هذا المعدن مع الصهارة، وتتغير مكوناته ليصبح غنياً بالصوديوم، وفي بعض الحالات عندما يتم التبريد سريعاً تصبح أنوية الفلسبار الغنية بالكالسيوم غير قادرة على



الشكل 15-4 عندما تبرد الصهارة بسرعة قد لا تجد بلورة الفلسبار الوقت الكافي للتفاعل تماماً مع الصهارة فتبقى على أنوية غنية بالكالسيوم. والنتيجة تكون بلورات بنطاقات تتميز بغناها بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم.

التفاعل تماماً مع الصهارة، فتكون النتيجة هي تكون بلورة ذات نطاقات غنية بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم كما في الشكل 15-4.

قام الجيولوجي الكندي باون في مطلع القرن العشرين بتوضيح كيف تبرد الصهارة وتبلور المعادن فيها، بترتيب منتظم في عملية تعرف الآن بسلاسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series. ويوضح الشكل 14-4 العلاقة بين درجة حرارة الصهارة في أثناء تبريدها والمعادن السيليكاتية التي تشكل الصخور النارية. وقد اكتشف باون نمطين للتبلور؛ الطرف الأيمن ويتميز بتغير متدرج ومستمر في مكونات المعدن في مجموعة الفلسبار، أما الطرف الأيسر الموازي فيتميز بتغير مفاجئ وغير مستمر في المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم.

## المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم Iron

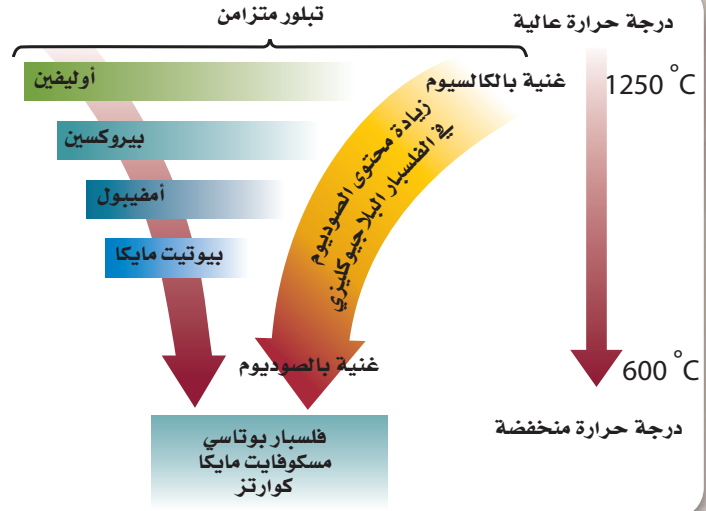
**magnesium rich mineral** - يمثل الطرف الأيسر من سلسلة تفاعلات باون المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم، والتي تخضع لتغيرات مفاجئة مع تبريد الصهارة وتبلورها؛ ففي البداية يتبلور معدن الأوليفين من الصهارة، وعندما تبرد الصهارة بما يكفي لبدء تبلور معدن جديد يتشكل البيروكسين من تفاعل الأوليفين مع الصهارة، ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة تحدث تفاعلات مشابهة منتجة الأمفيبول والبيوتيت وهي أقل المعادن احتواءً على الحديد والماغنسيوم.

## الفلسبار Feldspar

يمثل الطرف الأيمن من سلسلة

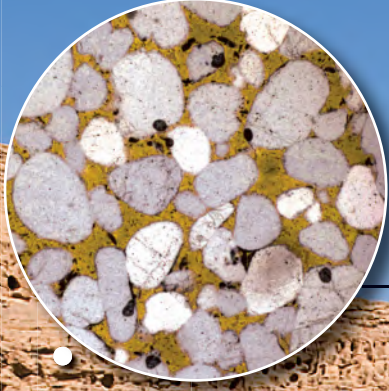
الشكل 14-4 في الطرف الأيسر من سلاسل تفاعلات باون، تتغير المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم بشكل مفاجئ مع انخفاض درجة حرارة الصهارة. **قارن** كيف يمكن مقارنة ذلك مع الفلسبار في الطرف الأيمن من الشكل؟

أنواع الصهارة  
بازلتية (فقيرة بالسليكا)  
أنديزيتية  
ريوليتية (غنية بالسليكا)





# مدائن صالح



الحجر الرملي

## حقائق جيولوجية

### مدائن صالح

- تقع مدائن صالح أو ما يُعرف بالحجر على بعد 22 km شمال شرق مدينة العلا التابعة لمنطقة المدينة المنورة.
- تتكون صخور مدائن صالح من الحجر الرملي.
- أعلنت منظمة الأمم المتحدة للعلوم والتربية والثقافة عام 2008 أن مدائن صالح موقع تراث عالمي.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠



مجمع حواء

رؤية  
VISION  
2030  
المملكة العربية السعودية  
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

● من أهداف الرؤية: المحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعريف به.







## تشكل الصخور الرسوبية

### Formation of Sedimentary Rocks

**الفكرة الرئيسية** تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

**الربط مع الحياة.** قد ترى كمية من الرمل والتربة أو قطعاً مكسرة من الصخر على الأرض. ما الذي حدث لهذه المواد؟ وماذا سيحدث لها مستقبلاً؟

### التجوية والتعرية Weathering and Erosion

**الرسوبيات Sediment** قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجاذبية. وتتسبب مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية، إضافة إلى التجوية والتعرية، في تفتيت الصخور المتكشفة فوق سطح الأرض إلى قطع أصغر فأصغر، تتحرك مع التيارات المائية، ومع مرور الوقت تتراكم وترسب وتلتحم معاً وتتصلب فتكوّن صخوراً رسوبية.

**التجوية Weathering** تُنتج التجوية فتاتاً من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحبيبات مجهرية. وتقسم التجوية إلى قسمين: تجوية كيميائية تحدث عندما تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقراراً كيميائياً. وتجوية فيزيائية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجماً، دون أن تتغير كيميائياً. ويوضح الشكل 16-4 صخوراً تجوى كيميائياً وفيزيائياً. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟

### الأهداف

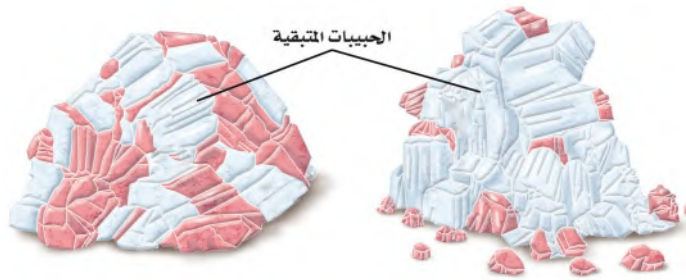
- تتبع تشكّل الصخور الرسوبية.
- توضح عملية التصخر.
- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

### مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

### المفردات الجديدة

- الرسوبيات
- التصخر
- الترّاص
- السمتة
- مادة لائحة
- التطبّق
- التطبّق المتدرّج
- التطبّق المتقاطع



**الشكل 16-4** عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية يفتت في النهاية، ويمكن أن يتحلل، كما يشاهد في الشكل المجاور.

**فسّر** أي المعادن أكثر مقاومة للتجوية: الكوارتز، أو الفلسبار، أو المايكا؟

**التعرية Erosion** تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها التعرية. ويوضح الشكل 17-4 عوامل التعرية الأربعة: الرياح والمياه الجارية والجليديات. وتعد الرياح أكثر عوامل التعرية تأثيراً في المملكة العربية السعودية؛ وذلك بسبب انتشار المناطق الصحراوية وقلة الغطاء النباتي فيها. وعندما تعصف الرياح على تلك المناطق تزيل الرمال والفتات الصخري وتحملها معها إلى أماكن أخرى ثم ترسبها على شكل كثبان رملية. وتؤثر المياه الجارية أيضاً على أراضي المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من قلة كميات الأمطار الساقطة عليها إلا أن مياه الأمطار تتجمع على شكل سيول وجداول بعد العواصف المطرية. ومن العلامات التي تدل بوضوح على حدوث التعرية تعكر مياه السيول بسبب اختلاط حبيبات الطين الناتجة عن التعرية مع المياه الجارية. وبعد تجوية الصخور تنتقل غالباً إلى أماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد وتنتقل دائماً نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الجليديات أيضاً وهي كتل ضخمة من الجليد تتحرك عبر اليابسة على تعرية سطح الأرض. ولعلك لاحظت صورة مدائن صالح في بداية الفصل كيف أثرت التعرية على ارتفاع مستوى الأبواب عن سطح الأرض.

✓ **ماذا قرأت؟** لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.



المياه الجارية



الرياح



الجليديات



الجاذبية

الشكل 17-4 تتعرض الصخور المجوّاة والرسوبيات للتعرية والنقل بتأثير عوامل التعرية الرئيسة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية الأرضية والجليديات.



## تجربة

### نموذج لتطبيقات الرسوبيات

كيف تتشكل الطبقات في الصخور الرسوبية؟  
توجد الصخور الرسوبية عادة على شكل طبقات.  
ستلاحظ في هذا النشاط كيف تتشكل الطبقات من  
ترسب حبيبات في الماء.

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على  $100 \text{ cm}^3$  من الرسوبيات من مكان يحدده معلمك.
3. ضع الرسوبيات في قنينة لها غطاء سعته  $200 \text{ mL}$ .
4. ضع ماء في القنينة إلى ثلاثة أرباعها.
5. أحكم إغلاق القنينة بالغطاء.
6. احمِل القنينة بكلتا يديك واقبلها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معاً، ودع القنينة مقلوبة قبل أن تضعها معتدلة على سطح مستو، ثم اتركها مدة 5 دقائق تقريباً.
7. لاحظ عملية الترسب.

### التحليل

1. وضح ما لاحظته على شكل مخطط.
2. صف نوع الحبيبات التي ترسبت أولاً في قاع القنينة.
3. صف نوع الحبيبات التي تكوّن الطبقات العليا.

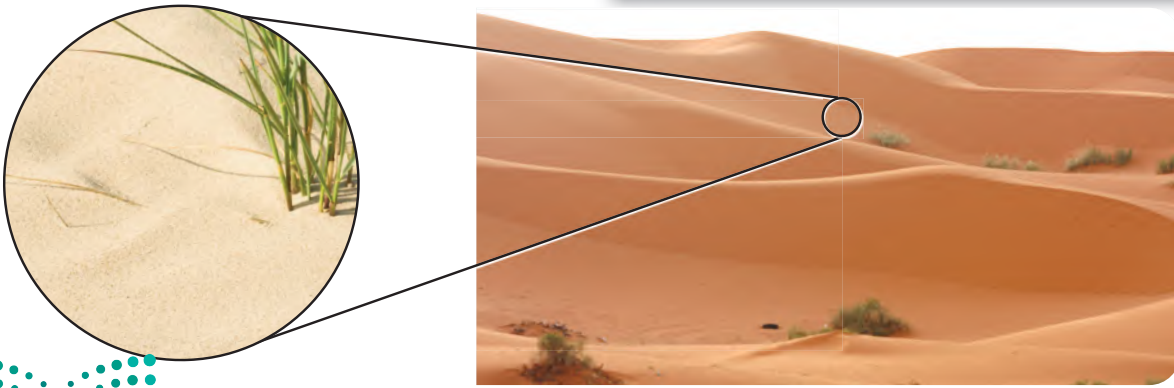
**الترسيب Deposition** يحدث الترسب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى فوقها. وبالمثل، تترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته.

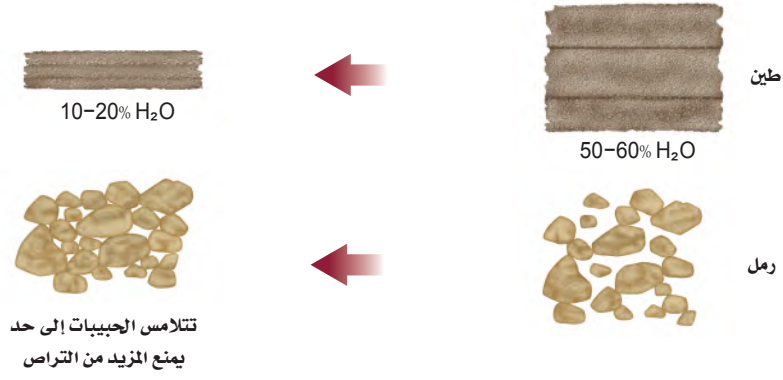
### طاقة عوامل النقل Energy of transporting agents

تستطيع المياه السريعة أن تنقل حبيبات كبيرة الحجم أفضل من المياه البطيئة الحركة؛ فعندما تقل سرعة المياه تترسب أولاً الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تفرز الحبيبات المتساوية الحجم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا الحبيبات الصغيرة. ولهذا تتكون الكثبان الرملية في العادة من رمل ناعم جيد الفرز، كما في الشكل 18-4. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلاً تحمل جميع المواد على اختلاف حجمها بالقدر نفسه؛ فتحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر الجليديات فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

### التصخر Lithification

تستقر معظم الرسوبيات في النهاية في المناطق المنخفضة على سطح الأرض، ومنها الأودية والأحواض. ومع استقرار المزيد من الرسوبيات بعضها فوق بعض في المنطقة نفسها يزداد الضغط على الطبقات السفلى، فتزداد درجة حرارتها، مما يؤدي إلى تصخر الرسوبيات. والتصخر **Lithification** عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكوّن صخر رسوبي.

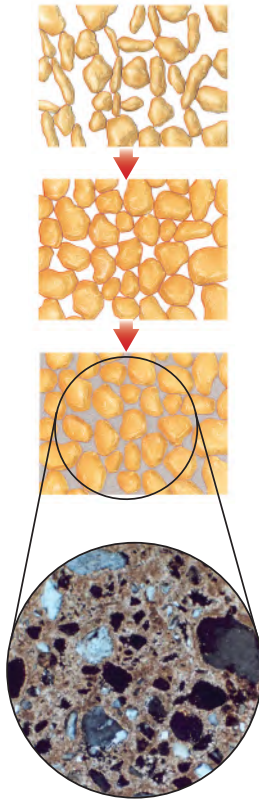




الشكل 19-4 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كبير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



الشكل 20-4 ترسب المعادن من المياه في أثناء تدفقها عبر مسامات الرسوبيات. تشكّل هذه المعادن مادة لاحمة تعمل على ربط الرسوبيات بعضها مع بعض.

**التراصّ Compaction** تشمل عملية التصخر مجموعة من العمليات تبدأ بعملية **التراصّ Compaction**؛ وهي تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، ويترتب على ذلك تغيرات فيزيائية، كما في الشكل 19-4. فطبقات الطين تحتوي على 60% من حجمها ماء تقريباً. لذا ينقص حجمها عندما يخرج الماء منها بتأثير الضغط. أما الرمل فلا ينضغط بقدر انضغاط الطين في أثناء عملية الدفن؛ وذلك لأن حبيبات الرمل تتكون في العادة من الكوارتز، وهي غير قابلة للتشوّه تحت ظروف الدفن العادية. يشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها بعضاً هيكلًا داعماً يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، حيث توجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في هذه الفراغات في الصخور الرسوبية.

**السمتة Cementation** لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات معاً. حيث تحدث **السمتة Cementation** وهي عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كانت مذابة ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبية مما يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معاً مشكلةً صخوراً صلباً. ويحدث هذا عندما ترسب مواد لاحمة **Cementing material** ومنها: معدن الكالسيت  $\text{CaCO}_3$  أو أكسيد الحديد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي ترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح الشكل 20-4 كيف تحدث هذه العملية.

### معالم الصخور الرسوبية Sedimentary Features

كما تحتوي الصخور النارية على معلومات عن تاريخ نشأتها، فإن للصخور الرسوبية معالمها وخصائصها التي تساعد الجيولوجيين على تفسير نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكّلت فيها.

**التطبّق Bedding** يسمى ترّتب الصخور على هيئة طبقات أفقية **التطبّق Bedding**. ويعدّ التطبّق الأفقي هو الغالب والشائع في الصخور الرسوبية، ويحدث نتيجة للطريقة التي ترسب بها الرسوبيات بتأثير المياه أو الرياح. ويتراوح سمك الطبقة الواحدة بين ملمترات وعدة أمتار. وهناك نوعان





الشكل 21-4 توضح الصورة كيف تم تسجيل التطبق المتدرج في أثناء انخفاض سرعة المياه وفقدان طاقتها الترسيبية.

مختلفان من التطبق، يعتمد كل منهما على طريقة النقل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكوّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

**التطبق المتدرج Graded bedding** يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجماً كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبق المتدرج Graded bedding**. وغالباً ما يلاحظ التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية فعندما تقل سرعة التيارات البحرية تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فتترسب المواد الأثقل والأكبر حجماً أولاً، ثم تترسب بعدها بالتدرج المواد الأصغر. ويوضح الشكل 21-4 مثالاً على التطبق المتدرج.

**التطبق المتقاطع Cross – bedding** مظهر آخر مميز للصخور الرسوبية. ينشأ **التطبق المتقاطع Cross bedding**، كالذي يظهر في الشكل 22-4، عندما تترسب طبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض، وبعد تصخر هذه الرسوبيات، يحتفظ الصخر بالتطبق المتقاطع. ويوضح الشكل 22-4 هذه العملية.

**علامات النيم Ripple marks** تتشكل علامات النيم - كما هو موضح في الشكل 23-4 - عندما تترسب الرسوبيات في تموجات صغيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.

## المهّن في علم الأرض

**عالم الرسوبيات:** مهنة عالم الرسوبيات هي دراسة أصل الرسوبيات وترسيبها وتحويلها إلى صخور رسوبية. وغالباً ما يشغل علماء الرسوبيات في البحث عن البترول والغاز الطبيعي والمعادن المهمة اقتصادياً والحصول عليها.

تسعى هيئة المساحة الجيولوجية السعودية لتأمين مصادر وطنية كافية من الثروات المعدنية والمياه، وكذلك على حماية بيئتنا، ومراقبة جميع المخاطر الطبيعية لتحقيق الحياة الأفضل التي يصبو إليها مجتمعنا.



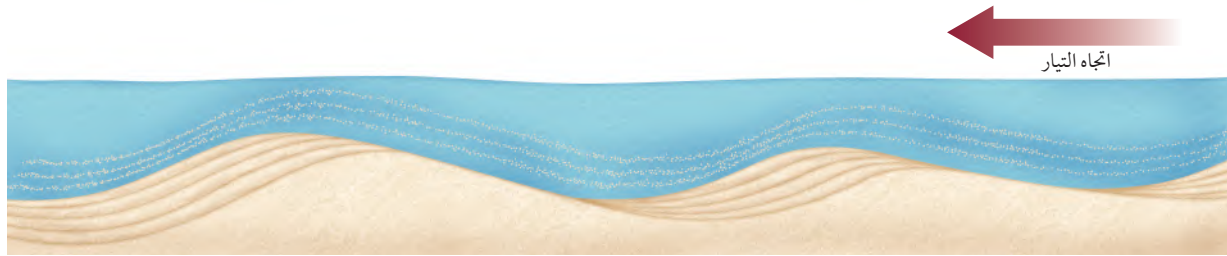
الشكل 22-4 تطبق متقاطع كبير الحجم في كتبان قديمة تشكّلت بالرياح.

## التطبيق المتقاطع وعلامات النيم Cross-Bedding and Ripple Marks

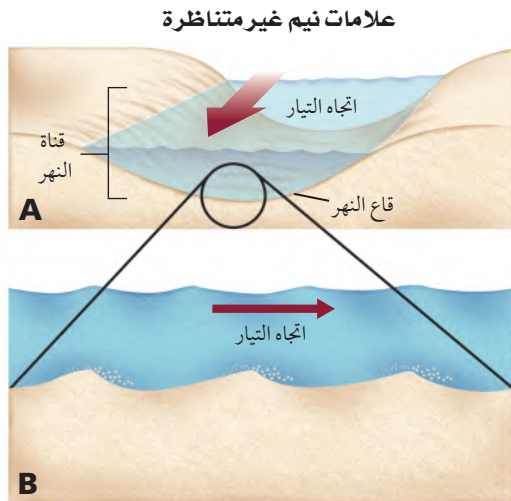
الشكل 23-4 ينتج عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكون تراكيبي رسوبية كالتطبيق المتقاطع وعلامات النيم.



يستقر الرمل الذي تحمله الرياح على جانب الكثيب البعيد عن اتجاه الرياح، وعندما تغير الرياح اتجاهها يتكون التطبيق المتقاطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.

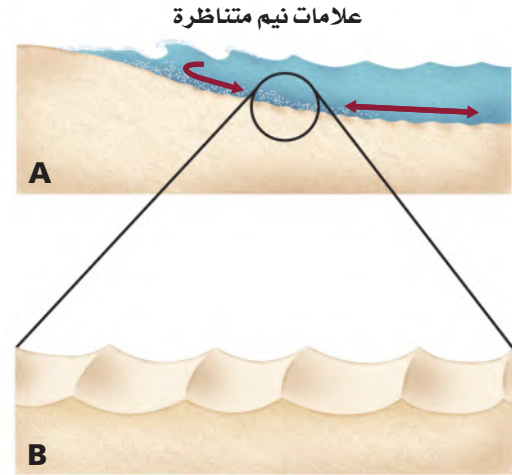


تُدفع رسوبيات قاع النهر بفعل حركة التيارات مشكّلةً تلالاً صغيرة وتموجات، فإذا تلاها استقرار رسوبيات أخرى بزاوية معينة فوق الجانب المائل لهذه التلال في اتجاه التيار فعندئذ يتشكل التطبيق المتقاطع. وفي النهاية تستوي المنطقة أو تتشكّل تلال جديدة، وتبدأ العملية من جديد.



تقوم التيارات التي تجري في اتجاه واحد - كتلك التي في الأنهار - بدفع رسوبيات القاع لتشكيل علامات نيم غير متناظرة؛ حيث يكون الجانب المعاكس لاتجاه التيار أكثر انحداراً، ويحوي الرسوبيات الأخشن.

لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.



تؤدي حركة الأمواج على الشاطئ ذهاباً وإياباً إلى دفع رمل القاع، فتشكل علامات نيم متناظرة؛ إذ تتوزع حبيبات الرمل على جانبي قمم التلال بانتظام.



هيئة المساحة الجيولوجية السعودية



**الفرز والاستدارة Sorting and rounding** تعد درجة فرز واستدارة الحبيبات أحد معالم الصخور الرسوبية حيث يُظهر التفحص الدقيق لحواف حبيبات الرمل أن بعضها مدبب الحواف، والبعض الآخر مستدير. فعندما يتكسر الصخر يكون لشكل حواف القطع في بادئ الأمر زوايا حادة. وفي أثناء عملية النقل تصطدم الحبيبات معاً، فتتكسر الحواف الحادة، ومع الزمن تستدير حواف القطع الصخرية. وتتأثر درجة الاستدارة بمسافة نقل الرسوبيات وقساوة معادن الصخر؛ فكلما كان المعدن أكثر قساوة زادت فرصة استدارته قبل أن يتكسر ويصغر حجمه كما يوضح الشكل 24-4.

**أدلة من الماضي (الأحافير) Evidence of past life (Fossils)** قد يكون أفضل دليل على تحديد الصخور الرسوبية احتواؤها على الأحافير؛ وهي كل ما يحفظ من بقايا أو طبقات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. فعندما يموت مخلوق حي ويدفن قبل أن يتحلل قد يحفظ على شكل أحفورة حفظاً كاملاً دون تغير في تركيبه الكيميائي، وقد تحل معادن ذائبة في أثناء تكون الأحفورة محل الهيكل الصلب، فتغير تركيبه الكيميائي دون تغيير شكله الأصلي، ومنها تغير الأصداف المكونة من الكالسيت إلى سيليكات. ويهتم علماء الأرض بالأحافير؛ لأنها تزودهم بأدلة على أنواع المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي البعيد، وكيف تغيرت عبر الزمن، وكذلك عن البيئات القديمة وقتئذٍ.



رمل كوارتزي

رمل كربوناتي

الشكل 24-4 حبيبات الرمل الكربوناتي المنقولة من مسافات قريبة حادة، مدببة الحواف، وليس لها استدارة أو نعومة كحبيبات الرمل الكوارتزي المنقولة من مسافات بعيدة.

## التقويم 3-4

### الخلاصة

- تتشكل الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر.
- تصبح الرسوبيات - بعمليتي التراص والسمتة - صخوراً.
- الأحافير بقايا أو آثار لمخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي، وتكون محفوظة - في الغالب - في الصخور الرسوبية.
- قد تحوي الصخور الرسوبية معالم مميزة، ومنها التطبق المتدرج، والتطبق المتقاطع، وعلامات النيم، واستدارة الحبيبات، واحتواؤها على الأحافير.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. صف كيف تتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. ارسم مخططاً. لتوضح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. وضح كيف يتشكل التطبق المتدرج باستخدام الرسم؟
4. قارن علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وما تحته بعملية التصخر.

### التفكير الناقد

5. قوّم هذه العبارة: قد يكون هناك تطبق متقاطع وتطبق متدرج في طبقة واحدة.
6. حدد في أي اتجاه تسير: نحو أعلى جدول جبلي جاف، أم نحو أسفل، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدبباً أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

### الكتابة في الجيولوجيا

7. تخيل أنك تصمم عرضاً لمتحف يتضمن صخوراً رسوبية تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفاً مرافقاً للصورة.







# 4-4

## الأهداف

- تصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية.
- توضح كيفية تشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية.
- تصف الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية.

## مراجعة المفردات

محلول مشبع: أعلى محتوى ممكن من المعادن الذائبة في محلول.

## المفردات الجديدة

الصخور الرسوبية الفتاتية  
الفتاتي  
المسامية

الصخور الرسوبية الكيميائية (المتبخرات)  
الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية

## أنواع الصخور الرسوبية

## Types of Sedimentary Rocks

### الفكرة الرئيسية

تُصنّف الصخور الرسوبية بناءً على طرائق تشكّلها.

**الربط مع الحياة:** إذا مشيت على طول شاطئ أو ضفة نهر فقد تلاحظ حجومًا مختلفة من الرسوبيات. يُحدد حجم حبيبات الرسوبيات نوع الصخر الرسوبي الذي يمكن أن يتشكّل منها.

## الصخور الرسوبية الفتاتية

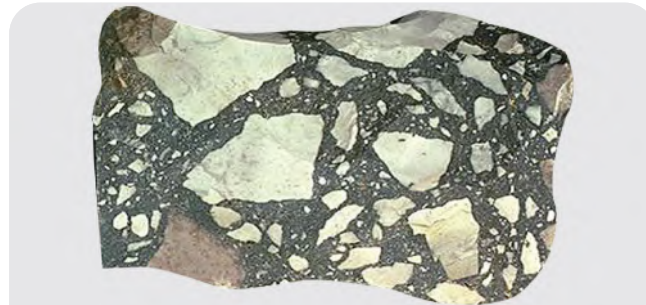
## Clastic Sedimentary Rocks

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعًا **الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks** التي تتشكّل من تراكم الرسوبيات المفككة على سطح الأرض. وكلمة **Clastic** مأخوذة من كلمة klastos اليونانية بمعنى مكسّرة. وتُصنّف هذه الصخور بناءً على حجم حبيباتها. انظر إلى الجدول 3-1 في الصفحة الآتية، الذي يلخص تصنيف الصخور الرسوبية بناءً على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنية.

## الصخور الرسوبية الخشنة الحبيبات Coarse – grained rocks

تصنّف الصخور الرسوبية المكونة من فتات الصخر والمعادن التي بحجم الحصى على أنها صخور خشنة الحبيبات، كما في الشكل 25-4. وبسبب كتلتها الكبيرة نسبيًا، تُنقل الحصى بالتيارات المائية العالية الطاقة، كتلك التي تتولد في الجداول الجبلية، والأنهار الفائضة، ومياه الانصهار الجليدي. وفي أثناء عملية النقل تحتك الحبيبات بعضها ببعض، فتصبح مستديرة. وهذا هو سبب الاستدارة الجيدة لحصى الشواطئ والأنهار وهذا يدل - كما ذكر سابقًا - على زيادة مسافة النقل. وتحوّل عملية التصخر هذه الرسوبيات إلى صخر يسمى الكونجلوميرات.

وعلى نقيض الكونجلوميرات، تتكون البريشيا من حبيبات مدببة الحواف في حجم الحصى. وتشير الحواف المدببة إلى أن الرسوبيات التي شكلت البريشيا لم تأخذ الوقت الكافي لتصبح مستديرة. ويدل هذا على أن هذه الحبيبات قد نقلت مسافة قصيرة واستقرت قريبًا من مصدرها. انظر الجدول 2-4.



البريشيا



الكونجلوميرات

الشكل 25-4 تتكوّن صخور الكونجلوميرات والبريشيا من الرسوبيات الخشنة التي نقلت بمياه عالية الطاقة.

استدل على الظروف التي يمكن أن تسبب أنواع النقل اللازمة لتكوين هذين الصخرين.



التصنيف	النسيج / حجم الحبيبات	المكونات	اسم الصخر
الفتاتية	خشن ( $> 2 \text{ mm}$ )	قطع من أي صخر - كوارتز و صوّان وكوارتزيت هي الشائعة.	كونجلوميرات (مستديرة) بريشيا (مدببة الحواف)
	متوسطة ( $\frac{1}{16} \text{ mm} - 2 \text{ mm}$ )	كوارتز و قطع صخرية كوارتز وفلسبار بوتاسي و قطع صخر	حجر رملي حجر رملي أركوزي
	ناعمة ( $\frac{1}{256} \text{ mm} - \frac{1}{16} \text{ mm}$ )	كوارتز و طين	حجر الطمي
	ناعمة جداً ( $> \frac{1}{256} \text{ mm}$ )	كوارتز و طين	الطّفل
الكيميائية	ناعمة إلى خشنة التبلور	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	حجر جيرى متبلور
	ناعمة إلى خشنة التبلور	دولوميت $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$ (يتفاعل مع الحمض إذا كان مسحوقاً)	دولوميت
	ناعمة التبلور جداً	كوارتز $\text{SiO}_2$ بلونيه الفاتح والغامق	صوّان
	ناعمة إلى خشنة التبلور	جبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الجبس الصخري
	ناعمة إلى خشنة التبلور	هاليت $\text{NaCl}$	الملح الصخري
الكيميائية الحيوية	بلورات دقيقة مع تشققات محارية	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	مكرايت
	أحافير كثيرة في أرضية من المكرايت	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	حجر جيرى أحفوري
	أوليت (كرات صغيرة من كربونات الكالسيوم)	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	حجر جيرى أوليتي
	أصداف وأصداف مكسرة مفككة	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	كوكينا
	أصداف مجهرية وصلصال	كالكسيت $\text{CaCO}_3$	طباشير
	قطع مختلفة الحجم	بقايا نبات متفحمة مع بعض الأحافير النباتية	فحم

### الصخور الرسوبية المتوسطة الحبيبات Medium-grained rocks

غالبًا ما تحوي قنوات الجداول المائية والأنهار والشواطئ والصحارى كميات وفيرة من الرسوبيات بحجم حبيبات الرمل. تصنف الصخور الرسوبية التي تتكوّن من قطع صخرية أو معدنية بحجم الرمل على أنها صخور فتاتية متوسطة الحبيبات. انظر إلى الجدول 4-2. وتحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. فمثلاً تشير علامات النيم والتطبيق المتقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لعمل خرائط للجدول المائية القديمة وقنوات الأنهار.

### المفردات

#### مفردات أكاديمية

#### خزان جوفي

هو طبقات من الصخور تحت السطحية، بها قدر كاف من المسامية تسمح بتراكم كمية من النفط أو الغاز الطبيعي أو الماء. ومن الأمثلة على الخزانات الجوفية في السعودية خزان الساق الذي يتكون من الحجر الرملي.





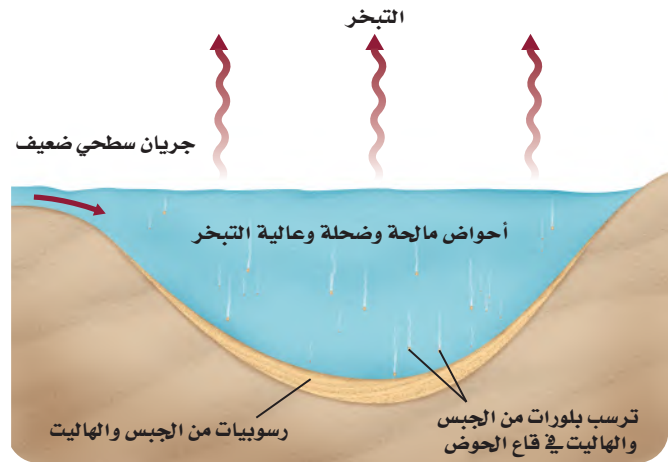
الشكل 26-4 ترسبت الرسوبيات الناعمة جداً في مياه هادئة وشكلت طبقات رقيقة من الطين.

من خصائص الصخور الرملية المهمة أن مساميتها عالية نسبياً. والمسامية **Porosity** هي النسبة المئوية للفراغات الموجودة بين الحبيبات المكونة للصخر. وقد تصل مسامية الرمل المفكك إلى 40%. ويمكن المحافظة على هذه الفراغات في أثناء تحول الرمل إلى حجر رملي، مما يؤدي غالباً إلى وجود مسامية قد تصل نسبتها إلى 30%. وعندما تكون المسام بعضها متصلاً ببعض تستطيع الموائع ومنها المياه أن تتحرك خلال الحجر الرملي بسهولة. وهذه الخاصية تجعل طبقات الصخور الرملية مهمة بوصفها خزانات تحت سطحية للنفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

**الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات Fine-grained rocks** تتكون هذه الصخور من حبيبات صغيرة بحجم حبيبات الطمي والطين. ومنها حجر الطمي والطفل. وتمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الطفل على طول الطبقات الرقيقة، كما في الشكل 26-4. وعلى النقيض من الحجر الرملي، تعمل الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات ذات النفاذية المنخفضة بوصفها حواجز تعيق حركة المياه الجوفية والبتترول. **ماذا قرأت؟** وضح أنواع البيئات التي تتشكل فيها الصخور الناعمة الحبيبات.

## الصخور الرسوبية الكيميائية والحيوية Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

يتطلب تشكّل الصخور الكيميائية والحيوية اشتراك عمليتي التبخر وترسيب المعادن. ففي أثناء عملية التجوية تذوب المعادن وتُحمل إلى البحيرات والمحيطات. وعندما تتبخر المياه من البحيرات والمحيطات تُترك المعادن الذائبة في المياه الباقية. وفي الأقاليم الجافة يمكن لمعدلات التبخر العالية أن تزيد تركيز المعادن الذائبة في المسطحات المائية. ويمثل الشكل 27-4 سبخة القصب غرب الرياض.

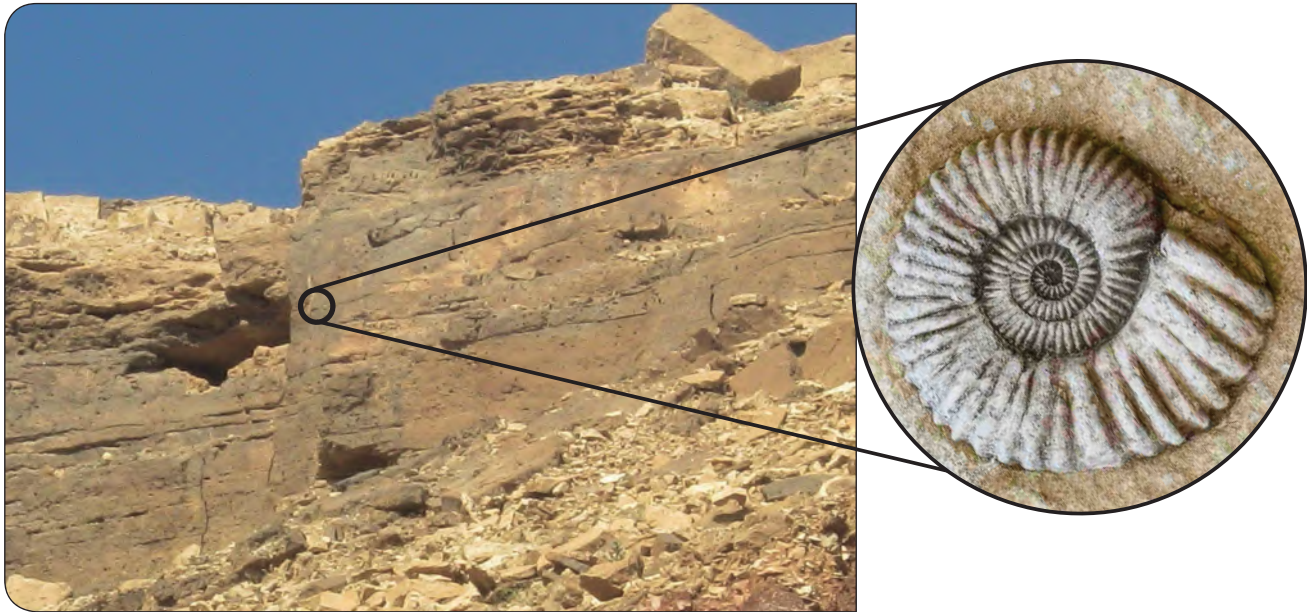


الشكل 27-4 يؤدي التبخر المستمر من مسطح مائي مالح إلى ترسيب كميات كبيرة من الملح. كما في سبخة القصب غرب الرياض.

**الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks** عندما يزيد تركيز المعادن الذائبة في سطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكل طبقات من **الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks** تسمى **المتبخرات Evaporites**. تتشكل المتبخرات في معظم الأحيان في الأقاليم الجافة، وفي أحواض التصريف المائي ذات التدفق المنخفض في القارات. وبسبب قلة المياه العذبة التي تتدفق إلى هذه المناطق يبقى تركيز المعادن المذابة مرتفعاً. وعلى الرغم من دخول المزيد من المعادن المذابة إلى هذه الأحواض يستمر تبخر المياه العذبة، مما يحافظ على تراكيز مرتفعة للمعادن. ومع مرور الزمن يمكن أن تتراكم طبقات سميكة من معادن المتبخرات على أرضية الحوض كما في الشكل 28-4. ومن الأمثلة على هذه المعادن الجبس، الذي يتوافر في مناطق متعددة من المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة مقنا شمال غرب المملكة العربية السعودية، ومنطقة الخرج، وبالقرب من مدينة بريدة.

### **الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks**

تتكون **الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks** من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي. وأكثر هذه الصخور شيوعاً هو الحجر الجيري المكون أساساً من معدن الكالسيت. وتُستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط ككربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتصخر تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتبلور بين الأصداف وتشكل الحجر الجيري.



الشكل 28-4 يمكن لصخر الحجر الجيري أن يحوي أنواعاً كثيرة ومختلفة من الأحافير. ويستطيع الجيولوجيون أن ينفصوا بين وبتن تشكّل الحجر الجيري من دراسة الأحافير الموجودة فيه.





ويستخرج الحجر الجيري من مناطق متعددة في المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة أم الغربان شرق مدينة الخرج، ومنطقة سدوس، وشمال الدرعية بالقرب من الرياض. ومن الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية الأخرى في المملكة العربية السعودية الفوسفات الذي يوجد في حزم الجلاميد بالقرب من مدينة عرعر. انظر الشكل 29-4.

يكثُر وجود الحجر الجيري في البيئات البحرية الضحلة، ومن ذلك الشعاب المرجانية التي تنتشر بطول البحر الأحمر في مياه عمقها بين 15-20 m غير بعيدة عن الشاطئ. وتتراكم هياكل وأصداف المخلوقات الميتة مكونة حجراً جירياً. وتحتوي أنواع كثيرة من الحجر الجيري على أدلة على أصلها العضوي على هيئة أحافير وفيرة، كما في الشكل 28-4.

الشكل 29-4 أحد منكشفات صخور الفوسفات في حزم الجلاميد شرق عرعر في المملكة العربية السعودية.

## التقويم 4-4

### الخلاصة

- الصخور الرسوبية فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية.
- تتشكّل الصخور الفتاتية من الرسوبيات، وتصنف على أساس حجم الحبيبات وشكلها.
- تتكون الصخور الكيميائية أساساً من المعادن التي تترسب من المياه في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.
- تتكون الصخور الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات عاشت في الزمن الماضي.
- تزود الصخور الرسوبية الجيولوجيين بمعلومات عن ظروف سطح الأرض التي سادت في الزمن الماضي.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. اذكر نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
2. وضح لماذا يعد الحجر الجيري صخوراً رسوبياً كيميائياً حيوياً؟
3. حلل الظروف البيئية التي تفسّر تشكّل معظم الصخور الرسوبية الكيميائية في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.

### التفكير الناقد

4. اقترح سيناريو يفسر إمكانية تشكّل طبقات متعددة من المتبخرات من مسطح مائي بحري، علماً بأن الكمية الأصلية من المعادن المذابة فيه تكفي فقط لتكوين طبقة رقيقة من المتبخرات.
5. تفحص طبقات الطين في الشكل 28-4، وفسر عدم احتوائها على التطبيق المتقاطع أو علامات النيم.

### الرياضيات في الجيولوجيا

6. افترض أن طبقة من الطين سينقص حجمها بمقدار 35% في أثناء الترسيب والتراص، فإذا كان السمك الأصلي للطبقة هو 30 cm، فكم يصبح سمكها بعد عملية التراص؟





## الصخور المتحولة

### Metamorphic Rocks

**الفكرة الرئيسية** تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

**الربط مع الحياة.** عند صناعة وطبخ المخبوزات تتحول جميع مكوناتها الأولية إلى شيء جديد. وكذلك تتغير خصائص الصخور إلى شيء جديد عندما تتعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، وينتج عن ذلك صخور مختلفة كلياً.

### تعرف الصخور المتحولة

### Recognizing Metamorphic Rocks

يوضح الشكل 30-4 صخوراً تحولت. كيف عرف الجيولوجيون حدوث ذلك؟ تزداد درجة الحرارة والضغط كلما تعمقنا في باطن الأرض، وعندما ترتفعان بقدر كافٍ تنصهر الصخور لتشكل الصهارة. ولكن ما الذي يحدث لو لم تصل الصخور إلى درجة الانصهار؟ عندما تجتمع الحرارة والضغط العاليان، ويغيران نسيج الصخر ومكوناته المعدنية أو مكوناته الكيميائية من دون انصهاره يتشكل الصخر المتحول. وكلمة تحول بالإنجليزية metamorphism مشتقة من الكلمة اليونانية meta بمعنى تغير، وكلمة morphe ومعناها شكل؛ إذ يتغير شكل الصخر في أثناء التحول، لكنه يبقى صلباً.

وتتطلب عملية التحول درجات حرارة عالية، مصدرها حرارة باطن الأرض؛ ويتم ذلك بالدفن العميق، أو من الأجسام النارية الجوفية القريبة. أما الضغط العالي الذي تتطلبه عملية التحول فيتوافر بالدفن العميق أيضاً، أو من التضاريس الناتجة في أثناء عملية تكوّن الجبال.



الشكل 30-4 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة.

### الأهداف

- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها.
- تميز بين أنسجة التحول.
- تفسر كيفية حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

### مراجعة المفردات

الصخور النارية الجوفية: صخور تشكلت من صهارة بردت وتبلورت ببطء تحت سطح الأرض.

### المفردات الجديدة

متورقة (صفائية)

غير متورقة (غير صفائية)

التحول الإقليمي

التحول بالتماس

التحول الحراري المائي

دورة الصخر



الشكل 31-4 معادن متحولة، منها المايكا والستوروليت والجارنت والتلك وتوجد بلوراتها بألوان وأشكال وأحجام متعددة، قد يكون لونها بين القاتم والفاتح.

**المعادن المتحولة Metamorphic minerals** كيف يمكن أن تتغير المعادن من دون أن تنصهر؟ كما درست سابقاً، تتبلور المعادن من صهارة، وتبقى مستقرة ضمن مدى من درجات الحرارة المختلفة، وينطبق هذا المدى أيضاً على المعادن المكونة للصخور المتحولة، التي خضعت لتغيرات وهي في الحالة الصلبة. ففي أثناء التحول تتغير المعادن في الصخر إلى معادن جديدة بفعل ظروف الضغط والحرارة الجديدة. وقد قام العلماء بتجارب لتعرف الظروف التي تؤدي إلى تكوين معادن جديدة تكرر ظهورها في الصخور المتحولة؛ وذلك لتفسير ما الذي يؤدي إلى تحول هذه الصخور داخل القشرة الأرضية. ويوضح الشكل 31-4 بعض المعادن المتحولة الشائعة.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح ما المعادن المتحولة؟

**أنسجة الصخور المتحولة Metamorphic textures** تصنف الصخور المتحولة إلى مجموعتين على أساس النسيج: صفائحية (متورقة)، وغير صفائحية (غير متورقة). ويستعمل الجيولوجيون الأنسجة والمكونات المعدنية لتعرف الصخور المتحولة. ويوضح الشكل 32-4 كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

## الصخور المتورقة Foliated rocks

تتميز الصخور المتحولة المتورقة **Foliated** بوجود المعادن في صفائح وأحزمة (خطوط)؛ حيث يتسبب الضغط العالي في أثناء التحول في صف المعادن الصفائحية أو الإبرية الشكل، بحيث يكون محورها الطويل متعامداً مع الضغط، كما في الشكل 33-4 في الصفحة الآتية. وينتج عن هذا الاصطفاف المتوازي للمعادن التورق الذي تلاحظه في الصخور المتحولة المتورقة.

مخطط الصخور المتحولة

اسم الصخر	المكونات المعدنية	النسيج
الأردواز	الكوارتز	ناعمة الحبيبات
الفيليت	المايكا	ناعمة الحبيبات
الشيست	الكوارتز، الفلسبار، الألبستول، البيروكسين	خشنة الحبيبات
النائيس	الكوارتز	خشنة الحبيبات
الكوارتزيت	الكوارتز	ناعمة إلى خشنة الحبيبات
الرخام	الكالسيت أو الدولوميت	ناعمة إلى خشنة الحبيبات

الشكل 32-4 توازي الزيادة في حجم الحبيبات التغير في المكونات وتطور التورق. ولا يعد حجم الحبيبات عاملاً في تصنيف الصخور غير المتورقة.



الشكل 33-4 يتطور التورق عندما يؤثر الضغط في اتجاهين متضادين، ويكون التورق متعامداً على اتجاه الضغط.

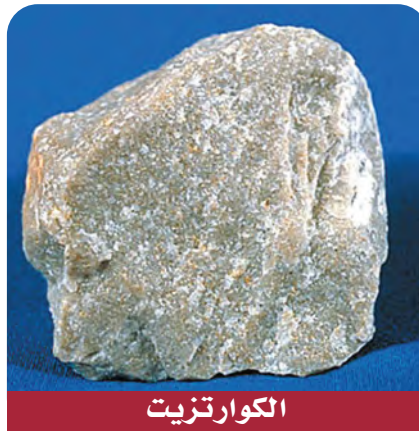
## الصخور المتحولة غير المتورقة

### Nonfoliated rocks

تختلف الصخور المتحولة غير المتورقة **Nonfoliated** عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح الشكل 34-4 مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة، هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالباً ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادراً ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستخدم أنواع الرخام هذه غالباً في أرضيات المنازل. ويتم استخراج الرخام في المملكة العربية السعودية من عدة أماكن منها جبل خنوقة شمال شرقي عفيف، بينما يستخرج الرخام الأسود من جبل غرور ودمخ شمال غرب حلبان. ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جداً في البيجماتيت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلاً من أن تتشكّل من الصهارة فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء التحول. ويوضح الشكل 34-4 معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.



بلورات كبيرة من الجارنت



الكوارتزيت



الرخام

الشكل 34-4 تختلف الصخور المتحولة الظاهرة في الشكل عن الصخور الرسوبية في أنها لا تُظهر وجود الأحافير فيها؛ لأن الحرارة الشديدة التي تعرضت لها أزلت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائماً إلى تدمير التطبيق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.

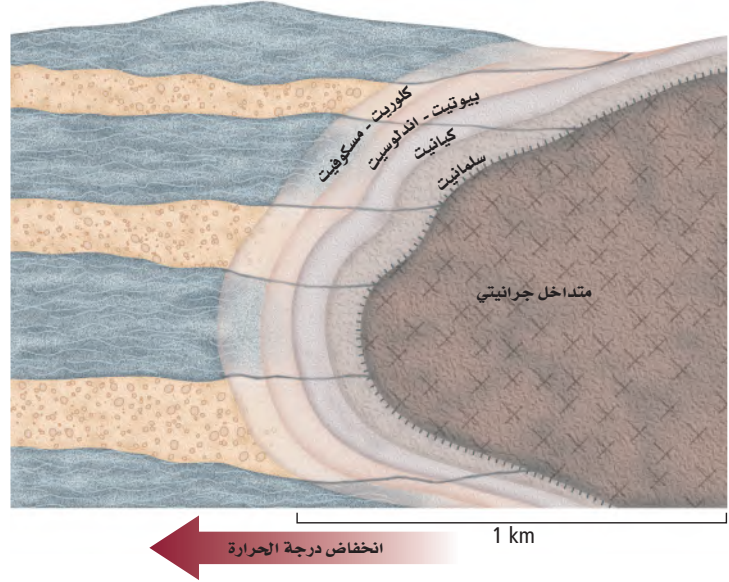


## درجات التحول Grades of Metamorphism

تؤدي توافقات مختلفة من درجات الحرارة والضغط إلى حدوث درجات تحول مختلفة. يقترن التحول المنخفض الدرجة بدرجات الحرارة والضغط المنخفضين وبمجموعة محددة من المعادن والأنسجة، بينما يقترن التحول العالي الدرجة بدرجات حرارة وضغط مرتفعين وبمجموعة مختلفة من المعادن والأنسجة. أما التحول المتوسط الدرجة فيقع بين التحولين منخفض الدرجة وعالي الدرجة.

## أنواع التحول Types of Metamorphism

يمكن أن تنتج آثار التحول عن التحول بالتماس والتحول الإقليمي والتحول الحراري المائي، وتزودنا المعادن التي تشكلت ودرجة التغير التي حدثت للصخر بمعلومات عن نوع التحول ودرجته.



**الشكل 35-4** قد يسبب التحول بالتماس الناتج عن حقن (المتداخل الجرانيتي) تشكّل أحزمة (نطق) من المعادن المتحولة. **وظّف** ما تعلمته عن التحول بالتماس لتحديد نوع الصخر الموجود الآن على حافة الجسم الناري الجوفي.

## التحول الإقليمي Regional metamorphism ينشأ التحول الإقليمي

**regional metamorphism** عندما تتعرض مناطق واسعة من القشرة الأرضية لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، وتتراوح درجة التحول بين منخفض وعالٍ. أما نتائج التحول الإقليمي فتتضمن التغير المعدني ونوع الصخر، بالإضافة إلى طي وتشويه طبقات صخور المنطقة. ويوضح الشكل 35-4 طبقات صخور مطوية عانت من التحول الإقليمي.





**التحول بالتماس contact meramorphism** عندما تصبح مادة مصهورة كالأجسام النارية الجوفية، في تماس مع صخور صلبة، يحدث تأثير محلي نسميه **التحول بالتماس contact meramorphism** تتشكّل مجموعات المعادن المميزة للتحول بالتماس على درجات حرارة عالية وضغط متوسط إلى منخفض. ويوضح الشكل 36-4 نطق معادن مختلفة تحيط بالجسم الناري الجوفي. ولأن درجة الحرارة تنخفض عند الابتعاد عن الجسم الناري الجوفي فإن تأثيرات التحول تنخفض أيضاً مع المسافة. لذا فإن تأثير التحول بالتماس الناتج عن الصخور النارية البركانية يكون محدوداً.

**التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism** يحدث **التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism** عندما تتفاعل مياه ساخنة جداً مع الصخر، فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية. وجملة الحراري المائي بالإنجليزية hydrothermal مشتقة من الكلمتين اليونانيتين hydro بمعنى الماء، و thermal بمعنى حرارة. ولما كانت الموائع في أثناء التحول تهاجر من الصخر وإليه، لذا فإن المكونات الكيميائية والنسيج الأصليين يمكن أن يتغيرا. وتكون التغيرات الكيميائية شائعة في التحول بالتماس بالقرب من الأجسام النارية الجوفية والبراكين النشطة. وغالباً ما تتوضع خامات اقتصادية بهذه الطريقة كالذهب والنحاس والخراسين والتنجستن والرصاص؛ فالذهب المتوضع في الكوارتز في الشكل 36-4 ناتج عن التحول الحراري المائي.

### الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

## Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

أدى نمط الحياة الحديث إلى ازدياد استخراج واستخدام موارد الأرض الطبيعية. فنحن مثلاً نحتاج إلى الملح للطهي، والذهب للتجارة، وفلزات أخرى للبناء والأغراض الصناعية، كما نحتاج إلى الوقود الأحفوري للطاقة، وإلى الصخور والعديد من المعادن في المستحضرات التجميلية، إلى غير ذلك من الاستعمالات. ويوضح الشكل 37-4 مثالين لكيفية استعمال الصخور المتحولة في البناء. وينتج الكثير من هذه الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحول، ومن بينها: فلزات الذهب والفضة والنحاس والرصاص، بالإضافة إلى موارد غير فلزية مهمة وكثيرة.



الشكل 36-4 تتكون عروق الذهب في الكوارتز عندما يبرد المحلول الحراري المائي.

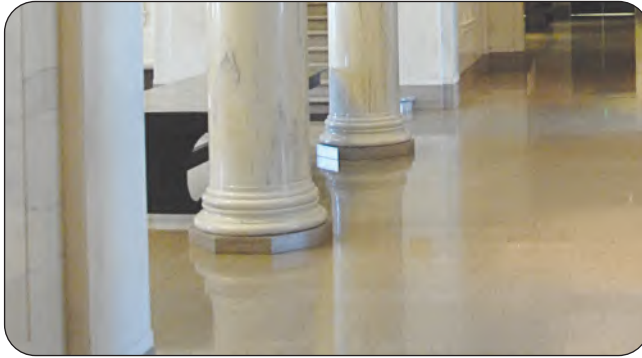




**موارد المعادن الفلزية Metallic mineral resources** توجد الموارد الفلزية غالبًا على شكل خامات معدنية فلزية، وعلى الرغم من اكتشاف توضعات فلزية نقية أحيانًا، فإن الكثير من التوضعات غير النقية تترسب من المحاليل الحرارية المائية، متركزة على هيئة عروق، أو منتشرة في كتلة الصخر. ويكثر وجود توضعات الذهب والفضة والنحاس في العروق الحرارية المائية للكوارتز بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم التوضعات الفلزية الحرارية المائية على شكل كبريتيدات، ومنها: الجالينا (PbS)، والبيريت (FeS<sub>2</sub>)، أو على شكل أكاسيد ومنها خاما الحديد (الماجنتيت والهيمايت)؛ وهما معدنان تشكلا بالتوضع من محاليل حرارية مائية حاملة للحديد. وفي المملكة العربية السعودية الكثير من المعادن التي توضع من المحاليل الحرارية المائية، ومنها: الذهب، والفضة، والنحاس.

✓ **ماذا قرأت؟** اذكر الموارد الاقتصادية التي تنتجها المحاليل الحرارية المائية.

**موارد المعادن غير الفلزية Nonmetallic mineral resources** يؤدي تحوّل الصخور النارية فوق القاعدية إلى إنتاج معدني التلك والإسبستوس، ولما كانت قساوة التلك تساوي 1 على مقياس موهس، فإنه يستعمل بوصفه مسحوق بودرة، ومُشحمًا، كما يدخل في صناعة الدهانات. أما الإسبستوس فلأنه غير قابل للانفجار، وموصلية الحرارية والكهربائية منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضادًا للحريق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، استُعمل بشكل واسع في صناعة البناء، ولا تزال كثير من البنايات القديمة تحتوي على الإسبستوس. ومن المعادن الأخرى غير الفلزية التي تنتج عن التحوّل معدن الجرافيت، وهو المكوّن الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.



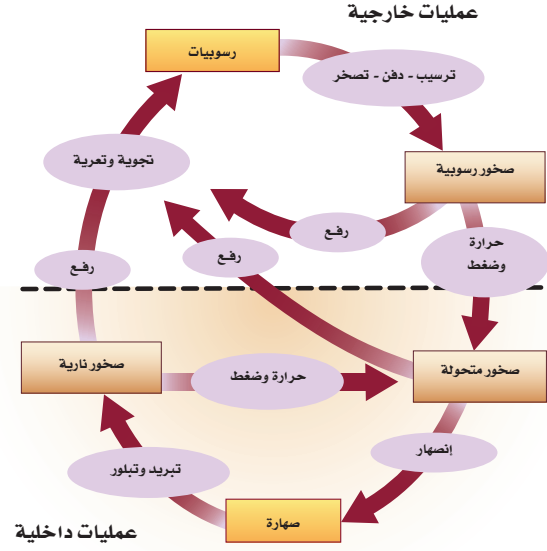
الشكل 4-73 الرخام والأردواز صخران متحولان استعملتا في البناء منذ قرون.



## دورة الصخر Rock Cycle

قد يتغير أي صخر إلى صخر آخر، وتسمى عملية التغير وإعادة التشكل المستمرتان **دورة الصخر rock cycle**. ويلخص الشكل 38-4 دورة الصخر، حيث تمثل الأسهم العمليات المختلفة التي تغير صخرًا إلى نوع آخر. وتصنف أنواع الصخور الثلاثة - النارية والرسوبية والمتحولة - في مجموعات حسب طريقة تشكيلها. فالصخور النارية تتبلور من الصهارة، والصخور الرسوبية تتشكل من رسوبيات ملتحمة أو مفككة، والصخور المتحولة تتكون عندما تتعرض الصخور إلى حرارة وضغط.

وبعد أن يتشكل الصخر، هل يحافظ على خصائصه ونوعه؟ قد يحدث ذلك، غير أن الاحتمال الأكبر هو ألا يحافظ على خصائصه ونوعه بعد التشكل؛ بل تغير الحرارة والضغط الصخور النارية إلى صخور متحولة، وقد يتغير صخر متحول إلى صخر متحول آخر أو ينصهر، ومن ثم يكون صخرًا ناريًا. وبدلاً من ذلك قد يتجوى الصخر المتحول وتصيبه التعرية، ويصبح رسوبيات، وتلتحم هذه الرسوبيات وتكون صخرًا رسوبيًا.



الشكل 38-4 تتغير الصخور باستمرار فوق سطح الأرض وتحت. توضح دورة الصخر بعض سلاسل التغيرات التي تمر بها الصخور.

## التقويم 4-5

### الخلاصة

- أنواع التحول الثلاثة الرئيسية هي التحول الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي.
- يمكن أن يكون نسيج الصخور المتحولة متورقًا أو غير متورق.
- في أثناء عملية التحول تتشكل معادن جديدة تكون مستقرة تحت درجة الحرارة المرتفعة والضغط.
- مجموع العمليات التي تتغير خلالها الصخور بشكل مستمر من نوع إلى آخر تسمى دورة الصخر.

### فهم الأفكار الرئيسية

- لخص كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحول؟
- لخص أسباب تشكل النسيج المتحول المتورق.
- طبق مفهوم دورة الصخر لتفسر كيفية تصنيف الأنواع الصخرية الرئيسية الثلاثة.
- قارن بين العوامل التي تسبب أنواع التحول الرئيسية الثلاثة.

### التفكير الناقد

- استنتج خطوات تكون صخر الرخام من الحجر الجيري.
- توقع موقع جسم ناري جوفي بناء على المعلومات المعدنية الآتية: جُمع معدنا الكلوريت والمسكوفيت من الجزء الشمالي من منطقة الدراسة؛ وجُمع الجارنت والستوروليت من الجزء الجنوبي من المنطقة.

### الرياضيات في الجيولوجيا

- تتشكل غالبًا الأحجار الكريمة في صورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولة. وتوصف الأحجار الكريمة بوحدة القيراط. يساوي القيراط 0.2 g أو 200 mg. اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويورك عام 1885 كتلتها 4.4 kg وقطرها 15 cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟



# السياحة الجيولوجية

## في الميدان

### الجزيرة العربية عبر العصور

يسافر بعض الناس إلى أماكن قاصية من العالم ليروا أنواعًا مختلفة من الصخور. ولا شك أن جزيرة العرب تمتع بموقع فريد، وطبيعة جيولوجية خلابة تفرض فيها التشكيلات الجيولوجية نفسها؛ وتتكشف فيها سجلات صخرية لمعظم العصور الجيولوجية.

### الرواسب الجليدية



رواسب الجليديات  
بالقرب من القوارة  
بمنطقة القصيم

### الأشجار المتحجرة



تزخر الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراء في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجار المتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البيرمي، منذ 250 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

ومنها كذلك مجموعة من الأشجار المتحجرة لنوع الصنوبر في بعض أجزاء صحراء الربع الخالي يرجع تاريخها إلى 50 مليون سنة.

وقد أشار رسول الله صلى الله عليه وسلم في حديثه الشريف عن أبي هريرة رضي الله عنه إلى أن أرض الجزيرة العربية كانت في السابق مليئة بالأشجار والمياه، فقال: لن تقوم الساعة حتى تعود أرض العرب مروجًا وأنهارًا.

هل تصدق أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حاليًا في شمال كندا وشمال أوروبا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردوفي في مناطق مختلفة من الجزيرة العربية، مثل تلك الموجودة في منطقة القصيم في المملكة العربية السعودية، والتي تكونت منذ 450 مليون سنة، وهي تعد من الأمثلة النادرة على العصور الجليدية القديمة.

## الجيولوجيا

### الكتابة في

مطوية تعزيزية: ابحث عن مزيد من المعلومات عن أنواع الصخور الموجودة في منطقتك، والمستعملة في بناء المنشآت. اعمل مطوية تعزيزية تصف فيها رحلة تركز فيها على الجيولوجيا المحلية.

الرابط مع رؤية ٢٠٣٠





# مختبر الجيولوجيا (1)

## تفسير التغيرات في الصخور



جدول معلومات العينات					
رقم العينة	1	2	3	4	5
اسم الصخر ونوعه					
الخصائص المميزة					
الكتلة					
الحجم					
الكثافة					

**خلفية علمية:** مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع لآخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. لون الصخر وحجم الحبيبات والنسيج والتركيب المعدني أشياء يمكن ملاحظتها ووصفها بسهولة. لكن مع تغير المعادن يتغير بناؤها البلوري وكثافتها. كيف يمكن تمثيل ووصف هذه التغيرات؟ ادرس زوجين من عينات الصخور ليتبين لك كيف يتم ذلك.

**سؤال:** كيف تقارن بين خصائص الصخور النارية والرسوبية وبين خصائص الصخور المتحولة؟

### الأدوات

عينات من: صخر رملي، الطفل، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينات والماء.

### إجراءات السلامة

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. حضر جدولاً لتسجيل البيانات كالجدول المجاور.
3. لاحظ كل عينة وسجل ملاحظاتك في الجدول.
4. تذكر أن الكثافة =  $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ . ضع مخططاً لقياس كل من الحجم والكتلة لكل عينة.
5. احسب كثافة كل عينة، وسجلها في الجدول.

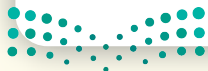
### التحليل والاستنتاج

1. قارن بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.

2. صف كيف تتغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
3. صف اختلاف النسيج الذي تراه بين الطفل والأردواز.
4. قارن بين نتائج حساباتك وحسابات زملائك، واستنتج أسباب اختلاف النتائج.
5. وضح لماذا يمكن أن يختلف لون الصخور الرسوبية في أثناء عمليات التحول؟
6. قوّم التغير في الكثافة بين كل من الطفل والأردواز، الحجر الرملي والكوارتزيت، الحجر الجيري والرخام. هل حدث تغير في جميع العينات؟ فسر نتائجك.

### شارك بياناًتك

راجع مع أقرانك. ناقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على المتغيرات: الكتلة والحجم والكثافة.



## مختبر الجيولوجيا (2)

### صمم بنفسك

### نموذج تكون البلورات



**خلفية علمية:** يعتمد حجم بلوات الصخور النارية على معدل تبريد الصهارة، ومن الصعب مشاهدة تبلور الصهارة؛ لأنها ساخنة جدًا، وكذلك بسبب بطء عملية التبلور. لكن هناك بعض المواد التي تتبلور عند درجات حرارة منخفضة، لذلك يمكن استعمالها لنمذجة عملية تبلور المعادن من الصهارة.

**سؤال:** كيف تتبلور المعادن من الصهارة؟

### الأدوات

أطباق بتري نظيفة	مقياس حرارة
محلول الشب المشبع	مناشف ورقية
كأس زجاجية سعة 200 mL	ماء
عدسة مكبرة	مصدر حراري
ورق مقوى أسود	

### إجراءات السلامة

**احذر:** عند إضافة محلول الشب في أطباق بتري لأول مرة لأنه ساخن، وقد يسبب تهيجًا للجلد. وإذا لامس المحلول الجلد فاغسله بماء بارد.

### خطوات العمل

1. اقرأ احتياطات السلامة الخاصة بهذا النشاط.
2. خطط مع زملائك في المجموعة كيف تغيرون معدل تبريد محلول الشب الساخن في أطباق بتري، كل عضو في المجموعة سيختار طبق بتري في مكان محدد مسبقًا لمراقبته في أثناء الاستقصاء. تأكد من موافقة معلمك على الخطة المقترحة للعمل.
3. ضع ورقة مقواة سوداء على سطح مستو، وتأكد أنك وضعتها في المكان المحدد مسبقًا، وضع أطباق بتري فوق الورقة.

4. استعمل كأسًا زجاجية للحصول على حوالي 150 mL من محلول الشب فوق المشبع من معلمك. درجة حرارة المحلول دون درجة الغليان؛ أي حوالي 95°C – 98°C.

5. املاً كل طبق من أطباق بتري إلى نصفه بالمحلول فوق المشبع مع اتباع إجراءات السلامة في أثناء إضافة المحلول.
6. راقب أطباق بتري كل 5 دقائق ولمدة 30 دقيقة، وسجل ملاحظاتك، وارسم البلورات التي بدأت تتكون.

### التحليل والاستنتاج

1. قارن بين طريقة التبريد وبين الطرائق التي استعملتها المجموعات الأخرى. هل تظن أن هناك طريقة أفضل من الأخرى؟ وضح إجابتك.
2. اختبر بلوراتك. كيف تبدو؟ هل حجمها متساوية؟ وهل هي متشابهة في الشكل؟
3. ارسم شكل البلورات الأكثر شيوعًا، وقارن بين رسمك ورسم المجموعات الأخرى. صف أي نمط لاحظته في رسوم المجموعات الأخرى.
4. استنتج العوامل المؤثرة في حجم البلورات (الأطباق المختلفة). كيف عرفت ذلك؟
5. فسّر لماذا يختلف شكل البلورات عند نموها؟
6. قارن بين هذه التجربة وتبلور الصهارة في الطبيعة.
7. قوّم العلاقة بين معدل التبريد وتكون البلورات.

### شارك بياناتك

راجع مع أقرانك. ضع ملخصًا لبياناتك، ثم قارنها مع الطلبة في الصف.



## دليل مراجعة الفصل

**الفكرة العامة** تقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع؛ هي الصخور النارية، والصخور الرسوبية، والصخور المتحولة.

## المفردات

## المفاهيم الرئيسية

## 1-4 ما الصخور النارية؟

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

التبلور الجزئي

- الفكرة الرئيسية** الصخور النارية هي الصخور التي تتكون عندما تبرد المواد المنصهرة الموجودة في باطن الأرض أو على سطحها ثم تتبلور.
- تتكون الصهارة من صخور منصهرة وغازات مذابة وبلورات معادن.
  - تصنف الصهارة إلى بازلتية وأندزيتية وريولايتية؛ اعتمادًا على نسبة السيليكا في كل نوع.
  - المعادن المختلفة تنصهر وتبلور عند درجات حرارة مختلفة.



## 2-4 تصنيف الصخور النارية

الصخور الجوفية

الصخور السطحية

الصخر البازلتي

الصخر الجرانيتي

الصخور المتوسطة

الصخور فوق القاعدية

النسيج

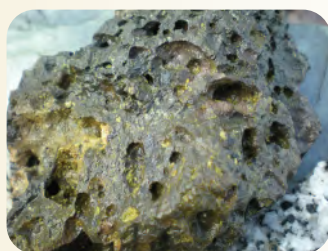
النسيج البورفيرى

النسيج الفقاعي

البيجماتيت

الكمبرليت

- الفكرة الرئيسية** يعتمد تصنيف الصخور النارية على مكوناتها المعدنية وحجم بلوراتها ونسيجها.
- تصنف الصخور النارية اعتمادًا على خصائصها.
  - يعتمد حجم البلورات على معدل التبريد.
  - غالبًا توجد الخامات في البيجماتيت، والألماس في الكمبرليت.
  - تستخدم بعض أنواع الصخور النارية في البناء؛ لصلابتها، وتحملها للضغط، ولجمالها.



# دليل مراجعة الفصل

4

لغة

## المفاهيم الرئيسة

## المفردات

### 4-3 تشكل الصخور الرسوبية

- الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.
- تتطافر عمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبية.
  - تتصخر الرسوبيات بعملية التراص والسمتة.
  - الأحافير هي كل ما يحفظ من بقايا أو طبقات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي.
  - تحتوي الصخور الرسوبية على معالم مميزة كالتطبق المتدرج والتطبق المتقاطع وعلامات النيم.

الرسوبيات  
التصخر  
التراص  
السمتة  
مادة لاحمة  
التطبق  
التطبق المتدرج  
التطبق المتقاطع

### 4-4 أنواع الصخور الرسوبية

- الفكرة الرئيسة** تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.
- الصخور الرسوبية تكون فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية.
  - الصخور الرسوبية الفتاتية تتكون من فتات صخري، وتصنف حسب حجم حبيباتها وأشكالها.
  - تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية من ترسب معادن مذابة في الماء.
  - تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات كانت تعيش في الزمن الماضي.
  - تفيد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في معرفة الظروف التي سادت سطح الأرض في الزمن الماضي.

الصخور الرسوبية الفتاتية  
الفتاتي  
المسامية  
الصخور الرسوبية الكيميائية  
(المتبخرات)  
الصخور الرسوبية الكيميائية  
الحويية

### 4-5 الصخور المتحولة

- الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.
- الأنواع الرئيسة للتحويل هي التحويل الإقليمي والتحويل التماسي والتحويل الحراري المائي.
  - نسيج الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة.
  - في أثناء عملية التحويل تتغير المعادن في صخر ما إلى معادن جديدة مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط.
  - دورة الصخر هي مجموعة العمليات المستمرة التي تؤثر في الصخور وتغيرها من نوع لآخر.

متورقة (صفائحية)  
غير المتورقة (غير صفائحية)  
التحويل الإقليمي  
التحويل بالتماس  
التحويل الحراري المائي  
دورة الصخر





## مراجعة المفردات

أكمل الجمل الآتية مستعملًا المفردات المناسبة:

1. يسمى النسيج الناري الذي يمتاز باحتوائه على بلورات كبيرة في أرضية من البلورات الصغيرة .....
2. يقال عن الصخور النارية التي تتكون في ظروف تبريد سريعة إنها .....
3. يقال عن الصخور الفاتحة اللون ذات البلورات كبيرة الحجم إنها .....
4. ينتج عن تراص الرسوبيات الفتاتية والتحامها .....
5. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي ترسب مائلة على السطح الأفقي .....
6. ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمة التي تحتها خط:  
تتصاعد الغازات من الصهارة مع تدفقها على سطح الأرض.
7. يصف مقياس موهس للقساوة الترتيب الذي تتبلور على أساسه المعادن.
8. تتميز الصخور الجرانيتية بلونها الغامق ومحتواها القليل من السيليكات.
9. تتكون اللاية في الأعماق تحت القشرة الأرضية.
10. تحدث السمتة في أثناء استقرار الرسوبيات بتناقص طاقة المياه.
11. تتكوّن الصخور المتحولة الصفائحية من بلورات كتلية الشكل.

اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل مما يأتي:

12. المسامية، الصخر الرسوبي الفتاتي

13. الراسب، التطبق

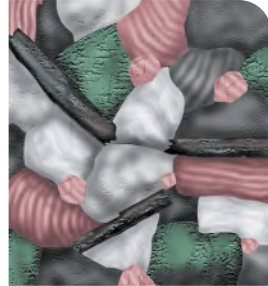
14. فتاتي، المتبخرات

## تثبيت المفاهيم الرئيسة

15. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الصهارة؟

- a. الكوارتز  
b. المايكا  
c. الفلسبار البوتاسي  
d. الأوليفين

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال 16.



16. ما العملية التي حدثت؟

- a. الانفصال الجزئي  
b. الفصل البلوري  
c. التبلور الجزئي  
d. الانصهار الجزئي
17. أي أنواع الصهارة تحتوي كمية أكبر من السيليكات؟
- a. البازلتية  
b. الأندزيتية  
c. الريولايتية  
d. البيردويتية
18. أي العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الصهارة؟
- a. الحجم  
b. درجة الحرارة  
c. الضغط  
d. المكونات المعدنية

23. ما المصطلح الذي يصف الصخور النارية التي تتبلور داخل الأرض؟

- a. الصحار c. اللابة  
b. الجوفية d. السطحية

24. أيُّ المعدنين أكثر شيوعاً في الجرانيت؟

- a. الكوارتز والفلسبار  
b. الأوليفين والبيروكسين  
c. الفلسبار البلاجيوكليزي وأمفيبول  
d. الكوارتز والأوليفين

25. ما الراسب الفتاتي الذي حجم حبيباته أصغر فيما يأتي؟

- a. الرمل c. الحصى  
b. الطين d. حجر الطمي

26. ما الصخر الفتاتي الخشن الحبيبات الذي يحوي قطعاً مدببة؟

- a. الحجر الجيري c. الحجر الرملي  
b. الكونجلوميرات d. البريشيا

27. ما الصخر الحيوي الكيميائي الذي يحوي أحافير؟

- a. الصوان c. الحجر الرملي  
b. الحجر الجيري d. البريشيا

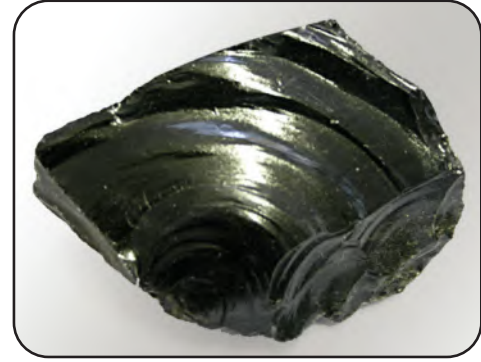
28. أيُّ مما يأتي ليس من عوامل التحول؟

- a. التصخر c. الحرارة  
b. المحاليل الحرارية المائية d. الضغط.

19. أي الصخور السطحية الآتية لها مكونات الديوريت نفسها؟

- a. الريولايت c. الأوبسيديان  
b. البازلت d. الأنديزيت

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 20.



20. أيُّ العمليات كوَّنت هذا الصخر؟

- a. تبريد بطيء c. تبريد سريع جداً  
b. تبريد سريع d. تبريد بطيء ثم سريع

21. أيُّ أنواع الصخور فوق القاعدية تحتوي أحياناً على الألماس؟

- a. البيجماتيت c. الجرانيت  
b. الكمبرليت d. الريولايت

22. لمعدلات التبريد السريعة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكوّن:

- a. بلورات صغيرة c. بلورات فاتحة  
b. بلورات كبيرة d. بلورات داكنة



استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين؛ 29 و 30.



29. ما المصطلح الأفضل لوصف نسيج هذا الصخر؟

a. متبلور c. متورق

b. غير متورق d. فتاتي

30. أي صخر ناري يشكل تحوله العينة أعلاه عادة؟

a. الديورايت c. الجرانيت

b. البازلت d. الجابرو

31. أي مما يأتي تتوقع أن تكون مساميته أكبر؟

a. الحجر الرملي c. الحجر الجيري

b. النيس d. الكوارتزيت

32. أيّ عوامل التعرية ينقل عادة فتاتاً بحجم حبيبات

الرمال أو أقل من ذلك فقط؟

a. الانزلاقات الأرضية c. الماء

b. الجليديات d. الرياح

33. أيّ العمليات مسؤولة عن إذابة ونقل المواد من مكان

إلى آخر؟

a. التجوية c. الترسيب

b. التعرية d. السمّنة

## أسئلة بنائية

34. اعمل قائمة ببعض استخدامات الصخور النارية في صناعة البناء.

35. فسّر كيف، ولماذا يختلف الفلسبار البلاجيوكليزي في الصخور البازلتية عنه في الصخور الجرانيتية؟

استعمل الصورتين الآتيتين للإجابة عن السؤالين 36 و 37.



36. ارسم مخططاً انسيابياً لتوثيق عملية تكون الثقوب في عينة البازلت الفقاعي.

37. فكر في الأسباب التي تجعل عينة الخفاف (اليومس) تطفو فوق سطح الماء.

38. وضّح بالرسم كيف يغير التبلور الجزئي مكونات الصهارة من خلال تكون الأوليفين الغني بالحديد.

39. طبق مفاهيم درجة الحرارة والتبلور لتفسير لماذا -في الغالب- توصف الصهارة بأنها مزيج من بلورات وصهير صخري.



43. لخص الفرق الرئيس بين صخر الكوكينا والحجر الجيري الأحفوري.

44. احسب كتلة من الحجر الرملي حجمها  $1\text{m}^3$ ، ومساميتها 30%. كم لترًا من الماء يمكن أن تستوعب هذه الكتلة؟

45. وضع بالرسم الشرطين الضروريين لتشكّل الصخور المتحولة المتورقة.

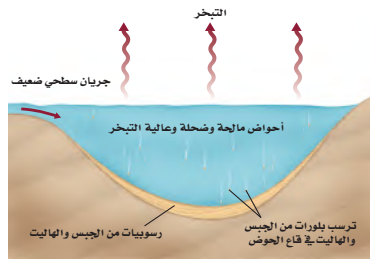
46. قارن بين طرائق تصخر الرمل والطين.

47. صنف أنواع الرسوبيات الآتية إلى سيئة الفرز أو جيدة الفرز: رمال الكثبان، مواد الانزلاقات الأرضية، رسوبيات جليدية، رمال الشواطئ.

48. حلل تأثير ترسب معادن الكالسييت أو أكسيد الحديد في الرسوبيات الفتاتية.

49. قارن بين الكونجلوميرات والبريشيا من حيث خصائصهما وطرائق تشكّلها.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 50.



50. قوّم تأثير انفتاح هذه البيئة على المحيط.

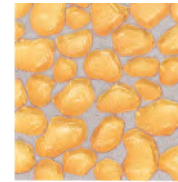
استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 40 و 41.

مكونات الصخر				
النسبة المئوية للمعدن في الصخر				المعدن
الصخر 1	الصخر 2	الصخر 3	الصخر 4	
5	35	0	0	كوارتز
0	15	0	0	فلسبار بوتاسي
55	25	0	55	فلسبار بلاجيوكليزي
15	15	0	10	بيوتيت
25	10	0	30	أمفيبول
0	0	40	5	بيروكسين
0	0	60	0	أوليفين

40. حلل البيانات في الجدول وفسر أيّ الصخور أكثر شبهًا بالجرانيت؟

41. استعمل بيانات الصخر 4 وحقيقة أن بلوراته صغيرة، في تحديد اسمه.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 42.



42. صف كيف تلتصق الحبيبات معًا في الشكل.





## التفكير الناقد

51. قارن بين الأوبسديان والجرانيت لتوضيح سهولة نحت الجرانيت لعمل لوحات فنية.

52. قوّم هذه العبارة: من الممكن أن يكون محتوى الصهارة من السيليكا كبيراً، مقارنة بالصخر الذي تكون منها.

53. طبق ما تعرفه عن قساوة المعادن لتفسير عدم خدش سكاكين الفولاذ غير القابل للصدأ شفرة قطع الجرانيت.

54. استدلّ تُعدّ صخور الكيمبرليت مصدر معظم الألماس. لماذا يدرس العلماء صخور الكيمبرليت ليتعرفوا المزيد عن ستار الأرض؟

55. قوّم تتكون الصخور عمومًا من المعادن، وعندما يبرد الصخر المنصهر بسرعة كبيرة يتحول إلى زجاج، والزجاج البركاني عبارة عن صخر ناري سطحي. قوّم إذا كان هذا الصخر يحتوي على المعادن أم لا. فسّر إجابتك (ملاحظة: تذكر تعريف المعدن في الفصل الأول).

56. استدلّ. لماذا تكون الصخور المكونة من المعادن التي تتبلور أولاً حسب سلاسل تفاعلات باون غير مستقرة وتحلل بسرعة على سطح الأرض؟

57. كوّن فرضية كيف تبدو عتبة باليسيد إذا كان تركيب الصهارة جرانيتياً؟

58. اربط ما تعلمته عن أشكال البلورات لتفسير عدم تكون التورق في الرخام، رغم أنه تشكّل تحت ضغط عالٍ.

59. مهنة الجيولوجي يعمل بعض علماء الرسوبيات في أماكن استخراج الرمل والحصباء، حيث يحللون هذه المواد لتقرير أفضل الأمكنة، وكيف يستعملونها. استدلّ على أهمية فهم علماء الرسوبيات لما يحدث لمسامية الرمل إذا اختلطت به رسوبيات ناعمة الحبيبات.

60. وضح بالرسم خزناً بترولياً مكوّناً من طبقات من الرمل والطفّل. حدد مكان البترول في الصخور.

61. قوّم ما إذا كانت علامات النيم وآثار أقدام حيوان تعد من الأحافير. فسّر إجابتك.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 62 و 63.



62. قوّم الرسوبيات المكونة للطبقات في الشكل السابق. ما نوع هذا التطبق، وهل هو جيد الفرز أم رديء؟ وضح إجابتك.

63. استدلّ ما عامل التعرية الذي يمكن أن يُنتج الطبقات الموضحة في الشكل؟ وضح ذلك.

64. استنتج لماذا تكون القطع الزجاجية الموجودة على الشاطئ المكون من الرمل الكوارتزي مستديرة، بينما تكون حادة إذا كانت على شاطئ مكون من الرمل الكربوناتي؟



68. كَوْنُ فرضية. تُستنفد الكربونات على عمق 4000 m تقريباً من سطح مياه المحيط. وتحت هذا العمق لا تترسب الكربونات، ولا تتراكم الأصداف على قاع المحيط. كَوْنُ فرضية تفسّر فيها سبب وجود هذا الشرط في المحيط.

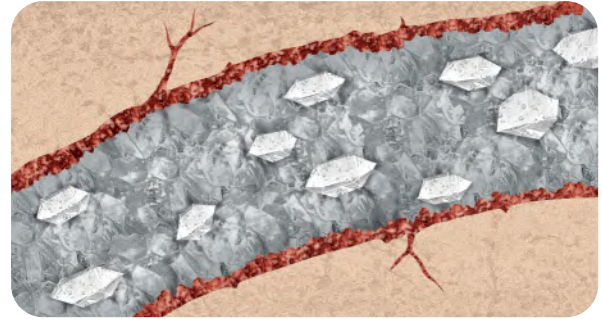
#### خريطة مفاهيمية

65. استعمل المصطلحات الآتية في عمل خريطة مفاهيم تبين العلاقات بين المواقع في القشرة الأرضية والستار وحجم البلورات ونوع الصخر: سريع، بطيء، الأبطأ، جوفي، سطحي، صهارة، لابة، جرانيت، ريولايت، بازلت، جابرو، أوبسديان، خفاف.

66. استخدم المصطلحات الآتية لبناء خريطة مفاهيم تنظم معالم الصخور الرسوبية: علامات النيم، تطبق متدرج، تطبق أفقي، غير متماثل، متماثل، تيار نهري، حركة الأمواج، ترسيب الرياح، ترسيب المياه. يمكن أن تستعمل بعض المصطلحات أكثر من مرة.

#### سؤال تحفيز

استعمل الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 67.



67. حدد. يوضح الشكل مقطعاً عرضياً لعرق في صخر ناري. ما مراحل تكوّن هذا العرق الصخري؟



# اختبار مقنن

## اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2

خصائص الصخور			
المكونات	السيليكا	اللون	
كوارتز وفلسبار	مرتفع	فاتح	الصخر A
أوليفين وبلاجيوكليس	منخفض	غامق	الصخر B

1. ما نوع الصخر الأكثر شبهًا بالصخر A؟

- a. الجرانيت  
b. البازلت  
c. البيردوتيت  
d. الديوريت

2. ما نوع الصخر B؟

- a. الجرانيت  
b. الديوريت  
c. الجابرو  
d. البيجماتيت

3. أيُّ المواد الآتية أكثر وفرة في الصهارة، ولها تأثير كبير في خصائصها؟

- a. O  
b. Ca  
c. Al  
d. SiO<sub>2</sub>

4. ما العملية التي تصف انتقال بلورات المعادن وانفصالها عن الصهارة؟

- a. الانصهار الجزئي  
b. التبلور الجزئي  
c. الممال الحراري  
d. الانفصال الجزئي

5. أيُّ الخصائص الآتية لا تُستعمل في تعرّف المعادن؟

- a. القساوة  
b. اللون  
c. الكثافة  
d. الحجم

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟

a. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.

b. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.

c. لزوجة الصهارة منخفضة دائماً.

d. لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا واللزوجة.

7. ما العبارة الصحيحة حول الصهارة الجرانيتية؟

a. أثقل من النوعين الآخرين من الصهارة.

b. أخف من النوعين الآخرين من الصهارة.

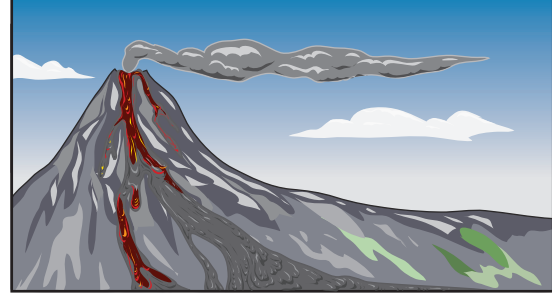
c. تنساب بسرعة أكبر من النوعين الآخرين من الصهارة.

d. تنساب أبطأ من النوعين الآخرين من الصهارة.



# اختبار مقنن

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و 9.



8. ما الصخور الأكثر احتمالاً أن تتحول بسبب انسيابات اللابة؟

- الصخور التي في فوهة البركان؛ حيث تكون اللابة أسخن.
- الصخور التي في الفوهة والصخور الواقعة على طول الجزء العلوي من الجبل.
- جميع الصخور التي على الجبل.
- جميع الصخور التي يصلها انسياب اللابة.

9. ما نوع الصخر الذي يتشكّل، بعد أن تبرد اللابة وتبلور؟

- الرسوبي
- المتحول
- الناري السطحي
- الناري الجوفي

10. ما الاسم الشائع لـ  $\text{NaCl}$ ؟

- ملح الطعام
- سكر
- ماء
- كلور طبيعي

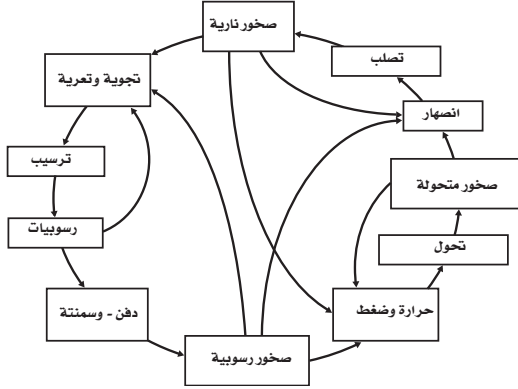
11. ما الخطوة الأولى التي تبدأ بها عملية تغير الرسوبيات إلى صخور رسوبية؟

- التطبق
- الدفن
- السمنتة
- التراصّ

12. ما الصخور المتحولة المكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل؟

- المتورقة
- غير المتورقة
- النائس
- الشيسيت

استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 13 و 14.



13. بناء على المخطط أعلاه، كيف تتكون الصخور النارية؟

- ارتفاع في درجات الحرارة والضغط لصخور موجودة، دون حدوث انصهار لها.
- انصهار لصخور موجودة، ثم تصلبها.
- دفن وسمنتة للرسوبيات، ثم تصلبها.
- تجوية وتعرية للصخور، ثم تصلبها.

14. اعتماداً على دورة الصخر الموضحة أعلاه، ما الاحتمال الذي تتوقع حدوثه أكثر، بعد توضع الرسوبيات؟

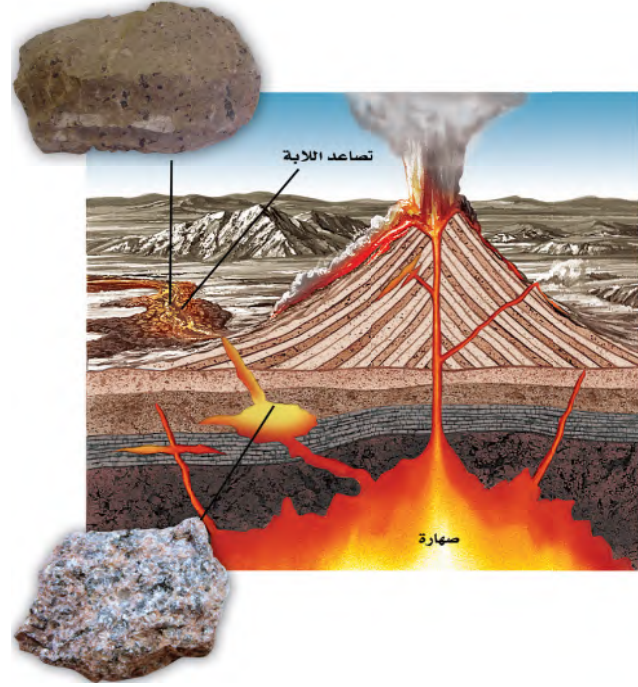
- تشكّل التجوية المزيد من الرسوبيات.
- تبرّد الصهارة وتشكّل صخوراً نارية.
- تنسب الحرارة والضغط في صهر الرسوبيات.
- تحدث السمنتة وتشكّل الصخور الرسوبية.





## أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 15 و 16



15. ما نوع الصخر المبيّن أسفل الصورة؟ أعط مثلاً على صخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.

16. ما نوع الصخر المبيّن أعلى الصورة؟ أعط مثلاً لصخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.

17. ما الفرق بين طريقة تكون نوعي الصخور النارية؟

18. ما المقصود بأن المعدن يتكون طبيعياً، ومن أصل غير عضوي؟

19. لماذا تصنف بعض المعادن على أنها معادن نفيسة؟

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 20 و 21.



20. ما الذي تلاحظه في تشكّل الصخر الرسوبي أعلاه؟

21. هل تمثل هذه العملية التراص أم السمنتة؟ صف الفرق بين العمليتين.

22. كيف تُساعد دراسة طبقات الصخور الرسوبية وفهم كيفية تشكّلها علماء الأحافير في تعرّف تاريخ الأرض؟

## القراءة والاستيعاب

### براكين قاع المحيط

تتصاعد أعمدة الرماد البركاني وقطرات الكبريت المنصهر، ويتجمع الروبيان على وليمة من الأسماك التي قتلتها اللابة المتدفقة من فوهة البركان. هذا وصف لمشهد من فيلم تمّ تصويره مؤخراً تحت سطح الماء غرب المحيط الهادي.

المنظر التي يعرضها هذا الفيلم حقيقية، التقطت لبركان نشط من البراكين التي شكلت أقواس الجزر البركانية.

تحدث هذه البراكين بمحاذاة الأخاديد البحرية؛ حيث تنزلق صفيحة أرضية تحت صفيحة أخرى، وفي مقابل البراكين التي تحدث عند ظهر المحيط، حيث تتباعد الصفائح عن بعضها، فإن المقذوفات البركانية عند الأخاديد تتراكم بعضها فوق بعض، حيث ترتفع الجبال البركانية تدريجياً حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكّنت التقنيات الحديثة العلماء من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكّنه من الحصول على معلومات واقعية عن عمليات تكوّن بعض هذه الجزر، ومنها جزيرة ماريانا. حيث تم رصد النشاط البركاني لجزيرة ماريانا للمرة الأولى عام 2004، ورغم أن النشاط البركاني في الجزيرة يحدث بمعدل ثابت وضعيف إلا أن ذلك لا يعني أنه كان نشطاً خلال العصور الماضية. وهذا يساعد العلماء على تصور الآلية التي تتكون بها هذه الجزيرة.



# اختبار مقنن

عمر طبقات الصخور الرسوبية			
الطبقة	المكونات	العمر المقدر (بالسنوات)	العمق (بالمتر)
M	صخور رسوبية	100,000	0 – 4.95
N	صخور رسوبية	غير معروف	5 – 7.95
O	صخور رسوبية	6 ملايين	8 – 8.95
P	صخور رسوبية	6.1 مليون	9 – 10

25. ما الذي كان ينبغي على علماء الأحافير تسجيله لتحسين نوعية المعلومات؟

a. الوقت من السنة.

b. عمر الطبقة N.

c. تحديد موقع العمل.

d. كتلة الصخور الرسوبية.

26. إذا وجدت نوعاً من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتين M و N فماذا تستنتج؟

a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.

b. اختفى وصاد نوع آخر بدلاً عنه.

c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.

d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريباً.

بعد قراءتك للنص أجب عن الأسئلة الآتية:

23. ما أهمية الدراسات الحديثة لجزيرة ماريانا؟

a. تعطي العلماء فرصة لإلقاء نظرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.

b. تكشف أن البراكين يمكن أن تستمر في الثوران عقوداً طويلة.

c. تكشف عن أسرار الحياة قرب فوهات البراكين.

d. تمثل أول ملاحظة مباشرة على البراكين النشطة عند أقواس الجزر البركانية.

24. ماذا تستنتج من النص؟

a. تستمر البراكين في الثوران بمستوى ثابت من الشدة.

b. تحدث البراكين عند ظهر المحيط فقط.

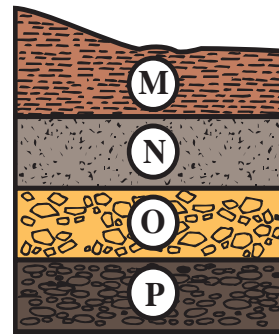
c. الروبيان يأكل الأسماك الميتة فقط.

d. هناك نشاط بركاني في مواقع مختلفة تحت سطح الماء.

طبقات الصخور الرسوبية

يرغب علماء الأحافير في دراسة طبقات الصخور الرسوبية ومكوناتها في منطقة معينة. ويوضح الشكل أدناه مقطعاً طويلاً لطبقات صخور مدروسة. أما الجدول فيوضح المعلومات التي استطاع العلماء جمعها.

استعن بالشكل والجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 25 و 26





# الصفائح الأرضية وآثارها Earth's Plates and their effects

5

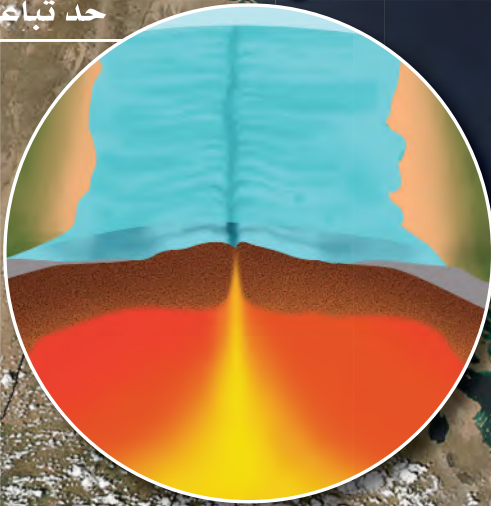
الصفائح



بركان الجبل الأبيض

نشاط بركاني

حد تباين



**الفكرة العامة** تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض. وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

## 1-5 انجراف القارات

**الفكرة الرئيسية** تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معاً يوماً ما.

## 2-5 توسع قاع المحيط

**الفكرة الرئيسية** تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءاً من قاعه.

## 3-5 حدود الصفائح وأسباب حركتها

**الفكرة الرئيسية** تتشكل كل من البراكين والجبال والأخاديد البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية.

## حقائق جيولوجية

- نشأ البحر الأحمر نتيجة انفصال الجزيرة العربية عن إفريقيا قبل 27 مليون سنة تقريباً.
- أظهرت نتائج صور الأقمار الاصطناعية أن قاع البحر الأحمر يتوسع بمعدل 2 cm سنوياً تقريباً، لذا يطلق الجيولوجيون عليه المحيط الصغير، ويتوقع أن يصبح قاعه محيطاً حقيقياً في المستقبل.
- توجد الصفائح العربية - وتظهر جزء منها في هذه الصورة - عن يمين البحر الأحمر، وشفافة إفريقيا على يساره.

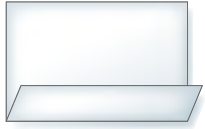
## نشاطات تمهيدية

### حدود الصفائح

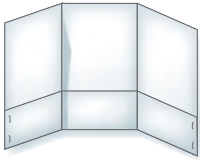
اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع حدود الصفائح والمعالم الجيولوجية المرتبطة معها.

### المطويات

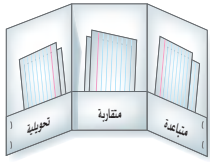
#### منظمات الأفكار



**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



**الخطوة 3** ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعنونها على النحو الآتي: متباعدة، متقاربة، تحويلية.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة القسم 3-5، لخص الخصائص الجيولوجية لأنواع حدود الصفائح الثلاث والعمليات المرافقة لها على بطاقات معنونة، وضعها في الجيوب المناسبة لها.

## تجربة استهلاكية

### هل تتحرك مدينة جدة؟

كانت الجزيرة العربية جزءاً من قارة إفريقيا إلى أن حدث شق عظيم بينهما يُدعى حفرة الانهدام. وأخذ هذا الشق يتوسع ببطء، ثم اندفعت فيه المياه من خليج عدن حتى تكوّن البحر الأحمر وخليج العقبة والسويس، واستمر البحر في التوسع بمعدل 2 cm كل عام، وهذا يعني أن مدينة جدة تبتعد أكثر فأكثر عن شرق إفريقيا وتتحرك في اتجاه الشمال الشرقي.



### الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر في دليل التجارب العملية.
2. حدّد المسافة الفعلية بين مدينة جدة في المملكة العربية السعودية ومدينة بورسودان في جمهورية السودان، وكذلك بين مدينتي جدة ومكة المكرمة باستعمال المسطرة المترية ومقياس رسم الخريطة.
3. احسب تغير المسافة بين مدينتي جدة وبورسودان، وبين مدينتي جدة ومكة المكرمة بعد 50 مليون سنة، مع افتراض أن البحر الأحمر يتوسع بالمعدل نفسه على طول الخط الواصل بين مدينتي جدة وبورسودان.

### التحليل

1. استنتج ما القوى التي أدت إلى ابتعاد شبه الجزيرة العربية عن قارة إفريقيا؟
2. احسب المدة الزمنية التي يستغرقها البحر الأحمر ليزداد عرضه 100 km عن عرضه الحالي، إذا كان معدل توسعه 2 cm في العام الواحد.







# 5-1

## انجراف القارات

### الأهداف

• **تتعرف** الأدلة التي جعلت العالم فاجنر يقترح أن القارات قد تحركت.

• **تناقش** كيف دعم دليل المناخ القديم فرضية انجراف القارات.

• **توضح** لماذا لم تحظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

### مراجعة المفردات

**الفرضية:** تفسير لموقف ما قابل للاختبار.

### المفردات الجديدة

الانجراف القاري  
بانجيا

## Drifting Continents

**الفكرة الرئيسة** تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معاً يوماً ما.

**الربط مع الحياة** ما خصائص القطع التي تستعملها في لعبة تركيب القطع (البازل)؟ يستعمل العلماء خصائص - منها الشكل والموقع - لكي تساعد على معرفة لماذا تتشابه حواف القارات وتتطابق على الرغم من تباعدها.

### الملاحظات القديمة Early observation

باستثناء الأحداث المفاجئة كالزلازل والبراكين والانزلاقات الأرضية، فإن معظم معالم سطح الأرض لا تظهر تغيراً نسبياً واضحاً في أثناء حياة الإنسان. ومع ذلك فإن الأرض مرت بتغيرات كثيرة عبر تاريخها الطويل الموثق في سلم الزمن الجيولوجي. وأول من اقترح فكرة تغير المعالم الرئيسة للأرض هم رسامو الخرائط. ففي نهاية القرن الخامس عشر لاحظ رسام الخرائط الهولندي إبراهيم أوريليوس تطابقاً بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوروبا وإفريقيا بسبب الزلازل والفيضانات. وقد لاحظ العديد من العلماء وجود تطابق بين الحواف القارية. ويوضح الشكل 1-5 خريطة أعدّها رسامو الخرائط في القرن التاسع عشر.

وكان أول من اقترح فكرة حركة القارات العالم الألماني ألفريد فاجنر Alfred Wegener في فرضيته العلمية التي قدمها عام 1912م إلى الأوساط العلمية آنذاك.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** ما الذي جعل رسامي الخرائط من أوائل الذين اقترحوا أن القارات كانت متصلة معاً يوماً ما؟



القارات بعد الانفصال



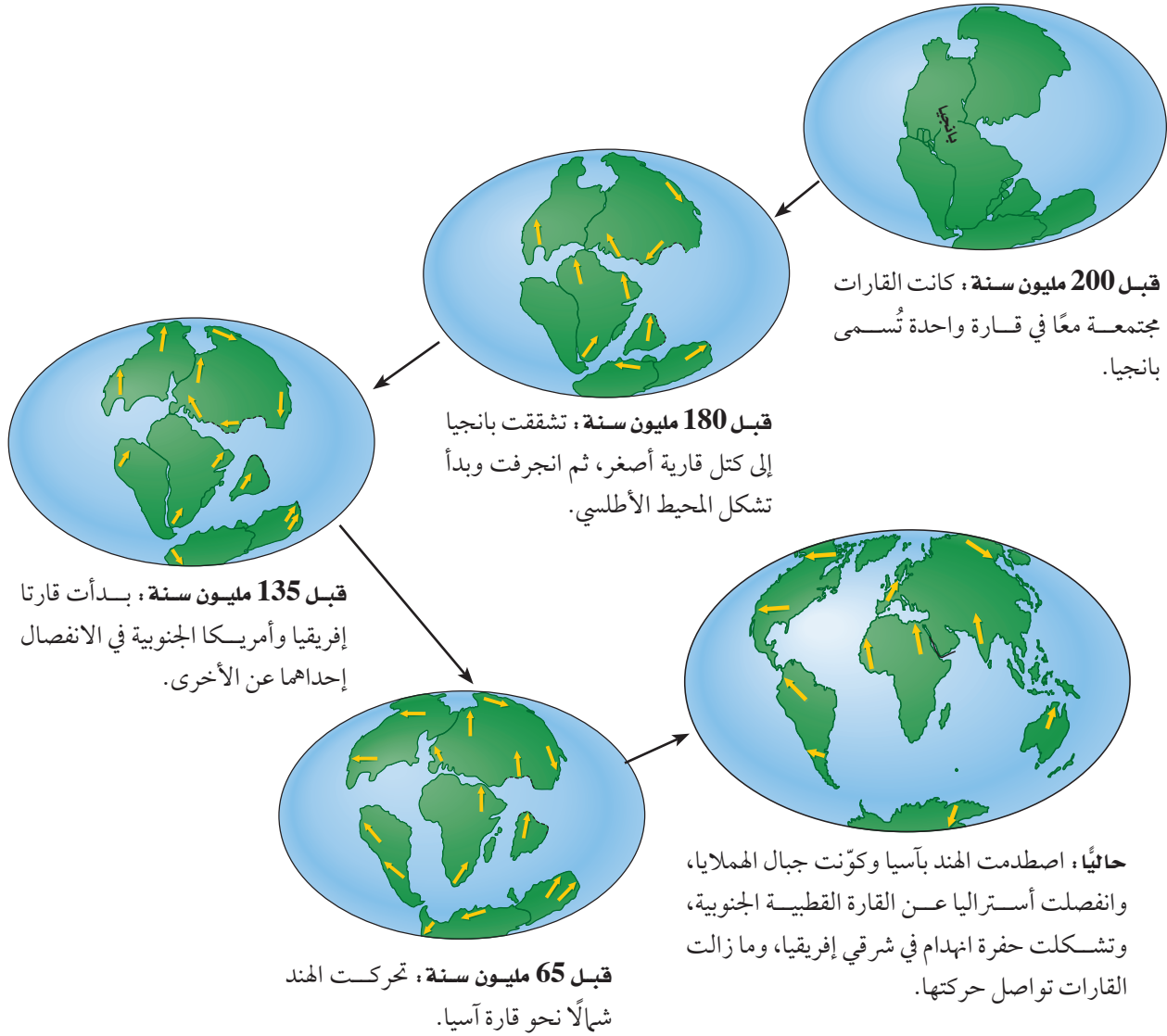
القارات قبل الانفصال

الشكل 1-5 خريطتان تظهران التطابق الظاهري بين حواف القارات، أعدّها رسامو الخرائط القدماء عام 1858م، بناءً على ملاحظاتهم.

## الانجراف القاري Continental Drift

طوّر العالم فاجنر فكرة تُسمى **الانجراف القاري Continental drift**، وفيها أن القارات كانت مجتمعة معاً في قارة واحدة ضخمة (القارة الأم أو الأصل) أُطلق عليها **بانجيا Pangaea**. وهي كلمة من أصل إغريقي تعني جميع اليابسة، واقترح أن هذه القارة بدأت في الانقسام قبل 200 مليون سنة، وانفصل بعضها عن بعض إلى أجزاء، ثم انجرفت هذه الأجزاء، واستمرت في الحركة ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحالية، كما في الشكل 2-5.

**أدلة فاجنر على الانجراف القاري Wegener Evidences for Continental Drift** يُعد ألفريد فاجنر أول عالم قدّم أكثر من دليل على تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي. وقد جمع أدلة، صخرية ومناخية وأحفورية تدعم فكرته.



الشكل 2-5 تنص فرضية فاجنر على أن القارات كانت مجتمعة معاً في قارة واحدة قبل 200 مليون سنة، ثم انجرفت حتى وصلت إلى مواقعها الحالية.

**حدّد** أجزاء بانجيا التي تشكلت منها القارتان الأمريكيتان الشمالية والجنوبية. متى كانتا متحدتين؟ ومتى انفصلتا؟



**التكوينات الصخرية Rock formations** بين فاجنر أنه عندما بدأت بانجيا في الانقسام إلى أجزاء أصغر، تكسرت تراكيب جيولوجية ضخمة، منها السلاسل الجبلية؛ بسبب انفصال القارات وتباعدها. وبناءً على ذلك اعتقد فاجنر أنه لا بد من وجود تشابه في أنواع الصخور على جانبي المحيط الأطلسي. وقد لاحظ تشابهاً بين العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها على 200 مليون سنة في جبال الأبلش في أمريكا الشمالية مع الطبقات الصخرية للجبال في جرينلاند وأوروبا، مما يدعم فكرته أن القارات كانت مجتمعة معاً قبل 200 مليون سنة. ويوضح الشكل 3-5 المواقع التي تشابه عندها مجموعات الصخور المشار إليها.

**الأحافير Fossils** جمع فاجنر أدلة أحفورية يثبت فيها وجود قارة بانجيا في وقت ما؛ حيث عثر على أحافير لأنواع مختلفة من الحيوانات والنباتات كانت تعيش على اليابسة، وتنتشر انتشاراً واسعاً في القارات، كما في الشكل 3-5، واستطاع أن يبرهن على صحة فرضيته من خلال مجموعة من هذه الأحافير، منها أحفورة الميزوسورس؛ وهو نوع من الزواحف كان يعيش في المياه العذبة فقط، وغير قادر على السباحة مسافات طويلة في مياه المحيط المالحة، مما يؤكد أن القارات كانت متصلة معاً في زمن حياة هذه المخلوقات الحية التي عاشت على بانجيا قبل انقسامها انظر الشكل 4-5، ولذلك استطاع أن يبرهن على صحة فرضيته.

الشكل 3-5 استعمل ألفريد فاجنر التشابه بين أنواع الصخور والأحافير على جانبي المحيط الأطلسي دليلاً على أن القارات كانت مجتمعة معاً يوماً ما. حدّد المجموعات التي تثبت أن القارات كانت تشكل قارة واحدة يوماً ما.



الشكل 4-5 كانت القارات متصلة مع بعضها البعض قبل 200 مليون سنة وقد سميت بانجيا.





الشكل 5-5 يدل وجود توضعات الفحم الحجري في القارة القطبية المتجمدة على أن نباتات المستنقعات قد ازدهرت في هذه المنطقة يومًا ما.

وضح كيف أن الفحم الحجري الذي تكوّن في المستنقعات القديمة قد وجد في القارة القطبية الجنوبية؟

## المناخ القديم Ancient climate استنتاج فاجنر أن يحدد

المناخات القديمة من خلال دراسة الأحافير، ومن الأحافير التي استعملت لدعم فرضية انجراف القارات أحفورة جلاساتروس، وهي أحفورة لنبات سرخسي بذري يشبه الشجيرات الصغيرة؛ وقد عُثِر عليها في أماكن متعددة، منها أمريكا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية والهند، انظر الشكل 5-3. وقد فسر فاجنر هذا الدليل على النحو الآتي: لأن هذه الأحفورة موجودة في الوقت الحاضر في أماكن منفصلة بعضها عن بعض ومتباعدة جدًا يصعب أن يسود فيها مناخ واحد، ولأن نبات هذه الأحفورة يعيش في مناخ معتدل، والأماكن التي وجدت فيها أحافير هذا النبات قريبة من خط الاستواء، لذا استنتج فاجنر من ذلك كله أن هذه الأماكن التي تحوي أحفورة هذا النبات لابد أنها كانت متصلة معًا يومًا ما، في مكان معتدل المناخ.

✓ ماذا قرأت؟ استنتج كيف ساعدت خلفية فاجنر العلمية في الأرصاد الجوية على دعم فكرته حول انجراف القارات؟

## توضعات الفحم الحجري Coal deposits

توفر الصخور الرسوبية، أدلة على البيئة والمناخ القديمين. وقد وجد العالم فاجنر أدلة في بعض الصخور تثبت بوضوح أن المناخ قد تغير في بعض القارات؛ فقد وُجدت توضعات من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبية، انظر الشكل 5-5. ولما كان الفحم الحجري قد تكوّن نتيجة تراكم نباتات ميتة قديمة في مستنقعات المناطق الاستوائية، لذا اعتبر فاجنر أن وجود طبقة من الفحم الحجري في القارة القطبية الجنوبية يدل دلالة قطعية على أن القارة القطبية الجنوبية كانت تقع على خط الاستواء أو قريبة منه في الزمن البعيد.

## الترسبات الجليدية Glacial deposits

تُعدّ الترسبات الجليدية التي وُجدت في أجزاء من إفريقيا والهند وأستراليا وأمريكا الجنوبية، التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة دليلًا مناخيًا آخر على انجراف القارات، مما جعل فاجنر يقترح أن هذه المناطق كانت ذات يوم مغطاة بغطاء سميك من الجليد، كما هو الحال في القطب الجنوبي اليوم؛ إذ لا يمكن لمناطق دافئة جدًا أن تتشكل فيها أغشية جليدية، مما يؤكد أنها كانت في موقع قريب من القطب الجنوبي في ذلك الوقت، انظر الشكل 5-6. وقد اقترح فاجنر احتمالين لتفسير الترسبات الجليدية؛ الأول: أن القطب الجنوبي قد غيّر موقعه، والثاني: أن هذه القارات كانت في موقع القطب الجنوبي وغيّرت مواقعها. وقد رجّح فاجنر الاحتمال الثاني، وهو أن القارات هي التي جُرّفت بعيدًا.



الشكل 5-6 إن وجود الترسبات الجليدية التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة في عدة قارات جعلت فاجنر يقترح أن هذه القارات كانت مجتمعة معًا ومغطاة بالجليد في ذلك الوقت. وبين اللون الأبيض المنطقة المغطاة بالجليد.



## قصور فرضية الانجراف القاري

### Failure Hypothesis of Continental Drift

كانت الفكرة السائدة في المجتمع العلمي في مطلع القرن العشرين أن قيعان المحيطات والقارات هي معالم ثابتة لا تتغير مع الزمن، مما جعل فاجنر يواصل رحلاته والسفر إلى مناطق نائية لجمع المزيد من الأدلة التي تدعم فكرته. وعلى الرغم من أنه حصل على مجموعة قيمة من البيانات، إلا أن فكرة الانجراف القاري لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك.

وقد واجهت فرضية الانجراف القاري مشكلتين رئيسيتين منعتا قبولها: أولاً: لم توضح على نحو مقنع القوة التي تتطلبها دفع الكتل الكبيرة من القارات ونقلها مسافات بعيدة. وقد أفاد فاجنر أن دوران الأرض حول نفسها قد يكون هو القوة المسؤولة عن ذلك بحسب اعتقاده، غير أن الفيزيائيين بينوا أن هذه القوة لا تكفي لتحريك القارات. ثانياً: تساءل العلماء عن آلية حركة القارات؛ حيث اقترح فاجنر أن القارات تحركت فوق قيعان المحيطات الثابتة، وكان يعتقد في ذلك الوقت أن ستار الأرض الذي يقع أسفل القشرة الأرضية صلب، فكيف تتحرك القارات عبر شيء صلب؟ وبسبب عجز فرضية انجراف القارات في الرد على هذين السببين تم رفضها في ذلك الوقت. غير أن التقنية الجديدة منذ مطلع الستينات كشفت عن المزيد من الأدلة حول كيفية حركة القارات، مما جعل العلماء يعيدون النظر في أفكار فاجنر؛ فقد أدى إعداد الخرائط المتطورة لقيعان المحيطات وفهم المجال المغناطيسي للأرض إلى تقديم أدلة جوهريّة حول آلية حركة القارات ومصدر القوى المحركة لها.

## التقويم 1-5

### الخلاصة

- يُوحى تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معاً يوماً ما.
- الانجراف القاري فكرة وُضعت في بداية القرن الماضي، تنص على أن القارات تتحرك فوق قيعان المحيطات.
- جمع فاجنر أدلة من الصخور والأحافير والمناخات القديمة لدعم فرضيته.
- لم تقبل فكرة الانجراف القاري لأنها لم تفسر كيفية حركة القارات، وما يسبب حركتها.

### فهم الأفكار الرئيسية

- ارسم كيف كانت القارات مجتمعة معاً في قارة بانجيا.
- وضح كيف تدعم الرسوبيات الجليدية القديمة الموجودة في إفريقيا والهند وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية فكرة الانجراف القاري.
- لخص كيف تزودنا الصخور والأحافير والمناخ القديم بأدلة على الانجراف القاري؟
- استنتج كيف كان مناخ أمريكا الشمالية عندما كانت جزءاً من قارة بانجيا.

### التفكير الناقد

- فسّر من خلال الشكل 6-5، اكتشفت ترسبات نفطية في البرازيل عمرها 200 مليون سنة تقريباً. فأين يمكن أن يعثر الجيولوجيون على ترسبات نفطية لها العمر نفسه؟
- قوم الجملة الآتية: "موقع المدينة التي أسكنها ثابت لا يتغير".

### الكتابة في الجيولوجيا

- اكتب عن إحدى الرحلات الاستكشافية التي قام بها العالم فاجنر، مع توضيح رأيك العلمي حول ما توصل إليه خلالها.





## 5-2

### توسع قاع المحيط

### Seafloor Spreading

#### الأهداف

- تتلخص الأدلة التي أدت إلى اكتشاف توسع قاع المحيط.
- توضح أهمية الأنماط المغناطيسية في قاع المحيط.
- توضح عملية توسع قاع المحيط.

#### الفكرة الرئيسية

تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءاً من قاعه.

**الربط مع الحياة** هل قمت يوماً بعدد الحلقات السنوية في جذع شجرة لمعرفة عمرها؟ يستطيع العلماء تقدير عمر قاع المحيط من خلال دراسة أنماط مشابهة.

#### رسم خرائط لقاع المحيط Mapping the Ocean Floor

اعتقد معظم الناس والعديد من العلماء حتى منتصف القرن الماضي أن سطح قاع المحيطات عمومًا مستو، كما كانت تسيطر عليهم مفاهيم خاطئة حول القشرة المحيطية بأنها لا تتغير، وهي أقدم عمرًا من القشرة القارية. بيد أن التقدم في التقنية في الأربعينات والخمسينات من القرن الماضي أظهر أن جميع هذه الأفكار التي كانت مقبولة على نطاق واسع غير صحيحة.

ويعد جهاز قياس المغناطيسية **Magnetometer** إحدى التقنيات المتقدمة التي استعملت لدراسة قاع المحيط، انظر الشكل 7a-5، وهو جهاز صغير يُستعمل للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية، ويوصل خلف السفينة لتسجيل المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط.

وهناك تطور آخر أتاح للعلماء دراسة قاع المحيط بقدر كبير من التفصيل، وهو تطوير طرائق السبر الصوتي. ومن الأدوات المستعملة في ذلك السونار؛ وهو جهاز يستعمل الموجات الصوتية لتحديد المسافات عن طريق قياس الزمن الذي تستغرقه هذه الموجات المرسلة من السفينة إلى قاع البحر حتى ارتدادها عنه وعودتها إلى السفينة انظر الشكل 7b-5، وقد مكنت التطورات في مجال تقنية السونار العلماء من قياس عمق المياه، ثم رسم خريطة لتضاريس قاع المحيطات.

#### مراجعة المفردات

**البازلت:** صخر ناري سطحي ناعم الحبيبات لونه رمادي داكن إلى أسود.

#### المفردات الجديدة

جهاز قياس المغناطيسية  
ظهر المحيط  
الانقلاب المغناطيسي  
المغناطيسية القديمة  
تساوي العمر  
توسع قاع المحيط  
الأخاديد البحرية

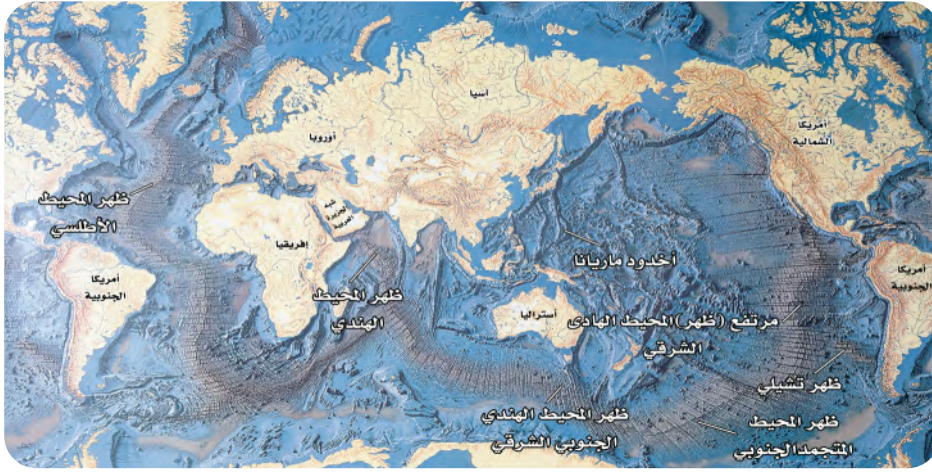
الشكل 7-5

**a:** يُستعمل جهاز قياس المغناطيسية للكشف عن التغيرات الطفيفة في المجالات المغناطيسية.

**b:** يستعمل جهاز السونار لتحديد عمق المياه وتضاريس قاع المحيط.

وقد عززت البيانات التي جُمعت بهذين الجهازين فهم العلماء للصخور والتضاريس الموجودة في قاع المحيط.





يوجد هذا الشكل مكبراً في مرجعيات الطالب في نهاية الكتاب

**الشكل 8-5** كشفت البيانات المسجلة بالسونار وجود ظهور المحيطات والأخاديد البحرية العميقة. حيث يكثُر على امتدادهما الزلازل والبراكين.

## تضاريس قاع المحيط Ocean-Floor Topography

أدهشت الخرائط التي رُسمت باستعمال بيانات جهازي قياس المغناطيسية والسونار العلماء، وساعدتهم على اكتشاف أن للمحيطات تضاريس، كما لليابسة. انظر الشكل 8-5 الذي يبين تضاريس المحيطات الرئيسة. ومن أهم التضاريس التي أثارت فضول العلماء سلسلة جبلية ضخمة تحت الماء تمتد على طول قيعان المحيطات في جميع أنحاء الأرض؛ أطلقوا عليها اسم **ظهر المحيط** **Ocean ridge**، وهي أطول سلسلة جبلية على كوكب الأرض؛ إذ يصل طولها إلى 80000 km، وارتفاعها إلى 3 km فوق قاع المحيط، واكتشفوا فيما بعد أن الزلازل والبراكين تحدث على امتدادها بصورة مستمرة.

👉 **ماذا قرأت؟ صف** أين توجد أطول سلسلة جبلية على الأرض؟

كما كشفت خرائط السونار تضاريس أخرى تحت سطح الماء، وهي عبارة عن أخاديد ضيقة عميقة تمتد طولياً في قاع البحر آلاف الكيلومترات تسمى الأخاديد البحرية، انظر الشكل 8-5. ويعد أخدود ماريانا في المحيط الهادي أعمق أخدود بحري؛ إذ يزيد عمقه على 11 km. فلو وضعنا جبل إفرست -وهو أعلى جبل في العالم؛ حيث يبلغ ارتفاعه 9 km فوق مستوى سطح البحر- في هذا الأخدود، بالإضافة إلى ما يساوي ارتفاع برج المملكة سبع مرات تقريباً، فسوف نصل إلى مستوى سطح البحر.

### المفردات

#### مفردة أكاديمية

#### الأخدود

منطقة منخفضة عند حدود الصفائح تنتج عن انزلاق صفيحة تحت صفيحة أخرى.  
المعنى اللغوي: شق مستطيل في الأرض.



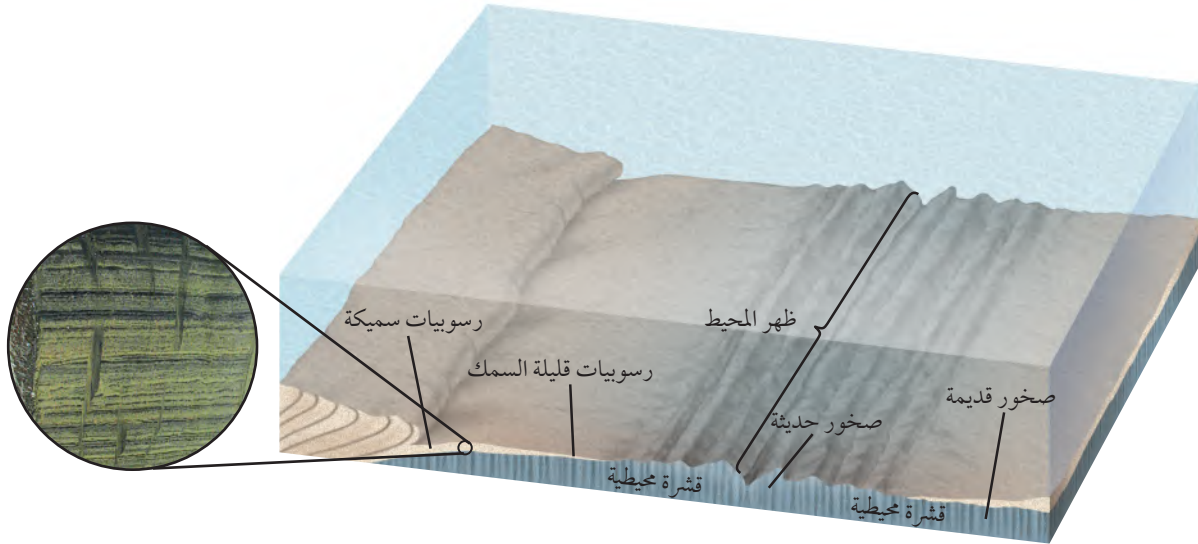


## صخور ورسوبيات المحيطات

### Ocean Rocks and Sediments

لم يكتفِ العلماء برسم خرائط لقاع المحيط، بل قاموا بجمع عينات من صخور قاع المحيط ورسوبياته وحللوها، وتوصلوا إلى اكتشافات مهمة، منها: الاكتشاف الأول: أن اختلاف أعمار الصخور عبر قاع المحيط وفق نمط معين يمكن توقعه؛ حيث تزداد أعمار الصخور القشرة المحيطية كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط نحو القارات، وبصورة متناظرة على جانبيه، انظر الشكل 9-5. كما اكتشف العلماء أن أقدم صخور قاع المحيط لا يزيد عمرها على 180 مليون سنة تقريباً، وهو عمر قصير مقارنة بعمر أقدم صخور القشرة القارية الذي لا يقل عن 3.5 مليارات سنة. فلماذا تعد صخور قشرة المحيط أقل عمراً مقارنة بعمر صخور القشرة القارية؟ ولما كان الجيولوجيون يعرفون أن المحيطات كانت موجودة قبل 180 مليون سنة، فقد دفعهم هذا إلى التساؤل: لماذا لا يوجد أثر للقشرة المحيطية التي يزيد عمرها على 180 مليون سنة؟

أما الاكتشاف الثاني: فيتعلق برواسب قاع المحيط؛ إذ تشير القياسات إلى أن سُمك رسوبيات المحيطات يصل إلى بضعة مئات من الأمتار عادة، بينما يصل سُمك الصخور الرسوبية التي تغطي مساحات واسعة من القارات إلى 20 كيلومتراً. وعلى الرغم من أن العلماء يعرفون أن المحيطات تتعرض لعملية الحث والترسيب، إلا أنهم لم يعرفوا لماذا يقل سُمك رواسب قاع المحيط عن سُمك نظيراتها القارية، فافترضوا أن سُمك الرسوبيات مرتبط مع عمر القشرة المحيطية، وهذا ما أُيدته الملاحظات الميدانية؛ إذ يزداد سُمك الرواسب مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه، كما في الشكل 9-5.



الشكل 9-5 كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط ازداد كل من: عمر صخور قشرة المحيط، وسُمك الرسوبيات.

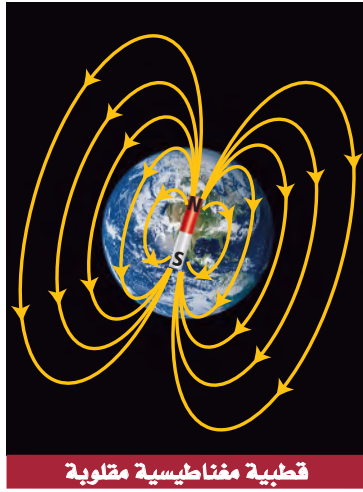
#### المهنة في علم الأرض

##### الجيولوجيا البحرية

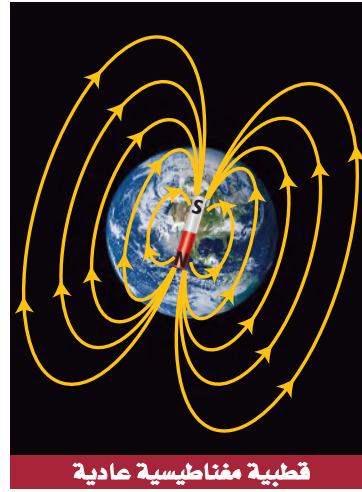
يتم من خلالها دراسة قاع المحيط لفهم العمليات الجيولوجية مثل حركة الصفائح الأرضية.



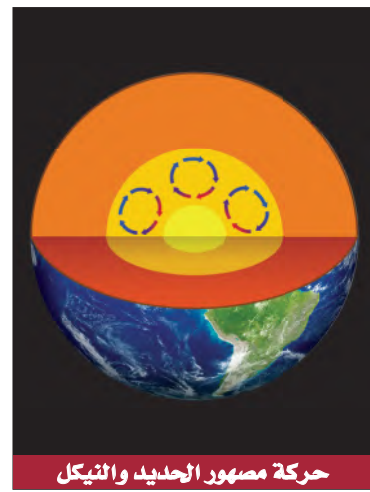




قطبية مغناطيسية مقلوبة



قطبية مغناطيسية عادية



حركة مصهور الحديد والنيكل

## المغناطيسية Magnetism

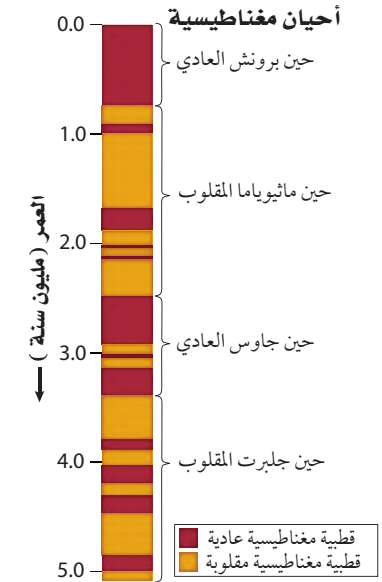
كما تعلم فإن الأرض تقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسية هي: القشرة والستار واللب. ويتكون اللب من جزأين: لب خارجي يوجد في الحالة السائلة، ويتكون معظمه من الحديد والنيكل. ولب داخلي يوجد في الحالة الصلبة. واللب الخارجي هو المسؤول عن المغناطيسية الأرضية. وتولد حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي للأرض تياراً كهربائياً، ينشأ عنه مجال مغناطيسي للأرض، انظر الشكل 10-5. ويؤدي ذلك إلى تكون قطبين مغناطيسيين: شمالي وجنوبي. ويسمى اتجاه قطبي المجال المغناطيسي القطبية المغناطيسية العادية عندما يكون اتجاه القطبين في اتجاه قطبي الأرض المغناطيسيين نفسه، كما هو في الوقت الحاضر.

وعندما يتغير اتجاه حركة مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي يحدث تغير في اتجاه سريان التيار الكهربائي، ومن ثم التغير في اتجاه الأقطاب المغناطيسية الأرضية. ويطلق على هذا قطبية مغناطيسية مقلوبة، انظر الشكل 10-5. ويسمى تغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من عادية إلى مقلوبة **الانقلاب المغناطيسي Magnetic reversal**. وقد حدث الانقلاب المغناطيسي عبر تاريخ الأرض مرات عديدة.

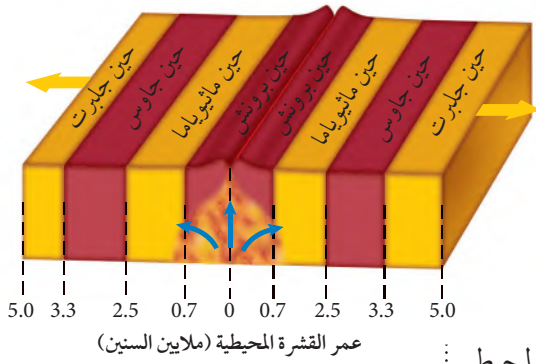
**السلم الزمني للقطبية المغناطيسية Magnetic polarity time scale** هي دراسة لتاريخ المجال المغناطيسي للأرض. فعندما تتبلور المعادن الحاملة للحديد في اللابة - مثل تبلور معدن الماجنتيت - فإنها تتصرف في أثناء تبلورها مثل البوصلات الصغيرة، فيتخذ مجالها المغناطيسي اتجاه المجال المغناطيسي للأرض. ومن خلال بيانات المغناطيسية القديمة التي جمعت من دراسات اللابة القارية استطاع العلماء بناء السلم الزمني المغناطيسي، كما في الشكل 11-5.

**التمائل المغناطيسي Magnetic symmetry** لأن معظم القشرة المحيطية تتكون من صخور بازلتية وتحتوي على كميات كبيرة من المعادن البركانية المنشأ الحاملة للحديد، فقد افترض العلماء أن صخور قاع المحيط لا بد أنها تحتفظ بسجلات للانقلابات المغناطيسية. لذا بدؤوا اختبار فرضيتهم باستعمال جهاز قياس المغناطيسية؛ لقياس اتجاهات المجالات المغناطيسية لصخور قاع المحيط، وخلصوا

الشكل 10-5 يتولد المجال المغناطيسي للأرض بفعل جريان مصهور الحديد والنيكل في اللب الخارجي. وتتغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من قطبية مغناطيسية عادية إلى قطبية مغناطيسية مقلوبة نتيجة تغير اتجاه جريان المصهور.



الشكل 11-5 تتعاقب فترات القطبية المغناطيسية العادية مع فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة، وتسمى التغيرات الطويلة في المجال المغناطيسي الأرضي (أحياناً)، ومفردتها حين، والتغيرات القصيرة (أحداثاً).

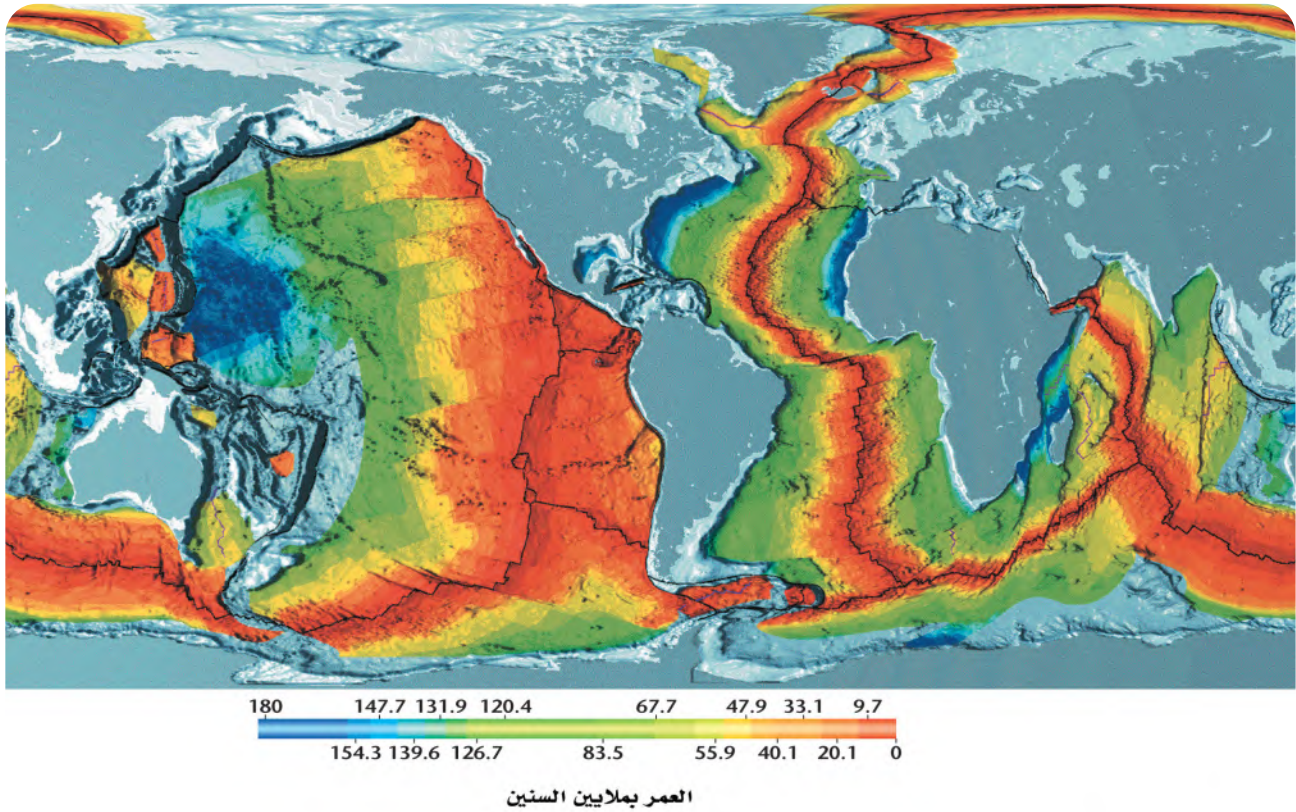


على نتائج مذهلة، منها وجود سلسلة من أشرطة مغناطيسية موازية لظهر المحيط ذات قطبية مغناطيسية عادية ومقلوبة بصورة متعاقبة ومتوازية، ولكنهم اندهشوا أكثر عندما اكتشفوا أن أعمار الأشرطة المغناطيسية وعرضها متماثلة على جانبي ظهر المحيط. قارن النمط المغناطيسي على جانبي ظهر المحيط في الشكل 5-12.

الشكل 5-12 سجلات القطبية العادية والمقلوبة للمجال المغناطيسي الأرضي في صخور قاع المحيط.

حدّ قطبية البازلت المتكون حديثاً في ظهر المحيط.

استطاع العلماء تحديد عمر قاع المحيط من خلال مقارنة الأنماط المغناطيسية المقلوبة في قاع المحيط بمثيلاتها المعروفة على اليابسة. وقد مكّنتهم هذه الطريقة من إعداد خرائط تساوي العمر **Isochron** لجميع قيعان المحيطات، كما في الشكل 5-13. وخط تساوي العمر خط وهمي على الخريطة يصل بين نقاط لها العمر نفسه. لاحظ أيضاً من الشكل أن القشرة المحيطية الحديثة توجد بالقرب من ظهور المحيطات، في حين أن القشرة المحيطية القديمة تكون على طول الأخاديد البحرية.



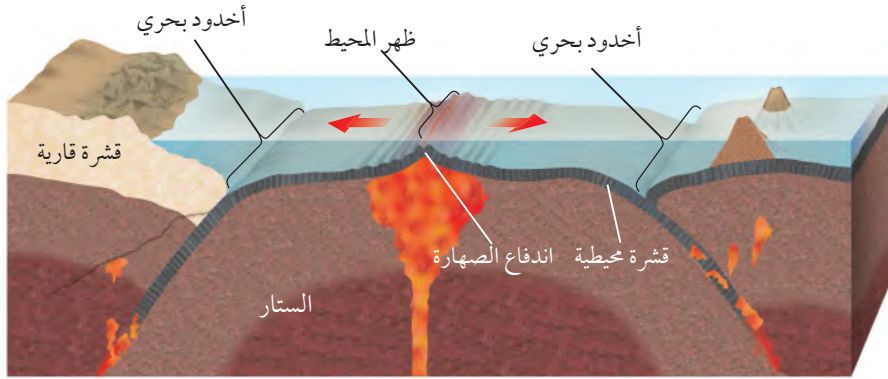
الشكل 5-13 تمثل كل حزمة لونية في خريطة تساوي أعمار قاع المحيط عمر قطاع من قشرة المحيط.

لاحظ. ما النمط الذي تلاحظه في خريطة تساوي العمر؟

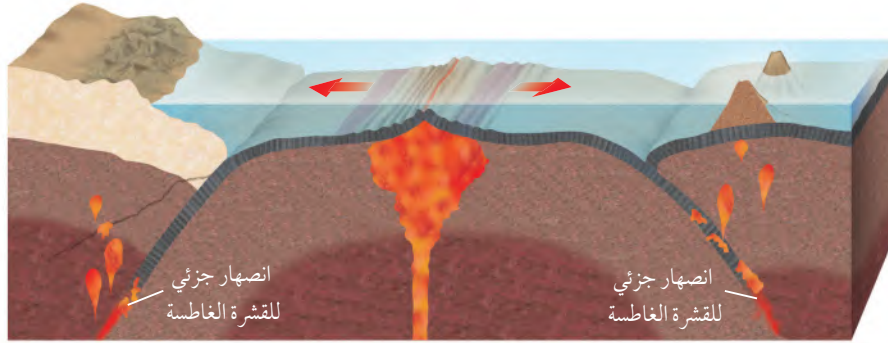


# توسع قاع المحيط Seafloor Spreading

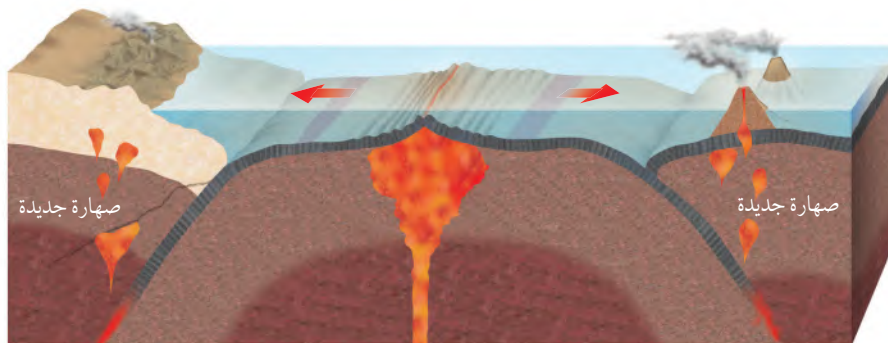
الشكل 14-5 بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة قادت العلماء إلى اقتراح فرضية توسع قاع المحيط. وتوسع قاع المحيط عملية تتشكل من خلالها قشرة محيطية جديدة عند ظهور المحيطات، ثم تتحرك هذه القشرة ببطء بعيداً عن مركز التوسع حتى تُطرح ويعاد تدويرها عند الأخاديد البحرية.



1. تندفع الصهارة إلى قاع المحيط من خلال الفراغات التي تشكلت على امتداد سلسلة ظهر المحيط، وتتصلب مشكلة قشرة محيطية جديدة.



2. يؤدي استمرار اندفاع الصهارة وتوسع قاع المحيط ببطء إلى تشكل قشرة محيطية جديدة وبشكل متساوٍ على جانبي ظهر المحيط.



3. تغطس الأطراف البعيدة للقشرة المحيطية التي تشكلت عند ظهر المحيط أسفل القشرة القارية في الستار، وبسبب وجود المياه داخل الصخور المكونة للصفائح تقل درجة الانصهار وتنصهر الصفائح الغاطسة مكونة صهارة جديدة، ثم ترتفع الصهارة وتتصلب داخل القشرة أو على السطح وتصبح جزءاً من القشرة القارية.



## توسع قاع المحيط Seafloor Spreading



**الشكل 5-15** تقع جزيرة آيسلندا بأكملها على مركز توسع ظهر المحيط الأطلسي؛ لذا يزداد حجمها باستمرار، فمثلاً تدفق أكثر من  $12 \text{ km}^3$  من اللابة البركانية عام 1783 م. وفي عام 2011 م حدث ثوران لبركان في جنوب شرق آيسلندا، كان سبباً في تعطيل الملاحة الجوية في أوروبا.

وضعت فرضية **توسع قاع المحيط Seafloor spreading** بناءً على بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة، وتنص على أن القشرة المحيطية الجديدة تتشكل عند ظهور المحيطات، وتُستهلك عند **الأخاديد البحرية Ocean trenches**. ويوضح الشكل 5-14 كيف تحدث عملية توسع قاع المحيط. حيث تندفع الصهارة إلى أعلى في أثناء توسع قاع المحيط؛ لأنها أسخن وأقل كثافة من الصخور التي حولها، وتملأ الفراغات الناتجة عن ابتعاد جانبي ظهر المحيط أحدهما عن الآخر، وعندما تتصلب الصهارة تتشكل قشرة محيطية جديدة تُضاف إلى سطح الأرض. وباستمرار عملية التوسع على طول ظهر المحيط تندفع صهارة أخرى إلى أعلى وتتصلب. ويؤدي استمرار التوسع واندفاع الصهارة إلى استمرار تكوّن قشرة محيطية، تتحرك ببطء مبتعدة عن ظهر المحيط. وتحدث عملية التوسع غالباً تحت سطح البحر. أما في جزيرة آيسلندا - وهي جزء من ظهر المحيط الأطلسي - فيحدث التوسع فوق مستوى سطح البحر. انظر الشكل 5-15 الذي يبين تدفق اللابة على طول ظهر المحيط. وقد درست سابقاً أن فاجنر جمع العديد من البيانات لدعم فكرة انجراف القارات فوق سطح الأرض، إلا أنه لم يتمكن من تفسير كيف تحركت القارات، وسبب حركتها. لاحظ أن فكرة توسع قاع المحيط هي الحلقة المفقودة التي كان يحتاج إليها لإكمال نموذجهِ عن انجراف القارات؛ فالقارات لم تندفع فوق قشرة المحيط كما اقترح فاجنر، بل تتحرك القشرة المحيطية ببطء مبتعدةً بعضها عن بعض عند ظهور المحيطات ساحبةً معها القارات. وستعرف في القسم التالي كيف أدت فرضية توسع قاع المحيط إلى فهم جديد لكيفية حركة كل من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب بوصفه قطعة واحدة.

## التقويم 2-5

### الخلاصة

- توفر الدراسات التي أجريت على قيعان المحيطات أدلة على أنها ليست مستوية، وأنها تتغير باستمرار.
- القشرة المحيطية صغيرة العمر من الناحية الجيولوجية.
- تتكون قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيط عندما ترتفع الصهارة وتتصلب.
- عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة تتحرك القشرة المحيطية القديمة مبتعدةً عن ظهر المحيط.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. صف لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركة الحزام الناقل (المتحرك)؟
2. وضح كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟
3. مميّز بين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة.
4. صف تضاريس قاع المحيط.

### التفكير الناقد

5. وضح كيف تدعم خريطة تساوي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟
6. حلل لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادي أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي؟

### الرياضيات في الجيولوجيا

7. حلّل الشكل 5-11، ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة





# 5-3

## الأهداف

- تصف كيف تتشكل معالم الأرض بفعل حركة الصفائح الأرضية.
- تقارن بين أنواع حدود الصفائح الأرضية الثلاث والمعلم المرتبطة مع كل منها.
- توضح العمليات الجيولوجية المصاحبة لنطاقات الطرح.
- تلخص كيف ترتبط حركة الصفائح مع تيارات الحمل.
- تقارن بين عمليتي الدفع عند ظهر المحيط والسحب للصفائح.

## مراجعة المفردات

**ظهر المحيط:** معلم رئيس يمتد على طول قاع المحيط ويرتفع عن القاع 3 km تقريباً، ويوجد في وسطه واد عميق.

## المفردات الجديدة

- الصفائح الأرضية
- الحدود المتباعدة
- حفرة الانهدام
- الحدود المتقاربة
- الطرح
- الحدود التحويلية
- الدفع عند ظهر المحيط
- سحب الصفائح

## حدود الصفائح وأسباب حركتها

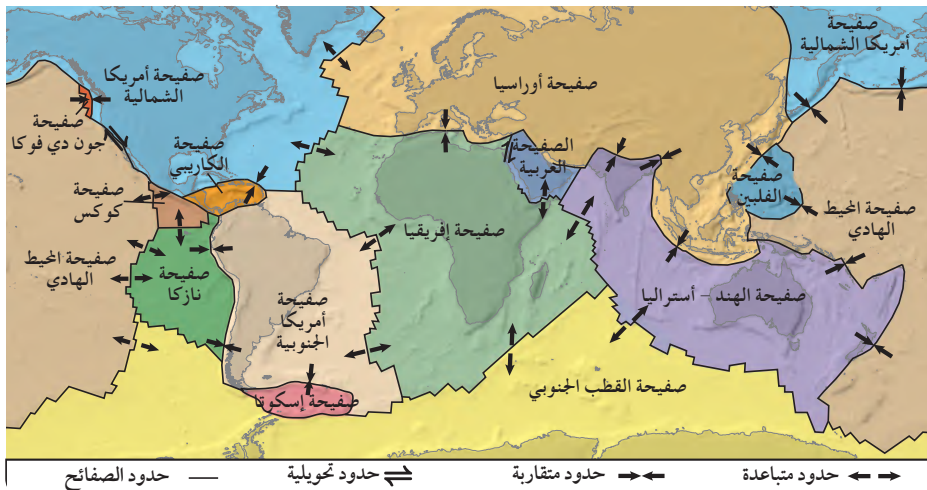
## Plate Boundaries and Causes For motion

**الفكرة الرئيسية** تتشكل كل من البراكين والجبال والأخاديد البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية.

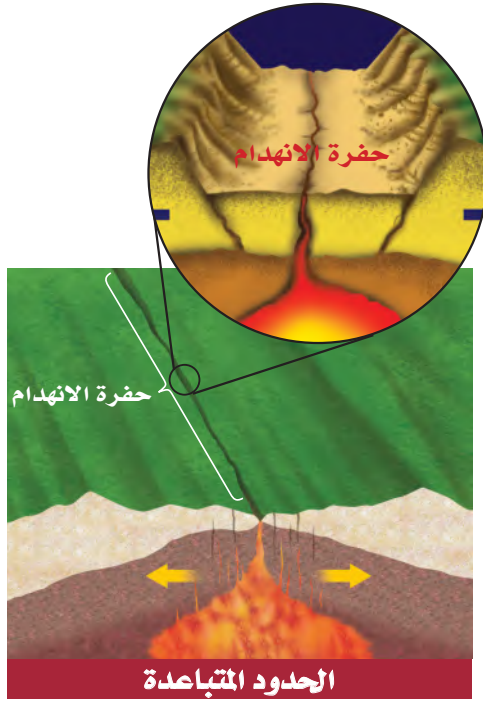
**الربط مع الحياة** لو وضعت إناء من الحساء في مجمد الثلاجة وتركته فترة من الزمن فستتجمد المواد الدهنية في الحساء مكونة طبقة صلبة، ولو أملت الإناء إلى الأمام وإلى الخلف، فستشني هذه الطبقة وتشقق. هذا النموذج يشبه العلاقة بين الصفائح الأرضية المختلفة.

## نظرية حركية الصفائح Theory of Plate Tectonics

يشير الدليل على توسع قاع المحيط إلى أن القشرة القارية والقشرة المحيطية تتحركان بوصفها صفائح ضخمة، يطلق عليها الجيولوجيون **الصفائح الأرضية Tectonic Plates** وهي قطع ضخمة من الغلاف الصخري الذي يتكون من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب، وتتطابق حواف بعضها مع بعض لتغطي سطح الأرض. ويوضح الشكل 16-5 الصفائح الأرضية الرئيسية ومجموعة من الصفائح الصغيرة. وتتحرك الصفائح الأرضية حركة بطيئة جداً (بضعة سنتيمترات في السنة). وتصف نظرية الصفائح الأرضية حركة الصفائح ومعالم سطح الأرض الناجمة عن هذه الحركة؛ حيث تتحرك الصفائح الأرضية في اتجاهات ومعدلات مختلفة بعضها بالنسبة إلى بعض، وتتفاعل معاً عند حدودها، مما يؤدي إلى تكوين معالم جيولوجية مختلفة بحسب نوع حدود الصفائح، فتقرب الصفائح الأرضية بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويتبعد بعضها عن بعض



الشكل 16-5 تتكون الصفائح الأرضية من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب وتتفاعل هذه الصفائح معاً عند حدودها.



الشكل 17-5 الحدود المتباعدة هي الأماكن التي يحدث عندها انفصال الصفائح؛ ويعد ظهور المحيطات في قاع المحيط وحفر الانهدام في القارات - ومنها حفرة الانهدام العظيم في شرق إفريقيا - مثالاً على حدود التباعد.

عند الحدود المتباعدة، وتتحرك أفقياً متحاذاة عند الحدود التحويلية (الانزلاقية).

**الحدود متباعدة Divergent boundaries** تسمى المناطق التي تباعد عندها الصفائح بعضها عن بعض الحدود المتباعدة **Divergent boundaries**. وتوجد معظم الحدود المتباعدة على امتداد قاع المحيط في حفر الانهدام **Rift valleys** التي تقع في وسط ظهر المحيط. وهي منخفض طولي ضيق يتكون نتيجة تباعد الصفائح بعضها عن بعض، وتبدأ في هذا المكان عملية توسع قاع المحيط. وتشكل القشرة المحيطية الجديدة في معظم الحالات عند الحدود المتباعدة، فضلاً عن ارتباط هذه الحدود بالبراكين والزلازل والتدفق الحراري الأرضي المرتفع نسبياً.

✓ **ماذا قرأت؟** حدد السبب الذي يجعل الزلازل والبراكين ترتبط مع ظهور المحيطات.

يمكن أن تسبب عملية توسع قاع المحيط عبر ملايين السنين زيادة عرض القاع على نطاق واسع. وعلى الرغم من أن معظم الحدود المتباعدة تشكل ظهور المحيطات في قيعان المحيطات، إلا أن بعضها يتشكل في القارات. فعندما تبدأ القشرة القارية في الانفصال إلى أجزاء طولية تتشكل حفرة الانهدام، ويوضح الشكل 17-5 حفرة الانهدام العظيم التي تتشكل حالياً في شرق إفريقيا، وقد تتطور في النهاية إلى حوض محيطي جديد.

## تجربة

### عمل نموذج لتشكّل قاع المحيط

**كيف أدت الحدود المتباعدة إلى تشكّل جنوب المحيط الأطلسي؟** أدت حدود التباعد قبل 150 مليون سنة إلى انقسام قارة كانت موجودة سابقاً، ومع مرور الوقت أضيفت قشرة جديدة على طول الحدود المتباعدة، وزاد الاتساع بين إفريقيا وأمريكا الجنوبية.

### خطوات العمل



1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. استعمل خريطة العالم لإنشاء نموذجين ورقيين لقارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا.
3. ضع نموذجي القارتين في وسط ورقة كبيرة، وطابقهما معاً على طول سواحلهما الأطلسية.

### التحليل

1. قارن الخريطة التي رسمتها لتمثل المرحلة الأخيرة بخريطة العالم الحالية. هل عرض جنوب المحيط الأطلسي في الخريطين هو نفسه؟
2. تأمل إلام تعود الفروق بين العرض الفعلي لجنوب المحيط الأطلسي الحالي وعرضه وفق نموذجك؟

## الحدود متقاربة Convergent boundaries تقترب الصفائح

بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة Convergent boundaries. فعندما تصطدم صفيحتان معاً فإن الصفيحة الأكبر كثافة تغوص تحت الأقل كثافة. وتسمى هذه العملية الطرح Subduction. وتتكون القشرة المحيطية من معادن غنية بالحديد والماغنسيوم تكوّن الصخور البازلتية، وهي صخور داكنة ذات كثافة كبيرة نسبياً، انظر الشكل 18-5. أما القشرة القارية فيتكون معظمها من الصخور الجرانيتية، وهي صخور فاتحة اللون وقليلة الكثافة نسبياً وتتكون من معادن الفلسبار، انظر الشكل 18-5. ويؤثر اختلاف كثافة القشرة في كيفية حدوث عملية التقارب. وبناءً على ذلك، توجد ثلاثة أنواع من الحدود المتقاربة، انظر الجدول 1-5، ولاحظ أيضاً التضاريس المصاحبة لكل نوع منها.

### تقارب محيطي-محيطي Oceanic-oceanic تحدث عملية الطرح

في التقارب المحيطي - المحيطي عندما تقترب صفيحة محيطية من صفيحة محيطية أخرى، وتغوص الصفيحة الأكبر كثافة نتيجة للتبريد تحت الصفيحة الأخرى، وتؤدي هذه العملية إلى تشكيل الأخدود البحري، وعندما تهبط الصفيحة الغاطسة في الستار يحدث لها انصهار جزئي؛ حيث يعمل الماء الموجود في الصفيحة على خفض درجة الانصهار، فتتصهر الصفيحة انصهاراً جزئياً على أعماق قليلة، وتكون الصهارة الناتجة أقل كثافة من الصخور المحيطة بها، فترفع إلى أعلى في اتجاه السطح، وتثور مشكّلة قوساً من الجزر البركانية يوازي الأخاديد البحرية. ومن ذلك أخدود وأقواس جزر ماريانا في غرب المحيط الهادي، وأخدود وأقواس جزر ألوشيان في شمال المحيط الهادي.

### تقارب محيطي-قاري Oceanic-continental تحدث عملية

الطرح أيضاً في حالة تقارب محيطي-قاري. حيث تُطرح القشرة المحيطية؛ لأن كثافتها أكبر من الصفيحة القارية، كما ينجم عن هذا النوع من التقارب أخدود بحري وقوس بركاني يتشكل على شكل سلسلة من البراكين تمتد على طول حافة الصفيحة القارية. ومن المعالم المرتبطة مع هذا النوع من التقارب كل من سلسلة جبال الأنديز وأخدود بيرو-تشيلي اللذين يمتدان على جانبي ساحل أمريكا الجنوبية.

### تقارب قاري-قاري Continental-continental يتشكل النوع

الثالث من الحدود المتقاربة عندما تصطدم صفيحة قارية بصفيحة قارية أخرى، وتحدث بعد فترة طويلة من انتهاء مرحلة طرح صفيحة محيطية أسفل صفيحة قارية. تذكر أنه لا توجد في الغالب صفيحة قارية إلا ومعها جزء محيطي، لذا فإنه مع طرح هذا الجزء كاملاً في الستار، وبعد مرور فترة من الزمن، فإنه يجر وراءه القارة الملتصقة به إلى نطاق الطرح، فتصطدم الصفيحتان القاريتان معاً بدلاً من غوصهما في الستار بسبب انخفاض كثافتهما، مما يؤدي إلى ارتفاع الصخور وطبيعتها في منطقة التصادم، وتتشكل سلسلة جبلية ضخمة على طول منطقة التصادم، مثل جبال الهمالايا.



البازلت

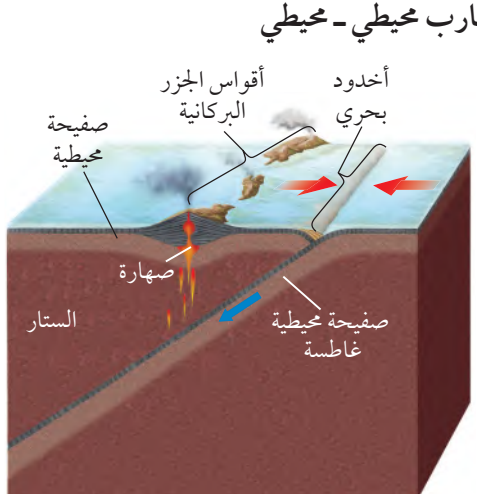
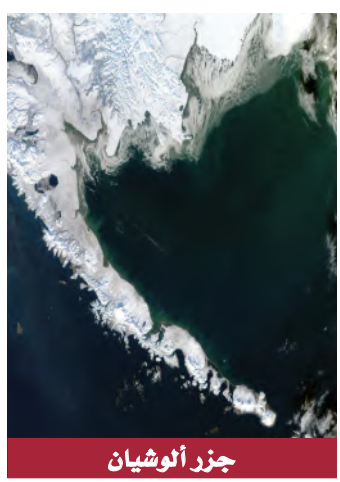

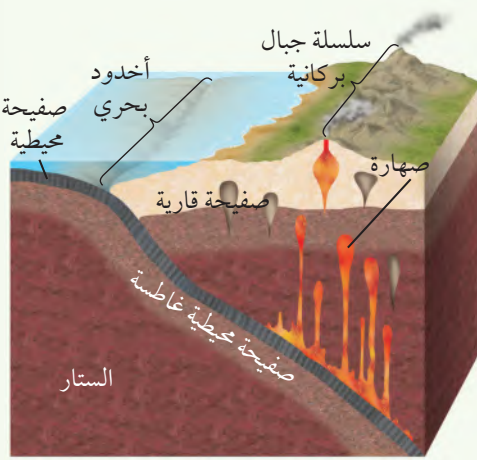
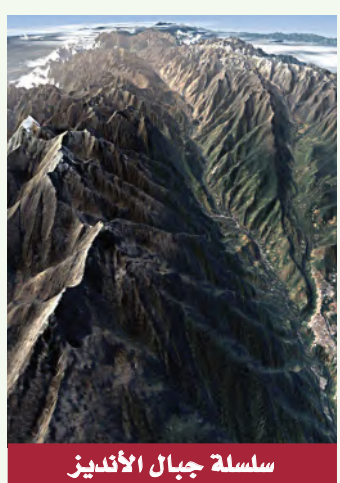

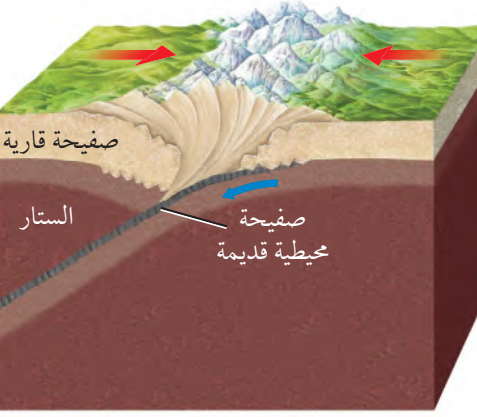




الجرانيت

الشكل 18-5 تتكون معظم القشرة المحيطية من البازلت. وتتكون معظم القشرة القارية من الجرانيت مع وجود طبقة رقيقة نسبياً من الصخور الرسوبية، وكلتاهما أقل كثافة من البازلت.





نوع الحد التقاربي	مثال على منطقة تأثرت بالحدود المتقاربة	مثال على التضاريس
<p>تقارب محيطي - محيطي</p> 	 <p>جزر ألوشيان</p>	 <p>جزيرة شاجولوك في ألاسكا</p>
<p>تقارب محيطي - قاري</p> 	 <p>سلسلة جبال الأنديز</p>	 <p>بركان أوزونوي في تشيلي</p>
<p>تقارب قاري - قاري</p> 	 <p>سلسلة جبال الهماليا</p>	 <p>قمة أما - دبلان في نيبال</p>



## الحدود تحويلية (جانبية) Transform boundaries تسمى المنطقة

التي تتحرك عندها صفيحتان أفقيًا إحداهما بجانب الأخرى الحدود التحويلية Transform boundaries، كما في الشكل 19-5، وتمتاز بأنها تحدث على صدوع طويلة قد يمتد بعضها مئات الكيلومترات، كما تمتاز بحدوث زلازل ضخمة على طولها، وسميت هذه الحدود التحويلية؛ لأن اتجاه الحركة النسبي والسرعة يختلفان على طولها من جانب إلى آخر. تذكر أن القشرة الجديدة تتشكل عند الحدود المتباعدة وتستهلك عند الحدود المتقاربة، أما عند الحدود التحويلية فلا تتكون قشرة جديدة ولا تستهلك، بل تتشوه أو تتكسر على طولها إلى حد ما.

توجد معظم الحدود التحويلية في قاع المحيط؛ حيث تؤدي إلى إزاحة قطع ظهور المحيطات جانبيًا، كما ستلاحظ في مختبر حل المشكلات الآتي، ولكن في بعض الحالات تحدث الصدوع التحويلية على القارات.

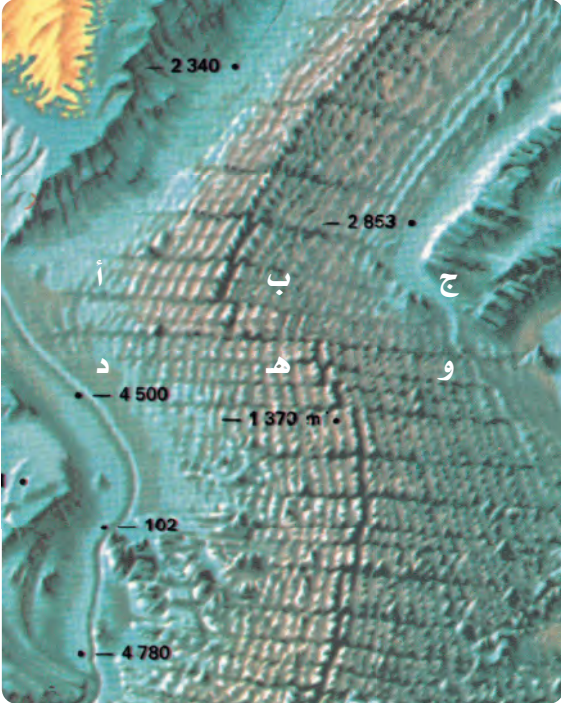
ومن الأمثلة المعروفة صدع البحر الميت التحويلي، وصدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا غرب الولايات المتحدة الأمريكية. ويحدث هذان الصدعان العديد من الزلازل الضخمة، فمعظم الزلازل التي تضرب كاليفورنيا في كل عام تُعزى إلى صدع سان أندرياس. كما يعد صدع البحر الميت التحويلي السبب الرئيس في نشوء الزلازل التي تحدث في الأردن وفلسطين.

### المطويات

صمّم معلومات هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.

## مختبر حل المشكلات

### تفسير الرسم



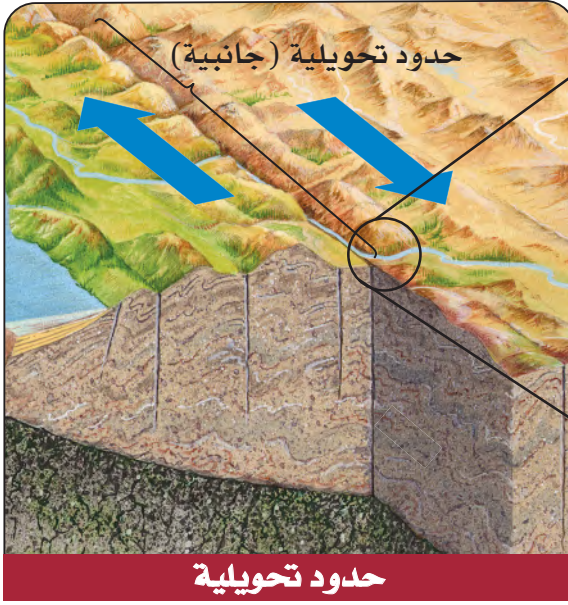
كيف تتحوّل حركة الصفيحة الأرضية على طول الحدود التحويلية؟ يوضح الشكل المجاور الجزء الشمالي من ظهر المحيط الأطلسي الذي يفصل بين قارتي أمريكا الشمالية وأوروبا. انسخ الشكل في دفترك، ثم نفذ الخطوات الآتية:

### التحليل

1. ارسم أسهمًا على نسختك، مبينًا الحركة النسبية لقشرة المحيط في المواقع: أ ب ج د هـ و.
2. قارن اتجاه الحركة في المواقع الآتية: أ مع د، ب مع هـ، ج مع و.

### التفكير الناقد

3. مَيِّز أي المواقع الثلاثة يقع على صفيحة أمريكا الشمالية؟
4. استنتج الحد الفاصل بين أمريكا الشمالية وأوروبا الذي يقع في نطاق الكسر.
5. حدّد أقدم موقعين في القشرة المحيطية من النقاط الست.



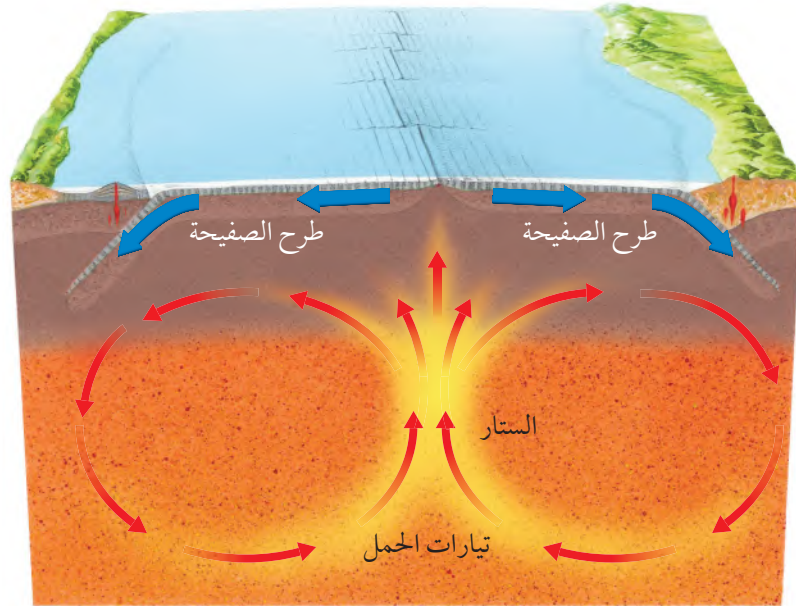
الشكل 19-5 تتحرك الصفيحتان أفقيًا متحاذيتين على طول الحدود التحويلية. الانثناء في السكة الحديدية ناتج عن حركة الصدع التحويلي.

## أسباب حركة الصفائح Causes of Plate Motions

وضع العلماء الكثير من الفرضيات لتفسير أسباب حركة الصفائح. ومن هذه الفرضيات:

**تيارات الحمل Convection Currents** يعتقد العلماء أن تيارات الحمل في الستار هي المسؤولة عن تحريك الصفائح. انظر الشكل 20-5، وتحدث تيارات الحمل على النحو الآتي: نتيجة لتسخين مناطق معينة في الستار تقل كثافة المواد المكونة لها فترتفع إلى أعلى وتحل محلها مواد من الستار باردة نسبياً وأكبر كثافة، وتأتي من أسفل الصفائح الأرضية، حيث تغوص ببطء إلى أسفل.

تؤدي تيارات الحمل المستمرة في الستار - من هبوط المادة الباردة وارتفاع المادة الساخنة - إلى نقل الطاقة الحرارية من المناطق الساخنة في باطن الأرض إلى المناطق الباردة في الأعلى.



الشكل 20-5 تؤدي تيارات الحمل التي تنشأ في الستار إلى حركة الغلاف الصخري (القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب)، وتنقل الطاقة الحرارية من باطن الأرض إلى سطحها الخارجي.

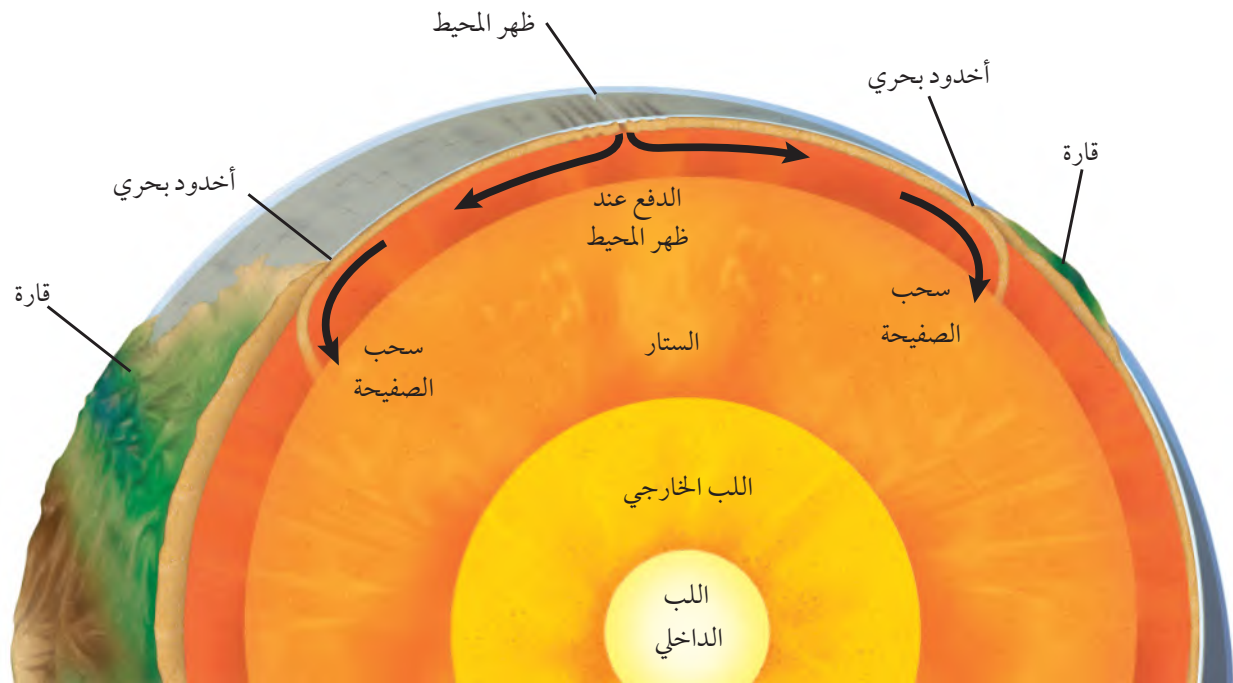


وعلى الرغم من أن تيارات الحمل في الستار تيارات ضخمة قد تمتد آلاف الكيلومترات، إلا أنها تتدفق بمعدلات تصل إلى بضعة سنتيمترات في السنة، ويعتقد العلماء أن هذه التيارات تبدأ الحركة بسبب سحب الصفيحة الغاطسة إلى أسفل في الستار.

✓ **ماذا قرأت؟ ناقش** ما الذي يؤدي إلى تدفق تيارات الحمل: ارتفاع المواد الساخنة إلى أعلى أم هبوط المواد الباردة إلى أسفل؟ كيف ترتبط حركات الصفائح الأرضية المتقاربة والمتباعدة مع تيارات الحمل في الستار؟ تنتشر المواد الصاعدة إلى أعلى في تيارات الحمل لدى وصولها إلى الصفيحة الأرضية، لذا ينجم عنها قوى رأسية وجانبية، مما يؤدي إلى رفع الغلاف الصخري وتشققه عند الحدود المتباعدة، فترتفع المواد المصهورة من الستار لتملأ التشققات هناك، ثم تتصلب مكونة قشرة محيطية جديدة.

أما الجزء الهابط من تيار الحمل فيحدث عند الحدود المتقاربة؛ إذ تؤثر هذه التيارات بقوة سحب تسبب غوص الصفائح الأرضية إلى أسفل في الستار.

**الدفع والسحب Push and Pull** يفترض العلماء وجود عمليات عدة تحدد كيف تؤثر تيارات الحمل في حركة الصفائح الأرضية. لاحظ الشكل 21-5، وأن القشرة المحيطية القديمة نسبياً تبرد كلما ابتعدت عن الحدود المتباعدة في مناطق ظهر المحيط، وتصبح أكثر كثافة مقارنة بالقشرة المحيطية الحديثة الأقل كثافة، فتهبط مكونة الجوانب المنحدرة لظهر المحيط، ونتيجة لزيادة وزن الجزء المرتفع والمنحدر



الشكل 21-5 الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة عمليتان تؤديان إلى تحريك الصفائح الأرضية.



لظهر المحيط تدفع الصفيحة المحيطية نحو الأخدود عند نطاق الطرح بعملية تُسمى

**الدفع عند ظهر المحيط Ridge push.**

أما العملية الثانية المهمة التي تسبب حركة الصفائح الأرضية فتسمى **سحب الصفيحة Slab pull**؛ إذ يؤدي وزن الجزء الغاطس من الصفيحة إلى سحب الجزء المتبقي منها نحو نطاق الطرح. ومن المرجح أن مجموع هذه الآليات هي التي تؤدي إلى حركة الصفائح عند نطاقات الطرح.

## التقويم 3-5

### الخلاصة

- تقسم القشرة الأرضية والجزء العلوي الصلب من الستار العلوي إلى قطع صخرية ضخمة تسمى الصفائح الأرضية.
- تتحرك الصفائح الأرضية بسرعات بطيئة جداً في اتجاهات مختلفة على سطح الأرض.
- تتباع الصفائح الأرضية عند الحدود المتباعدة، وتتقارب عند الحدود المتقاربة، ويتحرك بعضها بمحاذاة بعض عند الحدود التحويلية (الجانبية).
- يتميز كل نوع من حدود الصفائح بمعالم جيولوجية محددة.
- تنتج حركة الصفائح الأرضية بفعل عمليتي: الدفع عند ظهر المحيط، وسحب الصفيحة.
- تيارات الحمل هي المسؤولة عن نقل الطاقة عبر حركة المواد الساخنة.
- تيارات الحمل هي المسؤولة عن حركة الصفائح الأرضية.

### فهم الأفكار الرئيسية

- صف كيف تتشكل معالم الأرض الرئيسية بفعل حركة الصفائح الأرضية وعلاقتها بتيارات الحمل في الستار.
- لخص عمليات تقارب الصفائح الأرضية التي شكّلت جبال الهمالايا.
- اعمل قائمة بالمعالم الجيولوجية المرافقة لكل نوع من حدود الصفائح المتقاربة.
- حدّد المعلم الجيولوجي الذي يوجد به معظم الحدود التحويلية.
- أكد على العلاقات بين كل من تيارات الحمل ومناطق ظهور المحيطات ونطاقات الطرح.
- صمّم نموذجاً يوضح العمليات الحركية لكل من الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.

### التفكير الناقد

- اختر أنواع حدود الصفائح الثلاث التي في الشكل 16-5، وتوقع ما يحدث عند كل حد منها بعد مرور فترة من الزمن.
- صف كيف تتحرك قطعتان لقشرة محيطية جديدة بين جزأين من ظهر المحيط تم إزاحتها بصدوع التحويل؟
- قوّم الجملة الآتية: تحرك تيارات الحمل القشرة المحيطية فقط.
- لخص كيف تُعدّ تيارات الحمل مسؤولة عن ترتيب القارات على سطح الأرض؟

### الكتابة الجيولوجية

- اكتب تقريراً إخبارياً حول تأثير البحر الأحمر بحركة الصفائح الأرضية.





# الجيولوجيا والبيئة

## Geology and the Environment



### البحر الأحمر

سمي البحر الأحمر بهذا الاسم لوفرة الطحالب الخضراء المزرقة التي تطفو على سطحه، والتي تحتوي على صبغة حمراء يمكن مشاهدتها من ارتفاعات عالية. وقد بدأ تكون البحر الأحمر في حين الإيوسين بسبب تباعد الصفيحتين العربية والإفريقية، وهو محيط ولید يتميز بنشاط زلزالي عند حوافه القارية ونشاط بركاني عند المرتفعات المحيطية في وسطه، مما ينتج عنه إضافة قشرة محيطية جديدة تقوم بزيادة مسافة التباعد بين الصفيحتين بمقدار 2 cm سنوياً، كما يقدر طوله بحوالي 2000 km، وعرضه حوالي 300 km، وأعمق نقطة فيه حوالي 2000 m، وأعلى مد قد يصل تقريباً إلى 1m فقط، والمتوسط الإجمالي لدرجة حرارة مياه البحر الأحمر (22°C) والمتوسط الإجمالي لدرجة ملوحته 40 جزءاً في الألف.

ويتم إجراء العديد من الدراسات على البيئة البحرية للبحر الأحمر، منها ما يتعلق بدراسة التغيرات التي تنتج على طول الساحل، ودراسة كل من الخواص الفيزيائية ومنها: اتجاه حركة التيارات وسرعتها، وحرارة مياه البحر وملوحتها، وخواصه الكيميائية ومنها: تحديد العناصر المغذية ومستوى الأحماض؛ لمعرفة جودة المياه، وتحديد مستوى التلوث ومصادره وتأثيره في صحة الشعاب المرجانية، ومعالجة القضايا البيئية والتلوث البحري، وتأثير الحياة البشرية والمنشآت في ظل النمو الاقتصادي والتجاري والسياحي على المدن الساحلية.

ونظراً لموقع البحر الأحمر الاستراتيجي، ومقدراته الغنية فقد اختير ليكون أحد مشاريع رؤية (2030) وهو مشروع «البحر الأحمر» الذي يستهدف الجزر الواقعة بين مدينتي الوجه وأملج، ويهتم هذا المشروع بسلامة النظام البيئي، وجماله في البحر الأحمر وعدم تأثره بأي شكل من الأشكال، وإحدى توصيات ميثاق مشروع «البحر الأحمر» هي «التخفيف من انبعاثات غاز أكسيد

الكربون، والتلوث الضوئي والنفائات حفاظاً على الموقع لجميع الأجيال، ليصبح مشروع «البحر الأحمر» ضمن أفضل 10 مدن خضراء حول العالم».\*



### الكتابية في الجيولوجيا

ابحث في النشاط الجيولوجي الفريد للبحر الأحمر، واكتب مقالاً يصف طبيعة البيئة البحرية للبحر الأحمر، وأصل نشأته.

# دليل مراجعة الفصل

5

الفصل

**الفكرة العامة** تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض، وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معاً يوماً ما.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>يُوحى تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معاً يوماً ما.</li> <li>الانجراف القاري فكرة وضعت في بداية القرن الماضي، تنص على أن القارات تتحرك على قاع المحيط.</li> <li>جمع العالم فاجنر أدلة من الصخور والأحافير والمناخات القديمة لدعم نظريته.</li> <li>لم تقبل فكرة الانجراف القاري؛ لأنها لم تقدم تفسيراً حول كيفية حركة القارات وما يسبب حركتها.</li> </ul>	<p>5-1 انجراف القارات</p> <p>الانجراف القاري بانجيا</p>
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط، وتصبح جزءاً من قاعه.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>توفر الدراسات التي أجريت لقيعان المحيطات أدلة على أنها ليست مستوية وأنها تتغير باستمرار.</li> <li>القشرة المحيطية صغيرة العمر من الناحية الجيولوجية.</li> <li>تتكون قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيط عندما ترتفع الصهارة وتتصلب.</li> <li>عندما تتشكل قشرة محيطية جديدة تتحرك القشرة المحيطية القديمة مبتعدة عن ظهر المحيط.</li> </ul>	<p>5-2 توسع قاع المحيط</p> <p>جهاز قياس المغناطيسية ظهر المحيط الانقلاب المغناطيسي المغناطيسية القديمة تساوي العمر توسع قاع المحيط الأحاديدي البحرية</p>
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تتشكل كل من البراكين والجبال والأحاديدي البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>تقسم القشرة الأرضية والجزء العلوي الصلب من الستار العلوي إلى قطع صخرية ضخمة تسمى الصفائح الأرضية.</li> <li>تتحرك الصفائح الأرضية بسرعات واتجاهات مختلفة على سطح الأرض.</li> <li>تبتعد الصفائح الأرضية بعضها عن بعض عند الحدود المتباعدة، ويقترّب بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويتحرك بعضها بمحاذاة بعض عند الحدود التحويلية (الجانبية).</li> <li>يتميز كل نوع من حدود الصفائح بمعالم جيولوجية محددة.</li> <li>الحمل الحراري هو نقل الطاقة عبر حركة المواد الساخنة.</li> <li>ينتج عن تيارات الحمل نقل الطاقة الحرارية في الستار من باطن الأرض الساخن إلى سطحها الخارجي البارد.</li> <li>تنتج حركة الصفائح الأرضية بفعل عمليتي دفع ظهر المحيط وسحب الصفيحة.</li> </ul>	<p>5-3 حدود الصفائح وأسباب حركتها</p> <p>الصفيحة الأرضية الحدود المتباعدة حفرة الانهدام الحدود المتقاربة الطرح الحدود التحويلية الدفع عند ظهر المحيط سحب الصفيحة</p>

## مراجعة المفردات

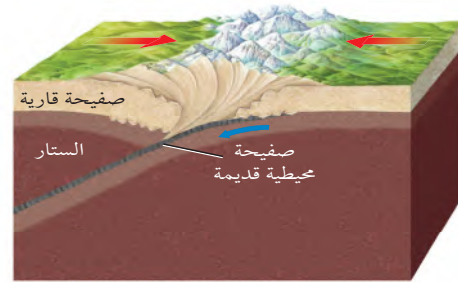
1. ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمات التي تحتها خط:  
تُسمى عملية غطس الصفائح الأرضية في الستار المتباعد.
2. تُسمى الحدود الناجمة عن تقارب صفيحتين إحداهما من الأخرى الحدود التحويلية.
3. يتشكّل الأخدود داخل القارات بفعل الحدود المتباعدة.
4. جهاز يُستخدم لقياس التغيرات في المجال المغناطيسي للأرض.

عرّف المصطلحات الآتية بجمل تامة:

5. الصفيحة الأرضية.
6. حدد ما هو مشترك بين كل مصطلحين في الجمل الآتية:  
الحدود المتباعدة، الحدود التحويلية.

## تثبيت المفاهيم الرئيسية

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 7 و 8.



7. ما نوع حدود الصفائح في الشكل أعلاه؟

- a. ظهر المحيط.
- b. حدود قارية-قارية.
- c. حدود تحويلية.
- d. حدود قارية-محيطية.

8. ما المعلم الجيولوجي الذي يتكون على طول هذا النوع من حدود الصفائح؟

- a. نطاقات الطرح.
- b. أخاديد بحرية.
- c. أقواس الجزر.
- d. جبال مطوية.

9. ما عمر القشرة المحيطية عموماً؟

- a. لها عمر القشرة القارية نفسه.
- b. أحدث من القشرة القارية.
- c. أقدم من القشرة القارية.
- d. لم يحدد العلم عمرها.

10. ما المنطقة التي يحيط بها حزام النار الكبير؟

- a. المحيط الأطلسي.
- b. قارة أمريكا الشمالية.
- c. البحر المتوسط.
- d. المحيط الهادي.

## أسئلة بنائية

11. فسّر ما وجده علماء المحيطات من ازدياد سُمك رسوبيات قاع المحيط بتزايد المسافة بعيداً عن ظهر المحيط.

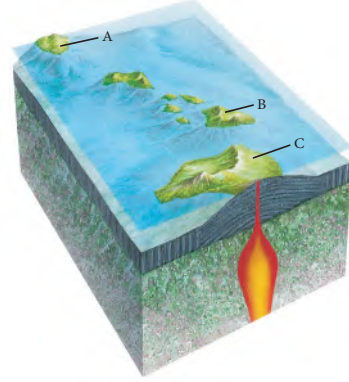
12. مَيِّز بين تولّد المجال المغناطيسي في لب الأرض والمغناطيسية المحفوظة في القشرة المحيطية.

13. حلّل لماذا توجد فروق بين حدود التقارب القاري - القاري وحدود التقارب المحيطي - المحيطي؟





استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 14.



14. ميّز ما أقدم جزيرة؟ وما الاتجاه الذي تتحرك فيه الصفيحة؟ فسر إجابتك.

#### التفكير الناقد

15. قارن بين فرضيتي الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.

16. فكر هل يبقى شكل الصفائح الأرضية وحجمها ثابتين مع مرور الزمن؟ وضح إجابتك.

17. توقع. ماذا يمكن أن يحدث إذا لم يكن هناك صفائح أرضية؟

#### سؤال تحفيز

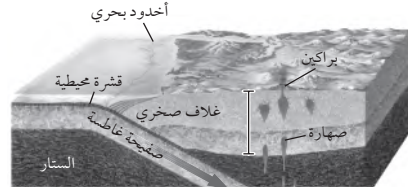
18. تنبأ ارسم المواقع النسبية للقارات في الكرة الأرضية بعد 60 مليون سنة، مع افتراض أن الصفائح الأرضية مستمرة في الحركة، وفي الاتجاهات نفسها، كما في الشكل (2-5).





## اختيار من متعدد

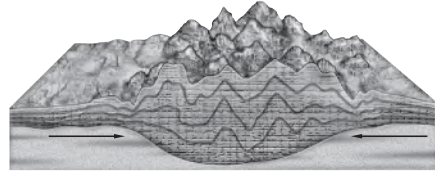
استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1.



1. ما العملية التي يمثّلها الشكل أعلاه؟

- a. تباعد قاري-قاري. c. تباعد محيطي-قاري.
- b. طرح قاري-قاري. d. طرح محيطي-قاري.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين 2 و 3.



2. ما نوع حد الصفيحة الذي يظهر في الشكل أعلاه:

- a. ظهر محيط. c. حد قاري - قاري.
- b. حد تحويلي. d. حد محيطي - قاري.

3. ما الخاصية التي تتشكل على امتداد هذا النوع من الحدود؟

- a. نطق طرح. c. أخاديد محيطية.
- b. أقواس الجزر. d. جبال تحتوي على طيات.

4. ما الدليل على انجراف القارات الذي لم يستعمله

فاجنر في دعم فرضيته؟

- a. طبقات الفحم في أمريكا.
- b. أحافير الحيوانات التي تعيش على اليابسة.
- c. رسوبيات جليدية.
- d. بيانات المغناطيسية القديمة.

5. ما اسم العملية التي تُطلق على إنتاج قاع محيط جديد

باستمرار؟

- a. انجراف القارات. c. البقع الساخنة.
- b. توسع قاع المحيط. d. الطرح.

6. يؤدي وزن الصفيحة الغاطسة إلى جرّ طرفها إلى

نطاق الطرح. ما اسم هذه العملية؟

- a. السحب عند ظهر المحيط.
- b. الدفع عند ظهر المحيط.
- c. سحب الصفيحة.
- d. دفع الصفيحة.

7. من المعالم التي لا توجد عند الحدود المتقاربة:

- a. ظهر المحيط. c. سلسلة جبال مطوية.
- b. أخدود بحري عميق. d. قوس جزر بركاني.

8. تؤدي عملية طرح صفيحة محيطية تحت صفيحة

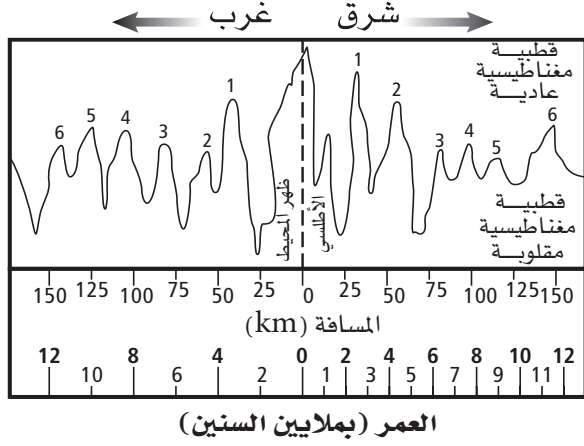
أخرى إلى تكوّن:

- a. أخدود بحري عميق. c. حفرة انهدام.
- b. انقلاب مغناطيسي. d. قشرة محيطية جديدة.



# اختبار مقنن

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 14 و 15.

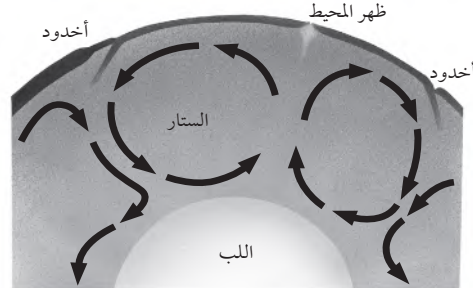


14. يستعمل العلماء جهاز قياس المغناطيسية وأجهزة أخرى للحصول على مخطط يمثل شدة المجال المغناطيسي لجزء من قاع المحيط. ما المعلومات التي يمكن أن نحصل عليها عند دراسة المخطط؟
15. ماذا يمكن أن يستنتج العلماء حول كيفية تكوّن قاع المحيط بالقرب من ظهر المحيط الأطلسي؟

## أسئلة الإجابات القصيرة

9. كيف تسبب تيارات الحمل حركة الصفائح؟

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين 10 و 11.



10. صف ما تم نمذجته في الشكل أعلاه، ثم حدد كيف يؤثر في حركة الصفائح.

11. هل يمكن أن تحدث هذه العمليات في الجزء الصلب من ستار الأرض؟

12. لماذا لا تسبب حركة تيارات الحمل الدائرية زيادة مقدار الحركة على سطح الأرض؟

13. انتشرت مستنقعات استوائية بصورة واسعة شمال أمريكا قبل نحو 200 مليون سنة، كما غطت الكتل الجليدية في الوقت نفسه مناطق في جنوب إفريقيا وجنوب شرق أمريكا الجنوبية وجزءًا كبيرًا من الهند وأجزاء من أستراليا ومعظم القارة القطبية الجنوبية. كيف يمكن لهذه المعلومات أن تدعم فكرة فاجنر حول الانجراف القاري؟





# البراكين والزلازل Volcanoes and Earthquakes

6



ثوران بركاني

**الفكرة (النامة)** تتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض.

## 1-6 ما البركان؟

**الفكرة (الرئيسية)** ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح.

## 2-6 الثورات البركانية

**الفكرة (الرئيسية)** تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني.

## 3-6 الأمواج الزلزالية وبنية الأرض

**الفكرة (الرئيسية)** يتم استعمال الأمواج الزلزالية في تصوّر بنية الأرض الداخلية.

## 4-6 قياس الزلازل وتحديد أماكنها

**الفكرة (الرئيسية)** يقيس العلماء قوة الزلازل ويحدّدون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية.

## 5-6 الزلازل والمجتمع

**الفكرة (الرئيسية)** يمكن معرفة احتمال حدوث الزلزال من خلال دراسة تاريخ المنطقة زلزاليًا، ومعرفة أين وكيف تتراكم الإجهادات بسرعة.

## الحقائق الجيولوجية للبراكين والزلازل

- يوجد حاليًا 500 بركان نشط على الأرض.
- كلمة صهارة (ماجما) magma مأخوذة من كلمة إغريقية تعني عجينة.
- العديد من معالم الأرض التضاريسية تنتج بفعل البراكين.
- تتعرض الأرض لأكثر من مليون زلزال في العام الواحد.
- معظم الزلازل ضعيفة جدًا حيث لا نشعر بها.
- وقع زلزال بقوة 5.4 ريختر بمحافظة العيص التابعة لمنطقة المدينة المنورة عام 2009، ونتج عنه انهيار بعض المباني في ذات المنطقة، حيث قامت حكومتنا الرشيدة بصرف إعانات وتسكين للعائلات المتضررة.



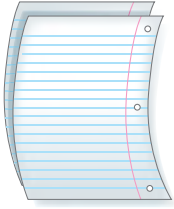
## نشاطات تمهيدية

### تصنيف البراكين

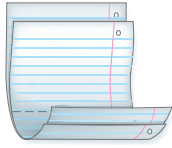
اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تصنيف البراكين.

### المطويات

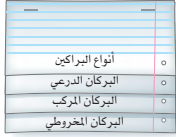
#### منظّمات الأفكار



**الخطوة 1** ضع ورقتين من دفترك إحداهما فوق الأخرى، بحيث تبعد إحداهما عن الأخرى 2 cm تقريباً، كما في الشكل المجاور.



**الخطوة 2** اثن الطرف السفلي للورقتين لتكوين أربعة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.



**الخطوة 3** ثبت أوراق المطوية معاً بالدبابيس، وعنون الألسنة على النحو الآتي: أنواع البراكين (اللسان العلوي): البركان الدرعي، البركان المركب، البركان المخروطي.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة القسم 1-6، واكتب خصائص كل نوع من البراكين أسفل كل لسان.

## تجربة استهلاكية

### ما الذي يجعل الصهارة ترتفع إلى أعلى؟

الصهارة صخور مصهورة توجد أسفل سطح الأرض. وسوف تمثل في هذا النشاط حركة الصهارة في باطن الأرض بعمل نموذج "مصباح من اللابة".



### الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اسكب 300 mL من الماء في كأس سعتها 600 mL.
3. اسكب 80 mL من زيت الطعام في الكأس.
4. عدّ ببطء من 1 إلى 5، وفي أثناء العد انثر ملح الطعام فوق الزيت.
5. أضف المزيد من الملح لبقاء الحركة مستمرة.

### التحليل

1. حدّد أي المكوّنين في نموذجك يمثل الصهارة؟
2. صف ماذا حدث للزيت قبل إضافة الملح وبعده؟
3. كوّن فرضية ما الذي يسبب صعود الصهارة إلى أعلى؟





# 6-1

## ما البركان؟ What is a Volcano?

### الأهداف

- تصف كيف تؤثر حركة الصفائح في تشكّل البراكين.
- تحدد المناطق الرئيسة للنشاط البركاني.
- تتعرف أجزاء البركان.
- تميز بين التضاريس البركانية.
- تقارن بين أنواع البراكين.

### الفكرة الرئيسية

ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح.

**الربط مع الحياة** في فصل الشتاء، يرش الملح على الشوارع المغطاة بالثلوج؛ إذ يعمل الملح على خفض درجة انصهار الثلج. كما يقلل الماء من درجة انصهار الصخور؛ فالصخور ذوات درجات الانصهار المرتفعة جدًا في باطن الأرض تنصهر أسهل إذا اختلطت بالمياه.

### مناطق النشاط البركاني Zone of Volcanism

الصهارة مخلوط من الصخور المصهورة والبلورات المعدنية والغازات، وهي مصدر البراكين؛ إذ تصعد إلى أعلى نحو سطح الأرض بعد تشكيلها؛ بسبب انخفاض كثافتها مقارنة بصخور الستار والقشرة الأرضية المحيطة بها، وعندما تخرج إلى سطح الأرض تُسمى اللابة. ويصف النشاط البركاني **Volcanism** جميع العمليات المصاحبة لخروج الصهارة والسوائل الساخنة والغازات من سطح الأرض. يثور 60 بركانًا تقريبًا في مواقع مختلفة على الأرض في السنة الواحدة. ويوضح الشكل 1-6 خريطة توزيع البراكين النشطة في العالم. لاحظ من الشكل أن البراكين لا تتوزع على سطح الأرض بصورة عشوائية، بل تتجمع في مناطق معينة وهي حدود الصفائح؛ حيث وجد أن معظم البراكين تتشكل عند الحدود المتقاربة والمتباعدة، ولا يوجد سوى 5% منها تثور بعيدًا عن حدود الصفائح.

### مراجعة المفردات

تقارب؛ الحركة نحو الجسم، أو اقتراب جسم من جسم آخر.

### المفردات الجديدة

النشاط البركاني

وسائد اللابة

البقعة الساخنة

طفوح البازلت

الشقوق

قناة البركان

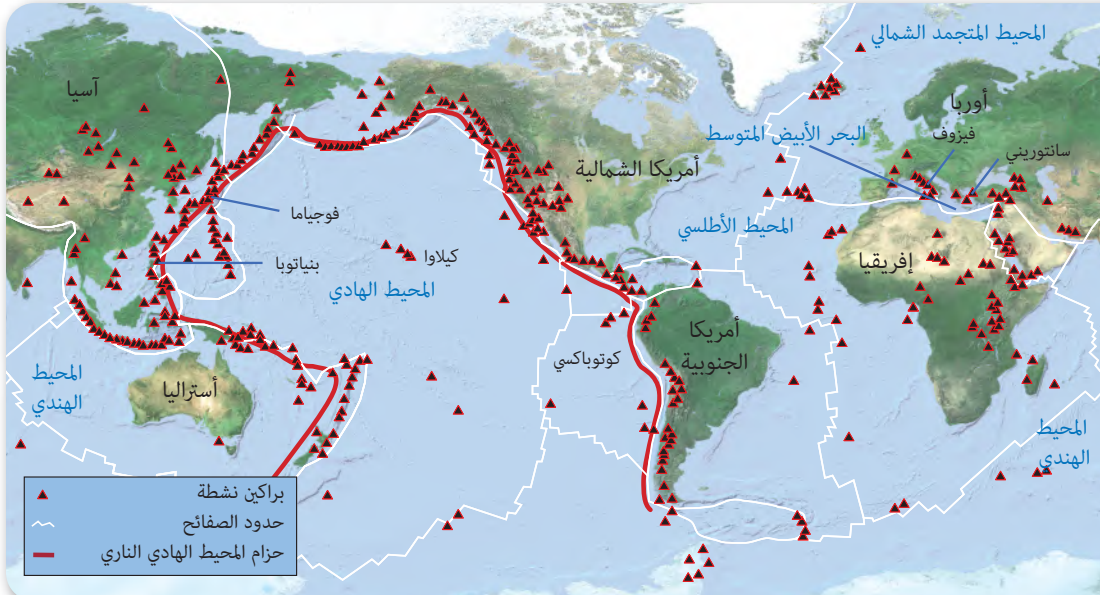
فوهة البركان

الفوهة البركانية المنهارة

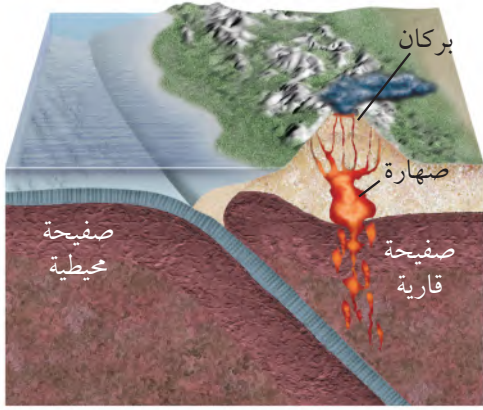
البركان الدرعي

البركان المخروطي

البركان المركب



الشكل 1-6 تقع معظم البراكين النشطة على الأرض على امتداد حدود الصفائح.



الشكل 2-6 في نطاق طرح قاري - محيطي تنزلق الصفائح المحيطية الأكبر كثافة في الستار أسفل الصفائح القارية، فتتنصهر أجزاء من هذه الصفائح، مما يؤدي إلى صعود الصهارة إلى أعلى مشكّلة البراكين. حدد البركان المصاحب لحدود التقارب القاري - المحيطي في الشكل 2-6.

## النشاط البركاني عند الحدود المتقاربة Convergent volcanism

تلتقي الصفائح الأرضية معاً عند الحدود المتقاربة، فتشكّل نطاقات طرح؛ وذلك عندما تغطس صفيحة محيطية أسفل الصفيحة الأخرى في الستار، كما في الشكل 2-6. ويلاحظ من الشكل أن الصهارة تتشكل بفعل الانصهار الجزئي للصفائح الغاطسة، ثم تصعد نحو سطح الأرض؛ لأنها أقل كثافة من المواد المحيطة بها، فتختلط في أثناء ذلك بصخور ومعادن ورسوبيات الصفائح العلوية (التي تعلو الصفائح الغاطسة) مكونة البراكين. ومعظم البراكين على اليابسة ناجمة عن تقارب صفيحة قارية مع أخرى محيطية. وتمتاز هذه البراكين بثورات شديدة الانفجار.

✓ **ماذا قرأت؟** حدد المقصود بالنشاط البركاني عند الحدود المتقاربة.

## حزامان رئيسان Two major belts

تشكّل البراكين المرافقة للحدود المتقاربة حزامين رئيسين هما: حزام المحيط الهادي؛ وهو الحزام الكبير الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي، ويعرف أحياناً بحلقة النار، وتنطبق حدود هذا الحزام تماماً على حدود صفيحة المحيط الهادي، ويمتد على طول السواحل الغربية للأمريكتين الشمالية والجنوبية إلى جزر الألوشيان، ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا. ومن أمثلة البراكين التابعة لهذا الحزام براكين سلاسل الجبال في غرب الولايات المتحدة الأمريكية، وبركان بيناتوبو في الفلبين. أما الحزام الآخر فيسمى حزام حوض البحر المتوسط. وأشهر البراكين التابعة له بركانا: إتنا، وفيزوف في إيطاليا، وتنطبق حدود هذا الحزام، عموماً على الحدود التي تفصل بين صفائح أوراسيا وإفريقيا والصفائح الغربية. انظر الشكل 1-6.

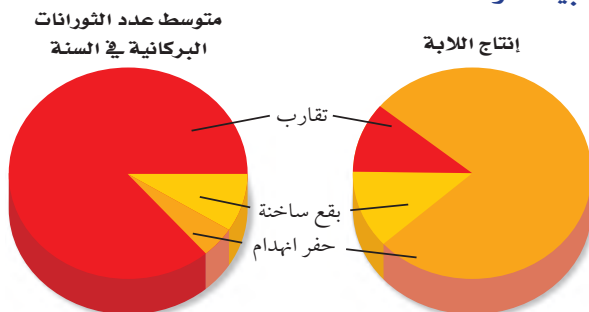
## مختبر تحليل البيانات

\* بُني هذا النشاط على بيانات حقيقية

### تفسير الرسم البياني

2. فكّر ما أهمية أن يدرس العلماء هذه العلاقات؟
3. قوّم ما الخطوة اللاحقة لدراسات العلماء؟

### البيانات والملاحظات



معدلات تدفقات الصهارة والمقدوفات البركانية

Source: Journal of Volcanology and Geothermal Research 20: 177-211

كيف ترتبط أنواع النشاط البركاني بإنتاج اللابة؟ يصنّف الباحثون أنواع الثورات البركانية، ويدرسون كمية اللابة التي تنبعث من كل نوع من أنواع البراكين في السنة الواحدة. ويوضح الرسم البياني الدائري متوسط عدد الثورات البركانية وإنتاج اللابة السنوي لكل نوع اعتماداً على بيانات أخذت من 5337 ثورناً بركانياً.

### التفكير الناقد

1. صف العلاقة بين نوع النشاط البركاني والإنتاج السنوي للابة.





**الشكل 3-6** ثور البراكين المصاحبة لحدود التباعد بصورة هادئة دون حدوث انفجارات، وتكوّن هذه الثورانات في قاع المحيط أشكالاً على هيئة وسائد ضخمة، يُطلق عليها وسائد اللابة.

### النشاط البركاني عند الحدود المتباعدة Divergent volcanism

تتباعد الصفائح الأرضية عند الحدود المتباعدة؛ حيث تصعد الصهارة إلى أعلى لتملأ الفراغ الناجم عن التباعد، مشكّلة قشرة محيطية جديدة؛ وتأخذ اللابة عند ظهور المحيطات شكل وسائد ضخمة، كما في الشكل 3-6، يطلق عليها **وسائد اللابة Pillow lava**. وتشكّل البراكين التي تكوّنت تحت الماء عند ظهور المحيطات ثلثي براكين العالم، وتمتاز -خلافًا لبراكين التقارب- بأنها هادئة، وتنساب دون حدوث انفجارات، مع تدفق كميات كبيرة من اللابة، ويوضح الشكل 4-6 بعض براكين التباعد.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح كيف تنشأ وسائد اللابة.

**البقع الساخنة Hot spot** تتشكل بعض البراكين بعيداً عن حدود الصفائح فوق بقع ساخنة؛ ويفترض العلماء أن البقع الساخنة **Hot spots** عبارة عن مناطق ساخنة بصورة غير عادية في ستار الأرض؛ حيث يصعد عمود من الصهارة ذات درجة الحرارة العالية إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض.



عام 79 قبل الميلاد أدى ثوران بركان فيزوف في إيطاليا إلى دفن مدينتين بالرماد البركاني.

**الشكل 4-6 البراكين موضع الاهتمام** تُشكل البراكين بعض تضاريس سطح الأرض باستمرار.

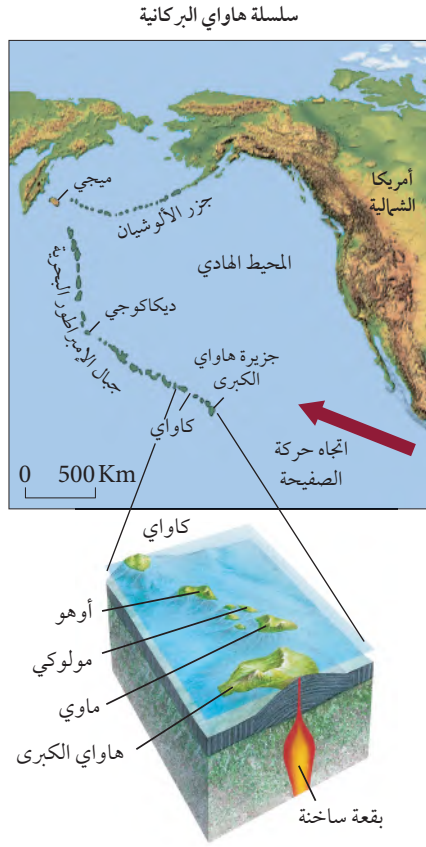
3000 قبل الميلاد

6000 قبل الميلاد

1630 قبل الميلاد تسبب انفجار بركان سانتوريني في اليونان في حدوث تسونامي ارتفاعه 200 m، مما أدى إلى اختفاء الجبل المينوسية في جزيرة كريت.

4845 قبل الميلاد خريطة تضاريسية لبركان جبل مازاما في ولاية أوريغون، حيث أدى ثورانه إلى انهيار الجبل وأصبح منخفضاً عرضه 9 km، يُعرف حالياً باسم بحيرة الفوهة البركانية.

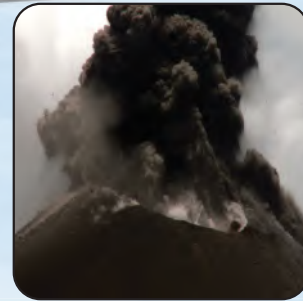




**الشكل 5-6** تشكّلت جزر هاواي قبل ملايين السنين؛ نتيجة حركة صفيحة المحيط الهادي البطيئة فوق بقعة ساخنة ثابتة الموقع؛ حيث تقع حالياً أسفل جزيرة هاواي الكبرى.

**براكين البقع الساخنة Hot spot volcanoes** تشكّلت بعض البراكين الأكثر شهرة بفعل البقع الساخنة تحت المحيط. فمثلاً، تقع جزر هاواي التي تظهر في الخريطة المجاورة، في الشكل 5-6، على عمود من الصهارة، وهي جزر بركانية تكوّنت نتيجة ارتفاع الصهارة إلى أعلى من خلال القشرة الأرضية. وتبقى البقعة الساخنة المتكونة بفعل عمود من الصهارة ثابتة أسفل الصفيحة، بينما تتحرك صفيحة المحيط الهادي التي تقع فوقها ببطء نحو الشمال الغربي، ومع مرور الزمن نتج عن البقعة الساخنة سلسلة من الجزر البركانية في قاع المحيط الهادي. وتعد براكين كاواي، من أقدم براكين جزر هاواي، وهي براكين غير نشطة (خامدة)؛ لأنها لا تقع حالياً فوق البقعة الساخنة الثابتة، وينطبق ذلك أيضاً على البراكين القديمة الواقعة إلى الشمال الغربي، التي أصبحت أسفل مستوى سطح البحر. ويُعد بركان كيلاوي في جزيرة هاواي الكبرى الذي يقع حالياً فوق بقعة ساخنة من أكثر البراكين نشاطاً في العالم، كما في بركان لوهي الذي يتشكل حالياً في قاع المحيط جنوب شرق جزيرة هاواي الكبرى، وقد يرتفع عن مستوى سطح البحر، في نهاية المطاف، مشكلاً جزيرة جديدة.

**البقع الساخنة وحركة الصفيحة Hotspots and plate motion** توفر سلاسل البراكين التي تتشكل فوق البقع الساخنة الثابتة معلومات حول حركة الصفيحة الأرضية؛ إذ يمكن حساب سرعة حركة الصفائح واتجاهها، من خلال مواقع تلك البراكين. وتبين الخريطة في الشكل 5-6 أن جزر هاواي تمثل الطرف الأول من سلسلة جبال هاواي البركانية، في حين يمثل جبل ميكي الطرف الآخر من السلسلة الأقدم عمراً؛ حيث يبلغ عمره 80 مليون سنة، مما يدل على أن هذه البقعة الساخنة كانت موجودة قبل ذلك بعدة سنوات، كما يدل المنعطف في سلسلة الجبال البحرية في ديكاكوجي على أن صفيحة المحيط الهادي قد غيرت اتجاه حركتها قبل 43 مليون سنة.



**1991** أطلق بركان جبل بيناتوبو في الفلبين  $10 \text{ km}^3$  من الرماد البركاني، مما أدى إلى خفض درجة حرارة الأرض  $0.5^\circ \text{C}$ .

**1980** أدى الانفجار البركاني في جبل سانت هيلين في واشنطن إلى وقوع 57 قتيلاً، مات معظمهم نتيجة استنشاق الرماد البركاني.

2000

1900

1800

**1912** ثار بركان كيتامي في ألاسكا بقوة أكبر من بركان سانت هيلين عشر مرات، وقد عُدد من أقوى البراكين التي سُجلت عبر التاريخ.

**1883** أدى ثوران بركان كراكاتوا في إندونيسيا إلى تدمير ثلثي الجزيرة، ونجم عنه تسونامي أدى إلى قتل أكثر من 36 ألف شخص.





الشكل 6-6 أدى تراكم كميات هائلة من اللابة على السطح إلى تشكيل صخور بركانية بسمكات عالية، ثم تعرضت مع مرور الزمن إلى عمليات حت بفعل الأنهار والقوى الجيولوجية مكونة الهضاب.

**طفوح البازلت (الحرث) Flood basalt** يمكن أن تتكون **طفوح البازلت Flood basalt** من بقع ساخنة تحت القشرة القارية، وهي عبارة عن لابة تتدفق من كسور طويلة في قشرة الأرض، وتسمى هذه الكسور **الشقوق Fissures**. بعد مرور مئات أو آلاف السنين تؤدي ثورات هذه الشقوق إلى تكوين سهول منبسطة تسمى الهضاب، كما في الشكل 6-6. وتفقد طفوح البازلت، كما هو الحال في البراكين الأخرى، بخار الماء وغيره من الغازات عندما تخرج إلى سطح الأرض.

#### طفوح البازلت في الجزيرة العربية Basalt flood in arabia peninsula

تغطي طفوح البازلت جزءاً كبيراً من المنطقة الغربية للصفحة العربية، تصل إلى  $180000 \text{ km}^2$  على هيئة حزام واسع متقطع يمتد من الجمهورية اليمنية جنوباً على طول ساحل البحر الأحمر إلى المملكة الأردنية الهاشمية، وحتى الجمهورية العربية السورية شمالاً، انظر الشكل 6-7. ويعود تشكّل هذا الحزام إلى الشقوق والصدوع المصاحبة لتكوّن البحر الأحمر، التي بدأت قبل 25 مليون سنة، واستمرت إلى العصر الحالي؛ ويعتبر بركان حليات اللابة (جبل المساء) والذي يبعد عن المدينة المنورة بنحو 15 كم باتجاه الجنوب الشرقي ويقع في الأطراف الشمالية الشرقية لحرّة رهاط أحدث براكين المملكة العربية السعودية ثورناً وتدفقاً. ويتشكل هذا البركان من أربعة مخاريط وفوهات بركانية، يطلق عليها حليات اللابة، خرجت منها الحمم البركانية عام 654هـ، وسبق ثورانه حركات زلزالية هزت المدينة المنورة، وتصف كتب التاريخ هذا الثوران وصفاً دقيقاً وموثقاً بشهادة أهل المدينة المعاصرين لهذا الحدث التاريخي.

#### تركيب البركان Volcano Structure

اللابة عبارة عن صهارة مرّت من خلال تركيب يشبه الأنبوب يسمى **قناة البركان conduit**، ثم خرجت إلى سطح الأرض من خلال **فوهة البركان Crater**؛ وهي المنخفض الذي يوجد في قمة البركان ويتصل مع حجرة الصهارة عبر القناة. وباستمرار انسياب اللابة وتراكمها مع الزمن يتكوّن جبل يسمى البركان.

#### المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال

الشائع

العصر الحالي

الاستعمال العلمي: العصر الجيولوجي  
الأخير، وهو العصر الرباعي.  
الاستعمال الشائع: الوقت الحاضر.

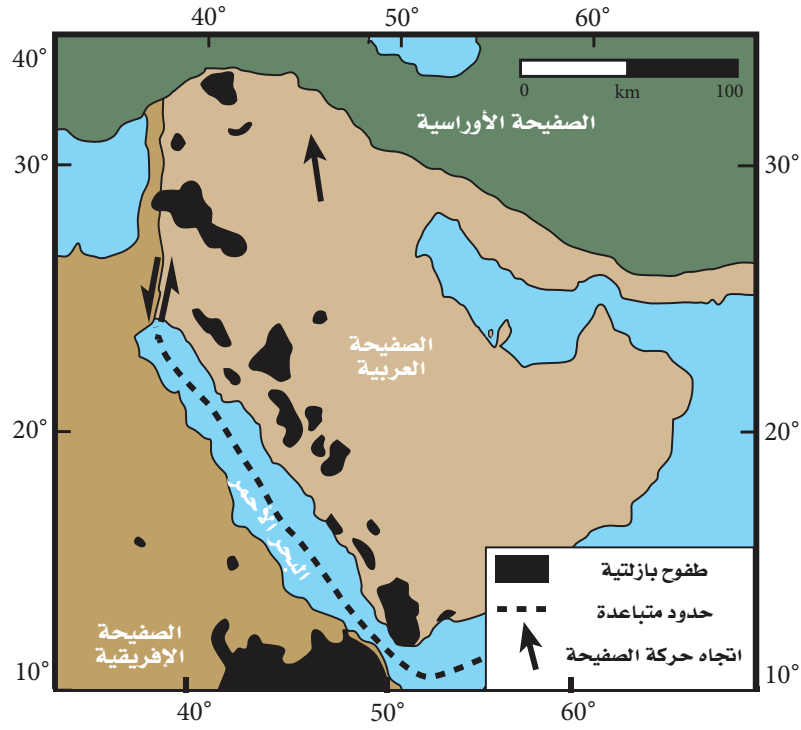
الربط مع رؤية ٢٠٣٠



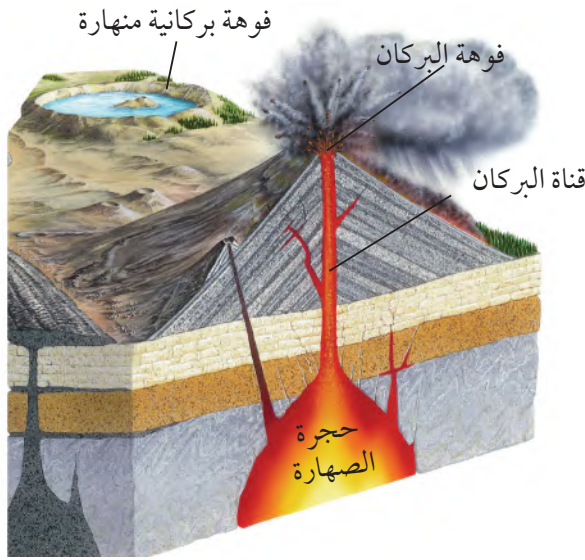
رؤية 2030  
المملكة العربية السعودية  
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

من أهداف الرؤية: حماية البيئة من الأخطار الطبيعية.





الشكل 6-7 طفوح البازلت (الحرّات) التي تغطي أجزاء من المنطقة الغربية من الجزيرة العربية، وقد تشكلت بفعل تدفقات اللابة عبر الشقوق التي أصابت الصفحة العربية في أثناء تشكّل البحر الأحمر قبل 25 مليون سنة، واستمر تشكّل هذه البراكين إلى العصر الحالي.

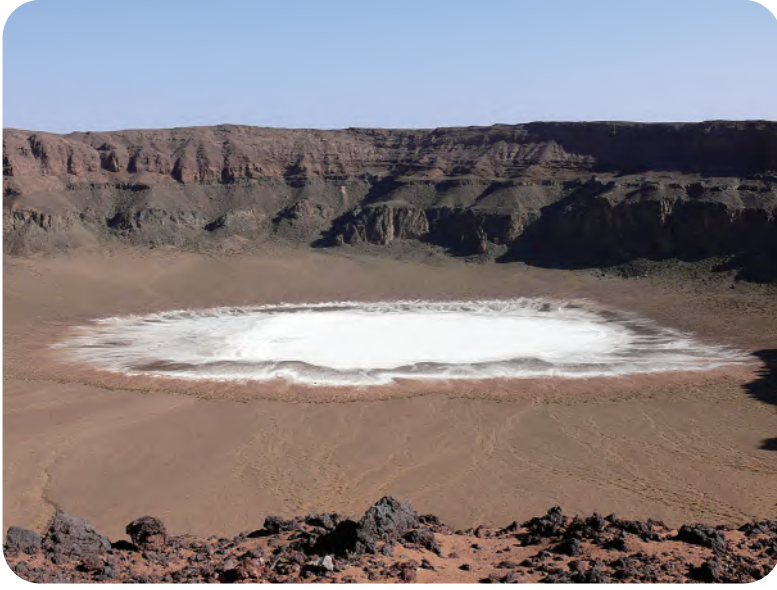


الشكل 6-8 ترتفع الصهارة إلى أعلى من باطن الأرض مروراً بالقناة، ومنها إلى السطح من خلال العنق، مكونة البركان. وتسمى المنطقة المحيطة بالعنق فوهة البركان، وقد تتطور إلى فوهة بركانية منهارة عندما تنهار القشرة الأرضية في حالة وجود فراغ في حجرة الصهارة.

لاحظ موقع كل من فوهة البركان والقناة في الشكل 6-8.

وعلى الرغم من أن قطر فوهة البركان لا يزيد على 1 km، إلا أن قطر الفوهة البركانية المنهارة **Caldera** قد يصل إلى 50 km، وهي منخفض ضخم أكبر من الفوهة. وتشكّل الفوهة البركانية المنهارة نتيجة انهيار قمة البركان أو جوانبه بعد أن تُخرج حجرة الصهارة الواقعة أسفل البركان مكوناتها بفعل الثورات البركانية الرئيسية، ولاحقاً قد يمتلئ السطح المنهار بالمياه، مما يؤدي إلى تشكّل بحيرات خلابة. ومن الفوهات البركانية المنهارة في المملكة العربية السعودية فوهة الهثيمة بالقرب من قرية طابة في منطقة حائل، انظر الشكل 6-9.





الشكل 9-6 تمثل فوهة الهتيمية في منطقة حائل إحدى الفوهات البركانية المنهارة، ويتراكم على سطحها كميات من الملح نتيجة تبخر المياه التي تتجمع فيها.

## تجربة

### نمذجة الفوهة البركانية المنهارة

كيف تتشكل الفوهة البركانية المنهارة؟ الفوهة البركانية المنهارة ما هي إلا فوهات بركانية توسعت وتعمقت نتيجة انهيار قمة البركان أو جوانبه في حجرة الصهارة التي كانت تغذي البركان.

#### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل من معلمك على صندوق صغير وأنبوب مطاطي طوله 10 cm ومشبك وبالون.
3. بطن الصندوق بورق جرائد، واثقبه ثقباً صغيراً باستعمال المقص من الجنب.
4. مرر عنق البالون عبر الثقب، بحيث يكون البالون في داخل الصندوق، وأدخل الأنبوب المطاطي في عنق البالون، وثبتهما باللاصق، وانفخ البالون من خلال النفخ بالأنبوب، وأغلق البالون بالمشبك.

#### التحليل

1. رتب مراحل تشكل الفوهة البركانية المنهارة.
2. قارن بين معالم الفوهة البركانية المنهارة ومعالم الفوهة البركانية.
3. استنتج كيف يختلف شكل الفوهة البركانية المنهارة باختلاف مقدار النفخ في البالون؟



## المهمن في علم الأرض

### عالم البراكين

يُسمى العالم الذي يدرس الثورانات البركانية وطفوح اللابة والصهارة وظروف تكونها عالم البراكين. ويدرس العلماء في الميدان البراكين النشطة، ويعملون أيضًا في المختبر لفهم كيف تنصهر الصخور لتشكيل الصهارة.

### المطويات

صنّ المعلومات في هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.

## أنواع البراكين Types of Volcanoes

يعتمد مظهر البركان على عاملين، هما: نوع المواد المكوّنة للبركان، ونوع الثورانات البركانية التي تحدث. وبناءً على هذين العاملين، هناك ثلاثة أنواع رئيسة من البراكين تختلف في الحجم والشكل والمكوّنات، انظر الجدول 1-6.

### البراكين الدرعية Shield volcanoes: البركان الدرعي Shield volcano

يتكون عندما تتراكم طبقات من اللابة في أثناء الثورانات البركانية الهادئة، وهو من أكبر أنواع البراكين، مثل جبل عناز في حرة عويرض ذو الانحدار القليل والقاعدة شبه الدائرية، ويعد بركان حليات اللابة (جبل المساء) بحرة رهاط من البراكين الدرعية، انظر الجدول 1-6.

### البراكين المخروطية Cinder cones: البراكين المخروطية Cinder cones

عندما تعود المواد البركانية الصغيرة الحجم المقذوفة في الهواء إلى الأرض، وتتراكم حول فوهة البركان. وتمتاز البراكين المخروطية بأنها شديدة الانحدار، وعادة ما تكون صغيرة الحجم، ومعظمها لا يزيد ارتفاعه على 500 m. ومن أمثلتها براكين حرة الشاقة بالقرب من مدينة العيص.

### البراكين المركبة Composite volcanoes: تتكون البراكين المركبة Composite volcanoes

من طبقات مكونة من قطع لابة متصلة في أثناء ثورانات عنيفة متعاقبة مع طبقات من اللابة انسابت إلى أسفل قبل أن تتصلب، وتكون البراكين المركبة عمومًا مخروطية الشكل، مع وجود منحدرات مقعرة الشكل، وحجمها أكبر كثيرًا من البراكين المخروطية. وبسبب طبيعتها المتفجرة فإنها تشكّل خطرًا على الإنسان والبيئة. ومن الأمثلة عليها بركان جبل القدر في حرة خير شمال المدينة المنورة، كما في الجدول 1-6.

### الجدول 1 - 6

### أنواع البراكين

الوصف	أمثلة على البراكين
<p><b>البراكين الدرعية</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• أضخم أنواع البراكين الثلاثة.</li> <li>• قليلة الانحدار وتمتد مسافات طويلة.</li> <li>• تتكون من طبقات متعاقبة من اللابة البازلتية المتصلة.</li> <li>• ثوراناتها هادئة.</li> </ul>	





### البراكين المخروطية

- أصغر أنواع البراكين الثلاثة.
- شديدة الانحدار وشكلها مخروطي.
- تتألف عادة من اللابة البازلتية.
- ثوراتها عفيفة.
- تتشكل عادة على أطراف البراكين الكبيرة الحجم.



### البراكين المركبة

- أكبر كثيرًا من البراكين المخروطية.
- تشكّل جبالاً طويلة وشاخحة.
- تتألف من طبقات متعاقبة من تدفقات اللابة.
- تتألف من تعاقبات من ثورات بركانية عفيفة وثورات بركانية هادئة.

## التقويم 1-6

### الخلاصة

- تتضمن عملية النشاط البركاني جميع العمليات التي تصعد فيها الصهارة والغازات إلى سطح الأرض.
- توجد معظم البراكين على اليابسة ضمن حزامي البراكين الرئيسة، وهما: حزام المحيط الهادي، وحزام البحر الأبيض المتوسط.
- تتضمن أجزاء البركان: القناة، والفوهة.
- توجد طفوح البازلت على هيئة سهول منبسطة أو هضاب، وتكون نتيجة تدفق اللابة من شقوق القشرة الأرضية.
- هناك ثلاثة أنواع رئيسة للبراكين هي: الدرعية، والمخروطية، والمركبة.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. وضح كيف ترتبط مواقع البراكين مع نظرية حركية الصفائح؟
2. اذكر بركانين في حزام البحر المتوسط.
3. ارسم بركاناً وحدّد أجزائه على الرسم.
4. اقترح نوع (أو أنواع) العمليات الأرضية التي حدثت في منطقة نشاط بركاني سابق في المملكة العربية السعودية مستعيناً بالخريطة.

### التفكير الناقد

5. قوّم الجملة الآتية: "توجد البراكين على طول السواحل فقط".
6. حدّد ما إذا كانت طفوح البازلت تمثل بركاناً أم لا.

### الرياضيات في الجيولوجيا

7. هب أن صفيحة المحيط الهادي تحركت 500 km في 4.7 ملايين سنة. احسب متوسط سرعة صفيحة المحيط الهادي بالسنتيمتر في السنة (cm/y).



## 6-2

### الثورانات البركانية Volcanic Eruptions

#### الأهداف

- توضح كيف يؤثر نوع الصهارة في النشاط البركاني.
- تصف دور الضغط والغازات الذائبة في الثورانات البركانية.
- تعرف المواد التي تقذفها الثورانات البركانية.

#### الفكرة الرئيسية

تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني.

الربط مع الحياة لعلك رججت قنينة مشروب غازي يوماً، ثم فتحتها. هل لاحظت فوران المشروب الغازي بشدة خارج القنينة؟ هذه العملية تشبه ما يحدث في الثورانات البركانية المتفجرة.

### تشكّل الصهارة Making Magma

ما الذي يجعل بعض الثورانات البركانية هادئة أحياناً وشديدة الانفجار أحياناً أخرى؟ يعتمد النشاط البركاني وخصائص اللابة على مكوّنات الصهارة. ويوضح الشكل 10-6 نوعين من اللابة: لابة رقيقة ومنخفضة اللزوجة تتدفق بسرعة، ولا لابة سميكة ولزجة تتدفق ببطء. ويتطلب فهم سبب اختلاف الثورانات البركانية معرفة كيف تنصهر الصخور لتشكيل الصهارة.

**درجة الحرارة Temperature** تنصهر معظم الصخور ضمن مدى من درجات الحرارة يتراوح بين  $800^{\circ}\text{C}$  و  $1200^{\circ}\text{C}$ ، ويعتمد ذلك على مكوّناتها والضغط الواقع عليها ووجود الماء فيها.

**الضغط Pressure** يزداد الضغط بزيادة العمق بسبب زيادة وزن الصخور، إلا أن زيادة الضغط تؤدي إلى رفع درجة الانصهار، لاحظ أن درجة انصهار الألبيت على سطح الأرض في غياب الماء تساوي  $1100^{\circ}\text{C}$ ، وتزداد إلى  $1150^{\circ}\text{C}$  على عمق 6 km، ثم إلى  $1440^{\circ}\text{C}$  على عمق 100 km. ولاحظ أيضاً كيف يفسر عامل الضغط سبب انصهار معظم الصخور أسفل القشرة الأرضية وأعلى الستار.

#### مراجعة المفردات

**البازلتية**: ترتبط مع نوع من الصخور الغنية بالمعادن الداكنة التي تحتوي على الماغنسيوم والحديد.

#### المفردات الجديدة

اللزوجة

المقذوفات البركانية الصلبة

تدفق الفتات البركاني



جبل سانت هيلين



جبل إتنا



الشكل 10-6 تعتمد كيفية تدفق اللابة على مكوّنات الصهارة؛ فلزوجة لابة بركان جبل إتنا قليلة، وتندفق بسرعة مقارنة بلابة بركان جبل سانت هيلين ذات اللزوجة المرتفعة القليلة التدفق.

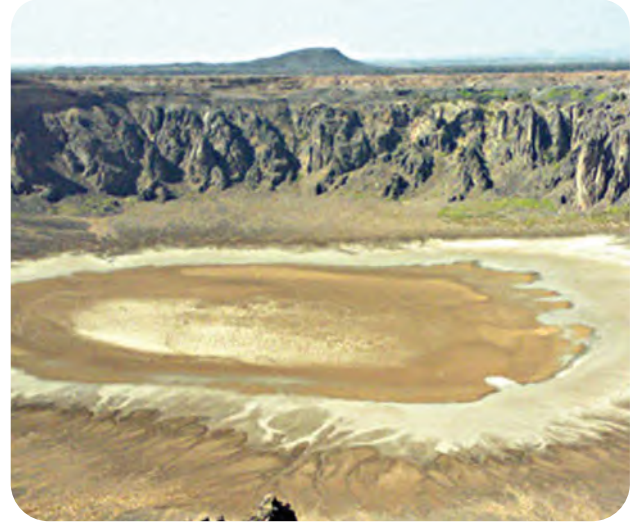
## مكوّنات الصهارة Composition of Magma

تُحدّد مكوّنات الصهارة شدة ثوران البركان، وكيفية تدفق اللابة على سطح الأرض. فما العوامل التي تحدّد هذه المكوّنات؟ استطاع العلماء تحديد العوامل التي تتحكم في مكوّنات الصهارة وهي: تفاعلها مع صخور القشرة الأرضية التي تعلوها، ودرجة حرارتها، والضغط الواقع عليها، وكميات الغازات الذائبة فيها، ومحتواها من السليكا. ويُعد العامل الأخير من أكثر العوامل تأثيرًا. ويرى العلماء أن هذه العوامل تساعد على معرفة سلوك الصهارة وتوقع شدة الثورات البركانية.

**الغازات الذائبة Dissolved gases** تزداد شدة الانفجار البركاني للصهارة بزيادة كمية الغازات الذائبة فيها، مثلما يحدث في المشروب الغازي عندما يزداد فورانه بزيادة الغازات الذائبة فيه. ومن الغازات المهمة في الصهارة بخار الماء، وثنائي أكسيد الكربون، وثنائي أكسيد الكبريت، وكبريتيد الهيدروجين، ويُعد بخار الماء من أكثر الغازات الذائبة أهمية؛ لأنه يحدّد أين يمكن أن تتكون الصهارة.

**اللزوجة Viscosity** تُسمى الخاصية الفيزيائية التي تصف مقاومة المواد للتدفق اللزوجة **Viscosity**. وتؤثر كل من درجة حرارة الصهارة ومحتواها من السليكا في لزوجتها. وعمومًا تزداد لزوجة الصهارة بانخفاض درجة حرارتها. أما زيادة محتوى الصهارة من السليكا فيجعلها كثيفة القوام ولزجة. وتؤدي زيادة لزوجة الصهارة إلى زيادة احتفاظها بالغازات الذائبة، فلا تسمح لها بالانفلات بسهولة، لذا تنتج ثورات بركانية متفجرة. وعمومًا، إذا كان محتوى الصهارة من السليكا منخفضًا انخفضت لزوجتها، وكانت خفيفة القوام، وتدفق بسرعة ويسر، كما في العسل الساخن، كما أنها تُنتج ثورات هادئة غير مصحوبة بانفجارات. وتتكون البراكين الناتجة من صخور بازلتية كما في حرة كشب غربي المملكة. انظر الشكل 11-6.

✓ **ماذا قرأت؟ أيهما أكثر لزوجة: الماء أم العسل؟**



الشكل 11-6 بركان حرة كشب غربي المملكة العربية السعودية.





## أنواع الصهارة Types of Magma

لا يحدد محتوى الصهارة من السليكا لزوجة الصهارة وشدة ثورانها فقط، بل يحدده أيضاً نوع الصخر البركاني الذي سيتشكل حينما تبرد الصهارة. ادرس الشكل 12-6 لتلخيص أنواع الصهارة.

**صهارة بازلتية Basaltic magma** تتكوّن الصهارة البازلتية عندما تنصهر صخور الستار العلوي عادة، وتتكون من كمية السليكا نفسها التي يحتويها صخر البازلت، وهي أقل من 50%. وعندما تصعد الصهارة من الستار العلوي إلى سطح الأرض تتفاعل مع قليل من صخور القشرة الأرضية والرسوبيات التي تعلوها، وتكون لزوجتها منخفضة لانخفاض محتواها من السليكا، لذا تخرج الغازات منها بسهولة، وتكون ثوراتها هادئة. ويوضح الشكل 13-6 كيف تحدث خصائص الصهارة نوع الثوران البركاني الذي سيحدث. ومن البراكين التي تكوّنت بفعل نشاط صهارة بازلتية حرّة كشب غربي المملكة.

**صهارة أنديزيتية Andesitic magma** تتكون الصهارة الأنديزيتية من الكمية نفسها من السليكا المكوّنة لصخر الأنديزيت التي تتراوح بين 50-60%، وتوجد على طول نطاق الطرح القاري-المحيطي، ومصدرها إما القشرة المحيطية وإما رواسب المحيطات، ولأنها تحتوي على كمية متوسطة من السليكا فإن لزوجتها متوسطة وثوراتها متوسطة الشدة، ومنها بركان تامبورا في إندونيسيا، الذي أنتج انفجارات أطلقت كميات ضخمة من الرماد والحطام البركاني في الغلاف الجوي، فلم تؤدّ فقط إلى تدمير المجتمعات المحلية، بل أثرت أيضاً في البيئة العالمية.

**صهارة ريوليتية Rhyolitic magma** تتكون الصهارة الريوليتية عندما تمتزج الصهارة الصاعدة إلى أعلى مع صخور القشرة القارية العلوية الغنية بالسليكا والماء، وتتكون من الكمية نفسها من السليكا المكوّنة لصخر الجرانيت التي تزيد على 60%، وتؤدي لزوجتها المرتفعة إلى جعلها تندفق ببطء، كما أن لزوجتها المرتفعة أيضاً مع وجود كمية كبيرة من الغازات المحصورة يجعل ثوراتها متفجرة جداً. ومن الأمثلة عليها الصخور الريوليتية في جبل حرّة شامة في المملكة العربية السعودية.

- تتفاعل بكميات قليلة مع صخور القشرة الأرضية العلوية.
- محتواها من السليكا قليل، لذا تندفق بسهولة.
- تنثور بصورة هادئة دون انفجارات.

أعلى درجة حرارة  
أقل لزوجة

### صهارة بازلتية : لزوجتها منخفضة

- مصدرها مواد القشرة المحيطية والرسوبيات.
- يتراوح محتواها من السليكا بين 50-60%.
- تنثور في صورة انفجارات.

### صهارة أنديزيتية : لزوجتها متوسطة

- مصدرها مواد القشرة القارية.
- نسبة محتواها من السليكا يزيد على 60%.
- تنثور في صورة انفجارات عنيفة.

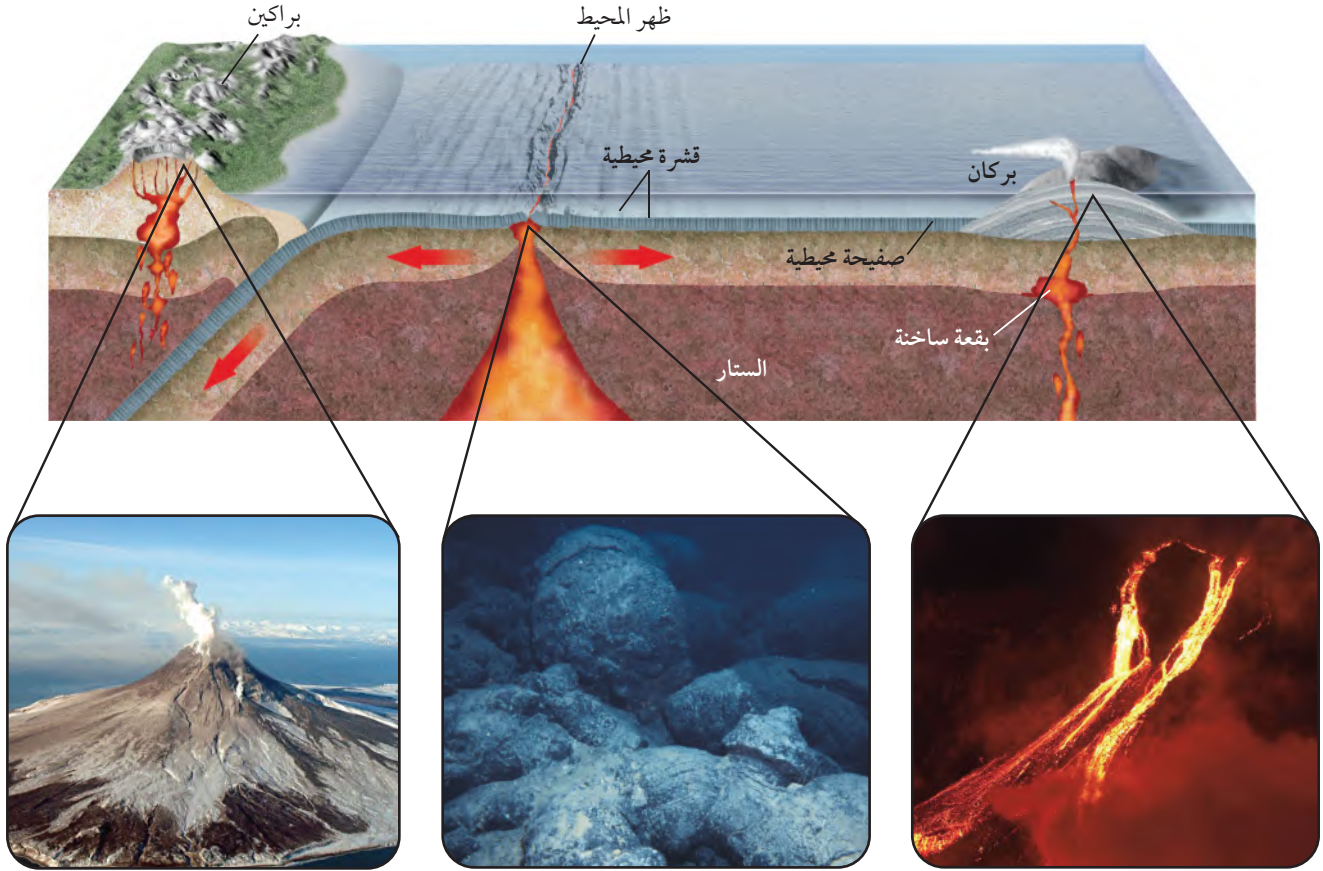
أقل درجة حرارة  
أعلى لزوجة

### صهارة ريوليتية : لزوجتها كبيرة

الشكل 12-6 إذا كانت الصهارة أو اللابة فقيرة إلى السليكا كانت لزوجتها منخفضة، وإذا كانتا غنيتين بالسليكا كانت لزوجتها مرتفعة.



# الثورانات البركانية Volcanic Eruptions



## ثورانات بركانية متفجرة

تحدث ثورانات بركانية متفجرة عندما تعبر صهارة غنية بالسليكا قشرة قارية، وتحتفظ هذه الصهارة بالغازات، مما يؤدي إلى تولد ضغط شديد جداً بداخلها، وعند تحرر هذا الضغط تنشأ انفجارات عنيفة.

## ثورانات بركانية تحت الماء

أكثر أنواع الالابة شيوعاً هي الالابة الوسادية التي تتكون عند الحدود المتباعدة على امتداد القشرة المحيطية، وتنساب في قاع المحيط وتكوّن كتلاً على شكل وسائد عندما تبرد.

## ثورانات بركانية هادئة

معظم براكين الأرض النشطة مصاحبة لبقيع ساخنة تقع أسفل قشرة محيطية. ولأن الصهارة التي تعبر القشرة المحيطية في أثناء صعودها إلى أعلى تحتفظ بدرجة حرارة مرتفعة وبمحتويات قليلة من السليكا والغازات فإن الالابة الناتجة عنها تخرج من البراكين بسهولة في صورة ثورانات بركانية هادئة نسبياً.

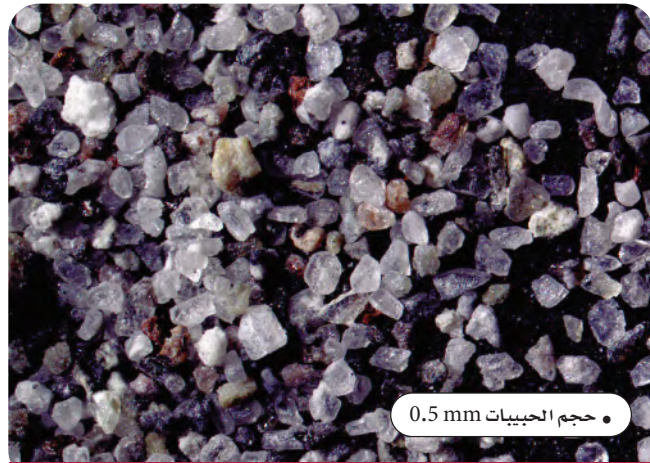
الشكل 13-6 عندما تصعد الصهارة إلى أعلى بفعل حركات الصفائح الأرضية والبقيع الساخنة، تختلط مع قشرة الأرض، ويؤدي هذا إلى الاختلاف في درجة حرارة الصهارة ومحتواها من السليكا والغازات. وتحدد خصائص الصهارة هذه كيفية ثوران البراكين.







كتلة بركانية



رماد بركاني

الشكل 14-6 يُعد الرماد البركاني أصغر المقذوفات البركانية الصلبة من حيث الحجم، في حين أن الكتلة البركانية هي مثال على أكبر صنف من المقذوفات البركانية الصلبة.

**قارن** بين هذين النوعين من المقذوفات البركانية الصلبة. ما الشيء المشترك بينهما؟

## الثورانات البركانية المتفجرة Explosive Eruptions

عندما تكون اللابة في القناة لزجة جدًا فإنها لا تتدفق من فوهة البركان بحرية، بل تتراكم فيها الغازات إلى أن تخرج في صورة انفجارات عنيفة، حيث تُقذف اللابة مع الصخور في الهواء. وتسمى المواد التي تقذفها البراكين **المقذوفات البركانية الصلبة tephra**. وربما تكون المقذوفات البركانية الصلبة قطعًا من اللابة تصلبت في أثناء وجودها في الهواء، أو قطعًا من قشرة أرضية حملتها الصهارة معها قبل ثورانها. وتصنف المقذوفات البركانية الصلبة بحسب حجمها؛ فالقطع الصغيرة التي يقل قطرها عن 2 mm تُسمى رمادًا بركانيًا، وتُسمى المقذوفات البركانية الأكبر من ذلك كتلاً بركانية. انظر الشكل 14-6، وقد يبلغ ارتفاع بعض الكتل البركانية مترًا، وقد يصل حجم بعضها إلى حجم سيارة. وتنتشر الثورانات البركانية المتفجرة الضخمة كميات هائلة من المقذوفات البركانية فوق معظم الأرض، وقد يصل الرماد البركاني إلى ارتفاع 40 km في الغلاف الجوي في أثناء الثوران البركاني، ويشكل خطرًا على الطائرات، كما يمكن أن يُغير حالة الطقس. ويوضح الشكل 15-6 بركان جبل بيناتوبو في الفلبين الذي ثار عام 1991م، وشكّل غيمة بركانية من الرماد البركاني على ارتفاع 40 km، حيث بقيت حبيبات صلبة وقطيرات من حمض الكبريتيك في طبقة الستراتوسفير مدة سنتين تقريبًا، مما أدى إلى حجب أشعة الشمس، ثم انخفاض درجة حرارة الأرض.



الشكل 15-6 ثار بركان جبل بيناتوبو في الفلبين عام 1991م فأطلق كميات هائلة من الرماد البركاني تراكمت في طبقة الستراتوسفير، مما أدى إلى انخفاض درجة حرارة الأرض لمدة سنتين.







تدفق الفتات البركاني



بركان بيلي عام 1902م

## تدفق الفتات البركاني Pyroclastic Flow

تؤدي بعض المقذوفات البركانية الصلبة إلى دمار كبير في الممتلكات وقتل آلاف الناس، كما تقذف بعض البراكين العنيفة غيومًا من الرماد البركاني وغيرها من المقذوفات البركانية الصلبة نحو أسفل المنحدر بسرعة  $200 \text{ km/h}$ . وتُسمى غيوم المقذوفات البركانية الصلبة الممزوجة مع الغازات الساخنة **تدفق الفتات البركاني pyroclastic flow**، وقد تزيد درجة حرارتها الداخلية على  $700^\circ\text{C}$ . ويوضح الشكل 6-16 آثار الدمار التي خلفها بركان بيلي في جزيرة مارتيك في البحر الكاريبي عام 1902م، وتدفق فتات بركاني يتصاعد إلى أعلى عند ثوران بركان مايون في المكسيك في عام 2000م.

الشكل 6-16 أدى التدفق الشديد للفتات البركاني من جبل بيلي إلى تدمير بلدة سانت بيير في جزر المارتينيك في البحر الكاريبي في دقائق معدودة.

## التقويم 2-6

### الخلاصة

- هناك ثلاثة أنواع رئيسة من الصهارة، هي: البازلتية والأنديزيتية والريوليتية.
- اعتمادًا على نسبة محتوى الصهارة من السليكا فإن الصهارة البازلتية هي أضعف أنواع الصهارة في شدة الثوران، في حين أن الصهارة الريوليتية أشدها.
- درجة الحرارة والضغط ووجود الماء عوامل تؤثر في تشكل الصهارة.
- اللابة المتصلبة والقطع الصخرية التي تطلقها البراكين في أثناء ثورانها تسمى المقذوفات البركانية الصلبة.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. ناقش كيف تحدد مكونات الصهارة خصائص ثورانها؟
2. أعد صياغة كيف ترتبط لزوجة الصهارة بشدة انفجارها؟
3. توقع شدة انفجار بركان ناتج عن صهارة غنية بالسليكا والغازات.
4. ميز بين المقذوفات البركانية الصلبة من حيث أحجامها.

### التفكير الناقد

5. استنتج التركيب الكيميائي للصهارة الذي أدى إلى ثوران بركان جبل فيزوف عام 79 قبل الميلاد بهذه الطريقة.

### الكتابة في الجيولوجيا

6. اكتب نشرة إخبارية تتناول فيها أحداث بركان ما.

# علم الأرض والتقنية

## مرصد هاواي البركاني



غالبًا ما يرتدي الجيولوجيون خوذات، ويكون بحوزتهم أدوات تسلق، ويرتدون ملابس مقاومة للحرارة وأقنعة واقية من الغاز، وغير ذلك من المعدات؛ لحماية أنفسهم من الظروف الخطرة حول البراكين النشطة. كما أن عليهم ارتداء القفازات المقاومة للحرارة لحظة وصولهم إلى موقع جمع العينات.

**رصد سطح الأرض** يستعمل العلماء أداة تسمى عداد المسافة الإلكترونية لمساعدتهم على رصد البراكين الأرضية والتنبؤ بثوراتها. ففي أثناء صعود الصهارة نحو سطح الأرض قد يحدث ميلان للسطح أو انخفاض أو انتفاخ بسبب ما تشكله الصهارة من الضغوط في أثناء صعودها.

ويقوم العلماء في مرصد هاواي البركاني بتسجيل البيانات باستمرار، وإجراء التجارب، وتناقلها في جميع أنحاء العالم. ويعود الفضل في فهم الكثير من طبيعة البراكين في أيامنا الحالية إلى الأبحاث المستمرة لهؤلاء العلماء.

### الكتابة في الجيولوجيا

ابحث في الطرائق التي يتبعها العلماء لتوقع وقت ثوران البركان وحجمه ونوعه. ولزيد من المعلومات يمكنك تصفح مواقع الإنترنت الموثوقة. لخص معلوماتك وشارك بياناتك زملاءك في الصف.

**كيلاوي** من البراكين الدرعية في جزيرة هاواي، وهو أحد البراكين الأكثر نشاطاً وخطورة. ويقوم العلماء بمراقبة الظروف المحيطة بهذا البركان. ويعد مرصد هاواي البركاني بمثابة مختبر؛ حيث يتم فيه دراسة العينات التي تجمع من منطقة البركان.

**جمع الالابة البركانية** تخيل نفسك واقفاً بجوار الالابة البركانية المتحركة التي تبلغ درجة حرارتها  $1170^{\circ}\text{C}$ . للحصول على القياس المباشر لدرجة الحرارة، أو لجمع العينات الجيولوجية على العلماء تحمل درجات الحرارة المرتفعة وتوخي الحذر في أثناء سيرهم ومتابعة خطواتهم. ويتم جمع العينات في ظروف خاصة؛ حيث تجمع في أوعية مقاومة للحرارة، وتبرد مباشرة بوضعها في وعاء فيه ماء لمنع تلوث العينات بالهواء المحيط. ولكي يحمي العلماء أنفسهم من الأجواء المحيطة بهم فإنهم يرتدون ملابس خاصة، ويصطحبون معداتهم كاملة، كما توضحه الصورة.

**النشاط الزلزالي** يسبق ثوران البراكين غالباً نشاط زلزالي، ويعد أحد المؤشرات على حدوث ثوران بركاني؛ حيث يلجأ العلماء إلى توزيع أجهزة رصد الزلازل (السيزمومتر) حول فوهة البركان، وفي مناطق قريبة منه لرصد النشاط الزلزالي.

**العينات الغازية** يجمع العلماء في مرصد هاواي البركاني عينات من الغازات المنبعثة من فوهات البراكين لمعرفة نسبة غازي ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون. وتشير الزيادة في انبعاث غازي ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون إلى ثوران محتمل للبركان.



# 6-3

## الأهداف

تقارن بين أنواع الأمواج الزلزالية الثلاثة.

تصف كيف يعمل مقياس الزلازل (السيزمومتر).

تفسر كيف استعملت الأمواج الزلزالية في معرفة مكونات باطن الأرض وتركيبها.

## مراجعة المفردات

الستار: جزء من باطن الأرض يقع أسفل القشرة الأرضية وفوق اللب.

## مفردات جديدة

الأمواج الزلزالية

الأمواج الأولية

الأمواج الثانوية

الأمواج الجسمية

الأمواج السطحية

بؤرة الزلزال

المركز السطحي للزلزال

مقياس الزلزال

مخطط الزلزال

## الأمواج الزلزالية وبنية الأرض

## Seismic Waves and Earth's Interior

**الفكرة الرئيسية** يتم استعمال الأمواج الزلزالية في تصوّر بنية الأرض الداخلية.

**الربط مع الحياة** عندما تنظر إلى المرآة فإنك ترى نفسك؛ لأن أمواج الضوء تنعكس عن وجهك وتتجه نحو المرآة، ثم ترتد عن سطحها إلى عينيك، فتحدث الرؤية. وبالكيفية نفسها، تنتقل الأمواج الزلزالية في باطن الأرض، وتنعكس عن التراكيب الداخلية معطية بذلك صورة عنها.

## الأمواج الزلزالية Earthquake Waves

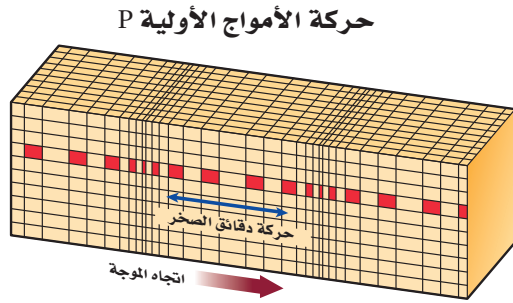
تنتج معظم الزلازل بفعل الحركة التي تحدث على الصدوع. إن الحركة في الصدوع قد تكون عبر سطوح ملساء نسبياً، أو عبر سطوح خشنة، كما في حركة الكتلتين الخشبيتين المغطاتين بورق الصنفرة؛ حيث تعمل السطوح الخشنة على إعاقة الحركة وإيقافها. كذلك مع استمرار حركة الصخور عبر السطوح الخشنة تتراكم الجهود فيها، وتعاني الصخور من تشوّه مرّن، حيث ترجع الصخور إلى وضعها الأصلي عند إزالة الإجهاد عنها. عندما تتجاوز الجهود المتراكمة في الصخور حد المرونة، وهو الحد الذي تفقد فيه الصخور خاصية المرونة، فإنها تلتوي أو تتمدد، وتصبح في مرحلة التشوّه اللدن. وعندما تنكسر الصخور أو تنزلق عبر السطوح تنحرر الطاقة المختزنة منتجة الزلازل.

**أنواع الأمواج الزلزالية Types of seismic waves** تسمى الأمواج التي تنتشر في الأرض والناجمة عن الزلازل **الأمواج الزلزالية Seismic waves**. وينتج عن كل زلزال ثلاثة أنواع من الأمواج الزلزالية هي: الأولية والثانوية والسطحية.

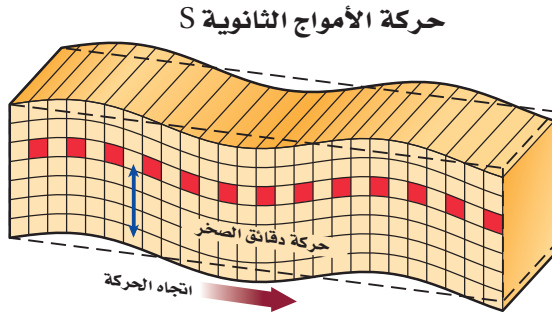
**الأمواج الأولية Primary waves** يطلق عليها أيضاً أمواج P. تعمل **الأمواج الأولية Primary Waves** على تضاعف الصخور وتخلخلها في نفس اتجاه حركتها، انظر الشكل 17-6. لاحظ من الشكل أن حجم الصخر المشار إليه بالمربعات الحمراء الصغيرة يتغير مع مرور الأمواج الأولية فيه. وتشبه الحركة التضاغية للأمواج الأولية الحركة التي تحدث على طول نابض رخو؛ إذ تنتقل الحركة الموجية على طولها في اتجاه مواز لاتجاه شدّه في البداية.



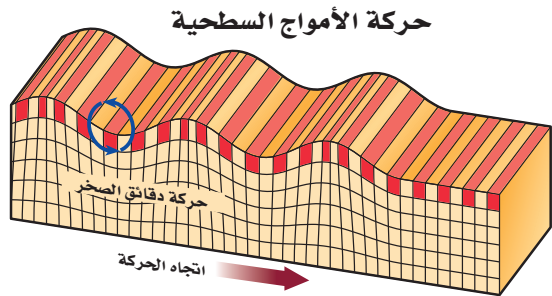




حركة الأمواج الأولية P



حركة الأمواج الثانوية S



حركة الأمواج السطحية

الشكل 17-6 تمتاز الأمواج الزلزالية بنوع الحركة التي تسببها للصخور التي تمر فيها؛ حيث تكون حركة جسيمات الصخر إلى الأمام وإلى الخلف وفي نفس اتجاه حركة أمواج P - بينما تكون حركة الأمواج S - عمودية على خط انتشار الموجة، وإلى أعلى وإلى أسفل، ومن جانب إلى آخر في الأمواج السطحية.

### الأمواج الثانوية Secondary waves يطلق

عليها أيضًا أمواج S. وسميت الأمواج الثانوية Secondary Waves لأنها أبطأ من الأمواج الأولية، وهي ثاني الأمواج الزلزالية وصولاً إلى محطة الرصد. وتُسبب الأمواج الثانوية في أثناء حركتها حركة جسيمات الصخر عمودياً على اتجاه حركتها، كما في الشكل 17-6، وتشبه الحركة الموجية في الحبل؛ حيث تنتقل عمودياً إلى أعلى وإلى أسفل من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر. وتسمى كل من الأمواج الأولية والثانوية الأمواج الجسمية Body waves؛ لأنها تنتقل داخل الأرض.

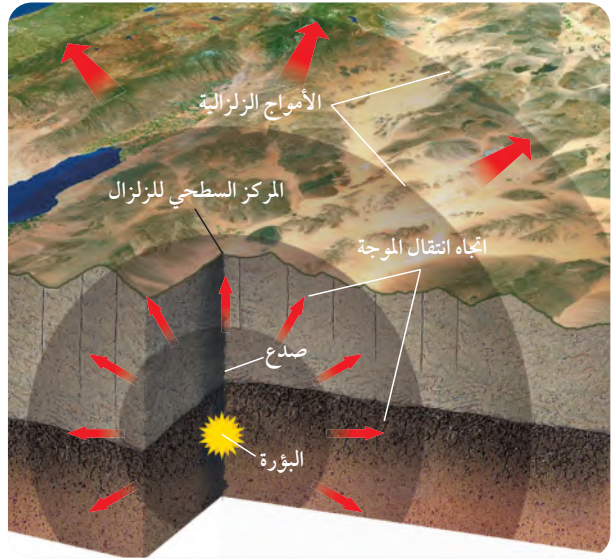
### الأمواج السطحية Surface waves تنتقل

الأمواج السطحية Surface waves على سطح الأرض فقط، وهي أبطأ الأمواج الزلزالية، لذلك فهي ثالث الأمواج وصولاً إلى محطة الرصد وتتسبب في حركة جسيمات سطح الأرض حركة جانبية إلى أعلى وإلى أسفل كحركة الأمواج البحرية، كما في الشكل 17-6. وتعد من أكثر الأمواج الزلزالية تدميراً؛ لأنها تسبب معظم أنواع الحركة، كما أنها تستغرق وقتاً أطول لتعبر الصخور.

### نشأة الأمواج الزلزالية Generations of seismic waves

تنشأ أولى الأمواج الزلزالية الجسمية في نقطة الكسر في صخور القشرة الأرضية، وتنتشر منها في جميع الاتجاهات، وتسمى هذه النقطة بؤرة الزلزال Focus، وتقع في معظم الأحيان على عمق يبلغ عدة كيلومترات أسفل سطح الأرض. أما النقطة التي تقع على سطح الأرض مباشرة فوق البؤرة فتسمى المركز السطحي للزلزال Epicenter الشكل 18-6، وتنشأ الأمواج الزلزالية السطحية عن المركز السطحي للزلزال، وتنتشر منها على سطح الأرض.

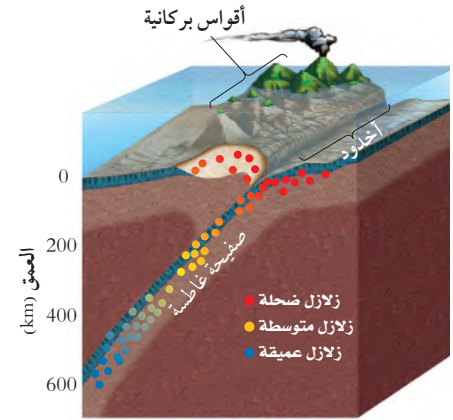




**الشكل 18-6** بؤرة الزلزال هي النقطة التي ابتدأ عندها تشكّل الكسر في الصدع. وتسمى النقطة التي تقع على سطح الأرض مباشرة فوق البؤرة المركز السطحي للزلزال.  
**استنتاج.** حدد النقطة التي يكون عندها الدمار الذي تسببه الأمواج السطحية أكبر ما يمكن.

وتنتقل الطاقة المنبعثة من بؤرة الزلزال في جميع الاتجاهات على هيئة موجات زلزالية. وتبلغ قوة الزلازل أكبر ما يمكن في بؤرة الزلزال، وكلما ابتعدنا عن البؤرة قلت قوة الموجات الزلزالية وخفت بسبب المقاومة التي تواجهها في أثناء مرورها في صخور القشرة الأرضية. وتصنف الزلازل بحسب عمق البؤرة، كما في الشكل 19-6، إلى ثلاثة أنواع: الزلازل الضحلة التي تنشأ على عمق أقل من 70 km، والزلازل المتوسطة التي تنشأ على عمق 70-300 km، والزلازل العميقة التي تنشأ على عمق 300-700 km.

ويوضح الشكل 19-6 العلاقة بين نطاق الطرح - الناتج عن غطس صفيحة أرضية أسفل صفيحة أخرى - وحدوث الزلازل. ولا تحدث الزلازل العميقة إلا في هذا النوع من الحدود. والمسؤول عن حدوث الزلازل في هذا النطاق - وبخاصة العميقة منها - هو الصفيحة الغاطسة الصلبة؛ حيث يسبب غطس الصفيحة إلى أسفل تراكم الجهود فيها، مما يؤدي إلى تكسرها وتحرير طاقة على شكل أمواج زلزالية ذات بؤر مختلفة الأعماق.



**الشكل 19-6** تصنف الزلازل بناء على عمق البؤرة إلى زلازل ضحلة ومتوسطة وعميقة. وتعد الزلازل الضحلة أكثرها تدميرًا.

### مقياس الزلزال ومخططه

## Seismometer and Seismogram

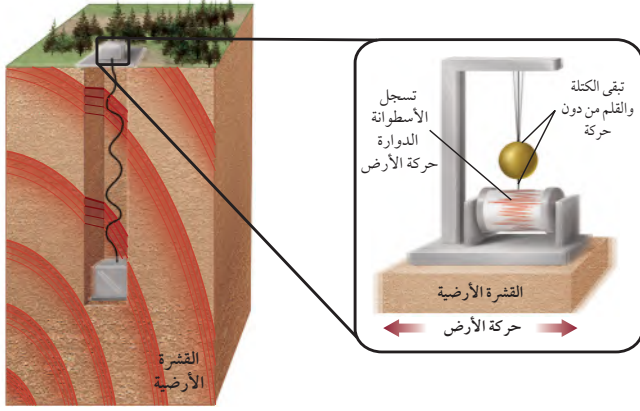
لا يمكن الإحساس بالاهتزازات الناجمة عن الأمواج الزلزالية على مسافات بعيدة جدًا عن المركز السطحي، ولكن يمكن اكتشافها عن طريق جهاز حساس يسمى مقياس الزلزال (السيزمومتر) **Seismometer**، انظر الشكل 20-6.

تتألف بعض أجهزة السيزمومتر من أسطوانة دوارة مغطاة بورق، وقلم أو أي أداة للتسجيل، وكتلة معلقة كالبندول. تختلف أجهزة السيزمومتر في تصميمها، ولكنها



**الشكل 20-6** أحد أجهزة مقياس الزلازل (السيزمومتر) الحديثة.

جميعاً تتضمن إطاراً مثبتاً في الأرض، وكتلة معلقة على نابض أو سلك، كما في الشكل 21-6.

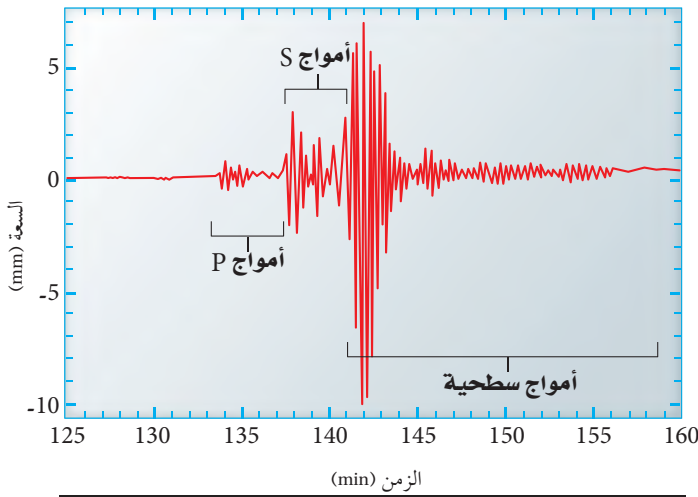


**الشكل 21-6** في الإطار جهاز سيزمومتر قديم مثبت في الأرض. عندما يحدث الزلزال يتحرك الإطار بينما تبقى الكتلة المعلقة وملحقاتها دون حركة، فيُسجل الكتلة والقلم الحركة النسبية للإطار. **قارن** ذلك بأجهزة الاستقبال والإرسال الحديثة.

عندما يحدث الزلزال تبقى الكتلة والقلم في أثناء حدوث الاهتزاز من دون حركة بسبب القصور الذاتي، فيتم تسجيل حركة الكتلة بالنسبة إلى الإطار على أداة للتسجيل كالورقة، أو تُسجل مباشرة على أقراص حاسوبية. ويسمى السجل الذي يتم الحصول عليه من السيزمومتر **مخطط الزلزال (السيزموجرام) seismogram**، ويوضح الشكل 22-6 جزءاً من السيزموجرام.

وتستخدم في الوقت الحاضر أجهزة حديثة لرصد الزلازل وتحليلها؛ حيث تستخدم الأقمار الاصطناعية في نقل البيانات من محطات الرصد الزلزالي إلى باقي المحطات في العالم. ويتم استخدام برمجيات حديثة في تحليل البيانات وتحديد مواقع الزلازل وقوتها ويستخدم الحاسب الآلي في تخزينها.

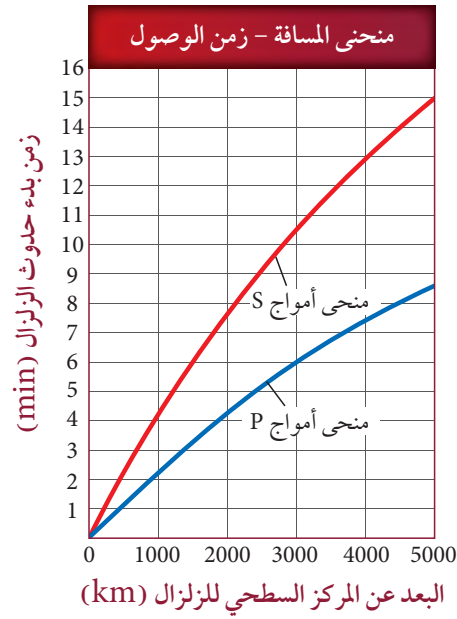
**ماذا قرات؟** لخص الفرق بين السيزمومتر والسيزموجرام.



**الشكل 22-6** يوفر السيزموجرام سجلاً للأمواج الزلزالية التي عبرت نقطة معينة.

**البعد عن المركز السطحي للزلزال Distance from the epicenter** لاحظ من الشكلين 22-6 و 23-6 أن أمواج P هي أول الأمواج الزلزالية وصولاً إلى محطات الرصد، ويليهما الأمواج الثانوية، وأخيراً الأمواج السطحية. يلاحظ أن الفرق الزمني بين منحنىي P و S في الشكل 23-6 يزداد كلما زاد البعد عن المركز السطحي للزلزال، أي أن فرق زمني الوصول بين أمواج P و S في السيزموجرام يكون أكبر في المحطات البعيدة عن المركز السطحي للزلزال مقارنة بالمحطات القريبة. ويُستعمل هذا الفرق الزمني في حساب بُعد المركز السطحي للزلزال عن محطة الرصد التي سجلت الزلزال.





**الشكل 23-6** تظهر منحنيات المسافة - زمن الوصول للأمواج الزلزالية أن الفترات الزمنية التي تستغرقها أمواج P و S للوصول إلى محطات رصد الزلازل مختلفة لاختلاف بُعد المحطات عن المركز السطحي للزلازل. **حدد** الفترة الزمنية التي تستغرقها أمواج P لزلزال يقع على بُعد 2000 km لتصل محطة الرصد. وما الفترة الزمنية التي تستغرقها أمواج S لقطع المسافة نفسها؟

## أدلة على بنية الأرض الداخلية

### Clues to Earth's Interior

لا تعمل الأمواج الزلزالية على اهتزاز سطح الأرض فقط وما تُحدثه من دمار، بل تنتقل أيضاً إلى داخلها، لذلك فهي توفر معلومات قيمة للعلماء تمكنهم من بناء نموذج عن بنية الأرض الداخلية.

**مكونات الأرض Earth's composition** يوضح الشكل 24-6 أن الأمواج الزلزالية يتغير مسارها وسرعتها عندما تواجه حدوداً فاصلة بين طبقتين مختلفتين في مكوناتها، وبذلك استطاع العلماء أن يحددوا سُمك طبقات الأرض ومكوناتها بمقارنة سرعة الأمواج الزلزالية مع القياسات التي حصلوا عليها في المختبرات لأنواع مختلفة من الصخور. وتوصلوا نتيجة لذلك إلى أن الستار العلوي يتكون من صخر البيرودوتيت (يتكون معظمه من معدن الأوليفين)، وأن اللب الخارجي يتكون معظمه من مصهور الحديد والنيكل، أما اللب الداخلي فهو في حالة صلبة ويتكون معظمه من الحديد والنيكل.

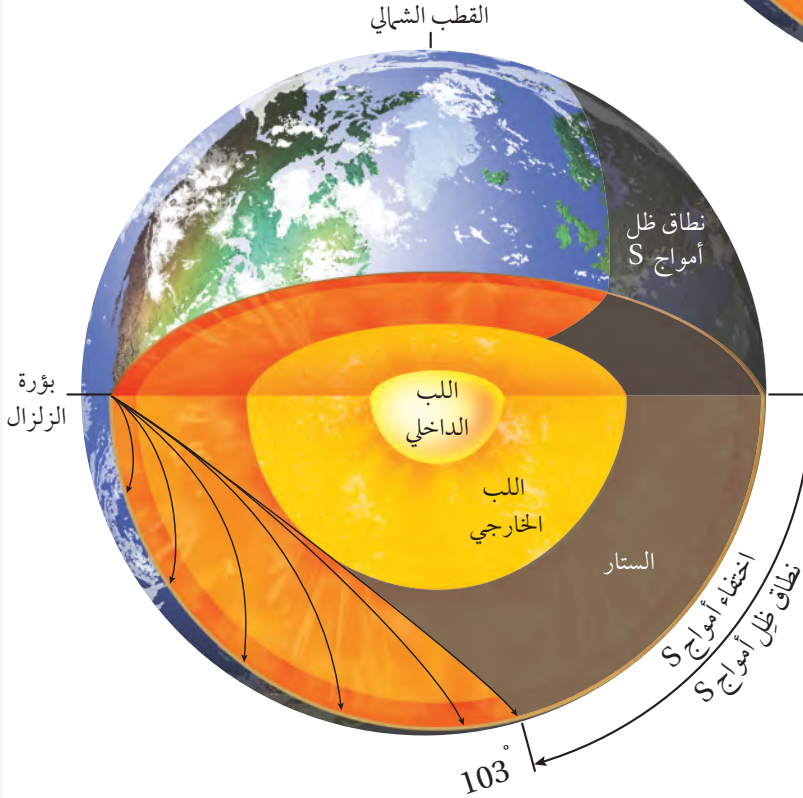
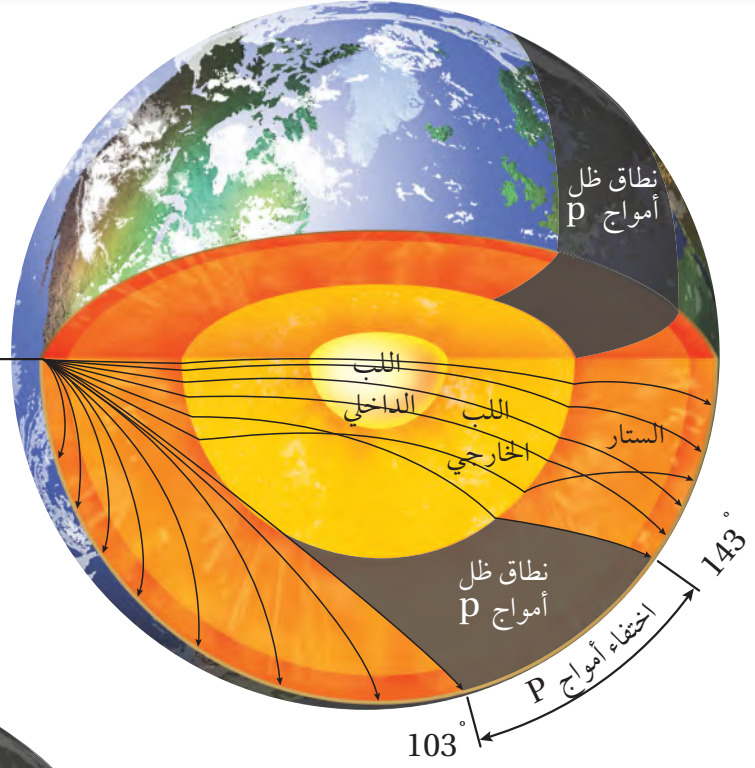
**بنية الأرض الداخلية Earth's internal structure** تتغير سرعة الأمواج الزلزالية واتجاهها عندما تواجه مواد مختلفة في باطن الأرض. لاحظ من الشكل 25-6 كيف تتبّع أمواج P و S في البداية مسارات مباشرة إلى حد ما في أثناء عبورها الستار، ولكنها تعاني من انكسار وانعكاس عندما تعبر الحدود الرئيسية بين طبقات الأرض. لذلك استطاع علماء الزلازل من خلال رصد زمن ومسافة الأمواج الزلزالية ومسار كل موجة وتمثيلها بيانياً في منحنيات المسافة - زمن الوصول، معرفة أن مكونات الأرض والكثافات تختلف من الداخل.



## الأمواج الزلزالية Seismic Waves

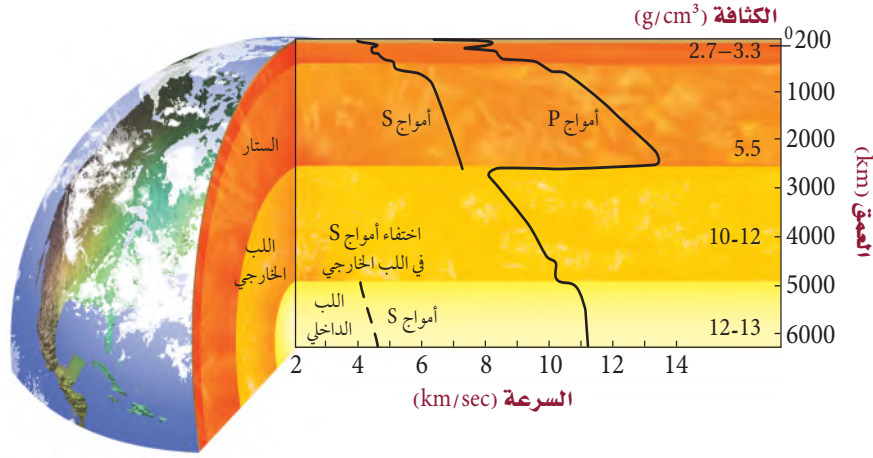
يؤدي انكسار أمواج P عند اللب الخارجي إلى تكوين نطاق ظل على سطح الأرض، بحيث لا تظهر أمواج P على المخطط الزلزالي (السيزموجرام) على بعد زاوي يتراوح بين  $103^{\circ}$  –  $143^{\circ}$  عن المركز السطحي للزلزال، بينما تظهر أمواج P على أجهزة السيزمومتر في الجانب المقابل للمركز السطحي للزلزال.

بؤرة الزلزال



لأن أمواج S لا تمر من خلال اللب الخارجي للأرض السائل، لذلك فإنها لا تظهر ضمن نطاق يسمى ظل أمواج S على بعد زاوي يتراوح بين  $103^{\circ}$  –  $180^{\circ}$  عن المركز السطحي للزلزال.

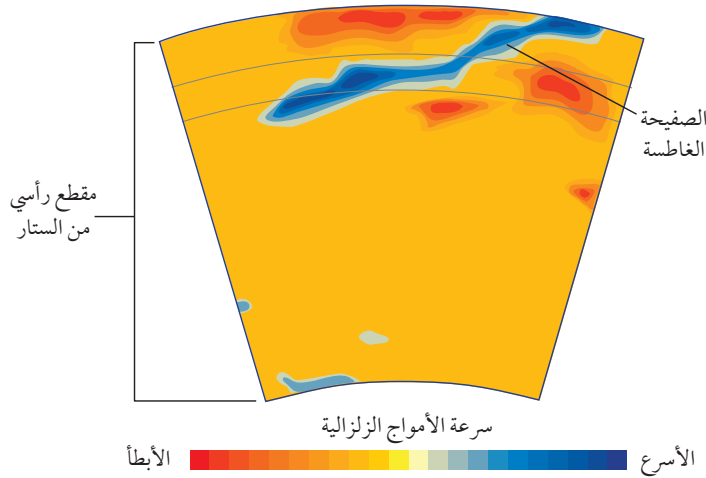
الشكل 24-6 يزودنا كل من زمن الوصول وسلوك الموجات الزلزالية بصورة تفصيلية لبنية الأرض الداخلية. كذلك تزودنا هذه الأمواج بأدلة على مكونات أجزاء الأرض المختلفة.



**الشكل 25-6** تختلف طبقات الأرض الداخلية في مكوناتها؛ وقد استطاع العلماء تحديد مكوناتها من خلال معرفة سلوك الأمواج الزلزالية عبر أنواع مختلفة من الصخور.

ماذا يحدث للأمواج S عندما تنشأ بفعل الزلازل؟ للإجابة عن هذا السؤال: أولاً، توصل علماء الزلازل إلى أن أمواج S لا تسير في الأوساط السائلة، ولاحظوا أنها لا تسير في مركز الأرض، مما جعلهم يكتشفون أن جزءاً من باطن الأرض يوجد في الحالة السائلة القليلة اللزوجة. وقد أيدت البيانات التي جمعت حول مسار الأمواج الزلزالية وزمن وصولها في باطن الأرض إلى أن لب الأرض الخارجي سائل ولبها الداخلي صلب.

**تصور باطن الأرض Imaging Earth's interior** تتأثر كل من سرعة الأمواج الزلزالية وكثافة الصخور بعوامل أخرى غير العمق، منها درجة الحرارة، يمكن الحصول على صور لبنية الأرض الداخلية تتضمن بعض التراكيب، ومنها الصفيحة الغاطسة التي تتضح في الشكل 26-6. ويمكن تشبيه هذه الصور بالصور الملتقطة بالأشعة السينية.



**الشكل 26-6** تم التقاط هذه الصورة في اليابان من خلال تتبع مسارات الأمواج الزلزالية في باطن الأرض؛ حيث تشير المناطق الحمراء إلى سرعات الأمواج الزلزالية الأبطأ من القيمة المتوسطة، وتشير المناطق الزرقاء إلى سرعات الأمواج الأسرع من القيمة المتوسطة. كذلك تمثل المنطقة الزرقاء في الصورة الصفيحة الغاطسة.



## التقويم 3-6

### الخلاصة

- أنواع الأمواج الزلزالية ثلاثة: أولية وثنائية وسطحية.
- مقياس الزلازل (السيزمومتر) جهاز يستقبل الأمواج الزلزالية، ويسجلها على مخطط الزلازل (السيزموجرام).
- استطاع العلماء أن يحددوا المركز السطحي للزلازل من الفرق الزمني بين زمني وصول كل من أمواج P وأمواج S.
- تتغير سرعة واتجاه كل من أمواج P وأمواج S عندما تواجه حدوداً فاصلة بين مواد مختلفة.
- يمكن الحصول على صورة مفصلة عن مكونات الأرض الداخلية من خلال تحليل الأمواج الزلزالية التي تعبر باطن الأرض.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. وضح كيف تستعمل كل من أمواج P وأمواج S في تحديد خواص لب الأرض؟
2. ارسم مخططاً لسيزمومتر يوضح كيف تُقاس اهتزازات الأرض وتسجل على السيزموجرام.
3. صف كيف يُستعمل منحني المسافة-زمن الوصول في دراسة الزلازل؟
4. ميز بين سرعة الأمواج الزلزالية في أثناء مرورها في المواد الباردة والمواد الساخنة.

### التفكير الناقد

5. اربط بين حركة الأمواج الزلزالية مع ملاحظات شخص يراقب كيفية انتقالها على سطح الأرض.
6. استنتج باستعمال الشكل 22-6 الذي يمثل مخططاً زلزالياً، فسر لماذا تعد الأمواج السطحية أكثر الأمواج الزلزالية تدميراً، على الرغم من أنها آخر الموجات وصولاً إلى محطات الرصد؟

### الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب مقالة حول الطرائق التي يعتمد عليها العلماء في معرفة مكونات الأرض الداخلية.





# 6-4

## الأهداف

- تقارن بين قوة الزلزال وشدته استناداً إلى المقاييس المختلفة.
- تفسر لماذا نحتاج إلى ثلاث محطات رصد لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال.
- تصف أحزمة زلازل الأرض.

## مراجعة المفردات

إسقاط البيانات: تعيين الموقع على الخريطة أو تمثيل البيانات بمخطط بياني.

## مفردات جديدة

مقياس رختر

قوة الزلزال

سعة الموجة الزلزالية

مقياس العزم الزلزالي

مقياس ميركالي المعدل

أحزمة الزلازل

## قياس الزلازل وتحديد أماكنها

## Measuring and Locating Earthquakes

**الفكرة الرئيسية** يقيس العلماء قوة الزلازل ويحددون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية.

**الربط مع الحياة** إذا تكلم شخص قريب منك فإنك تسمعه جيداً، ويضعف صوته كلما ابتعد عنك. وبالكيفية نفسها تضعف طاقة الأمواج الزلزالية كلما ابتعدت عن مصدر الزلزال.

## قوة الزلزال وشدته

## Earthquake Magnitude and intensity

يحدث سنوياً أكثر من مليون زلزال يمكن الإحساس به، ولكن لا يُذكر منها في وسائل الإعلام إلا الزلازل الكبيرة فقط. لقد طوّر العلماء طرائق عدّة لوصف قوة الزلزال.

**مقياس رختر Richter scale** ابتكر مقياس رختر **Richter scale** الجيولوجي تشارلز رختر Charles Richter، وهو مقياس عددي يقيس طاقة أكبر الأمواج الزلزالية المنبعثة من الزلزال، ويسمى مقدار الطاقة هذا **قوة الزلزال Magnitude**. وتقاس قوة الزلزال بإيجاد **سعة الموجة الزلزالية Amplitude**. وهي ارتفاع الموجة الزلزالية الأكبر، حيث تشير كل درجة على مقياس رختر إلى زيادة في سعة الزلزال قدرها 10 أضعاف الدرجة التي قبلها، فمثلاً، سعة الأمواج الزلزالية لزلزال قوته 8 بحسب مقياس رختر أكبر عشر مرات، من سعة الأمواج الزلزالية لزلزال قوته 7. لكن الفرق في كمية الطاقة الصادرة عن الزلازل أكبر كثيراً من الفرق في سعة الأمواج الزلزالية؛ فالطاقة الزلزالية الصادرة عن زلزال عند درجة ما أكبر 32 ضعفاً من الطاقة الصادرة عن الدرجة التي تسبقها، لذا فطاقة الزلزال الذي قوته 8 أكبر 32 مرة من طاقة زلزال قوته 7. ويوضح الشكل 27-6 دماراً سببه زلزال قوته 7.6 درجة على مقياس رختر.



**الشكل 27-6** دمار ناجم عن زلزال قوته 7.6 درجة على مقياس رختر، وهو زلزال قوي ضرب الباكستان في شهر يناير من عام 2005 م.



الشكل 28-6 يمكن أن يقيس مقياس ميركالي الأضرار التي يحدثها الزلزال، كالتي في الشكل، وهو زلزال قوي قادر على إيقاع المواد الموجودة على الرفوف.

**مقياس العزم الزلزالي Moment magnitude scale** رغم أن مقياس رختر يُستعمل لوصف قوة الزلازل، إلا أن معظم العلماء يستعملون مقياس العزم الزلزالي **Moment magnitude scale**، وهو مقياس رقمي يشير إلى الطاقة المتحررة من الزلزال، مأخوذاً في الاعتبار حجم الجزء المتمزق من الصدع، ومقدار الحركة على طول الصدع، وقساوة الصخر.

**مقياس ميركالي المعدل Modified Mercalli scale** هناك طريقة أخرى لوصف حجم الزلازل تعتمد على مقدار الضرر الذي تحدثه، ومدى إحساس الناس بها ولا يعبر عن قوة الزلزال، ويسمى هذا المقياس شدة الزلزال، ويتم تحديده باستعمال مقياس ميركالي المعدل **Modified Mercalli scale**. وتقسم شدة الزلازل بحسب هذا المقياس إلى 12 درجة؛ باستعمال الأرقام الرومانية للدلالة على درجة شدة الزلزال؛ حيث تصف كل درجة آثاراً معينة، وكلما زادت الدرجة كانت الأضرار الناجمة عن الزلزال أسوأ. ويبين الجدول 2-6 مقياس ميركالي المعدل. ويمكنك استعمال المعلومات الواردة في هذا الجدول لتقدير شدة الزلازل الذي في الشكل 28-6.

الجدول 2-6	مقياس ميركالي المعدل
I	لا يمكن الإحساس به إلا تحت ظروف غير عادية.
II	يشعر به عدد قليل من الأشخاص، يمكن أن تهتز بعض الأجسام المعلقة.
III	يشعر به الناس داخل البيوت، ينتج عنه اهتزازات كالتج من حركة شاحنة ضخمة قريبة.
IV	يشعر به كثير من الناس داخل البيوت وقليل من خارجها، ويهتز زجاج النوافذ والأواني والسيارات الواقفة بصورة ملحوظة.
V	يشعر به معظم الناس، يتكسر بعض الزجاج والأواني.
VI	يشعر به جميع الناس، يتحرك الأثاث، قد تتضرر بعض المآذن.
VII	يهرب جميع الناس من المباني، وقد تتضرر المباني الضعيفة بصورة كبيرة ولكن المباني القوية قد تصاب بأضرار خفيفة.
VIII	تسقط المآذن، ينقلب الأثاث الثقيل داخل البيوت، قد تهدم المباني العادية بصورة جزئية.
IX	تدمير عام للمباني، تتحرك المباني عن أساساتها، تتشقق الأرض، تتكسر أنابيب المياه.
X	تدمير معظم المباني العادية، والطرق المعبدة، تحدث انزلاقات أرضية، تحني السكك الحديدية والأسوار.
XI	قلة من المباني تبقى قائمة، تهدم الجسور، تنقطع السكك الحديدية والأسوار، وتشكل شقوق كبيرة في الأرض.
XII	دمار شامل، تقذف الأجسام في الهواء.



**شدة الزلزال Earthquake intensity** تعتمد شدة الزلزال بصورة رئيسة على سعة الأمواج الزلزالية السطحية. ويضعف حجم الأمواج السطحية مثل الأمواج الأولية والثانوية كلما زاد البعد عن بؤرة الزلزال، وتقل شدة الزلزال كلما زاد البعد عن المركز السطحي للزلزال. إن أعلى شدة للزلزال نجدها بالقرب من المركز السطحي، وتقل قيم ميركالي إلى الدرجة I على مسافات بعيدة عن المركز السطحي.

إنَّ كلاً من شدة الزلزال وقوته يُعبّران عن حجم الأمواج الزلزالية الناجمة عن الزلزال، وإن شدة الزلزال تعتمد على سعة الأمواج الزلزالية والبعد عن المركز السطحي للزلزال، كذلك تعتمد شدة الزلزال على عمق بؤرة الزلزال. فالزلازل القوية التي تسبب الكوارث هي في الغالب زلازل ضحلة.

ينتج عن الزلازل العميقة اهتزازات أصغر من تلك التي تنتجها الزلازل الضحلة عادة، على سبيل المثال، يمكن لزلزال ضحل ومتوسط قوته 6 درجات على مقياس ريختر، أن يولد شدة زلزالية قصوى أعلى من تلك التي ينتجها زلزال عميق قوته 8 درجات على مقياس ريختر. ولأن مقياس ميركالي المعدل يعتمد على شدة الزلزال بدلاً من طاقته، لذلك فهو أفضل لقياس تأثير الزلزال على الناس.

## تحديد موقع الزلزال Locating an Earthquake

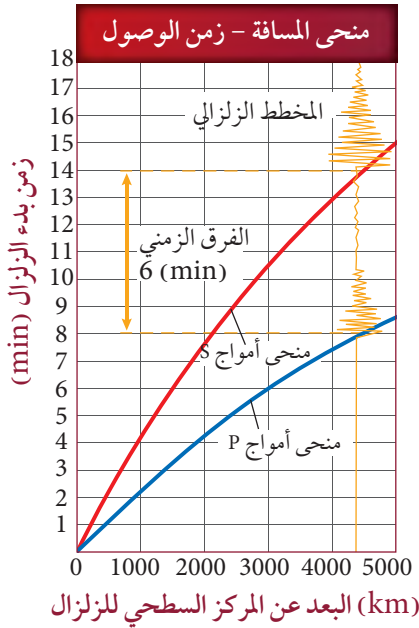
إن موقع المركز السطحي للزلزال ووقت حدوثه يكونان، في البداية، غير معروفين، ولكن يمكن تحديدهما باستعمال المخطط الزلزالي (السيزموجرام) ومنحنيات المسافة - زمن الوصول.

**بُعد الزلزال Distance to an earthquake** كما أن الشخص الذي يقود دراجة يصل قبل الشخص الذي يمشي، فإن أمواج P تصل محطات الرصد قبل أمواج S. ولو أخذنا بعين الاعتبار أثر المسافة المقطوعة على زمن وصول كل من الموجتين فإن الفرق الزمني بين وصوليهما سيزداد بزيادة المسافة المقطوعة. يوضح الشكل 29-6 منحنى المسافة-زمن الوصول؛ حيث يُسجل السيزموجرام الزمن المستغرق بين وصول أول أمواج P وأول أمواج S، ويستطيع علماء الزلازل معرفة بُعد المركز السطحي للزلزال بقياس الفرق بين زمني وصول الموجتين في المخطط الزلزالي (السيزموجرام)، ثم تحديد الفرق الزمني نفسه على منحنى المسافة - زمن الوصول، ومن ثم استخراج بُعد الزلزال.

ويوضح الشكل 29-6 أن الفرق الزمني يساوي 6 دقائق، لذا فإن المسافة بين المركز السطحي للزلزال ومحطة رصد الزلازل تساوي 4300 km بحسب منحنى المسافة - زمن الوصول؛ حيث يتضح من المنحنى أن أمواج P استغرقت 8 دقائق حتى وصلت محطة الرصد، بينما أمواج S استغرقت 14 دقيقة، فكلما زاد بُعد الزلزال زاد الفرق الزمني بين وصول أمواج P وأمواج S.

✓ **ماذا قرأت؟ طبق** إذا علمت أن الفرق الزمني بين وصول أمواج P وأمواج S دقيقتان، فما بُعد المركز السطحي للزلزال عن موقع محطة الزلزال؟





الشكل 29-6 يبين منحنى المسافة-زمن الوصول لهذا بيانات زلزالية لزلزال ما.



الشكل 30-6 لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال يحدد العلماء مواقع محطات الرصد على خريطة، ويرسمون حول كل محطة دائرة مركزها المحطة ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة، وتتقاطع الدوائر جميعها في نقطة تمثل المركز السطحي للزلزال.

حدد من الشكل المرفق موقع المركز السطحي للزلزال.

يحلل علماء الزلازل بيانات مخططات زلزالية عديدة لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال، فبحساب المسافة بين المركز السطحي للزلزال وبين محطة الرصد يحدد العلماء بُعد المركز السطحي بدقة، ولكن هذا لا يُحدد الاتجاه الذي يقع المركز السطحي فيه بالنسبة إلى محطة الرصد. ويمكن التعبير عن ذلك بدائرة مركزها محطة الرصد ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة. ولو مثلنا بُعد المركز عن محطة أخرى بدائرة ثانية، فسوف تتقاطع الدائرتان في نقطتين، ولا نعرف أيهما يقع المركز السطحي فيه. ولو مثلنا بُعد محطة ثالثة بدائرة ثالثة، فعندئذ تتقاطع الدوائر الثلاث في نقطة، وتمثل هذه النقطة المركز السطحي، انظر الشكل 30-6.

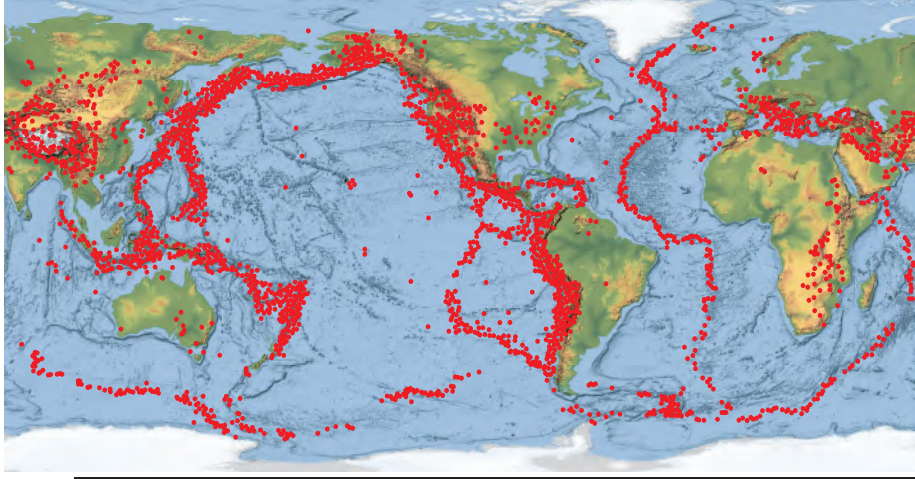
**زمن حدوث الزلزال Time of an earthquake** يوفر الفرق الزمني بين وصول الأمواج الزلزالية في السيزموجرام معلومات حول بُعد المركز السطحي، كما يستعمل علماء الزلازل السيزموجرام في معرفة زمن حدوث الزلزال في البؤرة بدقة. ويتم تحديد الزمن باستعمال جدول، كما هو الحال في منحنى المسافة-زمن الوصول في الشكل 23-6. تسجل محطات الرصد في السيزموجرام زمن وصول أمواج P وأمواج S بدقة متناهية، ويستطيع العلماء قراءة الزمن الذي استغرقت أمواج P و S من المركز السطحي إلى محطة الرصد باستعمال رسوم بيانية كالتي في الشكل 23-6. فعلى سبيل المثال، افترض أن السيزموجرام سجل زمن وصول أمواج P في تمام الساعة 10:00 صباحاً باستعمال منحنى المسافة-زمن الوصول، ويمكن استخراج قيمة المسافة التي قطعها أمواج P في 8 دقائق، وهي 4500 km، فهذا يعني أن الزلزال قد حدث عند البؤرة في الساعة 09:52 صباحاً.

✓ **ماذا قرأت؟ اعمل قائمة بالمعلومات التي يتضمنها المخطط الزلزالي (السيزموجرام).**

## الأحزمة الزلزالية Seismic Belts

جمع علماء الزلازل على مر السنين مواقع المراكز السطحية للعديد من الزلازل، وأسقطوها على خريطة العالم. يُلاحظ من التوزيع العالمي لمواقع المراكز السطحية أنها تتوزع بنمط جدير بالاهتمام؛ أي أنها لا تتوزع بصورة عشوائية؛ بل تحدث معظم الزلازل على طول أحزمة ضيقة تفصل بين مناطق كبيرة لا نشاط زلزالي فيها أو يحدث فيها قليل من الزلازل سميت **أحزمة الزلازل seismic belts**.

## مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم



الشكل 31-6 لاحظ النمط الذي تظهر به مواقع المراكز السطحية للزلازل على خريطة العالم.

حدد اعتماداً على الخريطة هل تعيش بالقرب من مركز سطحي للزلازل؟

يُلاحظ من الشكل 31-6 أن الزلازل تحدث في أحزمة ضيقة، وتنطبق معظم الزلازل مع حدود الصفائح الأرضية. هناك 80 % من زلازل الأرض ضمن حزام المحيط الهادي، و 15% ضمن حزام البحر الأبيض المتوسط، وهذان الحزامان هما نطاقاً طرْح؛ حيث تلتقي صفيحتان معاً، وتغوص إحداهما تحت الأخرى. أما ما تبقى من الزلازل فيحدث معظمه في أحزمة ضيقة تقع على طول قمم ظهور المحيطات؛ حيث تبعد الصفائح الأرضية بعضها عن بعض.

## مختبر تحليل البيانات

### تفسير البيانات

### البيانات والملاحظات

م محطة الرصد	زمن وصول P أمواج	زمن وصول S أمواج	الفرق الزمني (دقائق)	بُعد المركز السطحي (km)
بيشة (BISH)	8:39:02	8:44:02		
عقلة الصقور (UQSK)	8:35:22	8:37:57		
عفيف (AFIF)	8:35:38	8:38:17		

### التفكير الناقد

6. وضح لماذا تحتاج إلى إيجاد الفرق الزمني بين وصول كل من أمواج P وأمواج S لكل محطة.
7. حدد مصادر الخطأ عند تحديد المركز السطحي للزلازل.
8. فسر لماذا يعد زيادة محطات الرصد الزلزالي المأخوذ منها البيانات أكثر فائدة في تحديد موقع المركز السطحي للزلازل.

### كيف يمكنك أن تحدد موقع المركز السطحي للزلازل؟

لكي تحدد موقع المركز السطحي للزلازل بدقة، عليك أن تحلل بيانات أمواج P وأمواج S التي سُجلت في محطة رصد زلزالية.

### تحليل

1. احصل على خريطة للمملكة العربية السعودية من معلمك، وعيّن مواقع محطات الرصد الزلزالي في الجدول عليها. يمكن الاستعانة بتوزيع محطات الرصد الزلزالية في المملكة العربية السعودية في مرجعيات الطالب.
2. احسب الفرق الزمني بطرح زمن وصول أمواج P من زمن وصول أمواج S، وسجلها في الجدول.
3. أوجد بُعد المركز السطحي للزلازل عن كل محطة رصد باستعمال الفرق بين أزمنة الوصول ومنحنى المسافة -زمن الوصول (الشكل 25-6) وسجلها في الجدول.
4. ارسم دائرة حول كل محطة، نصف قطرها يساوي المسافة بين المركز السطحي والمحطة.
5. حدد المركز السطحي للزلازل.



## التقويم 4-6

### الخلاصة

- قوة الزلزال هي مقياس للطاقة التي تتحرر في أثناء حدوث الزلزال، ويمكن قياسها بمقياس ريختر.
- شدة الزلزال هي مقياس للدمار الذي يُحدثه الزلزال.
- لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال نحتاج على الأقل إلى ثلاث محطات رصد للزلزال.
- تحدث معظم الزلازل في أحزمة ضيقة تسمى أحزمة الزلازل؛ حيث تنطبق مع حدود الصفائح.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. لخص الطرائق التي يستعمل فيها العلماء الأمواج الزلزالية لقياس الزلازل وتحديد موقعها.
2. قارن بين قوة الزلزال وشدته، وكذلك بين المقياسين المستخدمين لقياسيهما.
3. فسر لماذا نحتاج إلى ثلاث محطات رصد على الأقل لتحديد موقع الزلزال؟
4. صف كيف يمكن مقارنة حدود الصفائح الأرضية بموقع معظم الزلازل على خريطة العالم، كما في الشكل 31-6

### التفكير الناقد

5. كوّن جملة تفسر لماذا يمكن أن يُسبب زلزال قوته 6 دمارًا أكثر مما يُسببه زلزال قوته 8.

### الرياضيات في الجيولوجيا

6. احسب كم تزيد الطاقة الزلزالية الصادرة عن زلزال قوته 9 على الطاقة الزلزالية الصادرة من زلزال قوته 7؟





# 6-5

## الأهداف

- تناقش العوامل التي تؤثر في حجم الدمار الذي يحدثه الزلزال.
- توضح بعض العوامل التي تؤخذ في الاعتبار في دراسات احتمالية وقوع الزلازل.
- تتعرف كيف تتأثر المنشآت المختلفة بالزلازل.

## مراجعة المفردات

العمليات التكتونية: قوى في باطن الأرض تؤثر في القشرة الأرضية وتؤدي إلى حركتها وارتفاعها وتشوهها.

## مفردات جديدة

- تسييل التربة
- تسونامي
- فجوة زلزالية
- تراكم الجهد

## الزلازل والمجتمع

## Earthquakes and Society

**الفكرة الرئيسية** يمكن معرفة احتمال حدوث الزلزال من خلال دراسة تاريخ المنطقة زلزالياً، ومعرفة أين وكيف تتراكم الإجهادات بسرعة.

**الربط مع الحياة** إذا كانت مدينتك تشهد سقوط أمطار في شهر مارس بمعدل 11 يوماً من كل عام، فكيف يمكنك أن تتوقع الطقس في مدينتك في شهر مارس بعد 10 سنوات من الآن. قد تقدر فرصة حدوث سقوط المطر بنسبة 11/31. وبالكيفية نفسها تستطيع أن تتوقع احتمالية حدوث الزلازل عن طريق التاريخ الزلزالي للمنطقة.

## الخطر الزلزالي Earthquake Hazards

من المعروف أن الزلازل تحدث على حدود الصفائح بصورة متكررة، وتسبب أضراراً في الممتلكات والأرواح في المناطق التي تصيبها. ويمكن لزلزال قوته 5 أن يسبب كارثة في منطقة وأضراراً قليلة في منطقة أخرى؛ إذ تعتمد حدة الأضرار الناجمة عن الزلزال على مجموعة من العوامل، تسمى هذه العوامل مخاطر الزلازل. ومن الأمثلة على هذه العوامل تصميم المباني؛ إذ تتضرر المباني سيئة التصميم بالزلازل أكثر من غيرها؛ فالمبنى المصنوع من الخرسانة وأساساته غير مدعومة قد يتضرر أكثر من المبنى المصنوع من الخشب، انظر الشكل 32-6؛ لأن الخرسانة مادة هشة قليلة المرونة بينما الهياكل الخشبية أكثر مرونة.



الشكل 32-6 المباني الخرسانية (الأسمنتية) هشة غالباً، ويمكن أن تتلف بسهولة إذا وقع زلزال؛ فالمبنى

الظاهر في الصورة أزيح من فوق أساسه عندما حدث الزلزال، وتم إسناده بعمود من الخشب. وزارة التعليم

الشكل 33-6 يوضح الشكل أحد أنواع الدمار الناجمة عن الزلازل، حيث تتسبب الاهتزازات في انهيار الجدران الداعمة للمبنى وسقوط الطوابق العليا واحدة فوق الأخرى، فتظهر الطوابق مترصة بعضها فوق بعض.



**انهيار المنشآت Structural failure** يحدث في كثير من المناطق المعرضة للزلازل انهيار للمباني عندما تهتز الأرض من تحتها؛ وفي بعض الحالات، قد تنهار الجدران الداعمة في الطابق الأرضي فتتسبب في انهيار الطوابق العليا، وسقوطها فوق الطوابق السفلية، فيتشكل حطام يشبه مجموعة من الألواح، لذا تسمى هذه العملية تراصّ الألواح ويوضح الشكل 33-6 دماراً أساسياً ناتجاً عن هذا النوع من انهيار المنشآت، والذي وقع في جمهورية هايتي، في عام ٢٠١٠م كذلك حدث زلزال مدمر بتاريخ (6/2/2023م) في الجنوب الشرقي من تركيا على امتداد صدع الأناضول بقوة (7.8) على مقياس ريختر، وذلك بسبب اصطدام الصفيفة العربية بالصفيفة الأوراسية؛ مما أدى الى حدوث دمار كبير في المنشآت، وخسائر في الأرواح؛ حيث قدر عدد المتوفين في الزلزال الى أكثر من 55000 متوفى، وأعداد كبيرة من الجرحى، ووصل تأثير هذا الزلزال إلى عدد من الدول؛ مثل سوريا، العراق، الأردن، ولبنان ومصر.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح كيف يتشكل «تراصّ الألواح» عند حدوث زلزال؟

هناك نوع آخر من انهيار المنشآت يتعلق بارتفاع المباني. حيث تدمر معظم المباني التي يتراوح ارتفاعها بين 5 إلى 15 طابقاً تدميرًا تامًا، كما في الشكل 34-6.



الشكل 34-6 تدمرت المباني المتوسطة الارتفاع في أثناء حدوث الزلزال؛ لأن تردد اهتزازات هذه المباني يساوي تردد اهتزازات الأمواج الزلزالية.







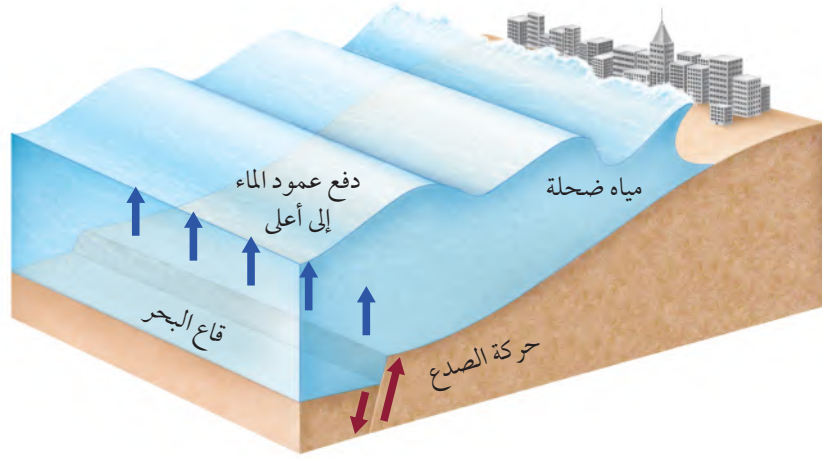
**الشكل 35-6** يحدث تسييل في التربة الضعيفة التماسك عندما تنتشر اهتزازات زلزالية فيها، فتسلك سلوك الرمال المتحركة.

**انهيار اليابسة والتربة Land and soil failure** بالإضافة إلى تأثير الزلازل في المنشآت التي شيدها الإنسان، يمكن للزلازل أن تشوه المناظر الطبيعية في الأرض. ففي المناطق المنحدرة، يمكن أن تؤدي الزلازل إلى انهيارات أرضية ضخمة. وقد تسبب الانهيارات الأرضية الناجمة عن الزلازل دفن العديد من القرى والبلدات الصغيرة؛ فالاهتزازات الزلزالية تجعل المناطق الرملية المشبعة بالماء، تسلك سلوك السائل عندما تسير فيها. تسمى هذه الظاهرة **تسييل التربة Soil liquefaction**. ويمكن أن تولد الاهتزازات الزلزالية انهيارات أرضية حتى في المناطق قليلة الانحدار، كما يمكن أن تتسبب في سقوط الأشجار والمنازل أو غوصها في الأرض، ورفع الأنابيب والخزانات الموجودة تحت الأرض لتصبح فوق السطح. ويبين الشكل 35-6 مباني مائلة بسبب تسييل التربة تحتها في أثناء الزلزال.

**✓ ماذا قرأت؟ لخص** كيف يمكن لمادة الأرض الصلبة أن تكتسب خصائص المادة السائلة؟

بالإضافة إلى مخاطر الانزلاقات الأرضية، فإن نوع المادة المكونة لسطح الأرض أثر في شدة الزلزال في المنطقة؛ إذ تتضخم الموجات الزلزالية في بعض المواد الطرية، ومنها الرواسب المفككة، بينما تخفت في الصخور الأكثر صلابة، ومنها الجرانيت.





الشكل 36-6 يتكون التسونامي عندما يسبب الصدع تحت الماء إزاحة عمود الماء فوق قاع المحيط إلى أعلى.

### تسونامي Tsunami نوع آخر من مخاطر الزلازل. وتسونامي Tsunami

موجة محيطية كبيرة تتولد بفعل حركات رأسية لقاع البحر في أثناء حدوث زلزال، وتسبب هذه الحركة إزاحة المياه الواقعة فوق منطقة الصدع المسبب للزلزال إلى أعلى، فينتج عنها قمم ومنخفضات على سطح الماء، كما في الشكل 36-6، حيث تكون هذه الأمواج في البداية في صورة موجة طويلة جداً ارتفاعها أقل من 1 m، ولكن عندما تنتشر هذه الأمواج من المركز السطحي للزلزال في المحيطات المفتوحة وتدخل المياه الضحلة يقل طولها ويزداد ارتفاعها، وربما يتجاوز ارتفاعها عند الشاطئ 30 m. ويشكل الارتفاع الكبير للأمواج التسونامي وسرعتها التي تتراوح بين 800 و 500 km/h خطورة تهدد المناطق الساحلية بالقرب من المركز السطحي للزلزال أو بعيداً عنه. وتسونامي اليابان في 11 مارس عام 2011م نتج عن زلزال قوته 8.9 في

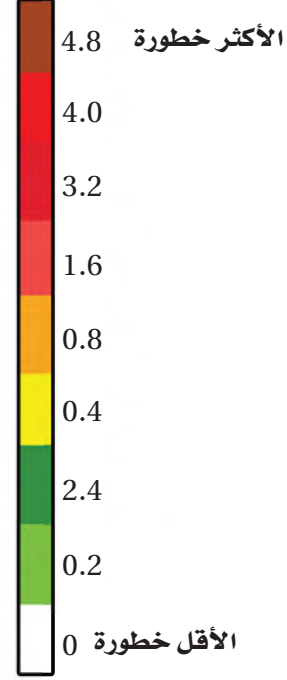
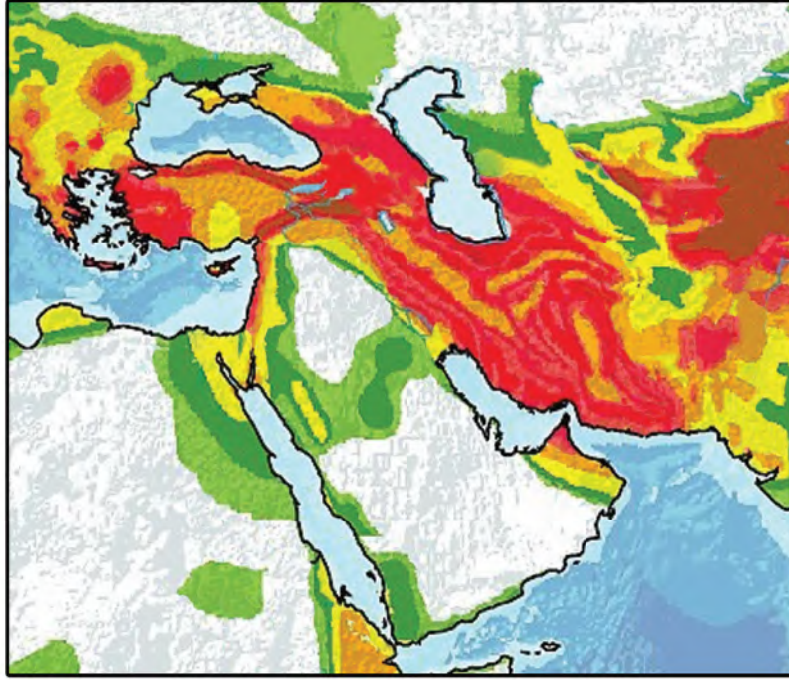
المحيط الهادي يقع على بُعد 400 km شمال شرق مدينة طوكيو؛ حيث انتقل عبر المحيط الهادي وضرب سواحل اليابان بارتفاع

10 m، وتجاوز عدد الوفيات من جراء كارثة التسونامي هذه 20,000 شخص، مما جعلها واحدة من أكبر الكوارث الطبيعية تدميراً في العصر الحالي. ويوضح الشكل 37-6 أثر ذلك الحدث الكارثي. ومن الآثار السلبية لتسونامي - بالإضافة إلى تدمير المباني والمنشآت - تلويث المياه السطحية كالأنهار والبحيرات وآبار المياه العذبة، كذلك قد تعمل على تقليل مستوى المياه الجوفية وجفاف الآبار.



الشكل 37-6 لم يقتصر الدمار الناتج عن تسونامي اليابان في 11 مارس شرق مدينة طوكيو، على الشواطئ، بل تجاوز ذلك إلى المناطق الداخلية، وأضر عن وفاة ما لا يقل عن 20,000 شخص.





## توقع الزلازل Earthquake Forecasting

للحد من الأضرار والوفيات الناجمة عن الزلازل يبحث العلماء عن طرائق لتوقع حدوث الزلازل. ولا يوجد حالياً أي طريقة يمكن الاعتماد عليها تماماً لتوقع وقت حدوث الزلزال القادم ومكانه. وبدلاً من ذلك يعتمد التوقع على حساب احتمال وقوع الزلزال، الذي يعتمد على عاملين، هما تاريخ الزلازل في المنطقة، ومعدل تراكم الجهود في صخورها.

✓ **ماذا قرأت؟** اذكر طريقتين يستعملهما علماء الزلازل لتحديد احتمال حدوث زلزال في منطقة ما.

**الخطر الزلزالي Seismic risk** تذكر أن معظم الزلازل توجد في أنطقة طويلة وضيقة تسمى الأحزمة الزلزالية. لذا فإن احتمال وقوع زلازل في المستقبل يكون أكبر كثيراً في هذه الأحزمة من أي مكان آخر على وجه الأرض. ويعد نمط الزلازل التاريخية مؤشراً موثقاً فيه لتوقع حدوث الزلازل في المستقبل في منطقة معينة؛ حيث تستعمل السيزمومترات لتحديد تكرار الزلازل الكبيرة. ويمكن استعمال تاريخ النشاط الزلزالي للمنطقة لإعداد خرائط الخطر الزلزالي. تشهد كثير من الدول - ومنها اليابان وتركيا وإيران - خطراً زلزالياً مرتفعاً نسبياً. وقد عانت هذه المناطق من بعض الزلازل القوية في الماضي، وربما ستشهد نشاطاً زلزالياً كبيراً في المستقبل. ويوضح الشكل 38-6 الخطر الزلزالي لشبه الجزيرة العربية وما حولها؛ حيث تزداد الخطورة الزلزالية في الدول الواقعة إلى الشمال والشمال الشرقي من شبه الجزيرة العربية.



الشكل 38-6 تشمل مناطق الخطر الزلزالي الكبير مناطق عدة، منها اليابان وتركيا وإيران.

**حدد** موقع المناطق ذات الخطر الزلزالي الأكبر على الخريطة، ثم حدد منطقتك على الخريطة مبيناً الخطر الزلزالي فيها.





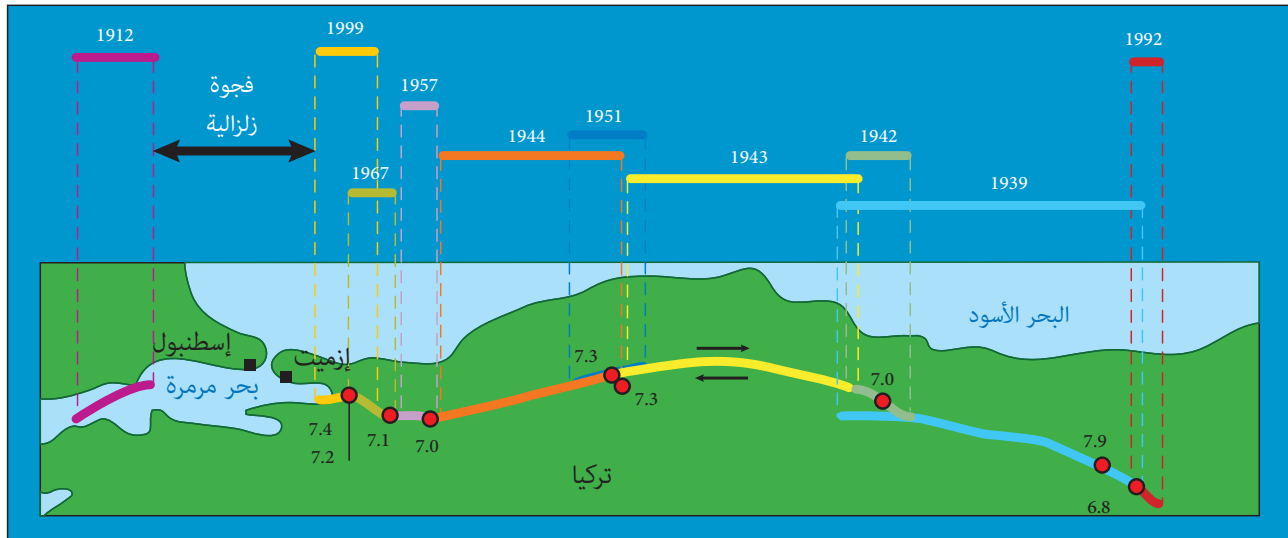


**الشكل 39-6** استعملت هذه المنصة لحفر بئر بعمق 2.3 km في المنطقة. وبعد الانتهاء من حفر البئر، تم توصيلها بالأجهزة لتسجيل البيانات في أثناء الهزات الكبرى والصغرى. ويهدف هذا المشروع إلى فهم آلية حدوث الزلازل، وسبب حدوثها. وتساعد هذه المعلومات العلماء على توقع متى تحدث الزلازل.

**معدلات التكرار Recurrence rate** يمكن أن تشير معدلات تكرار الزلازل التي تحدث على طول الصدع إلى ما إذا كان الصدع يولد زلازل مماثلة على فترات منتظمة أم لا. فلو أخذنا على سبيل المثال معدلات تكرار الزلازل على طول صدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية فسنجد أن سلسلة من الزلازل بقوة 6 تقريباً على مقياس رختر قد ضربت المنطقة في كل 22 عامًا من 1857 م حتى عام 1966 م. ففي عام 1987 م توقع علماء الزلازل تعرض المنطقة إلى زلزال قوي خلال العقود القادمة بنسبة احتمال تبلغ 90%. وقد استعملت أنواع مختلفة من الأجهزة وكذلك الحفر، انظر الشكل 39-6، لقياس الزلازل في حالة وقوعها. وفي سبتمبر 2004 م، وقع زلزال قوته 6 على مقياس رختر. وقد جمعت بيانات هائلة عن هذا الزلزال قبل وبعد وقوعه، ووجد أن هذه المعلومات التي تم الحصول عليها ذات قيمة في توقع حدوث الزلازل المتكررة في المستقبل والاستعداد لها في جميع أنحاء العالم.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** أهمية دراسة معدلات تكرار الزلازل.

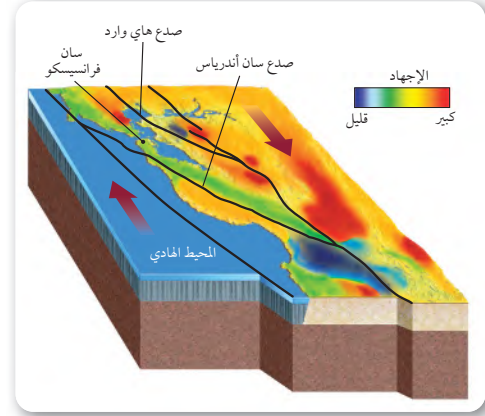
**الفجوات الزلزالية Seismic gaps** يعتمد توقع احتمال وقوع الزلزال أيضًا على موقع الفجوات الزلزالية **Seismic gaps** وهي أجزاء نشطة تقع على امتداد صدع، لم تتعرض لزلزال كبير في فترة طويلة من الزمن. وبين الشكل 40-6 خريطة الفجوات الزلزالية الصدع يعبر شمال تركيا، حيث التاريخ الطويل للزلازل التي تقع على طول الصدع الكبير الموضح أدناه.



**الشكل 40-6** وقع زلزالان عامي 1912 م و 1999 م على جانبي مدينة إسطنبول التي يبلغ عدد سكانها 18 مليون نسمة، حيث تركت الزلازل حول المدينة فجوة زلزالية تشير إلى احتمال وقوع زلزال في المنطقة.



**تراكم الجهد Stress accumulation** يستعمل علماء الزلازل معدل تراكم الجهد Stress accumulation في الصخور بوصفه عاملاً آخر لتحديد احتمال وقوع زلزال على طول مقطع من الصدع؛ حيث تزول هذه الجهود في نهاية المطاف، مسببة حدوث زلزال. يستعمل العلماء تقنيات الأقمار الاصطناعية، ومنها نظام تحديد المواقع (GPS) لتحديد مواقع تراكم الجهود وتوزيعها على طول الصدع. ويستعمل العلماء الجهود المتراكمة والمتحررة في أجزاء الصدع وترصد في أثناء حدوث الزلازل لتطويع خرائط كالتى تظهر في الشكل 41-6، آخذين في حسابهم الفترة الزمنية بين زلزال وآخر لنفس الصدع.



الشكل 41-6 تساعد خرائط تراكم الجهود في الصخور العلماء على توقع احتمال وقوع زلزال في مكان ما.

وضح. لماذا يعد تراكم الجهود في المناطق مهمًا؟

## التقويم 5-6

### الخلاصة

- يعتمد توقع الزلازل على التاريخ الزلزالي وقياسات الجهود المتراكمة في الصخور.
- تسبب الزلازل الدمار من خلال توليد موجات زلزالية يمكنها إحداث اهتزازات في سطح الأرض.
- يمكن أن تسبب الزلازل انهيار المنشآت والانزلاقات الأرضية، وتسييل التربة والتسونامي.
- الفجوات الزلزالية أجزاء من صدع نشط لم تتعرض لزلزال كبيرة منذ فترة طويلة من الزمن.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. اعمل قائمة ببعض الأمثلة حول الطرائق التي يستعملها العلماء لتحديد احتمال وقوع زلزال.
2. لخص الآثار المترتبة على أنواع المخاطر المختلفة الناجمة عن الزلازل.
3. ارسم مجموعة من الرسوم تبين ما يحدث على طول صدع قبل حدوث زلزال وبعده.
4. لخص الأحداث التي تؤدي إلى حدوث التسونامي.

### التفكير الناقد

5. قوّم أي الأماكن أكثر احتمالاً لوقوع زلزال فيها؟ هل يقع في المكان نفسه الذي وقع فيه زلزال قوته 7.5 قبل 20 عامًا، أو في مكان يقع بين منطقتين تعرضتا لزلزالين؛ زلزال قبل 20 سنة، وزلزال قبل 60 سنة؟

### الكتابة في الجيولوجيا

6. تخيل أنك في لجنة علمية، واكتب تقريراً تتناول فيه طرائق مقترحة لتعرّف المناطق الأكثر عرضة لوقوع الزلازل.



# الزلازل والمجتمع

## دروس من الماضي



زلزال بومرداس 2003م

**زلزال بومرداس مايو 2003م** الساعة 7:44 مساءً يوم الأربعاء. خرج سكان الجزائر العاصمة والمدن المحيطة بها - وخصوصاً ولاية بومرداس، التي تقع على بعد 50 km تقريباً شرقي العاصمة - من منازلهم في حالة فزع شديد وقد انهارت مبانٍ عديدة على من فيها، بعد أن ارتجت الأرض، وزلزلت زلزالاً شديداً. وقد قدره الخبراء بـ 6.8 درجات على مقياس ريختر.

**الزلازل يضرب المدينة** لقد توقعات مراكز رصد الزلازل حول العالم حدوث زلزال في شمال الجزائر؛ بسبب تكرار حدوث الزلازل، ووجود فجوات زلزالية في المنطقة.

وقد حدث ما كان متوقعاً بالفعل، فقد ضربت هزة أرضية عنيفة شرق العاصمة الجزائرية، مما أسفر عن سقوط 3,500 قتيل، وتشرد 130,000 شخص.

**العلماء يحللون الزلزال** كان مركز الزلزال في مدينة الشنية في ولاية بومرداس، وكان هذا أقوى زلزال وقع في الجزائر منذ زلزال عام 1980م، الذي بلغت قوته 7.3 درجة، وهو ما استدعى عدة سنوات لتتمكن البلديات المصابة من استرجاع مناظرها السابقة. لقد أظهر الزلزال مرة أخرى هشاشة النسيج العمراني داخل المدن وخارجها.

**أسباب حدوث الزلزال** يقع الجزء الشمالي من الجزائر بين الصفيحة الإفريقية والصفيحة الأوراسية. وقد قام الجيولوجيون بتحليل حركة الكتل الصخرية وحساب كمية الطاقة المحررة في أثناء تحركها، باستخدام نظرية الارتداد المرن (نظرية ريد Reid). وقد افترضوا أن الإجهادات الصخرية تكونت تدريجياً؛ حيث وقعت صخور المنطقة تحت تأثير قوى، حتى وصلت حدّاً يفوق قدرتها على التحمل، مما أدى إلى تكسرها وتحرك أجزائها. وقد تعرضت المنطقة

للعديد من الزلازل نتيجة وقوعها بين هاتين الصفيحتين. أما زلزال بومرداس 2003 فسببه حركة الكتل الصخرية عند صدع زموري إلى الشمال الشرقي، وقد تم تعرّفه أول مرة بعد هذا الزلزال، بحسب هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

**التحضير للمستقبل** يعلم الجيولوجيون جيداً أن الإجهادات التي تتعرض لها القشرة الأرضية على طول صدع زموري في ازدياد مستمر، وهي المسؤولة عن وقوع زلزال بومرداس 2003م. ولهذا يعمل العلماء والمجتمع على السواء على الاستعداد للزلازل في المستقبل، وتعرّف المكان المحتمل لحدوث الزلازل، وتصميم مبان تستطيع تحمل آثارها.

## الكتابة في الجيولوجيا

ابحث باستخدام الإنترنت اكتب بحثاً أو أنشئ عرضاً تقديمياً عن زلزال مدينة العيص التي تقع على بعد 240 كم شمال غرب المدينة المنورة الذي حدث عام 2009م، ووضح مبعي تأثيراته في السكان والبيئة المحلية.



# مختبر الجيولوجيا

## العلاقة بين المركز السطحي للزلازل والصفائح الأرضية

بيانات زلزالية			
محطة رصد الزلازل	رنية (RANI)	السودة (SODA)	عقلة الصقور (UQSK)
الفرق الزمني بين وصول أمواج P و S (دقيقة)	1.2	1.5	1
بُعد المركز السطحي (km)			
المسافة على الخريطة (cm)			

**خلفية علمية** يمكنك تقدير المسافة بين محطة رصد الزلازل (التي تسجل البيانات) والمركز السطحي للزلازل من خلال تحديد الفرق الزمني بين أمواج P وأمواج S المسجلة على السيزموجرام، وتستطيع أن تحدد الموقع الدقيق للمركز السطحي للزلازل على الخريطة من خلال استعمال ثلاث محطات رصد أو أكثر. ويفيد تحديد موقع المركز السطحي للزلازل على خريطة حدود الصفائح الأرضية في معرفة نوع حركة الصفائح التي سببت الزلازل.

**سؤال:** كيف يستطيع علماء الزلازل تحديد موقع المركز السطحي للزلازل؟

### الأدوات

خريطة المملكة العربية السعودية، آلة حاسبة، فرجار، مسطرة مترية، خريطة الصفائح الأرضية، منحني المسافة - زمن الوصول.

### خطوات العمل

حدد موقع المركز السطحي للزلازل حقيقي والوقت الفعلي لحدوثه باستعمال زمن وصول الأمواج الأولية والثانوية المسجلة في ثلاث محطات رصد الزلازل.

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.

2. يعطي الجدول بيانات من ثلاث محطات رصد للزلازل. استعمل منحنيات المسافة - زمن الوصول في الشكل 6-7 والفرق بين زمن وصول الأمواج الأولية والثانوية لتحديد بُعد المركز السطحي للزلازل عن كل محطة رصد زلزالي. دوّن هذه المسافات في الجدول في صف "بُعد المركز السطحي".

3. احصل على خريطة المملكة العربية السعودية من معلمك، وحدد عليها بدقة مواقع محطات رصد الزلازل الثلاث بمساعدة المعلم.

4. استعمل مقياس رسم الخريطة بالسنتيمتر لتحديد المسافة على الخريطة بالسنتيمتر التي حصلت عليها في الخطوة 2 وتمثل بُعد المركز السطحي. ثم دوّن المسافة في صف المسافة على الخريطة.

5. استعمل قيمة المسافة على الخريطة التي حسبها لتعيين فتحة الفرجار المناسبة لتحديد المسافة بين المركز السطحي وأول محطة رصد.
6. ضع رأس الفرجار على موقع محطة الرصد وارسم دائرة.
7. كرر ما قمت به لكل من محطتي رصد الزلازل الآخرين.
8. حدد نقطة تقاطع الدوائر الثلاث. تمثل هذه النقطة المركز السطحي للزلازل.

### التحليل والاستنتاج

1. حلل البيانات أين يقع المركز السطحي للزلازل؟
2. صف هل يتبع الزلازل أيًا من الأحزمة الزلزالية الرئيسة؟
3. فسر البيانات استعمل خريطة الصفائح الأرضية لتحديد الصفائح التي سببت حدوث هذا الزلازل.
4. استنتج صف كيف تؤدي حركات الصفائح إلى حدوث هذا الزلازل.

### الكتابة في الجيولوجيا

تخيل نفسك مراسلاً لصحيفة مقرها قريب من المركز السطحي لهذا الزلازل، واكتب مقالاً توضح فيه كيف أدت العمليات الجيولوجية إلى وقوع هذا الزلازل.

# دليل مراجعة الفصل

6

الفصل

الفكرة العامة تتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
1-6 ما البركان؟	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تتضمن عملية النشاط البركاني جميع العمليات التي تصعد فيها الصهارة والغازات إلى سطح الأرض.</li> <li>• توجد معظم البراكين على اليابسة ضمن حزامي البراكين الرئيسية، وهما: حزام المحيط الهادي، وحزام البحر الأبيض المتوسط.</li> <li>• تتضمن أجزاء البركان: القناة، والفوهة.</li> <li>• توجد طفوح البازلت على هيئة سهول منبسطة أو هضاب، وتكون نتيجة تدفق اللابة من شقوق القشرة الأرضية.</li> <li>• هناك ثلاثة أنواع رئيسة للبراكين هي: الدرعية، والمخروطية، والمركبة.</li> </ul>
2-6 الثورانات البركانية	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• هناك ثلاثة أنواع من الصهارة، هي: البازلتية، والأنديزيتية، والريوليتية.</li> <li>• اعتمادًا على نسبة محتوى الصهارة من السليكا تكون الصهارة البازلتية أضعف أنواع الصهارة في شدة الثوران، في حين أن الصهارة الريوليتية أشدها.</li> <li>• درجة الحرارة والضغط ووجود الماء عوامل تؤثر في تشكّل الصهارة.</li> <li>• تُسمى اللابة المتصلبة والقطع الصخرية التي تطلقها البراكين في أثناء ثورانها المقذوفات البركانية الصلبة.</li> </ul>



المفردات	المفاهيم الرئيسية
3-6 الأمواج الزلزالية وبنية الأرض	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يتم استعمال الأمواج الزلزالية في تصور بنية الأرض الداخلية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• أنواع الأمواج الزلزالية ثلاثة: أولية وثانوية وسطحية.</li> <li>• مقياس الزلازل (السيزمومتر) جهاز يستقبل الأمواج الزلزالية، ويسجلها على المخطط الزلزالي (السيزموجرام).</li> <li>• استطاع العلماء أن يحددوا المركز السطحي للزلازل من الفرق الزمني بين زماني وصول أمواج P وأمواج S.</li> <li>• تتغير سرعة واتجاه كل من أمواج P وأمواج S عندما تواجه حدودًا فاصلة بين مواد مختلفة.</li> <li>• يمكن الحصول على صورة مفصلة عن مكونات الأرض الداخلية من خلال تحليل الأمواج الزلزالية التي تعبر باطن الأرض.</li> </ul>
4-6 قياس الزلازل وتحديد أماكنها	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يقيس العلماء قوة الزلازل ويحددون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• قوة الزلزال هي مقياس للطاقة التي تتحرر في أثناء حدوث الزلزال، ويمكن قياسها بمقياس ريختر.</li> <li>• شدة الزلزال هي مقياس للدمار الذي يُحدثه الزلزال.</li> <li>• لتحديد موقع المركز السطحي للزلازل نحتاج على الأقل إلى ثلاث محطات رصد للزلازل.</li> <li>• تحدث معظم الزلازل في أحزمة ضيقة تسمى أحزمة الزلازل؛ حيث تنطبق مع حدود الصفائح.</li> </ul>
5-6 الزلازل والمجتمع	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يمكن معرفة احتمال حدوث الزلزال من خلال دراسة تاريخ المنطقة زلزاليًا، ومعرفة أين وكيف تتراكم الإجهادات بسرعة.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• يعتمد توقع حدوث الزلازل على التاريخ الزلزالي وقياسات الجهود المتراكمة في الصخور.</li> <li>• تسبب الزلازل الدمار من خلال توليد اهتزازات يمكنها إحداث هزات في سطح الأرض.</li> <li>• يمكن أن تسبب الزلازل انهيار المنشآت والانزلاقات الأرضية، وتسييل التربة والتسونامي.</li> <li>• الفجوات الزلزالية أجزاء من صدع نشط لم تتعرض لزلزال كبير منذ فترة طويلة من الزمن.</li> </ul>



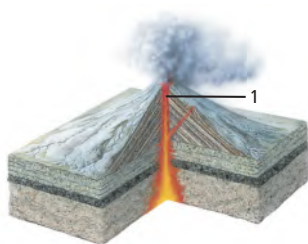
## مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمات التي تحتها خط:

1. تراكُم اللابة في أشد أنواع الثورانات البركانية انفجاراً مكونة بركاناً درعياً.
2. تصعد الصهارة إلى أعلى عبر القناة وتثور على سطح الأرض من خلال الشقوق الموجودة في قمة البركان.
3. يوصف الدمار الذي يسببه الزلزال باستعمال مقياس العزم الزلزالي.
4. الزلزال الذي يحدث تحت الماء ويسبب حركة الماء إلى أعلى يؤدي إلى حدوث الأمواج الزلزالية.
- أكمل الجمل الآتية مستعملاً المفردات المناسبة:
5. .... تجويف منخفض يحيط بالفتحة عند قمة البركان.
6. .... تتشكل في الانخفاض الناتج عن انهيار سقف حجرة صهارة فارغة.
- اختر المصطلح المناسب لكل من الجمل الآتية:
7. تجمُّع من الصهارة يقع أسفل الصفيحة، ولا يقع عند حدودها، ويتكوّن بسبب اندفاع عمود من الصهارة في الستار في موقع ثابت ويحدث عنده البركان.
8. بركان تتدفق منه اللابة بسرعة وسهولة، ولزوجته وانحداره قليلان.
9. يسمى المقياس الذي يقيس كلاً من كمية الطاقة المنبعثة من الزلزال وسعة الأمواج الزلزالية مقياسَ .....
10. يحدث ..... عندما تسبب الاهتزازات الزلزالية تسيل المواد الأرضية تحت السطحية، وتجعلها تسلك سلوك الرمال المتحركة.
11. يُسمى نوع الأمواج الزلزالية الذي لا يمر خلال اللب الخارجي للأرض .....

اختر المفردات المناسبة للتعبير عن الجمل الآتية:

12. العملية التي تتشكّل فيها قشرة محيطية جديدة من خلال اندفاع الصهارة عند ظهور المحيطات.
- حدّد ما هو مشترك بين كل مصطلحين في الجمل الآتية:
13. الرماد البركاني، الكتلة البركانية.
14. فوهة البركان المنهارة، فوهة البركان.
- وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:
15. البؤرة، المركز السطحي للزلزال.
16. الأمواج الثانوية، الأمواج السطحية.
17. مقياس رختر، مقياس العزم الزلزالي.
- استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 18 و 19.



18. ما نوع البركان في الشكل أعلاه؟  
a. درعي. c. طفق بازلتي.  
b. مركب. d. مخروطي.
19. ما المعلم الجيولوجي المشار إليه بالرقم 1 في الشكل أعلاه؟  
a. فوهة البركان. c. فتحة البركان.  
b. قناة البركان. d. حجرة الصهارة.
20. أي المواد الجيولوجية الآتية لها قابلية للتسيل أكبر ما يمكن عند مرور أمواج زلزالية فيها؟  
a. الجرانيت. c. التربة والرسوبيات المفككة.  
b. الصخر المتحول. d. اللابة.

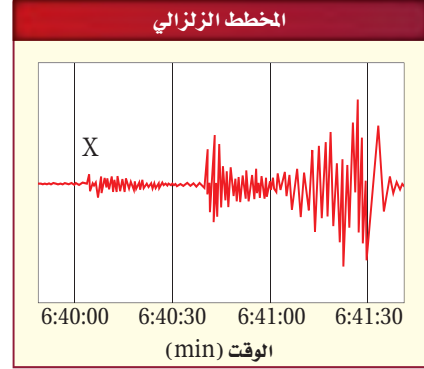
## التفكير الناقد

26. ارسم المكونات الرئيسة للسيزمومتر.  
27. صمّم منزلاً بحيث يبقى هيكله سليماً في حالة وقوع زلزال. حدد معالمه مبيناً كيف ستحميه من دمار الزلزال؟

## خريطة مفاهيمية

28. استعمل المصطلحات الآتية لبناء خريطة مفاهيم: براكين درعية، صغيرة الحجم، تعاقب طبقات من اللابة ومقذوفات صلبة، براكين مخروطية، براكين مركبة، شديدة الانحدار، قليلة الانحدار وواسعة.  
29. استعمل المصطلحات والجمل الآتية لبناء خريطة مفاهيم تتعلق بالزلازل والموجات الزلزالية: الموجات السطحية، الموجات الثانوية، أسرع الموجات، تنتقل على سطح الأرض، لا تنتقل في السوائل، الموجات الأولية، أبطأ الموجات.

أجب عن الأسئلة 21-22 مستعيناً بالرسم أدناه.

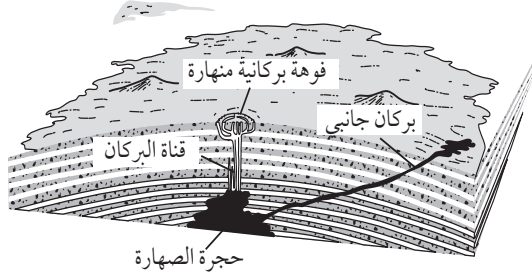


21. ما نوع الموجة الزلزالية المشار إليها بالرمز x؟  
a. أمواج p. c. أمواج S.  
b. أمواج سطحية. d. أمواج قص.  
22. ما زمن وصول الأمواج السطحية؟  
a. 6:40:00 c. 6:40:33  
b. 6:40:05 d. 6:41:10  
23. يُستعمل الفرق الزمني بين وصول أمواج P وأمواج S في تحديد:  
a. بُعد المركز السطحي للزلزال عن محطة الرصد.  
b. نوع الصدع.  
c. عمق الزلزال.  
d. ما إذا كان اللب سائلاً.  
24. قارن بين موجة التسونامي والموجة السطحية.  
25. فسر لماذا يحتاج العلماء إلى قياسات من أكثر من جهازين من أجهزة السيزمومتر لتحديد موقع الزلزال بدقة.



# اختبار مقنن

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين 5 و 6.



5. ما نوع البركان في الشكل أعلاه؟

- a. مخروطي.
- b. درعي.
- c. مركب.
- d. فتات بركاني.

6. ما مستوى التهديد الذي يحتمل أن يسببه تطور هذا

البركان للإنسان؟

- a. منخفض؛ لأنه بركان تكوّن من تراكم طبقة فوق أخرى، في أثناء ثورات هادئة غير متفجرة.
- b. منخفض؛ لأنه بركان تكوّن من تعاقد طبقات من اللابة مع طبقات من الرماد البركاني.
- c. متوسط؛ لأنه بركان صغير تكوّن من ثوران جزء من الصهارة، ومن ثم تراكم هذا الجزء حول الفوهة.
- d. مرتفع؛ لأنه بركان ذو ثوران متفجر.

7. ما نوع الموجات الزلزالية التي تخترق اللب الخارجي

للأرض؟

- a. الموجات الثانوية.
- b. الموجات السطحية.
- c. الموجات الأولية.
- d. الموجات الأولية والثانوية.

1. ما نوع البركان الذي يمثل أكبر خطر على الإنسان

والبيئة؟

- a. الدرعي.
- b. المركب.
- c. المخروطي.
- d. الطفوح.

2. كيف يؤثر زيادة الضغط المحصور في درجة انصهار

الصخور؟

- a. تزداد درجة الانصهار.
- b. تقل درجة الانصهار.
- c. تثبت درجة الانصهار.
- d. تزداد درجة الانصهار ثم تقل.

3. متى تتكون البراكين الدرعية؟

- a. عندما تتراكم طبقات من اللابة بعضها فوق بعض خلال الثورات البركانية غير العنيفة.
- b. عندما تتعاقب طبقات صخرية صلبة ناتجة عن ثورات بركانية عنيفة مع طبقات تكونت من ثورات بركانية هادئة.
- c. عندما تعود المواد البركانية الصغيرة الحجم المقذوفة في الهواء إلى الأرض، وتتراكم حول فوهة البركان.
- d. عندما يكون عمود من الصهارة في الستار بقعة ساخنة.

4. ما العامل الذي لا يؤثر في تشكل الصهارة؟

- a. الزمن.
- b. درجة الحرارة.
- c. الضغط.
- d. المياه.





12. لتحديد موقع الزلزال نحتاج إلى معرفة موقع:

- محطة زلزالية واحدة.
- محطتين زلزالتين على الأقل.
- 3 محطات زلزالية على الأقل.
- 5 محطات زلزالية على الأقل.

13. ما المقياس الذي يستعمل في قياس شدة الزلازل؟

- مقياس ميركالي المعدل
- مقياس العزم الزلزالي
- مقياس ميركالي المعدل
- السيزموجرام

## أسئلة الإجابات القصيرة

14. حجر الخفاف صخر ناري فقاعي يطفو على الماء. ما الذي تستنتجه عن حجم الغازات الموجودة في اللابة التي شكّلت هذا الحجر؟

15. لماذا ينتج عن اللابة التي تحتوي على كميات كبيرة من الغازات المذابة، عمومًا، انفجارات عنيفة أكبر من اللابة التي تحتوي على كمية أقل من الغازات؟

استعن بالخريطة الآتية للإجابة عن الأسئلة 16 - 17.



16. طبقًا للخريطة أعلاه، أين يقع المركز السطحي للزلزال؟ وكيف يمكن تحديده؟

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و 9.

بعض الزلازل الحديثة		
الموقع	السنة	مقياس رختر
إندونيسيا	2005	7.6
جنوب سومطرة	2007	8.5
تشيلي	2010	7.0
اليابان	2011	9.0
شمال سومطرة	2012	8.6

8. احسب بشكل تقريبي كم مرة تزيد الطاقة المتحررة من زلزال شمال سومطرة على الطاقة المتحررة من زلزال إندونيسيا؟

- مرتين.
- 10 مرات.
- 32 مرة.
- 1000 مرة.

9. قدر كم مرة تزيد سعة الموجة الزلزالية المتولدة عن زلزال اليابان على تلك المتولدة عن زلزال تشيلي؟

- مرتين.
- 10 مرات.
- 100 مرة.
- 1000 مرة.

10. أبطأ الموجات الزلزالية وصولًا إلى محطات الرصد الزلزالي:

- الموجات الأولية.
- الموجات السطحية.
- الموجات الثانوية.
- الموجات الجسمية.

11. ماذا تسمى أجزاء الصدع النشط التي لم تتعرض لزلزال كبيرة منذ فترة طويلة من الزمن؟

- الفجوات الزلزالية.
- الزلازل الكامنة.
- تسييل التربة.
- التسونامي.

# اختبار مقنن

منها 100000 زلزال فقط يستطيع أن يشعر به الإنسان. و100 زلزال تقريباً يسبب الدمار. ويجري الباحثون دراسات عميقة على الحيوانات لاكتشاف ماذا تسمع أو تشعر قبل أن يحدث الزلزال. واستعمال هذا الإحساس أداة للتنبؤ بالزلازل. وقد شكك العلماء في إمكانية تنبؤ الحيوانات بالزلازل، على الرغم من توثيق حالات لتصرفات غريبة لبعض الحيوانات قبل حدوث الزلازل؛ وذلك لعدم وجود صلة بين تكرار حدوث سلوك معين وحدوث الزلزال.

21. ماذا يمكن أن نستنتج بعد قراءة النص السابق؟

- a. تستطيع الحيوانات التنبؤ بالزلازل لأنها تشعر باهتزازات الأرض قبل الإنسان.
- b. لا تستطيع الحيوانات التنبؤ بالزلازل.
- c. هناك حاجة لدراسة إضافية وبحث قبل تأكيد أو نفي قدرة الحيوانات على التنبؤ بالزلازل.
- d. الحيوانات تتنبأ بالزلازل منذ قرون.

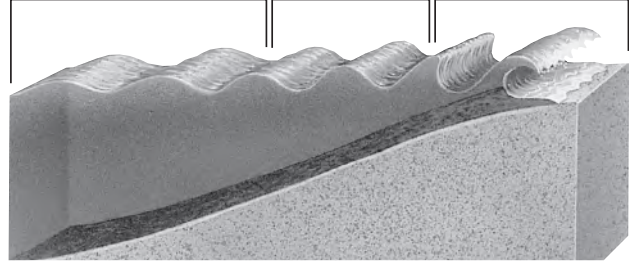
22. أيّ التصرفات الآتية لا تدل على تنبؤ الحيوانات بالزلازل؟

- a. الحركة العنيفة للأسماك.
- b. هجرة النحل لخلاياه.
- c. وضع الدجاج للبيض.
- d. هجرة الثعابين لجحورها.

17. ما أهمية استعمال ثلاث محطات رصد لتحديد المركز السطحي للزلزال؟

18. هل يمكن أن يؤثر هذا الزلزال في المناطق المجاورة للجزيرة العربية؟

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤالين 19 و20.



19. صف التغير في حركة الموجات عند اقترابها من الشاطئ.

20. كيف تختلف حركة المياه والطاقة في الموجة المحيطية؟

## القراءة والاستيعاب

### التنبؤ بالزلازل

منذ عدة قرون ساد اعتقاد أن الحيوانات تستطيع التنبؤ بالزلازل. فقد سجل المؤرخون أن حيوانات - منها الفئران والثعابين وابن عرس - قد هجرت المدينة الإغريقية هيليس عام 373 م قبل أن يضرب الزلزال المدينة. وقد سجلت حوادث مماثلة على امتداد القرون عند حدوث الزلازل، منها الحركة العنيفة للأسماك، وتوقف الدجاج عن طرح البيض، وهجرة النحل لخلاياه. ولكن بقي السؤال: كيف تحس الحيوانات بالزلازل؟ ومن الفرضيات التي وضعت لتفسير ذلك أن الحيوانات البرية والأليفة تشعر بالاهتزازات الأرضية قبل الإنسان. وبعض الأفكار تفترض أن الحيوانات تستطيع اكتشاف تغيرات كهربائية في الهواء أو الغاز المتحرر من الأرض.

والزلازل ظاهرة فجائية لا يستطيع الجيوفيزيائيون معرفة متى وأين تحدث بالضبط. وتقدر الزلازل التي تسجل في محطات الرصد الزلزالي في العام الواحد بأكثر من مليون زلزال. يوجد



# مجموعات الخطيب



وزارة التعليم  
Ministry of Education  
2023 - 1445



## قائمة المحتويات

### Reference Tables

الجداول المرجعية:

- Minerals with Metallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الفلزي
- Minerals with Nonmetallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الالافلزي
- Properties of Rocks - خواص الصخور
- Planetary fact sheets - صحيفة الحقائق الكوكبية

### Reference Maps

الخرائط المرجعية:

- المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
- Metallic Minerals in the Kingdom of Saudi Arabia
- Oceanic Ridge Map - خريطة ظهور المحيطات
- Plate Boundaries - حدود الصفائح
- Geology of the Arabian Peninsula - جيولوجية شبه الجزيرة العربية
- Seismic Station Locations - مواقع محطات الرصد الزلزالي
- Global Earthquake Epicenter Locations - مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم

### Reference Geological Features

المعالم الجيولوجية المرجعية

- Harrats in Kingdom of Saudi Arabia - الحرات في المملكة العربية السعودية
- industrial minerals in Kingdom of Saudi Arabia - المعادن الصناعية في المملكة العربية السعودية

### Glossary

المصطلحات



# مرجعيات الطالب

جدول مرجعية

## صفات المعادن ذات البريق الفلزي

### الجدول 1-

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
البورنيت Bornite $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	برونزي باهت إلى أزرق غامق أرجواني	رمادي-أسود	3	4.9–5.4	هرم رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	مصدر للنحاس ويسمى خام الطاووس بسبب اللون الأرجواني اللامع.
الكالكوبيريت Chalcopyrite $\text{CuFeS}_2$	أصفر إلى أصفر ذهبي	أسود مخضر	3.5–4	4.2	رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	الخام الرئيس للنحاس.
الكرومايت Chromite $\text{FeCr}_2\text{O}_4$	أسود أو بني	بني إلى أسود	5.5	4.6	مكعب	مكسر غير منتظم	خام الكروم، غير القابل للصدأ، صلب يستعمل لصناعة السبائك.
النحاس Copper $\text{Cu}$	نحاسي أحمر	نحاسي أحمر	3	8.5–9	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صناعة العملات المعدنية والأنابيب والمزاريب، والأسلاك، وأواني الطبخ، والمجوهرات، طباعة لوحات الديكور.
الجالينا Galena $\text{PbS}$	رمادي	رمادي إلى أسود	2.5	7.5	مكعب	الانقسام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة الأنابيب، الدروع لأشعة إكس، وصيد الأسماك ومعدات الغطاسين.
الذهب Gold $\text{Au}$	أصفر ذهبي	أصفر	2.5–3	19.3	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في المجوهرات والنقود، رقائق الذهب، حشوات للأسنان، والأدوية؛ لا يصدأ.
الجرافيت Graphite $\text{C}$	أسود إلى رمادي	أسود إلى رمادي	1–2	2.3	سداسي	سطح انقسام واحد	يستعمل في أقلام الرصاص ومواد التشحيم، قضبان للسيطرة على بعض المفاعلات النووية الصغيرة، أقطاب البطارية.
الهيماتيت Hematite $\text{Fe}_2\text{O}_3$	أسود أو بني محمر	أحمر أو بني محمر	6	5.3	سداسي	مكسر غير منتظم	خام الحديد، يصهر في الأفران مع الفحم لإنتاج الفولاذ الصلب.
الماجنتيت Magnetite $\text{Fe}_3\text{O}_4$	أسود	أسود	6	5.2	مكعب	مكسر محاري	خام الحديد، مغناطيس طبيعي. ويسمى حجر المغناطيس.
البيريت Pyrite $\text{FeS}_2$	أصفر نحاسي فاتح	أسود مخضر	6.5	5.0	مكعب	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	غني بالحديد، يسمى ذهب المجانين لأن مظهره يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونيت.
البيرروتيت Pyrrhotite $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ * يزيد الكبريت على الحديد بذرة واحدة	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطاً.
الفضة Silver $\text{Ag}$	أبيض فضي بدون بريق إلى أسود	رمادي فاتح إلى فضي	2.5	10–12	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صك النقود، حشوات الأسنان، ورقائق الفضة، الأسلاك، الموصلات.

## مرجعيات الطالب

### صفات المعادن ذات البريق الأفلزي

### الجدول 2-

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
الأوجيت Augite (Ca, Na) (Mg, Fe, Al) (Al, Si) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانقسام في اتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني.
الكوروندم Corundum Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستو	يستعمل لشحذ القطع أكثر حدة؛ والملون منه الكوروندم الأحمر حجر كريم (الياقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار البوتاسي Feldspar (orthoclase) KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستويان من الانقسام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويان من الانقسام يميلان ويتقابلان بزاوية 86°	يستعمل في صناعة الخزف.
الفلورايت Fluorite CaF <sub>2</sub>	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3-3.2	مكعب	تظهر مستويات انقسام	يستعمل في صناعة الأجهزة البصرية، يتوهج تحت الأشعة فوق البنفسجية.
الجارنت Garnet (Mg, Fe, Ca, Mn) <sub>3</sub> (Al, Fe, Cr) <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	أصفر غامق، أحمر، أخضر، أسود	شفاف	7.5	3.5	مكعب	مكسر محاري	يستعمل كمادة صاقلة، ويستعمل في صناعة المجوهرات.
الهورنبلند Hornblende (Ca, Na) (Mg, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>4</sub> (Al, Fe <sub>3</sub> , Ti) <sub>3</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (O, OH) <sub>2</sub>	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5-6	3.4	أحادي الميل	انقسام في اتجاهين	ينكسر الضوء عن حوافه الرقيقة، مقطع بلوراته من 6 أضلاع.
الليمونايت Limonite (أكسيد الحديد المائي)	أصفر، بني، أسود	أصفر، بني	5.5	2.7-4.3	غير محدد	مكسر محاري	مصدر للحديد، سهل التجوية والتفتت، مادة ملونة للتربة.
الأوليفين Olivine (Mg, Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	أخضر زيتوني	شفاف	6.5	3.5	معيني	مكسر محاري	حجر كريم، رمل مقاوم للانصهار، يستعمل في تبطين أفران الصهر.
الكوارتز Quartz SiO <sub>2</sub>	شفاف، ألوان مختلفة.	شفاف	7	2.6	سداسي	مكسر محاري	يستعمل في صناعة: الزجاج، الأجهزة الإلكترونية، المذيع، الحواسيب، الساعات، بعض أنواعه معادن نفيسة.
التوباز Topaz Al <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انقسام أساسي	حجر ثمين.



# مرجعيات الطالب

الجدول 3-		خواص الصخور
نوع الصخر	اسم الصخر	صفات الصخر
نارية جوفية Igneous (intrusive)	الجرانيت granite	بلورات معدنية كبيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر فاتح عادة.
	الديوريت diorite	بلورات كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات من الكوارتز أقل من الجرانيت، لونها متوسط.
	الجابرو gabbro	بلورات معدنية كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق.
نارية سطحية Igneous (extrusive)	الريوليت rhyolite	بلورات معدنية صغيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر عادة فاتح.
	الأنديزيت andesite	بلورات صغيرة من معادن الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات قليلة من الكوارتز أقل من الريوليت، لونها متوسط.
	البازلت basalt	بلورات معدنية صغيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق. مع احتمال وجود فقاعات.
	الأوبسديان obsidian	نسيج زجاجي، لا يمكن رؤية الحبيبات، زجاج بركاني، مكسر محاري، اللون عادة أسود، ويمكن رؤيته باللون الأحمر — بني محمر أو أسود مع بقع بيضاء.
	الخفاف pumice	نسيج رغوي، يطفو على الماء، عادة لونه فاتح.
رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الكونجلوميرات conglomerate	حبيباته كبيرة مستديرة، بحجم الحصى أو الجلاميد.
	الحجر الرملي sandstone	يتراوح حجم حبيباته ما بين 2mm - $\frac{1}{16}$ ، ألوانه متعددة.
	حجر الطمي siltstone	حجم حبيباته أقل من الرمل لكن أكبر من الطين.
	الطفل shale	أصغر حبيبات ولونه غامق عادة.
رسوبية كيميائية وبيوكيميائية Sedimentary chemical (or biochemical)	الحجر الجيري limestone	يتكون بشكل رئيس من معدن الكالسيت، وعادة يتكون في البحار والبحيرات والأنهار والكهوف، وغالباً يحتوي على أحافير. ويتفاعل بسهولة مع حامض HCl المخفف.
	الفحم coal	يتكون في المستنقعات والبيئات المائية الضحلة، طبقات متماسكة من المواد العضوية، وبشكل رئيس من بقايا النباتات.



## مرجعيات الطالب

### جداول مرجعية

يتكون عادة من تبخر مياه البحر.	الملح الصخري rock salt	رسوبية كيميائية Sedimentary (chemical)
تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود أشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان، عادة ينتج عن تحول الجرانيت.	النيس gneiss	متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic
ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رقائق) مثل المايكا. وينتج بشكل رئيس عن تحول الطفل والفيليت.	الشيست schist	
مظهر لامع أو حريري، يبدو سطح الصخر مجعداً. وينتج عن تحول الطفل والإردواز.	الفيليت phyllite	
ينتج عن تحول الطفل وهو صلب وأثقل وأكثر لمعاً من الصخر الأصلي.	الإردواز slate	
تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدولوميت، وينتج عن تحول الصخور الجيرية.	الرخام marble	متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)
يتكون بشكل رئيس من معدن التلك، طري، وملسه دهني أو صابوني.	الحجر الصابوني soapstone	
صلب جداً، حبيباته متماسكة ومتلاحمة ببلورات كوارتز، يتحول عن الحجر الرملي.	الكوارتزيت quartzite	



## صحيفة الحقائق الكوكبية

### الجدول 4-

بلوتو	نبتون	اورانوس	زحل	المشتري	المريخ	القمر	الأرض	الزهرة	عطارد	
4.87	5.97	0.073	0.642	1898	568	86.8	102	0.0130	0.330	الكتلة ( $10^{24}\text{kg}$ )
12,104	12,756	3475	6792	142,984	120,536	51,118	49,528	2376	4879	القطر (km)
5243	5514	3340	3934	1326	687	1270	1638	1850	5429	الكثافة ( $\text{kg/m}^3$ )
8.9	9.8	1.6	3.7	23.1	9.0	8.7	11.0	0.7	3.7	الجاذبية ( $\text{m/s}^2$ )
10.4	11.2	2.4	5.0	59.5	35.5	21.3	23.5	1.3	4.3	سرعة الهروب (km/s)
-5832.5	23.9	655.7	24.6	9.9	10.7	-17.2	16.1	-153.3	1407.6	فترة الدوران (ساعة)
2802.0	24.0	708.7	24.7	9.9	10.7	17.2	16.1	153.3	4222.6	طول اليوم (ساعة)
108.2	149.6	0.384	228.0	778.5	1432.0	2867.0	4515.0	5906.4	57.9	المسافة من الشمس ( $10^6\text{km}$ )
107.5	147.1	0.363	206.7	740.6	1357.6	2732.7	4471.1	4436.8	46.0	الحضيض ( $10^6\text{km}$ )
108.9	152.1	0.406	249.3	816.4	1506.5	3001.4	4558.9	7375.9	69.8	الأوج ( $10^6\text{km}$ )
90,560	59,800	30,589	10,747	4331	687.0	27.3	365.2	224.7	88.0	الفترة المدارية (يوم)





## مرجعيات الطالب

### جداول مرجعية

4.7	5.4	6.8	9.7	13.1	24.1	1.0	29.8	35.0	47.4	السرعة المدارية (km/s)
17.2	1.8	0.8	2.5	1.3	1.8	5.1	0.0	3.4	7.0	الميل المداري (درجة)
0.244	0.010	0.047	0.052	0.049	0.094	0.055	0.017	0.007	0.206	الانحراف المداري
122.5	28.3	97.8	26.7	3.1	25.2	6.7	23.4	177.4	0.034	ميل المحور (درجة)
-225	-200	-195	140-	110-	-65	-20	15	464	167	متوسط درجة الحرارة (C)
0.00001	غير معروف	غير معروف	غير معروف	غير معروف	0.01	0	1	92	0	ضغط السطح (bars)
5	14	27	83	92	2	0	1	0	0	عدد الاقمار
لا	نعم	نعم	نعم	نعم	لا	لا	لا	لا	لا	هل له حلقات؟
غير معروف	نعم	نعم	نعم	نعم	لا	لا	نعم	لا	نعم	هل له مجال مغناطيسي؟

**فترة الدوران (ساعات) -** هو الوقت الذي يستغرقه الكوكب لإكمال دورة واحدة بالنسبة لنجوم الخلفية الثابتة (لا علاقة لها بالشمس). تشير الأرقام السالبة إلى دوران رجعي (للخلف بالنسبة إلى الأرض).

**طول اليوم (ساعات) -** متوسط الوقت بالساعات لانتقال الشمس من موضع الزوال في السماء عند نقطة في خط الاستواء، والعودة إلى الموضع نفسه.



## المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

تصاحب العديد من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعاً محددة من الصخور. فالذهب مثلاً يتواجد عادةً في عروق الكوارتز المصاحبة لصخور الجرانيت أو لصخور الديورايت والجرانوديورايت، ويوجد كذلك في الصخور البركانية الغنية بالسيليكا. بينما تصاحب خامات الكوبالت والنيكل والتيتانيوم الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسرپنتينيت.

وتنتشر المعادن الفلزية في مواقع عديدة من المملكة العربية السعودية، ولكنها تتركز في صخور منطقة الدرع العربي، التي تقع في المنطقة الغربية من المملكة على امتداد ساحل البحر الأحمر، ومن أهم المعادن الفلزية التي تتواجد فيها: الذهب، والفضة، والنحاس. ومن المناجم التي يُستخلص منها الذهب: مهد الذهب، والأمار، والصخيرات، ومن المناجم التي تُظهر الدراسات الجدوى الاقتصادية من استغلال الذهب منها: حجر حمضة، وظلم، والدويحي.

وكانت بداية التنقيب عن المعادن الاقتصادية في المملكة عام 1930م، عندما طلب المغفور له الملك عبد العزيز آل سعود من الجيولوجي الأمريكي توثيشل التنقيب عن النفط والمعادن الاقتصادية في أراضي المملكة، وقد أكد هذا الجيولوجي تواجد الذهب في منطقة الحجاز. ومن ثم بدأ التنقيب عن الذهب واستغلاله من منجم مهد الذهب منذ عام 1939م بإشراف نقابة التعدين العربية السعودية. وفي عام 1960م تم إنشاء المديرية العامة للثروة المعدنية، ثم تغير اسمها في عام 1993م إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية؛ وكانت الجهة المنوط بها البحث والتنقيب واستغلال الثروات المعدنية الاقتصادية في المملكة.

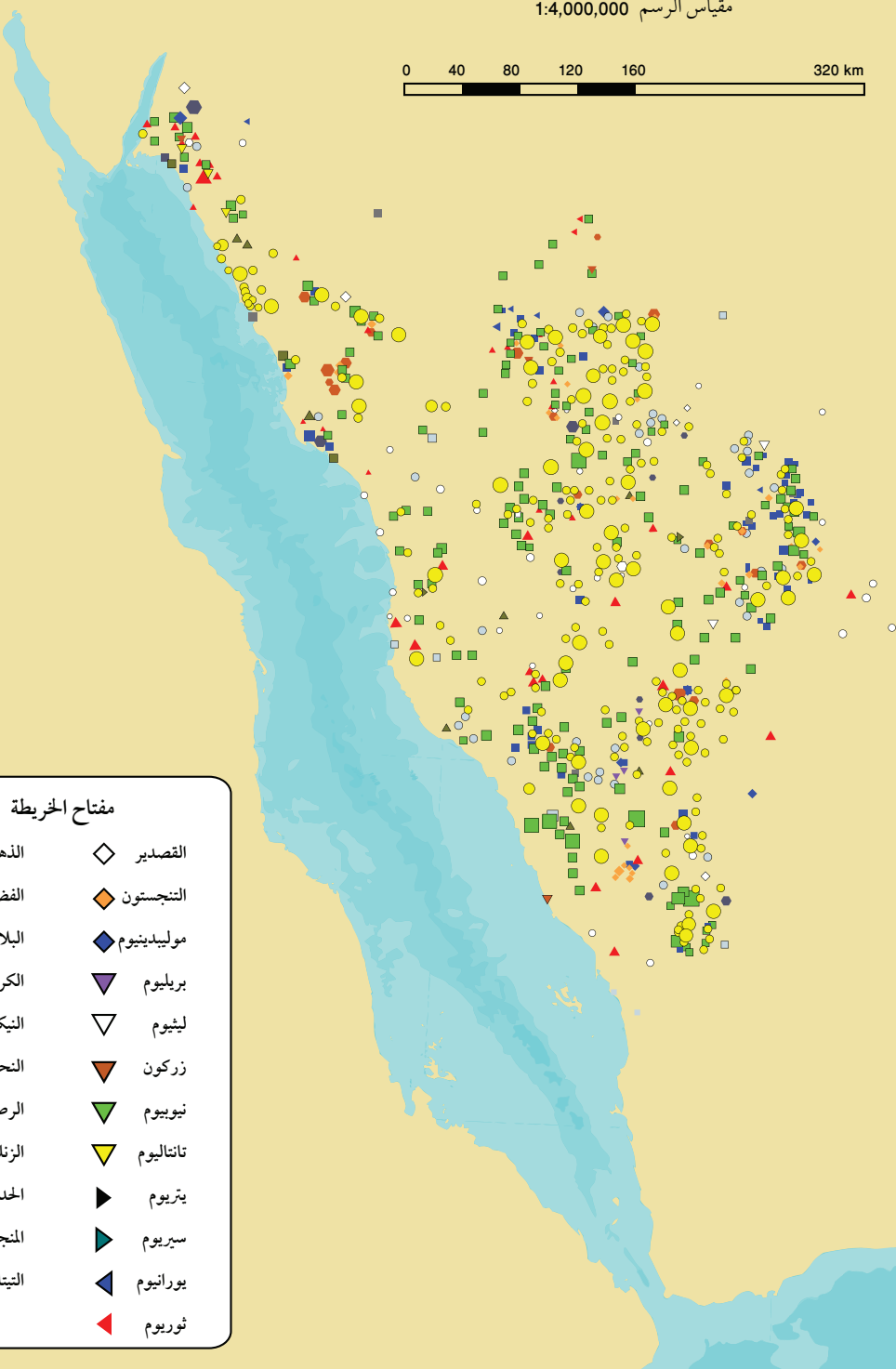
وفي عام 1999م تم تأسيس هيئة المساحة الجيولوجية السعودية التي أصبحت مسؤولة عن عمليات البحث والتنقيب عن المعادن في المملكة. وتبني الهيئة سياسات تعتمد على إجراء العديد من الدراسات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، آخذين في الاعتبار النظريات الحديثة حول نشأة المعادن الاقتصادية وتكوّنها؛ من أجل تحديد أماكن المعادن الفلزية وكمياتها، ودراسة الجدوى الاقتصادية من استغلالها.



المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

مقياس الرسم 1:4,000,000

0 40 80 120 160 320 km



مفتاح الخريطة

- |            |            |
|------------|------------|
| الذهب      | القصدير    |
| الفضة      | التنجستون  |
| البلاتين   | موليبدينوم |
| الكروم     | بريليوم    |
| النيكل     | ليثيوم     |
| النحاس     | زركون      |
| الرصاص     | نيوبيوم    |
| الزنك      | تانتاليوم  |
| الحديد     | يتريوم     |
| المنجنيز   | سيريوم     |
| التيتانيوم | يورانيوم   |
|            | ثوريوم     |



# مرجعيات الطالب

خريطة ظهور المحيطات

خرائط مرجعية

أمريكا  
الشمالية

أستراليا

ظهر المحيط الهادي



ظهر المحيط  
الأطلسي

أوروبا

شبه  
الجزيرة  
العربية

أفريقيا

أمريكا  
الجنوبية

ظهر المحيط  
الهندي

ظهر المحيط  
القطبي الجنوبي

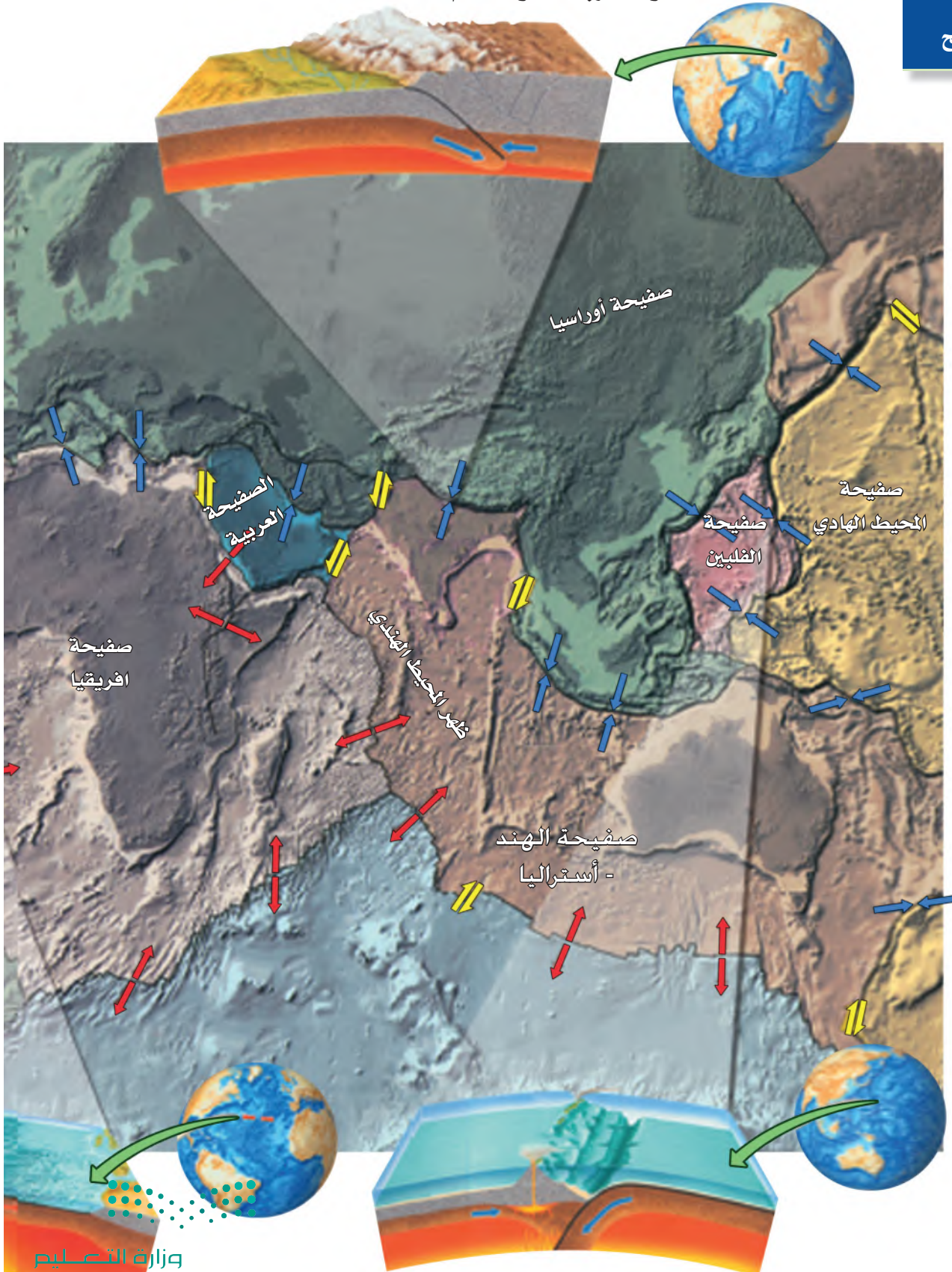


# مرجعيات الطالب

حدود متقاربة (حدود تصادم)

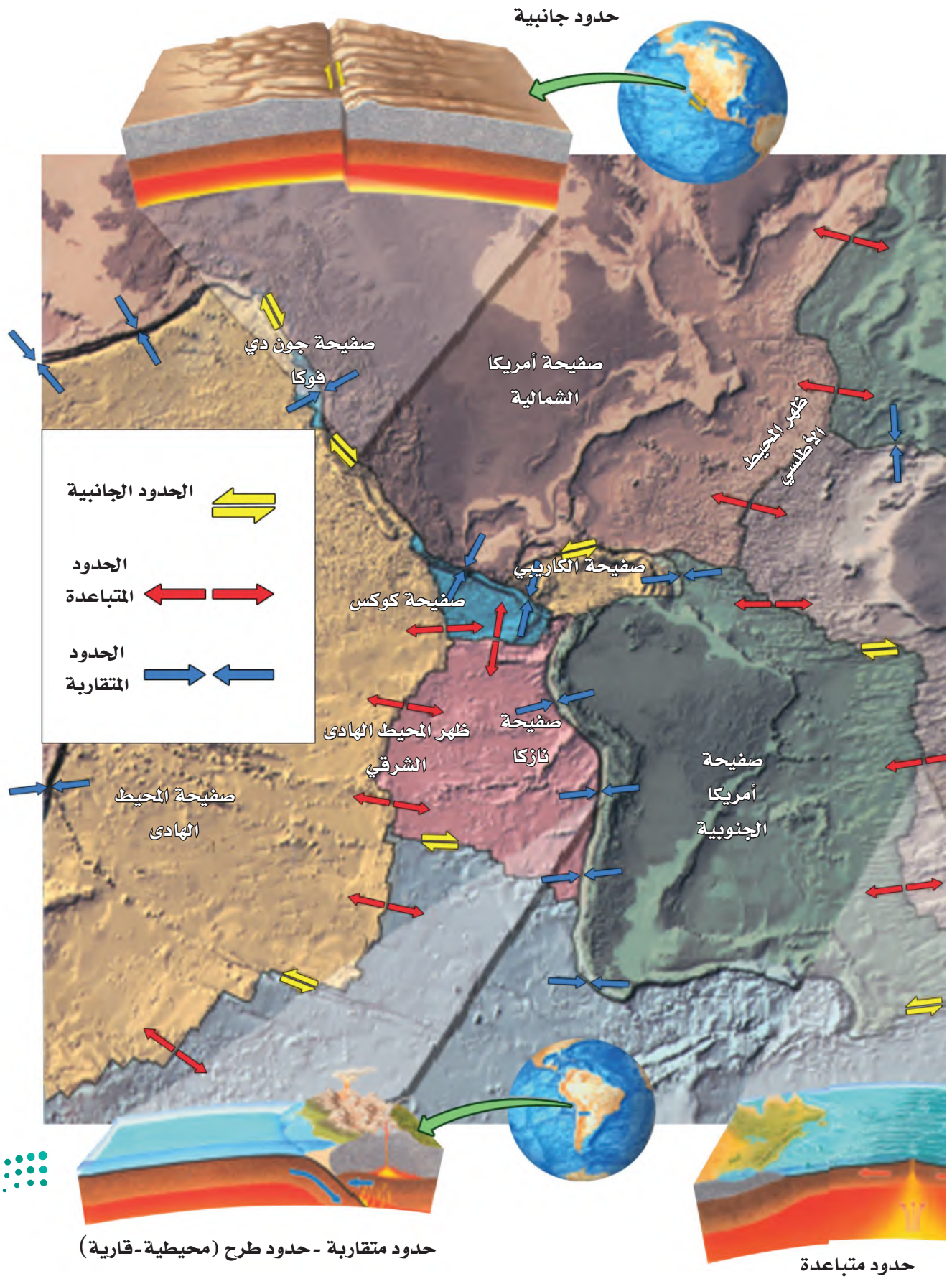
حدود الصفائح

خريطة مرجعية



حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-محيطية)

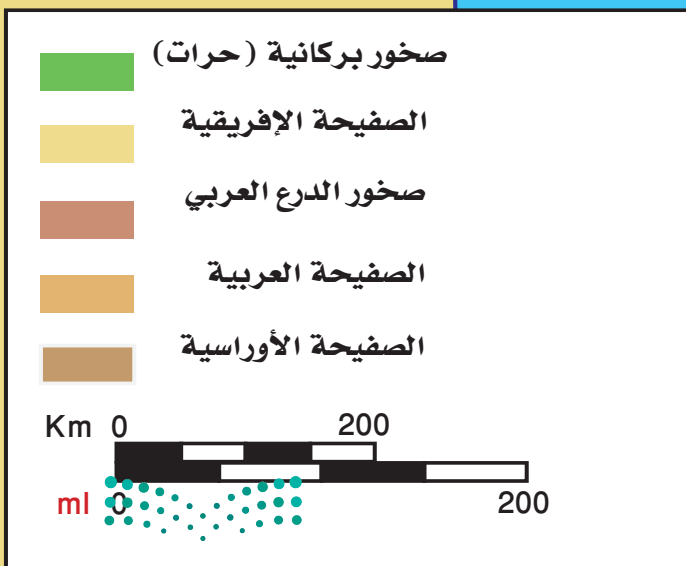




# مرجعات الطالب

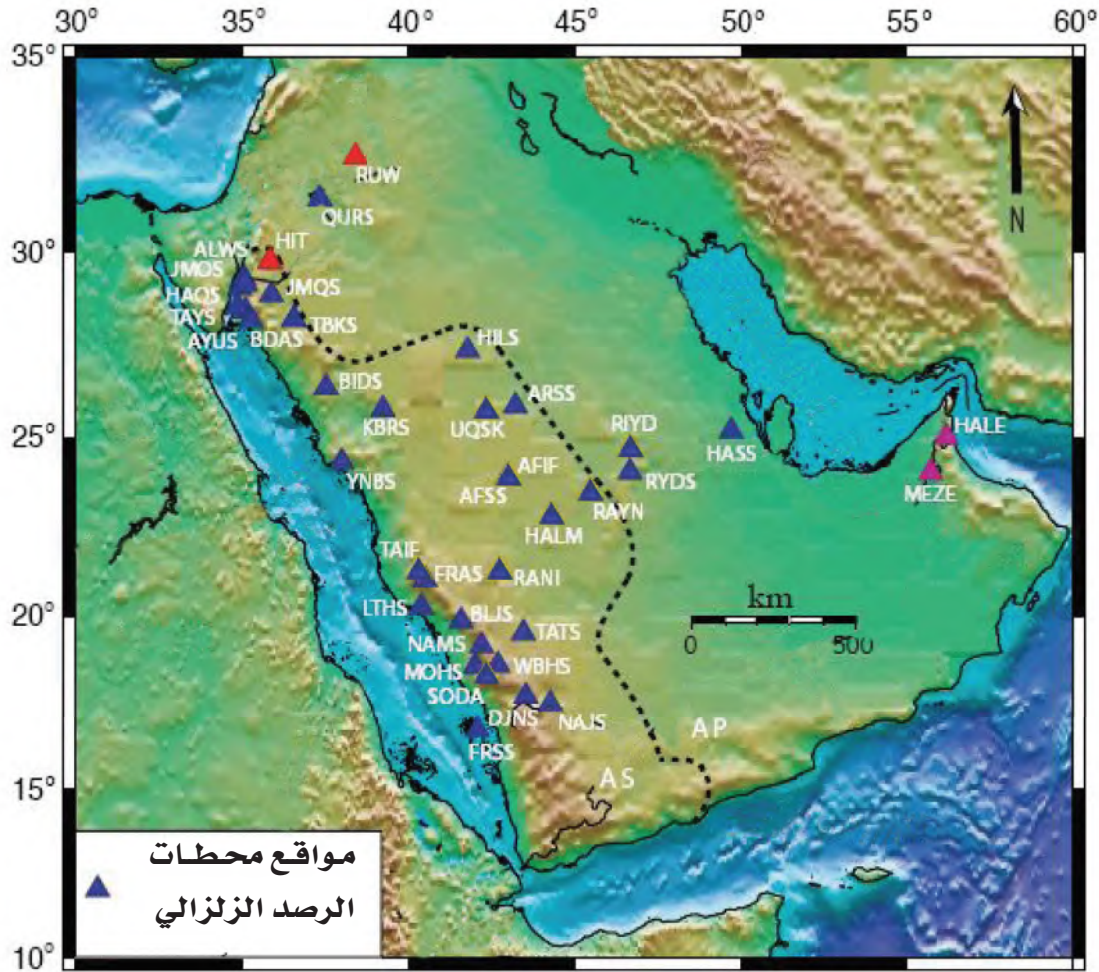
جيولوجية شبه الجزيرة العربية

خرائط مرجعية





## مواقع محطات الرصد الزلزالي في المملكة العربية السعودية



خريطة مرجعية

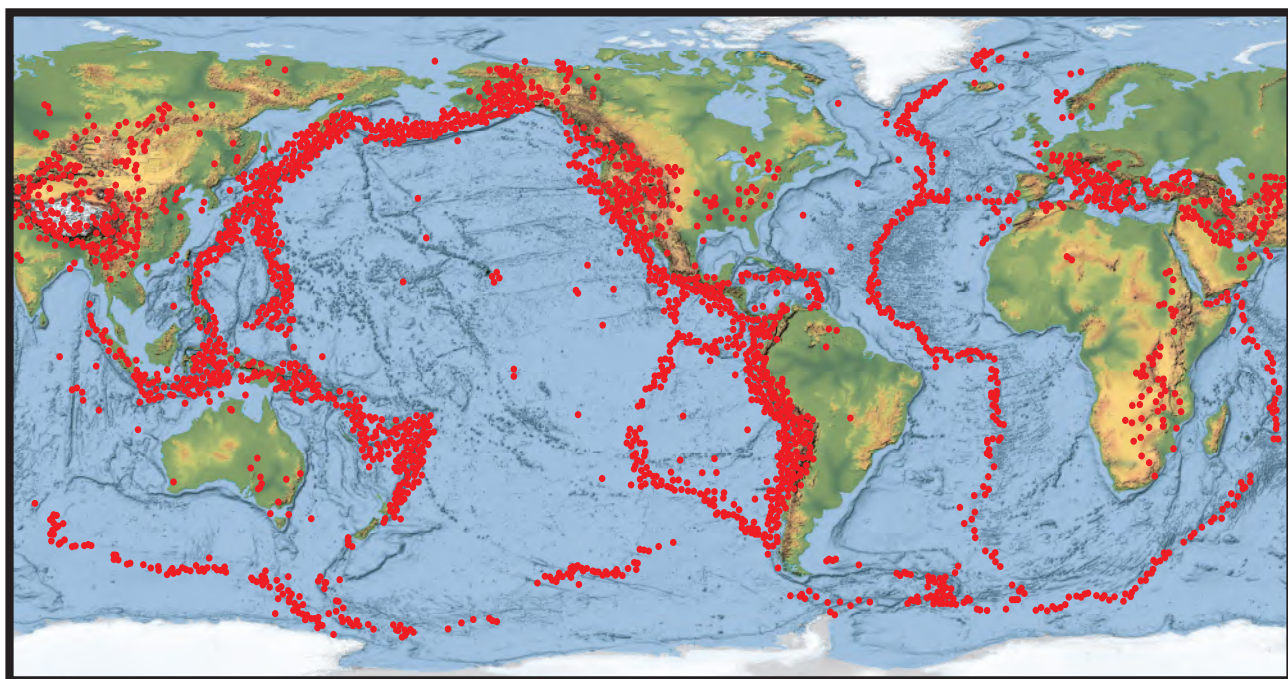
عدد الهزات الزلزالية التي تم رصدها بواسطة أجهزة الرصد الزلزالي  
في المملكة العربية السعودية لعام 2016 م

مقاس الهزات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع
أقل من 1	426	409	415	348	499	424	442	526	457	503	361	276	5086
1-2	589	362	397	273	327	272	248	216	194	197	177	153	3405
2-3	68	44	88	38	66	23	27	27	23	23	23	27	477
3-4	2	3	11	2	5	2	2	2	0	4	2	1	36
4-5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
5-6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
أكثر من 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
المجموع	1085	818	912	661	898	721	719	771	674	727	564	457	9007

\* المصدر : هيئة المساحة الجيولوجية السعودية



## مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم

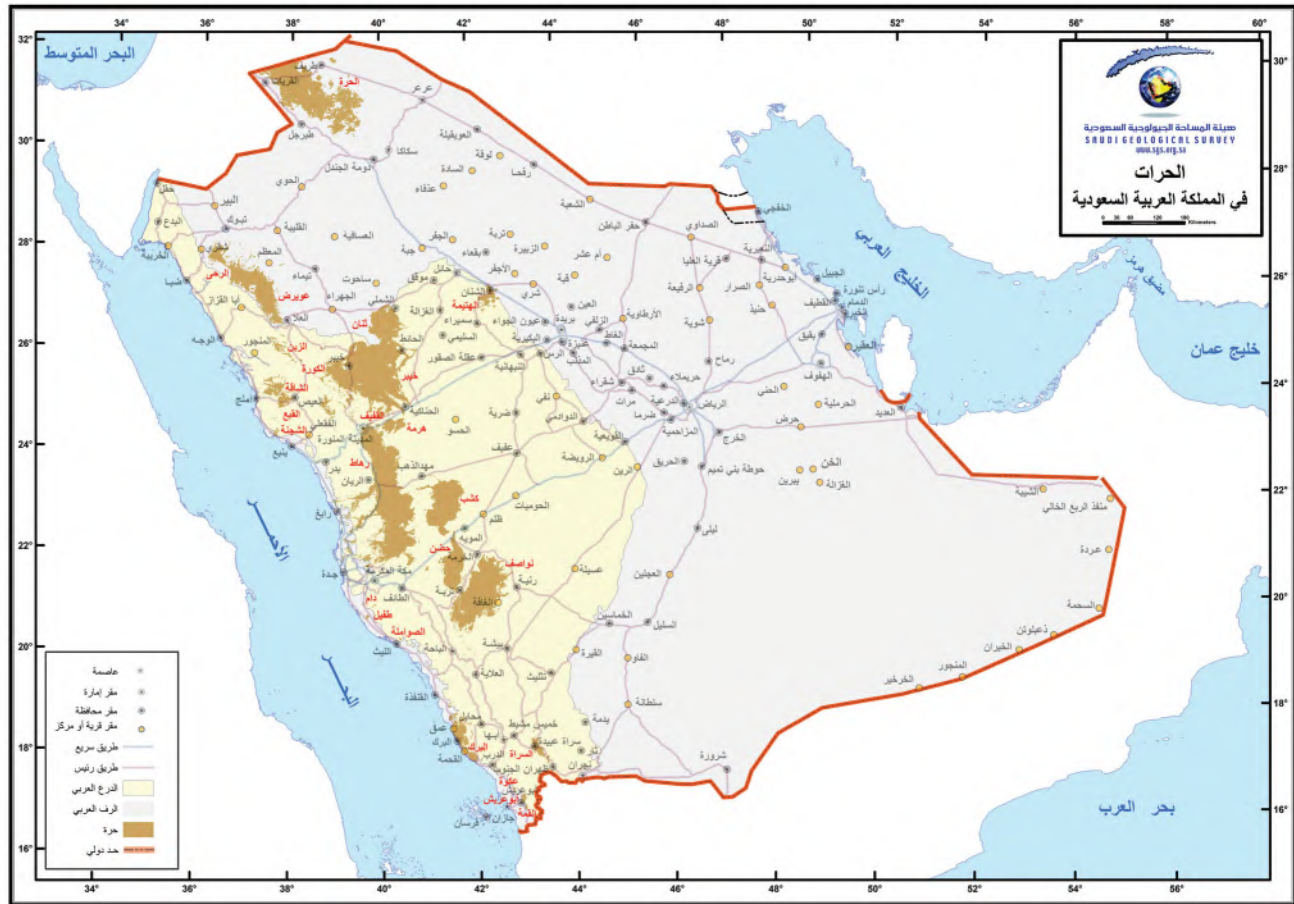


خرائط مرجعية





## توزيع الحرّات في المملكة العربية السعودية



× المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية







## (أ)

**الأحجار الكريمة gems:** معادن ثمينة ونادرة وجميلة، وصلبة ومقاومة للخدش ومصقولة، وتصنع منها المجوهرات.

**الانصهار الجزئي partial melting:** عملية انصهار معادن مختلفة من الصخور في درجات حرارة معينة مع بقاء معادن أخرى صلبة، مما يؤدي إلى تغير في المكونات الكيميائية للصهارة.

**الانقسام cleavage:** قابلية المعدن لأن ينكسر بسهولة على طول مستوى واحد أو أكثر، حيث يكون الترابط الذري ضعيفاً.

**أحزمة الزلازل Seismic belts:** مناطق على سطح الكرة الأرضية تتركز فيها الأنشطة الزلزالية، وتكون مصاحبة لحدود الصفائح الأرضية.

**أخدود بحري Ocean trench:** انخفاض كبير شديد الانحدار في قاع المحيط، يتكون بسبب طرح صفيحة محيطية أسفل صفيحة أخرى.

**الأمواج الأولية Primary waves:** موجات أولية تعمل على تضاعف الصخور وتخلخلها في اتجاه حركتها، ويرمز لها بالرمز (P).

**الأمواج الثانوية Secondary waves:** موجات زلزالية تسبب حركة دقائق الصخور عمودياً على خط انتشار الموجة، ويرمز لها بالرمز (S).

**الأمواج الجسمية Body waves:** موجات زلزالية تنتقل داخل الأرض، وتنقسم إلى موجات أولية، وموجات ثانوية.

**الأمواج الزلزالية Seismic waves:** اهتزازات سطح الأرض في أثناء حدوث زلزال.

**الأمواج السطحية Surface waves:** أبطأ الأمواج الزلزالية، تتحرك فقط على سطح الأرض، وتسبب حركة جسيمات سطح الأرض حركة جانبية وحركة من أعلى إلى أسفل.

**الانجراف القاري Continental drift:** فرضية للعالم فاجنر تنص على أن قارات الأرض كانت متحدة معاً في قارة واحدة تسمى بانجيا تقع بالقرب من القطب الجنوبي، ثم انقسمت قبل 200 مليون سنة إلى أجزاء تباعد بعضها عن بعض ببطء، حتى وصلت إلى مواقعها الحالية.

**الانقلاب المغناطيسي Magnetic reversal:** تغير قطبية المجال المغناطيسي للأرض من مغناطيسية عادية إلى مغناطيسية مقلوبة.

## (ب)

**بانجيا Pangaea:** قارة قديمة كانت تضم جميع القارات الحالية، وبدأت في التفكك قبل 200 مليون سنة.

**بؤرة الزلزال Focus:** نقطة الكسر في صخور القشرة الأرضية التي تنشأ منها الأمواج الزلزالية الجسمية.

**البركان الدرعي Shield volcano:** بركان كبير ذو انحدار بسيط، يتكون من تراكم طبقات من لابة بازلتية تكونت بفعل ثورات بركانية هادئة (غير متفجرة).

**البركان المخروطي Cinder cone:** بركان صغير شديد الانحدار، تكوّن بفعل ثورات بركانية متفجرة، حيث تراكمت المقذوفات البركانية حول عنق البركان.

**البركان المركب Composite volcano:** بركان مخروطي الشكل تقريباً ذو منحدرات مقعرة، يتكون من طبقات من الحطام البركاني تكونت بفعل ثورات بركانية متفجرة متعاقبة، مع طبقات من اللابة تكونت بفعل ثورات بركانية هادئة.

**البريق luster:** الكيفية التي يعكس بها المعدن الضوء



## التحول الحراري المائي

**Hydrothermal Metamorphism**: أحد أنواع التحول، يحدث عندما تتفاعل مياه ساخنة جداً مع الصخر فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية.

**Pyroclastic flow البركاني**: الحركة المفاجئة السريعة لغيوم من الغازات الخائقة والرماد البركاني والمواد البركانية الأخرى الناجمة عن الثورات البركانية العنيفة.

**Compaction التراص**: تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، مما يؤدي إلى تغيرات فيزيائية في الصخر.

**Stress accumulation تراكم الجهد**: أحد العوامل التي تستعمل لتحديد احتمال وقوع زلزال على طول مقطع الصدع؛ حيث تتراكم الإجهادات ثم تتحرر مسببة حدوث الزلزال.

**Tsunami التسونامي**: موجة محيطية ضخمة وقوية، تتولد بفعل حركات عمودية لقاع البحر في أثناء وقوع زلزال، مشكّلة أمواجاً ذات سرعة كبيرة وارتفاع يزيد على 30m في المياه الضحلة، فتحدث دماراً في المناطق الساحلية.

**Soil liquefaction تسييل التربة**: عمليات تصاحب الاهتزازات الزلزالية، تحدث في المناطق الرملية المشبعة بالماء، وتؤدي إلى سلوك هذه المناطق سلوك السائل.

**lithification التصلب**: عمليات فيزيائية وكيميائية تحول الرسوبيات إلى صخور رسوبية.

**bedding التتبق**: معلم ترسيبي للصخور الرسوبية، ويعد المعلم الرئيس لها، وهو وجودها على هيئة طبقات رسوبية أفقية يتراوح سمكها بين بضعة ملمترات إلى عدة أمتار.

الساقط على سطحه.

**Hot spot بقعة ساخنة**: منطقة ساخنة بصورة غير عادية في سائر الأرض، يصعد فيها عمود من صهارة ذات درجة حرارة عالية إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض.

**crystal البلورة**: جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر منتظم.

**pegmatite البيجماتيت**: صخور ذات معادن خشنة الحبيبات بصورة غير عادية، وتحتوي على خامات نادرة مثل الليثيوم.

**Perihelion البعد الحضيضي**: أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكواكب.

**Aphelion البعد الأوجي**: أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكواكب.

## (ت)

**fractional crystallization التبلور الجزئي**: عملية تبلور بعض المعادن في الصهير في درجات حرارة مختلفة تؤدي إلى إزالة بعض العناصر منه فتغير مكوناته الكيميائية.

**Regional Metamorphism التحول الإقليمي**: أحد أنواع التحول، يحدث لمناطق واسعة من القشرة الأرضية عندما تتعرض لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، مما يؤدي إلى تغير في التركيب المعدني للصخور وحدوث طي في طبقات القشرة.

**Contact Metamorphism التحول بالتماس**: أحد أنواع التحول، يحدث عندما تلامس مواد مصهورة صخوراً صلبة، ويكون تأثيرها محدوداً ومحلياً.



**الحدود التحويلية Transform boundary:** مناطق تتحرك عندها صفيحتان أرضيتان أفقياً إحداهما بمحاذاة الأخرى، وتتميز بوجود صدوع طويلة وزلازل ضحلة.

**الحدود المتقاربة Convergent boundary:** مناطق تتحرك عندها صفيحتان أرضيتان إحداهما تجاه الأخرى، ويصاحب ذلك تكوّن أخاديد بحرية وأقواس جزر بركانية، وجبال مطوية.

**حفرة الانهدام Rift valley:** منخفض طويل وضيق يتكون عندما تبدأ قشرة قارية في الانفصال عن حدود متباعدة.

**الحشود النجمية Star Cluster:** تجمعات تحتوي على مئات الألوف من النجوم.

(خ)

**الخام ore:** صخور تحتوي على معادن يمكن استخلاص فلز أو أكثر منها بصورة اقتصادية بالتعدين.

(د)

**دورة الصخر Rock cycle:** مجموعة عمليات تتغير خلالها الصخور بشكل مستمر من نوع إلى آخر.

**الدفع عند ظهر المحيط Ridge push:** عملية تكتونية مرتبطة مع تيارات الحمل في سترار الأرض، وتحدث عندما يؤثر وزن ظهر المحيط المرتفع في الصفيحة المحيطية فيدفعها نحو نطاق الطرح.

(ر)

**الرسوبيات sediment:** قطع صغيرة من الصخور تحركت وترسبت بفعل المياه أو الرياح أو الجليديات أو الجاذبية.

**التطبّق المتدرّج graded bedding:** نوع من التطبق ترتب فيه الحبيبات الأثقل والأكبر حجماً إلى أسفل.

**التطبّق المتقاطع cross bedding:** نوع من التطبق تترسب فيه طبقات مائلة من الرسوبيات فوق سطح أفقي.

**توسع قاع المحيط Seafloor spreading:** فرضية حول تشكيل قشرة محيطية جديدة عند ظهر المحيطات واستهلاكها عند الأخاديد البحرية في أعماق البحار، وتحدث في دورة مستمرة من اندفاع الصهارة والتوسع.

**التوازن الهيدروستاتيكي Hydrostatic Equilibrium:** هو توازن قوة الجاذبية الداخلية وقوة الضغط الخارجية للنجم.

**تساوي العمر Isochron:** هو خط وهمي على الخريطة يصل بين نقاط لها العمر نفسه.

(ث)

**ثقب أسود Black Hole:** جسم كثيف بشكل هائل وتكون جاذبيته قوية جداً ولا يمكن للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

(ج)

**جهاز قياس المغناطيسية Magnetometer:** جهاز للكشف عن التغيرات الحقيقية التي تحدث في صخور قاع المحيط في مجالاتها المغناطيسية واتجاهها.

(ح)

**الحدود المتباعدة Divergent boundary:** مناطق تتحرك عندها صفيحتان أرضيتان متباعدتين، ويصاحب ذلك نشاط بركاني وزلازل وتدفق حراري مرتفع، ويحدث هذا غالباً في قاع المحيط.



## (س)

**سحب الصفيحة Slab pull:** عملية تكتونية مرتبطة مع تيارات الحمل في ستار الأرض، حيث يُسحب طرف الغلاف الصخري إلى نطاق الطرح بفعل وزن الصفيحة الغاطسة.

**سعة الموجة الزلزالية Amplitude:** ارتفاع الموجة الزلزالية الأكبر. و الزيادة الواحدة على مقياس رختر تمثل زيادة في سعة الموجة قدرها 10 أضعاف.

**سلاسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series:** نمط ثنائي التفرع يمثل كيفية تبلور المعادن من الصهارة بترتيب متسلسل يمكن توقعه.

**السمنتة cementation:** عملية ترسب معادن ذائبة في المياه الجوفية، بين حبيبات الصخور الرسوبية، مما يسبب تلاحم الحبيبات معاً مشكّلة صخوراً صلباً.

**السيليكات silicate:** المعادن التي تحتوي الأكسجين والسيلكون مع وجود - على الأغلب - عنصر آخر أو أكثر.

**السديم الكوكبي Planetary Nebula:** منطقة من الغاز والغبار الكوني تكونت من الطبقات الخارجية المقذوفة عند نقطة نهاية نجم منخفض الكتلة.

**سرعة الهروب Escape Velocity:** هي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسار على شكل قطع مكافئ حول كوكب ما ثم الهروب من جاذبيته.

## (ش)

**الشقوق Fissures:** كسور طويلة في القشرة الأرضية.

## (ص)

**الصخر البازلتي basaltic rock:** صخر ناري غامق اللون يحوي قليلاً من السيليكا، ويتكون في غالبية من البلاجيوكليز والبيروكسين، وهو مثل الجابرو، ولونه غامق.

**الصخر الجرانيتي granitic rock:** صخر فاتح اللون ومحتواه من السيليكا مرتفع، ويتكون في غالبية من الكوارتز والفلسبار البوتاسي البلاجيوكليزي.

**الصخور الجوفية (المتداخلة) intrusive rocks:** صخور نارية خشنة الحبيبات، تتكون عندما يبرد المصهور الصخري ويتبلور ببطء داخل القشرة الأرضية.

**الصخور الرسوبية الفتاتية clastic sedimentary rocks:** أكثر أنواع الصخور الرسوبية شهرة، تتشكّل من تصخر الرسوبيات الفتاتية المفككة، وتتراكم على سطح الأرض، وتصنّف وفقاً لأحجام حبيباتها.

**الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks:** تتكون بفعل ترسب المواد الذائبة في المسطحات المائية عندما يزيد تركيزها على حد الإشباع، ومن أمثلتها الجبس.

**الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks:** تتكون من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي، ومن أمثلتها صخور الفوسفات والحجر الجيري.

**الصخور السطحية extrusive rocks:** صخور نارية ناعمة الحبيبات، تتكون عندما يبرد المصهور الصخري ويتبلور بسرعة فوق سطح الأرض.



**علم الفيزياء الفلكية Astrophysics:** مجال فرعي لعلم الفلك. يستخدم قوانين الفيزياء لوصف التغير في طبيعة الأجرام السماوية وأنشطتها المختلفة في جميع أطوال الطيف الكهرومغناطيسي.

**علم الكون Cosmology:** العلم المعني بدراسة نشأة الكون وتطوره.

**علوم الفضاء Space science:** العلم المعني باستكشاف الفضاء والمهام الفضائية.

**عمر الكون The Age of the universe:** هو الزمن المنقضى منذ وقوع الانفجار العظيم.

**العملاقة الحمراء Red Giant:** نجوم ذات حجم هائل بقطر أكبر من الشمس ب 15-45 مرة.

## (غ)

**غير المتورقة nonfoliated:** صخور متحولة مكونة أساساً من معادن ذات بلورات كتلية الشكل منها الكوارتزيت والرخام.

## (ف)

**الفتات clasts:** قطع الصخر أو المعدن المتكسرة والمتحللة بفعل التجوية والتعرية، وتصنف تبعاً لأحجامها وأشكالها.

**الضجوة الزلزالية Seismic gap:** منطقة على طول صدع نشط لم تشهد وقوع زلزال منذ فترة طويلة.

**فوهة البركان Crater:** تجويف منخفض يتشكل عند قمة البركان حول العنق المركزي.

**الفوهة البركانية المنهارة Caldera:** حفرة كبيرة يصل قطرها إلى 50 km، وتتشكل في قمة البركان أو على جوانبه عندما ينهار في حجرة الصهارة في أثناء ثوران البركان أو بعده.

**الصخور المتوسطة Intermediate rocks:** صخور محتواها من السيليكا متوسط بين الصخور البازلتية والجرانيتية، ويتكون معظمها من معدني البلاجيوكليز والهورنبلند، ومن أمثلتها صخر الديوريت.

**الصخور النارية igneous rock:** صخور جوفية أو سطحية ناجمة عن تبريد وتبلور الصهارة أو اللابة.

**الصفحة الأرضية Tectonic plate:** قطعة ضخمة من قشرة الأرض وأعلى الستار تغطي سطح الأرض، وتطبق الصفائح معاً عند حوافها.

**الصخور فوق القاعدية Ultra-basic Rocks:** صخور نارية تقل فيها نسبة السيليكا عن 40% ومن أشهر صخورها صخر البريدوتيت.

## (ط)

**الطرح Subduction:** عملية غطس صفيحة أرضية تحت صفيحة أرضية أخرى.

**طفوح البازلت Flood basalt:** كميات كبيرة من اللابة تتدفق إلى سطح الأرض عبر الصدوع.

**الطاقة المظلمة The Dark Energy:** هي قوة خفية مجهولة المنشأ تشكل 65% من محتوى الكون.

## (ظ)

**ظهر المحيط Ocean ridge:** سلسلة جبلية تحت سطح الماء تمتد في جميع قيعان المحيطات، ويبلغ طولها أكثر من 65000 km، وتحتوي على أحدث البراكين الخاملة.

## (ع)

**عنق البركان Vent:** أنبوب في القشرة الأرضية، تتدفق اللابة من خلاله وتثور على سطح الأرض.

**علم الفلك Astronomy:** العلم المعني بدراسة الأجرام السماوية.





## (ق)

**القساوة hardness:** مقياس لقابلية المعدن للخدش.  
**قناة البركان Conduit of volcano:** مكان مرور الصهارة.

**قوة الزلزال Magnitude:** مقياس للطاقة المتحررة في أثناء وقوع الزلزال، ويمكن وصفها باستعمال مقياس ريختر.

**قزم أبيض White Dwarf:** مجموعة من النجوم ذات درجات حرارة شديدة ولمعان منخفض وحجم صغير جدًا بقطر يتراوح من عدة آلاف إلى 10 آلاف كيلومتر.

**قزم أسود Black Dwarf:** جرم على شكل رماد بارد داكن من الكربون ناتج عن نهاية عمر القمر الأبيض.

**قانون كبلر الأول Kepler's First Law:** ينص قانون كبلر الأول على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

**قانون كبلر الثاني Kepler's Second Law:** ينص قانون كبلر الثاني على أن الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.

**قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law:** ينص قانون كبلر الثالث على أن مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

**القمر الصناعي Satellites:** مركبات صممت لتدور في مدارات حول الجرم السماوي ولها عدة وظائف بحسب مداراتها.

## (ك)

**الكمبرليت kimberlite:** صخور نادرة فوق قاعدية تحتوي الألماس ومعادن أخرى، تكوَّنت تحت ضغط هائل جدًا.

## (ل)

**اللاية lava:** الصهارة التي تتدفق على سطح الأرض.  
**اللزوجة Viscosity:** مقاومة المادة الداخلية للتدفق.

## (م)

**متورقة foliated:** صخور متحولة تمتاز بترتيب المعادن المكونة لها في صفائح أو أحزمة.

**المخدش streak:** لون مسحوق المعدن.

**المخطط الزلزالي Seismogram:** سجل يتم الحصول عليه من مقياس الزلزال، ويوضح فيه مسار كل نوع من أنواع الأمواج الزلزالية.

**المركز السطحي للزلزال Epicenter:** نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة فوق بؤرة الزلزال.

**المسامية porosity:** الحجم الكلي للمسامات في الصخر. وتزداد بزيادة درجة فرز حبيبات الصخر.

**المعدن mineral:** مادة طبيعية صلبة غير عضوية، لها مكونات كيميائية معيَّنة، وبناء بلوري محدد.

**المغناطيسية القديمة Paleomagnetism:** سجل مغناطيسي للأرض موثق في الصخور باستعمال بيانات جمعت من معادن حاملة للحديد فيها؛ إذ تسجل هذه المعادن اتجاه المجال المغناطيسي للأرض وقت تشكيلها.

**المقذوفات البركانية الصلبة Tephra:** شظايا من الصخور قذفت في الهواء في أثناء الثوران البركاني وسقطت على الأرض، وتُصنَّف بحسب حجمها.

## مركبة الفضاء المأهولة Manned Space Vehicles:

مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعودون إلى الأرض عن طريق نفس المركبة .

## مركبة الفضاء غير المأهولة Unmanned Space Vehicle:

مركبات استطلاع تقترب من الجرم سواء كان كوكبًا، أو قمرًا، أو كويكبًا.

## مادة لاحمة Cementingmateril:

مادة معدنية (لاحمة) تتواجد بين حبيبات الصخور الرسوبية فتساعد على التحامها مع بعضها البعض، مثل السيليكون أو الكالسيوم أو أكسيد الحديد.

## (ن)

**النسيج texture:** حجم البلورات أو الحبيبات التي يتكون منها الصخر وشكلها وتوزيعها.

## النسيج البورفيرى Porphyritic texture:

يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم تحيط بها بلورات صغيرة من المعدن نفسه أو من معادن مختلفة.

## النسيج الفقاعي vesicular texture:

للصخر؛ وينتج عن خروج الغازات من اللابة.

## النشاط البركاني Volcanism:

جميع العمليات المرتبطة مع تفريغ الصهارة والماء الساخن والبخار من باطن الأرض.

## نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory:

في لحظة معينة منذ ما يقارب من أربعة عشر مليار سنة كانت المادة والطاقة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهٍ في الصغر وجميع قوى الطبيعة متحدة.

## مقياس ريختر Richter scale:

نظام تصنيف عددي يستعمل لقياس مقدار الطاقة المتحررة في أثناء وقوع زلزال.

## مقياس الزلزال Seismometer:

جهاز حساس يتم الكشف به عن الاهتزازات الناجمة عن الأمواج الزلزالية.

## مقياس العزم الزلزالي Moment magnitude scale:

مقياس لقياس قوة الزلزال، اعتمادًا على حجم الكسر في الصدع، وصلابة الصخور، ومقدار الحركة على طول الصدع.

## مقياس ميركالي المعدل Modified Mercalli scale:

مقياس لشدة الزلزال، يتراوح بين 1 و 12، حيث تزداد الأضرار الناجمة عن الزلزال كلما زاد العدد.

## المكسر Fracture:

شكل سطح المعدن الناتج عند كسره، يظهر على شكل قوس (محاري)، أو خشنًا، أو ذا حواف مسننة.

## مستعر أعظم Supernova:

أحد المراحل النهائية للنجوم ذات الكتل العالية، وهو انفجار النجم بمشهد عظيم قاذفًا جميع عناصره إلى الفضاء.

## المجرة Galaxy:

مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية.

## المركبات الفضائية Spacecraft:

هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء تختلف أنواعها باختلاف مهامها.

## محطة الفضاء Space Station:

مركبة مصممة من عدة وحدات معملية و معيشية يتناوب على العمل فيها رواد فضاء لعدة أشهر، وتدور حول الأرض في المدار الأرضي المنخفض.



**النجم The Star:** جرم غازي متألق تتولد الطاقة في باطنه بواسطة تفاعلات الاندماج النووي.

**النجوم المزدوجة Binary Stars:** نجمان مرتبطان جاذبيًا، يدوران حول بعضهما.

**النجوم النيوترونية Neutron Stars:** نجوم كثيفة جدًا يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومتر فقط، وتدور بسرعة 20-50 مرة في الثانية حول نفسها.

## (و)

**الوزن النوعي specific gravity:** النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$ .

**وسائد اللابة Pillow lava:** شكل البازلت الذي يتكون عند ظهر المحيطات على هيئة وسائد ضخمة.

**الوسط بين النجوم interstellar medium:** مناطق بين النجوم تتكون من الغاز والغبار بكثافة مختلفة.

## (هـ)

**الهرم الرباعي الأوجه (هرم السيليكات) tetrahedron:** جسم هندسي صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.





# القسم الثاني (2-1)



# قائمة المحتويات

## الفصل 1

### المجموعة الشمسية

1-1: الكواكب الداخلية	260
1-2: الكواكب الخارجية والأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي	269
ما مصير مذنبات كروتز	278
مختبر الفضاء	279
دليل مراجعة الفصل	280
تقويم الفصل	281
اختبار مقنن	283

## الفصل 2

### البيئة الفضائية

2-1: الشمس	286
2-2: النشاط الشمسي	292
مسبار باركر	296
مختبر الفضاء	297
دليل مراجعة الفصل	298
تقويم الفصل	299
اختبار مقنن	301

## الفصل 3

### الأجهزة الفلكية

3-1: الطيف الكهرومغناطيسي	304
3-2: المناظير الأرضية والفضائية	310
التقنية الفلكية	321
مختبر الفضاء	322
دليل مراجعة الفصل	323
تقويم الفصل	324
اختبار مقنن	326

## الفصل 4

### الأحافير والتأريخ الصخري

4-1: تعريف الأحافير وشروطها	330
4-2: طرق حفظ الأحافير وأهميتها	334
4-3: السجل الصخري	338
4-4: العمر النسبي والعمر المطلق	343
علم الأرض والتقنية	355
مختبر الجيولوجيا	356
دليل مراجعة الفصل	357
تقويم الفصل	359
اختبار مقنن	362





# قائمة المحتويات

## مرجعيات الطالب

432	صفات المعادن ذات البريق الفلزي
433	صفات المعادن ذات البريق الالافلزي
434	خواص الصخور
435	سلم الزمن الجيولوجي
436	المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
438	خريطة ظهور المحيطات
440	حدود الصفائح
442	جيولوجية شبه الجزيرة العربية
444	الحرات في المملكة العربية السعودية
448	المصطلحات

## الفصل 5

### الطاقة ومصادرها

364	5-1: النفط والغاز وأماكن وجودهما
374	5-2: طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصهما
378	5-3: أنواع الطاقة المتجددة
385	5-4: الطاقة النووية
	الجافورة أكبر حقل للغاز غير المصاحب في المملكة العربية السعودية
390	مختبر الجيولوجيا
391	دليل مراجعة الفصل
392	تقويم الفصل
394	اختبار مقنن
396	

## الفصل 6

### جيولوجيا المملكة العربية السعودية

400	6-1: صخور المملكة العربية السعودية
408	6-2: الصفيحة العربية وتكويناتها
415	6-3: المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية
423	جبال طويق
424	مختبر الجيولوجيا
425	دليل مراجعة الفصل
426	تقويم الفصل
428	اختبار مقنن



# المجموعة الشمسية

## The Solar System

1

الفصل

**الفكرة العامة** تدور معظم أجرام النظام الشمسي حول الشمس في مدارات شبه دائرية في نفس المستوى تقريبًا.

### 1-1 الكواكب الداخلية

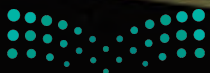
**الفكرة الرئيسية** تتشابه الكواكب الداخلية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الصخري وحجمها الصغير وقلة توابعها.

### 1-2 الكواكب الخارجية والأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي

**الفكرة الرئيسية** تتشابه الكواكب الخارجية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الغازي وحجمها الكبير ووفرة توابعها.

### حقائق فلكية

• هناك خمسة كواكب قزمة رئيسة في النظام الشمسي، واحد منها فقط يقع في حزام الكويكبات، وهو (سيريس)، أما الكواكب الأخرى: بلوتو، وماكيماكي، وهوميا، وإيريس، فموجودة في حزام كويبر، وبعض هذه الكواكب القزمة لها أقمارها الخاصة.



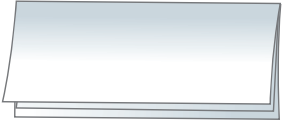
## نشاطات تمهيدية

اصنع المطوية الآتية لتقارن بين الكواكب  
الداخلية والخارجية.

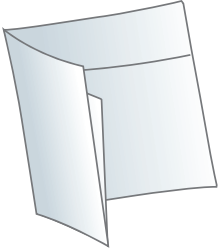
### المطويات

منظّمات الأفكار

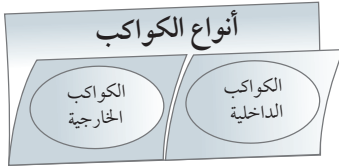
**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي  
للورقة طولياً بمقدار 3 سم ثم  
اضغط على الجزء المطوي إلى  
أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة إلى  
جزئين متساويين.



**الخطوة 3** ألصق الجزء  
المثنى من الورقة من الجوانب  
لعمل جيبن وعنوانها  
بأنواع الكواكب: الداخلية  
والخارجية.



استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 1-1 و 2-1  
لتتعرف على خصائص كل نوع كالبنية والحجم و عدد  
التوابع.

## تجربة استهلاكية

**كيف يحافظ الكوكب على مداره حول الشمس؟**

تدور الكواكب حول الشمس في مسارات إهليجية تختلف  
من كوكب لآخر في مستوى الدوران وحتى المذنبات  
والشهب عندما تجوب النظام الشمسي فإنها تسلك مساراً  
بيضاوياً مستقلاً حول الشمس.



### الخطوات

- الأدوات: كرة حديدية بخطاف - ثقل 0.5 كجم
- خيوط قوي - أنبوب بلاستيكي بطول 10 سم.
1. قص خيطاً بطول 1م، ومرره داخل الأنبوب.
2. اربط الكرة الحديدية بالطرف العلوي للخيط.
3. اربط الثقل بالطرف السفلي للخيط.
4. امسك الأنبوب بيدك واجعل الثقل يتدلى.
5. قم بتدوير الكرة الحديدية مع تثبيت الأنبوب.

### التحليل

1. ماذا تلاحظ عندما تزيد أو تقلل من تدوير الكرة؟
2. لماذا تدور الكرة في مسار دائري فقط بتأثير سحب  
الثقل الموصول بها.
3. قارن بين حركة الكرة ومحافظتها على مسارها  
الدائري وحركة الكواكب حول الشمس.







# 1-1

## الكواكب الداخلية

### The inner planets

#### الأهداف

- يقارن بين أغلفة الكواكب الداخلية.
- يحسب زمن بعد الكواكب عن الشمس بالوحدة الفلكية.
- يفسر الدوران التراجعي للزهرة.

#### مراجعة المفردات

**البعثات الكوكبية:** هي مشاريع تهدف إلى دراسة الكواكب القريبة من كوكب الأرض؛ وذلك بإرسال مركبات فضائية لدراسة خصائص هذه الكواكب.

#### المفردات الجديدة

- الكوكب القزم
- الوحدة الفلكية
- الكواكب الداخلية
- دوران تراجعي
- الحركة التراجعية

**الفكرة الرئيسية** تتشابه الكواكب الداخلية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الصخري، وحجمها الصغير، وقلة توابعها.

**الربط مع الحياة** تنتمي الأرض إلى مجموعة الكواكب الداخلية، التي تشمل عطارد والزهرة والمريخ. ونرى هذه الكواكب في سائنا بكل وضوح بعد غروب الشمس وخاصة كوكب الزهرة الذي يدعى بنجمة المساء، كما يُشاهد كوكب الزهرة قبل شروق الشمس بمدة زمنية، ويدعى حينئذ بنجمة الصباح.

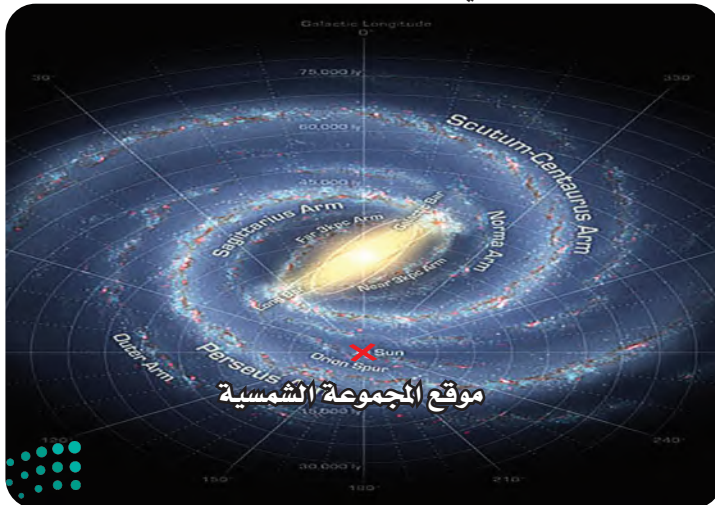
### The Solar System المجموعة الشمسية

المجموعة الشمسية هي العنوان الأول الذي يمكننا أن نحدد عليه موقعنا؛ فنحن نقع ضمن المجموعة الشمسية التي تقع في مجرة درب التبانة، ولكي نكون أكثر دقة، تقع المجموعة الشمسية في حافة ذراع الجبار في مجرة درب التبانة الشكل 1-1.

يقدر عمر المجموعة الشمسية بـ 4.6 مليار سنة، وترتبط بعضها ببعض بالجاذبية، وتتكون من الشمس والكواكب وأقمارها، وأجسام أصغر مثل: الكويكبات، والكواكب القزمة، والمذنبات.

عدد كواكب المجموعة الشمسية ثمانية كواكب، تدور جميعها حول الشمس في عكس اتجاه عقارب الساعة في مدارات إهليجية تقريباً في المستوى نفسه مع وجود الشمس في إحدى البؤرتين.

تقسم الكواكب إلى مجموعتين: الكواكب الداخلية أو (الكواكب الأرضية)؛ لكونها شبيهة بالأرض وهي: عطارد، الزهرة، الأرض والمريخ، والكواكب الخارجية أو (الكواكب الغازية العملاقة)، وهي: المشتري، زحل، أورانوس ونبتون.



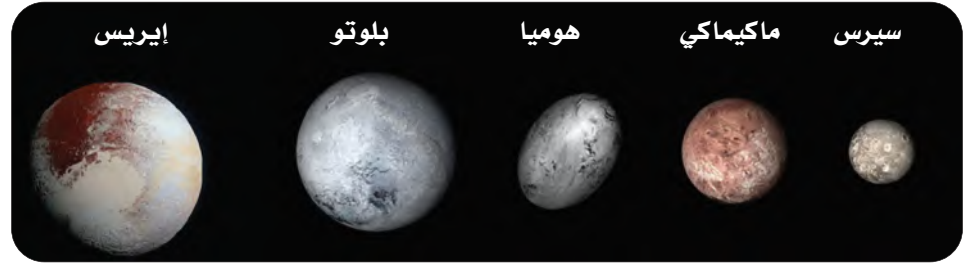
موقع المجموعة الشمسية

الشكل 1-1 صورة افتراضية لموقع المجموعة الشمسية في أحد أذرع مجرة درب التبانة.

قبل عام 2006 كان يعد بلوتو تاسع كواكب المجموعة الشمسية، ولكن بعد التقدم الكبير في التقنية والمسابير الفضائية تم اكتشاف أجرام كثيرة تتشابه مع بلوتو، على إثر ذلك، تم تحديد تعريف للكواكب في عام 2006 من قبل الاتحاد الفلكي الدولي، يمكن للجرم السماوي أن يسمى كوكبًا إذا حقق الآتي:

1. جرم سماوي يدور حول الشمس.
2. له كتلة كافية لخلق جاذبيته الذاتية.
3. خلو محيطه ومداره من أجرام أخرى أكبر حجمًا منه.

وبسبب هذا التعريف، لم يستوف بلوتو الشرط الثالث، حيث إن مداره مشترك مع كوكب نبتون؛ لذا تم إسقاطه من التصنيف، وصنف بالكوكب القزم Dwarf Planets، والكواكب القزمة الشكل 1-2 هي أجرام سماوية ذات قطر صغير تدور حول الشمس وبسبب صغر حجمها وضعف جاذبيتها يشترك مدارها مع أجرام أخرى.



الشكل 2-1 الكواكب القزمة في نظامنا الشمسي.



(IAU) الاتحاد الفلكي الدولي هو السلطة المعترف بها رسميًا في علم الفلك الحديث لتعيين التسميات للأجرام السماوية، مثل: النجوم، والكواكب، والكواكب القزمة بما في ذلك أي ميزات على سطحها، وفي ظل الحاجة لأسماء لا لبس فيها للأجسام الفلكية، فقد أنشأ الاتحاد الفلكي الدولي عددًا من الأنظمة للتسمية المنهجية للأجرام المختلفة الأنواع.

لقياس بعد الكواكب عن الشمس لابد من استخدام وحدة أخرى مختلفة عن القياسات الأرضية؛ وذلك بسبب البعد الهائل لها، لذا يتم استخدام الوحدة الفلكية (Astronomical Unit AU) وهي متوسط المسافة بين الأرض والشمس وتساوي 150 مليون كم، أي أن المسافة بين الأرض والشمس عبارة عن وحدة فلكية واحدة، ويمكننا معرفة الوقت الذي يستغرقه ضوء الشمس للوصول إلى الأرض باستخدام المعادلة (1)

$$t = \frac{d}{v} \quad (1)$$

حيث إن d هي المسافة، و v هي سرعة الضوء  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

$$t = \frac{1.5 \times 10^{11} \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 500 \text{ s} \quad (2)$$



ويمكن تحويل الثانية إلى دقائق بالقسمة على 60

$$t = \frac{500}{60} = 8.3 \text{ min} \quad (3)$$

أي إن ضوء الشمس يستغرق 8 دقائق و20 ثانية للوصول إلى الأرض. وتختلف مدة وصول أشعة الشمس للكوكب بحسب بعده عن الشمس الشكل 3-1 يوضح ترتيب الكواكب.



## الكواكب الداخلية The inner planets

**الكواكب الداخلية Inner planets** هي كواكب صخرية، تشابه في التركيب مع كوكب الأرض (لب من الحديد والنيكل، وستار، وقشرة)، تشترك في بعض الخصائص، فهي كواكب تدور ببطء، ولا توجد حولها حلقات، ولها عدد قليل من الأقمار كما أنها صغيرة وذات كتلة ضئيلة، لذا ينتج عنها جاذبية أقل مقارنة بالكواكب الخارجية.

### عطارد Mercury

أصغر كواكب المجموعة الشمسية وأقربها إلى الشمس، وهو أكبر بقليل من قمر الأرض، يدور كوكب عطارد حول نفسه ببطء، كما يدور حول الشمس بسرعة عالية بسبب تأثير جاذبية الشمس عليه.

### التركيب

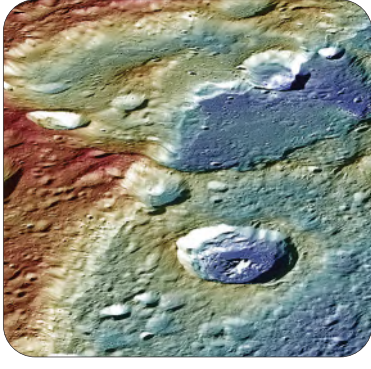
يحوي عطارد على نواة من الحديد كبيرة نسبياً حوالي 85٪ من قطر الكوكب؛ مما يولد مجالاً مغناطيسياً، لكنه أقل 100 مرة من المجال المغناطيسي للأرض، ويحوي أيضاً على ستار وقشرة.

### الغلاف الجوي

يمتلك عطارد غلاف جوي رقيق وضعيف للغاية، ويتكون من الأوكسجين (42٪) والصوديوم (29٪) والهيدروجين (22٪) والهيليوم (6٪) مع (1٪) خليط من العناصر الأخرى.

الشكل 3-1 ترتيب كواكب المجموعة الشمسية (لا تمثل الأبعاد الحقيقية).





الشكل 4-1 صورة للجزء المركزي من منحدر كارنيجي رويس Carnegie Rupes وهو شكل أرضي تكتوني كبير يخترق فوهة دوتيشو.

## الحرارة

درجات الحرارة على سطح عطارد شديدة الحرارة وشديدة البرودة، إذ تصل درجة الحرارة إلى  $430^{\circ}\text{C}$  نهارًا و  $-180^{\circ}\text{C}$  ليلاً.

## السطح والتضاريس

يتميز سطح عطارد بوجود فوهات ناتجة عن اصطدام النيازك والمذنبات؛ وذلك لضعف غلافه الجوي ويشابه بذلك سطح القمر، وبين هذه الفوهات توجد سهول شاسعة ملساء. كما يوجد في سطحه العديد من المنخفضات والأحواض المحاطة بالجبال، وأشهر هذه الأحواض: حوض كالوريس (Caloris) ذو قطر 1550 كم. كما توجد أيضًا جروف ومنحدرات مثل منحدر كارنيجي رويس (Carnegie Rupes) الشكل 1-4، كما أثبتت البعثات الاستكشافية أيضًا وجود جليد مائي في قطبي عطارد.



## حقائق عن كوكب عطارد:

نصف القطر: 2440 كم.

بعده عن الشمس: 0.4 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه: 59 يوم أرضي.

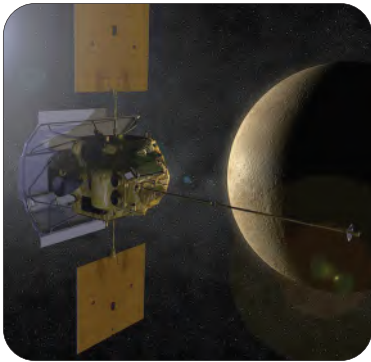
مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 88 يومًا.

الأقمار: لا يوجد.

الحلقات: لا يوجد.

## مهام استكشافية لكوكب عطارد

- في عام 1973 أرسلت أول مهمة استكشافية إلى عطارد، وهي مركبة (مارينر 10 - Mariner 10) التي تمكنت من تصوير 45% من سطح عطارد، وكانت تهدف إلى دراسة الغلاف الجوي (إن وجد) وخصائص السطح الفيزيائية، وكشفت المركبة عن السطح الشبيه بالقمر ودرجات حرارة السطح.



الشكل 5-1 صورة لمركبة ميسنجر.

- في عام 2004، بعد مرور 30 عامًا أرسلت مركبة (ميسنجر - MESSENGER) الشكل 5-1 ووصلت إلى مدار عطارد بعد ست سنوات بهدف استكشاف سطح عطارد، ودراسة الجيولوجيا والمجال المغناطيسي، كان من بين اكتشافاتها الأولية إيجاد كميات كبيرة من الماء في الغلاف الجوي لعطارد، والكشف عن أدلة على نشاط بركاني سابق على السطح والعتور على دليل يشير إلى وجود جليد مائي في قطبي عطارد.

- في عام 2018 وبتعاون وكالة استكشاف الفضاء اليابانية ووكالة الفضاء الأوروبية أطلقت BepiColombo التي ستصل إلى عطارد في عام 2025 بهدف دراسة التركيب الداخلي للكوكب وسطحه.



## الزهرة Venus

ألمع جرم في سماءنا بعد الشمس والقمر؛ لانعكاسيته العالية الناتجة عن غلافه الجوي السميك، وثاني كواكب المجموعة الشمسية وأكثرها تشابهاً مع الأرض، من حيث الحجم والكتلة والكثافة، حيث يبلغ حجمه 95% من حجم الأرض، وتدور الزهرة حول نفسها باتجاه عقارب الساعة بدوران تراجعي **Retrograde rotation** الشكل 6-1 على عكس بقية الكواكب - وهي حركة مدارية أو دورانية لجسم ما في عكس اتجاه دوران جرمه الأساسي الذي يُشكّل الجسم المركزي، لذا تشرق الشمس في الزهرة من الغرب وتغرب من الشرق.

### التركيب

يتشابه كوكب الزهرة مع الأرض في التركيب، إذ يتكون من لب حديدي وستار وقشرة.

### الغلاف الجوي

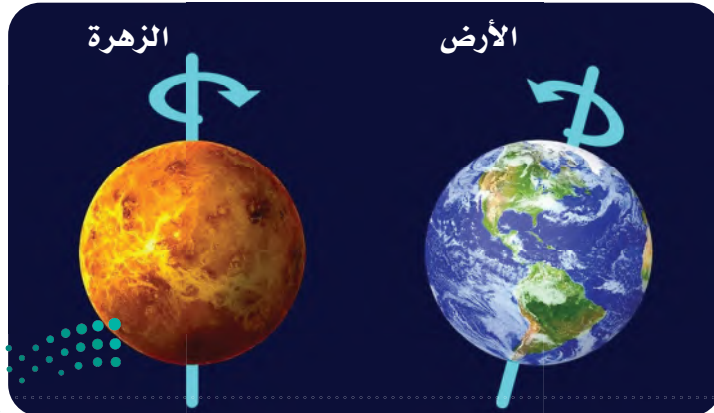
يتكون الغلاف الجوي في الزهرة من ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) بنسبة 97% تقريباً مع حوالي 3% من النيتروجين ( $N_2$ ) وقليل من الغازات الأخرى.

### الحرارة

كوكب الزهرة أشد كواكب المجموعة الشمسية حرارة، بدرجة تصل إلى 480 درجة مئوية بسبب الغلاف الجوي السميك الذي لا يسمح للحرارة بالخروج من سطحه إلى الفضاء الخارجي؛ مما يجعل الزهرة أشد حرارة من عطارد.

### السطح والتضاريس

زودت الرحلات الأخيرة العلماء بالصور الكافية لدراسة الكوكب وسطحه، وقد تبين أن سطح كوكب الزهرة مستو نسبياً مع وجود أراضي مرتفعة وسلاسل جبال شاهقة، وبينت الصور أنه لا يوجد ماء سائل على سطح الكوكب وأمطاره من حامض الكبريتيك الذي يتبخر قبل وصوله إلى السطح، كما أنها دلت على أن حوالي 85% من سطح الكوكب مكون من حمم بركانية.



### الربط مع البيئة

تحتجز الغازات الموجودة في الغلاف الجوي أشعة الشمس، وهذا ما يسمى بتأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)، وتسمى الغازات التي تحتجز الحرارة غازات الدفيئة. ويعد ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  أهم هذه الغازات.

الشكل 6-1 الدوران التراجعي لكوكب الزهرة مقارنة بدوران كوكب الأرض.



### حقائق عن كوكب الزهرة:

- نصف القطر: 6051.8 كم.
- بعده عن الشمس: 0.723 وحدة فلكية.
- مدة دورانه حول نفسه: 243 يومًا.
- مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 224.7 يومًا.
- الأقمار: لا يوجد.
- الحلقات: لا يوجد.

### مهام استكشافية لكوكب الزهرة

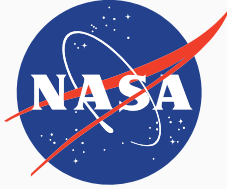
- كوكب الزهرة يعد أول كوكب أرسلت له مركبات فضائية ، وبسبب غلافه الجوي السميك والكثيف كانت دراسة سطحه مهمة صعبة، كما أن حرارة سطحه العالية تصعب على المركبات الفضائية البقاء على سطحه لأكثر من 3 ساعات.
- في عام 1962 تمكنت مركبة (مارينر 10 - Mariner 10) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) من التحليق بالقرب منه، وجمعت خلال ذلك بيانات مهمة عن الكوكب.
- في عام 1967 نجحت مركبة الاتحاد السوفيتي (فينيرا 4 - Venera 4) في الدخول للغلاف الجوي للزهرة، والقيام بالعديد من التجارب العلمية.
- في عام 1982 تمكنت مركبة الاتحاد السوفيتي (فينيرا 13 - Venera 13) من الصمود على سطح الكوكب لأكثر من ساعتين وتمكنت من التقاط الصور الأولى لسطح الكوكب.
- في عام 1985 هبطت مركبة الاتحاد السوفيتي (فيغا 2 - Vega 2) على سطح الكوكب وتمكنت من الصمود لمدة 52 دقيقة.
- في عام 1990 تمكنت مركبة ماجلان التابعة لناسا من دخول مدار الكوكب، والتقطت مناظر أولية واضحة لسطح الكوكب.
- في عام 2006 أرسلت وكالة الفضاء الأوروبية مركبة (فينوس إكسبرس - Venus Express) التي دارت حول الكوكب إلى عام 2014.
- في عام 2016 أرسلت وكالة استكشاف الفضاء اليابانية المسبار (Akatsuki Venus Climate Orbiter) إلى مدار كوكب الزهرة.
- في عام 2020 قدمت مهمة (مسبار باركر الشمسي - Parker Solar Probe) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) قياسات للغلاف الجوي لكوكب الزهرة.



ماذا قرأت؟ فسر لماذا يعد كوكب الزهرة أشد كواكب المجموعة الشمسية حرارة؟

### الإدارة الوطنية للملاحة الجوية

#### والفضاء (ناسا)



هي وكالة فضاء تابعة لحكومة الولايات المتحدة الأمريكية أنشئت في عام 1958م، ومن أبرز إنجازاتها برامج رحلات الفضاء المأهولة وغير المأهولة، كما تدرس ناسا الأرض ومناخها والشمس ونظامنا الشمسي وما وراءه، وتجري الأبحاث والاختبارات لتطوير الملاحة الجوية وتطوير تقنيات الفضاء.





# تجربة

## ما سبب ارتفاع درجة حرارة كوكب الزهرة؟ الأدوات :

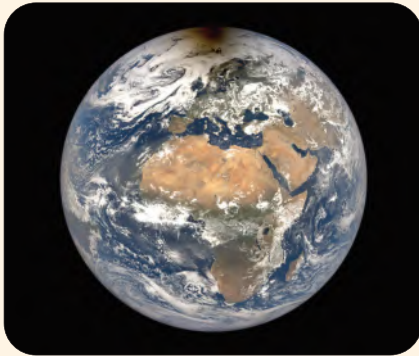
1. عدد 2 مقياس درجة الحرارة.
2. إناء زجاجي مع غطاء يستوعب مقياس الحرارة.
3. ما سبب ارتفاع درجة الحرارة داخل الإناء.
4. هل للون الإناء الشفاف دور مهم في التحكم بدرجة الحرارة داخل الإناء؟
4. قارن بين ارتفاع درجة الحرارة الإناء وبين درجة حرارة كوكب الزهرة.

### خطوات العمل

1. ضع أحد مقاييس درجة الحرارة داخل الإناء وأحكم إغلاقه.
2. ضع الميزان الآخر بجوار الإناء تحت أشعة الشمس مباشرة.
3. سجل درجتي الحرارة لكلا الميزانين بعد مرور عشرين دقيقة.

## الأرض Earth

موطننا والكوكب الذي نعيش فيه، تمت دراسة غلافه وجيولوجيته بقدر كبير.



### حقائق عن كوكب الأرض :

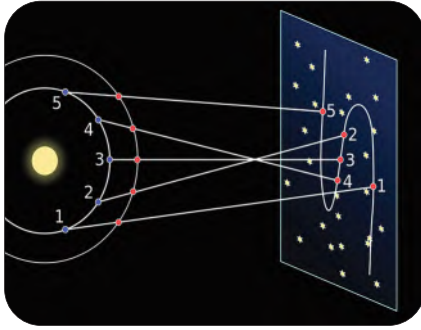
- نصف القطر : 6371 كم.
- بعده عن الشمس : 1 وحدة فلكية.
- مدة دورانه حول نفسه : 23.9 ساعة.
- مدة دورانه حول الشمس : يكمل دورة كاملة في 365.25 يوم أرضي.
- الأقمار : قمر واحد.
- الحلقات : لا يوجد.

## المريخ Mars

الكوكب الرابع وآخر الكواكب الصخرية، يميل محوره 25.19 درجة، وهذا الميل يجعله يتشارك مع الأرض في تغير فصول السنة. لذا كان المريخ المرشح الأفضل لإيواء حياة غير الحياة الأرضية. ولدى الكواكب ذات المدار الأكبر من مدار الأرض ظاهرة تسمى الحركة التراجعية (Retrograde motion)، وهي حركة ظاهرية وهمية تحدث عندما يسبق الأرض كوكب خارجي فيبدو الأخير وكأنه يتراجع عن الأرض وتكون أوضاع



الشكل 7-1 حركة تراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.



الشكل 8-1 مراقبة ورصد الحركة التراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.

في كوكب المريخ بسبب سرعة تغير موقعه مقارنة بالكواكب الأبعد  
الشكل 7-1 والشكل 8-1.

### التركيب

المريخ مثل كوكب الأرض له لب من الحديد والنيكل والكبريت، نصف قطره 1500 km إلى 2100 km ، يحيط باللب ستار، وفوقه قشرة.

### الغلاف الجوي

لدى المريخ غلاف جوي رقيق يتكون من: ثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين، والأرجون.

### الحرارة

متوسط درجة الحرارة في المريخ  $-65^{\circ}\text{C}$ .

### السطح والتضاريس

يسمى كوكب المريخ بالكوكب الأحمر؛ لاحتواء تربة سطحه على أكاسيد الحديد، التي ترتفع كالغبار إلى الغلاف الجوي مما يجعل الكوكب يبدو باللون الأحمر من مسافة بعيدة، وسطح المريخ عبارة عن صحراء باردة وجافة، تغطي الحمم البركانية نصف مساحته تقريباً، كما يمتلك - مثل الأرض - مناطق جليدية عند قطبية. ويصل الماء إلى القطبين على هيئة بخار ويتجمد في طبقات رقيقة تشكل رواسب سميكة.

لدى المريخ أودية عملاقة مثل الوادي الكبير المسمى فالس مارينيرز (Valles Marineris) طوله 4800 كيلومتر وعرضه 320 كيلومتراً وعمقه 7 كيلومترات.

### حقائق عن كوكب المريخ:

نصف القطر: 3390 كم.

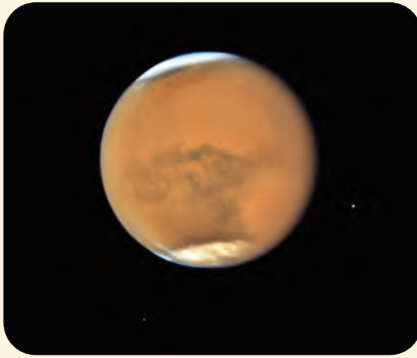
بعده عن الشمس: 1.5 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه: 24.6 ساعة.

مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 687 يوم أرضي.

الأقمار: لديه قمرين فوبوس وديموس.

الحلقات: لا يوجد.



### مهمات استكشافية لكوكب المريخ

تاريخياً، كان يُنظر إلى المريخ على أنه الكوكب الذي يمكن أن يؤوي الحياة؛ لذا كان هو أكثر الكواكب التي أرسل لها مركبات فضائية ومركبات متحركة للتجول في سطحه.



- في عام 1962 أرسلت أول المركبات الفضائية (مارينر 2 - Mariner 2) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) التي تمكنت من التحليق بالقرب من المريخ.
  - في عام 1975 أرسلت مركبة (الفايكنج - Viking) التي شملت مركبتين مدارية ومركبات هبوط لدراسة سطح المريخ.
  - في عام 1997 انطلقت مهمة (Mars Global Surveyor) بكاميرات عالية الدقة.
  - في عام 1997 انطلقت مركبة (باثفايندر - Pathfinder) التي نجحت في الهبوط والتجول في سطح المريخ.
  - في عام 2014 أطلقت وكالة الفضاء الهندية مركبة مدارية للمريخ (MOM).
  - في عام 2021 أطلقت الصين مركبة (تانوين 1-1 - Tianwen 1) التي شملت على مركبة مدارية ومركبة هبوط الشكل 9-1، وهي ثاني دولة تهبط بنجاح على سطح المريخ.
  - في عام 2021 في إنجاز عربي أطلقت الإمارات العربية المتحدة مركبة مدارية للمريخ (مسبار الأمل)
- وتعددت البعثات الفضائية لناسا مثل (كيوريوسيتي - Curiosity) و(إنسايت - InSight) و(مارس أوديسي - Mars Odyssey) و(مافين - MAVEN) كما شاركت وكالة الفضاء الأوروبية في مهمات للوصول إلى الكوكب الأحمر، منها: مركبة (Mars Express Orbiter).



الشكل 9-1 صورة لمركبة هبوط مهمة Tianwen-1

## التقويم 1-1

### الخلاصة

- الكواكب القزمة أجرام سماوية ذات قطر صغير تدور حول الشمس، وبسبب صغر حجمها وضعف جاذبيتها يشترك مدارها مع أجرام أخرى.
- الوحدة الفلكية AU هي متوسط المسافة بين الشمس والأرض وتساوي 150 مليون كم.
- دوران تراجعي حركة مدارية أو دورانية لجسم ما في عكس اتجاه دوران جرمه الأساسي الذي يُشكل الجسم المركزي.
- الكواكب الداخلية هي كواكب صخرية، تتشابه في التركيب مع كوكب الأرض (لب من الحديد والنيكل، وستار، وقشرة). وتشارك في بعض الخصائص.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. لماذا اتجهت أغلب المهمات الفضائية لدراسة كوكب المريخ؟
2. ما الخصائص التي جعلت العلماء يشبهون كوكب عطارد بقمر الأرض؟
3. لماذا يعد سيريس كوكب قزم ولا يصنف ككوكب؟

### التفكير الناقد

كوكب عطارد شديد البرودة ليلاً وتصل درجة حرارته إلى 180° تحت الصفر. اذكر سبب وصوله إلى هذه الدرجة المنخفضة مع أنه أقرب الأجرام إلى الشمس.







# 1-2

## الكواكب الخارجية

### والأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي

## The outer planets and other celestial bodies in our solar system

### الأهداف

- يقارن بين حلقات الكواكب الخارجية.
- يذكر السمات المميزة للكواكب الخارجية.
- يقارن بين الكويكبات والمذنبات.

### مراجعة المفردات

الحلقات: نظام بنائي مكون من الصخور والغبار والجليد، تتميز بها الكواكب الخارجية الغازية.

### المفردات الجديدة

الكواكب الخارجية

الكويكبات

النيازك

الشهب

المذنبات

حزام كويبر

سحابة أورت

### الفكرة الرئيسية

تشابه الكواكب الخارجية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الغازي، وحجمها الكبير ووفرة توابعها.

## الكواكب الخارجية The outer planets

بعد حزام الكويكبات توجد مجموعة من الكواكب تعرف بالكواكب الخارجية **Outer planets**، تتشابه هذه الكواكب في بعض الخصائص، فهي كواكب ذات قطر كبير ومجال مغناطيسي قوي، كما أنها تحوي حلقات وأقمار عديدة.

### المشتري Jupiter

أكبر كواكب المجموعة الشمسية، وهو أكبر من الأرض ب 11 مرة، ويحيط بالمشتري حلقات باهتة ورقيقة. وتعد جاذبيته هي الأكثر شدة بين جاذبية كواكب المجموعة الشمسية، إذ تساوي 2.5 ضعف جاذبية كوكب الأرض، وتمكّن جاذبيته من تفتيت أحد المذنبات المعروف باسم (شوميكر - ليفي 9 / Shoemaker-Levy 9) في عام 1994.

لكوكب المشتري 80 قمرًا، أربعة منها ذات حجم كبير، تم اكتشافها من قبل العالم جاليليو عام 1610، ولذا سميت بأقمار جاليليو، وهم: أيو (Io)، أوروبا (Europa)، جانيميد (Ganymede)، كالستو (Callisto).

قمر المشتري جانيميد يعد أكبر أقمار المجموعة الشمسية، وهو أكبر من كوكب عطارد، الشكل 10-1 يوضح البقعة الحمراء للمشتري وأقمار جاليليو.

### التركيب

يتشابه تركيب المشتري مع تركيب الشمس حيث يتكون من الهيدروجين والهيليوم، ولا يزال غير معروف إذا كان يتكون من لب داخلي. مع زيادة الضغط والحرارة أسفل الغلاف الجوي، يتحول الهيدروجين إلى هيدروجين سائل.

### الغلاف الجوي

الغلاف الجوي للمشتري يتألف من نسبة كبيرة من غاز الهيدروجين (82%).



الشكل 10-1 صورته لكوكب المشتري وأقماره.



والهليوم (17٪) مع نسبة قليلة من الميثان والامونيا وغازات أخرى كما يحوي العديد من الأحزمة والعواصف، وأفضل مثال على ذلك هي البقعة الحمراء المميزة الناتجة عن عاصفة عملاقة مستمرة منذ مئات السنين ذات قطر يساوي ضعف قطر الأرض وعمق 500 كم، ترتفع هذه العاصفة مسافة 8 كم عن السحب المحيطة مما يجعل الفوسفور يتكثف بفعل البرودة ويكون اللون الأحمر المميز لها.

أما بالنسبة لمجاله المغناطيسي، فلدى المشتري مجال مغناطيسي قوي جدًا بسبب دورانه السريع حول محوره.

### الحرارة

متوسط الحرارة في المشتري  $-110^{\circ}\text{C}$ .



### حقائق عن كوكب المشتري:

- نصف القطر: 71492 كم.
- بعده عن الشمس: 5.2 وحدة فلكية.
- مدة دورانه حول نفسه: 10 ساعات.
- مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 11.86 سنة.
- الأقمار: لديه 95-80 قمرًا.
- الحلقات: حلقات باهتة داكنة من الغبار.

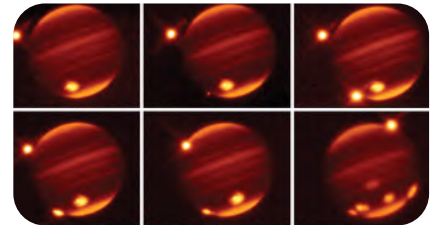
### مهام استكشافية لكوكب المشتري

- تمت زيارة كوكب المشتري من قبل مركبات فضائية في طريقها إلى النظام الشمسي الخارجي ومركبات خاصة أرسلت لدراسته.
- في عام 1973 مرت مركبة (بايونير 10-10) ومركبة (بايونير 11-11) بقرب كوكب المشتري ودرست مجاله المغناطيسي وغلافه الجوي.
- في عام 1979 اكتشفت مركبة (فويجر 1-1) ومركبة (فويجر 2-2) حلقات كوكب المشتري.
- في عام 1995 وصلت المركبة الفضائية (جاليليو) وأسقطت مسبارًا في غلافه الجوي لدراسة أقماره وحلقاته.
- في عام 2011 أطلقت ناسا مركبة (جونو - Juno) لدراسة كوكب المشتري والغلاف المغناطيسي ووصلت في عام 2016.

### إثراء

إنجازات مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية  
وجامعة الملك عبدالعزيز:

بالتعاون مع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وجامعة الملك عبدالعزيز استطاع مرصد صاحب السمو الملكي الأمير مقرن بن عبدالعزيز آل سعود من رصد اصطدام مذنب لوف جوي 9 بكوكب المشتري، وتم عمل تحليل للعناصر الناتجة عن الاصطدام في إنجاز سعودي عام 1415هـ.



المصدر: وكالة ناسا.



## زحل Saturn

سادس كواكب المجموعة الشمسية وثاني أكبر الكواكب بعد المشتري، وهو أكبر من كوكب الأرض بـ 9 مرات، يتميز كوكب زحل بحلقاته الواضحة والتي تتكون من مليارات القطع من الجليد والصخور والغبار بأقطار صغيرة جداً، تتراوح بين السنتيمترات إلى عدة أمتار.

لدى زحل 146 قمراً، أكبر أقماره تيتان، ثاني أكبر أقمار المجموعة الشمسية، وهو القمر الوحيد الذي لديه غلاف جوي مما جعله محط أنظار العلماء لإرسال المهمات الفضائية إليه.

### التركيب

بينت الدراسات الفلكية بأن زحل يتكون من لب صخري محاط بمواد صخرية ومركبات أخرى صلبة مغلفة بطبقة من الهيدروجين السائل.

### الغلاف الجوي

يتكون معظم زحل من الهيدروجين والهيليوم مثل كوكب المشتري مع مكونات ثانوية مثل الماء والأمونيا والميثان. تغطي الغيوم والسحب كوكب زحل وتظهر على شكل خطوط باهتة بدرجات الأصفر والبني والرمادي، كما يظهر على غلافه عواصف وتيارات نفاثة.

لدى زحل مجال مغناطيسي قوي، وهو أقوى بمقدار 578 مرة من المجال المغناطيسي للأرض.

### الحرارة

متوسط درجة الحرارة في زحل  $-140^{\circ}\text{C}$ .



### حقائق عن كوكب زحل:

- نصف القطر: 58232 كم.
- بعده عن الشمس: 9.58 وحدة فلكية.
- مدة دورانه حول نفسه: 10.7 ساعة.
- مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 29.46 سنة أرضية.
- الأقمار: 146 قمراً.
- الحلقات: 3 حلقات رئيسة موزعة على 3 مجموعات.

### مهمات استكشافية لكوكب زحل

زارت أربع مركبات فضائية كوكب زحل:

- في عام 1979 مرت بالقرب منه مركبة (بايونير 11-11) (Pioneers 11).





## إثراء

### وليام هرشل مكتشف أورانوس

ولد وليام هرشل في عام 1738 م، وهو فلكي بريطاني كان رائدًا في رصد الأجرام السماوية، واكتشف كوكب أورانوس الذي كان يظنه في أول الأمر أنه أحد المذنبات، ثم أعاد رصده وأكد أنه كوكب جديد يضاف إلى الكواكب الست التي عرفها الإنسان على مدى قرون مضت.

• في عام 1980 مرت بالقرب منه مركبة (فويجر 1-1 Voyager) ومركبة (فويجر 2-2 Voyager).

• في عام 2004 وصلت مركبة (كاسيني - Cassini) إلى مدار زحل وقامت بدراسته لمدة 13 عامًا، وحملت مسبار (هيجنز - Huygens) وهبط على أكبر أقمار كوكب زحل تيتان عام 2005، وأجرى القياسات الأولية لدراسة طبيعته.

## أورانوس Uranus

سابع كواكب المجموعة الشمسية وأول كوكب تم اكتشافه بواسطة التلسكوب في القرن 16 من قبل عالم الفلك ويليام هرشل الذي كان يعتقد انه مذنب، ما يميز كوكب أورانوس أن محوره يميل في زاوية  $90^\circ$  درجة لذا تشرق الشمس وتغرب فوق كل قطب ويعتقد أن سبب ميل محوره هو تصادمه مع جرم بحجم كوكب الأرض. يتشارك كوكب أورانوس مع كوكب الزهرة في الدوران التراجعي، ويدور مع عقارب الساعة.

يحيط بكوكب أورانوس 13 حلقة خافتة تصنف ب 9 حلقات داخلية و 4 حلقات خارجية.

## التركيب

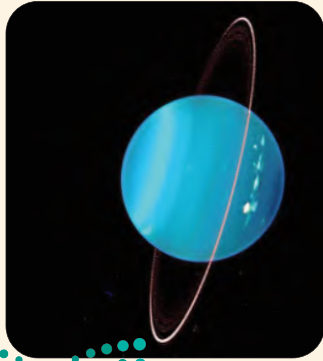
صنف أورانوس بأنه عملاق جليدي، معظم كتلته (80% أو أكثر) عبارة عن سائل كثيف ساخن من المواد الجليدية - الماء والميثان والأمونيا - فوق لب صخري صغير.

## الغلاف الجوي

يشكل الهيدروجين والهيليوم الغلاف الجوي مع 2% ميثان وهو المسؤول عن اللون الأخضر والأزرق للكوكب، حيث يمتص الميثان النطاق الأحمر من ضوء الشمس مما يؤدي إلى ظهور اللون الأزرق والأخضر.

## الحرارة

متوسط درجة الحرارة في أورانوس  $-195^\circ\text{C}$ .



## حقائق عن كوكب أورانوس:

نصف القطر: 25362 كم.

بعده عن الشمس: 19.8 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه: 17.14 ساعة.

مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 84 سنة أرضية.

الأقمار: 27 قمرًا.

الحلقات: 13 حلقة.

## إثراء



مركز الهيدروجين وتخزين الطاقة  
Center for Hydrogen & Energy Storage

### مركز أبحاث الهيدروجين وتخزين الطاقة بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن

وفرة الهيدروجين في أغلفة الكواكب الخارجية جعلت الأنظار تنجس له كطاقة مستقبلية في الفضاء وعلى الأرض، ويعد مركز أبحاث الهيدروجين وتخزين الطاقة بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن المنصة التي يتم من خلالها تطوير التقنيات المختلفة المتعلقة بالاقتصاد المبنى على الهيدروجين؛ للإسهام في تحقيق مصالح ذات أهمية استراتيجية للمملكة العربية السعودية حالياً ومستقبلاً.

## مهام استكشافية لكوكب أورانوس

بسبب بعد كوكب أورانوس لم يحظ ببعثات فضائية كثيرة لدراسته عن قرب، ولكن تمت دراسة حلقاته بواسطة تلسكوب هابل، المهمة الاستكشافية الوحيدة له كانت:

- في عام 1986 حلقت بالقرب منه مركبة (فويجر 2-2 Voyager 2).

## نبتون Neptune

الكوكب الثامن وأبعد الكواكب الشمسية، هو الكوكب الوحيد الذي لا يرى بالعين المجردة، تم اكتشافه بواسطة الحسابات الرياضية في عام 1846 من قبل العالم يوهان غال (Johann Galle) والعالم أوربان لوفاريا (Urbain Le Verrier). يميل محوره 28.3 درجة، لذا يتشارك مع الأرض والمريخ بتعرضه لتغير فصول السنة، ولكن بسبب بعده وطول سنته فإن كل موسم يستمر 40 عامًا.

## التركيب

مثل أورانوس يصنف نبتون بأنه عملاق جليدي، يتشارك معه في تركيبه من خليط متجمد من الماء والميثان والأمونيا، فوق لب صخري صغير، ولكن يختلف عنه في زيادة زرقته، لذا يعتقد أن هناك مكون آخر غير معروف. أما بالنسبة لمجاله المغناطيسي فلدى نبتون مجال مغناطيسي أقوى بحوالي 27 مرة من المجال المغناطيسي للأرض.

## الغلاف الجوي

يتكون الغلاف الجوي لنبتون في الغالب من الهيدروجين والهيليوم مع القليل من الميثان.

## الحرارة

متوسط درجة الحرارة في نبتون  $-200^{\circ}\text{C}$ .

## حقائق عن كوكب نبتون:

نصف القطر: 24622 كم.

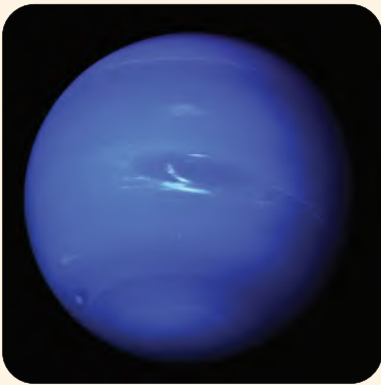
بعده عن الشمس: 30 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه: 15.58 ساعة.

مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 164.79 سنة أرضية.

الأقمار: 14 قمرًا.

الحلقات: 9 حلقات.





الشكل 11-1 موقع حزام الكويكبات.



الشكل 12-1 صورة لكويكب إيروس.

### مهام استكشافية لكوكب نبتون

كما هو الحال مع أورانوس، لم يحظ نبتون سوى بمركبة وحيدة مرت بالقرب منه:

- في عام 1989، في طريقها للخروج من النظام الشمسي حلقت بالقرب من نبتون مركبة (فويجر 2-2 Voyager) التي أكدت أن له حلقات خافتة مثل الكواكب الغازية الأخرى.

### الأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي

## Other celestial bodies in the solar system

### الكويكبات Asteroids

يقع حزام الكويكبات بين كوكب المريخ وكوكب المشتري وهو حزام مليء بالكويكبات Asteroids الشكل 11-1، وهي أجرام صخرية صغيرة غير منتظمة الشكل تدور حول الشمس الشكل 12-1، ويعتقد أن جاذبية كوكب المشتري ساهمت في إبقاء هذه الأجرام في حزام الكويكبات ومن أشهر الأمثلة عليها كويكب فيستا وكويكب سيريس.

### الشهب والنيازك Meteors and Meteorites

ومن الأجرام التي يمكن أن تشكل خطراً على الكواكب هي النيازك Meteorites، وهي جرم صخري ذو حجم صغير الشكل 13-1، يكون



الشكل 13-1 نيزك عثر عليه في صحراء الربع الخالي ويعرض في متحف صقر الجزيرة بالرياض.



الشكل 14-1 صورة لفوهة ناتجة عن ارتطام نيزك في ولاية أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية.

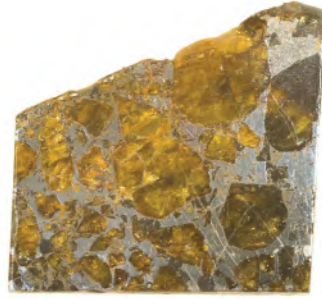


الشكل 15-1 شهب الأسديات.





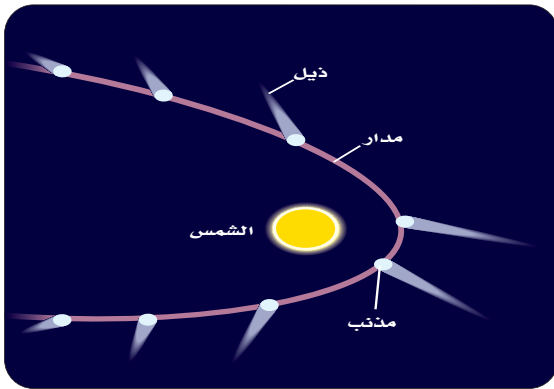
الشكل 1-18 نيزك صخري.  
المصدر: وكالة ناسا.



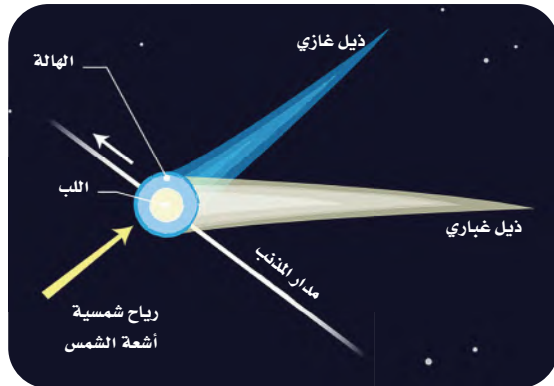
الشكل 1-17 نيزك صخري - حديدي.



الشكل 1-16 نيزك حديدي.  
المصدر: وكالة ناسا.



الشكل 1-19 مدار المذنبات واتجاه ذيل المذنب عند اقترابه من الشمس.



الشكل 20-1 تركيب المذنبات.

مصدره المذنبات أو الكويكبات، تحترق الغلاف الجوي للكواكب وتسقط على السطح محدثة فوهة الشكل 1-14، وعندما يحترق هذا الجرم في الغلاف الجوي قبل أن يصل إلى الأرض يسمى **شهاباً Meteor** ويكون ذيل طويل نتيجة الاحتراق، وتسمى الشهب باسم الكوكبة السماوية التي تهطل من اتجاهها كشهب الأسديات الشكل 1-15.

ويمكن تصنيف الحجارة النيزكية تبعاً لتركيبها إلى ثلاثة أنواع:

◀ نيزكية حديدية: وتتألف من الحديد بنسبة 90% والنيكل الشكل 1-16.

◀ نيزكية صخرية - حديدية: وتتألف من الحديد والنيكل والسيليكات بنسب متساوية لكل منهم الشكل 1-17.

◀ نيزكية صخرية: وتحتوي على نسبة عالية من السيليكات و 10% منها حديد ونيكل الشكل 1-18.

و النيازك الحديدية أكثر وفرة من النيازك الصخرية؛ وذلك حسب ما تم جمعه منها على سطح الأرض.

### المذنبات Comets

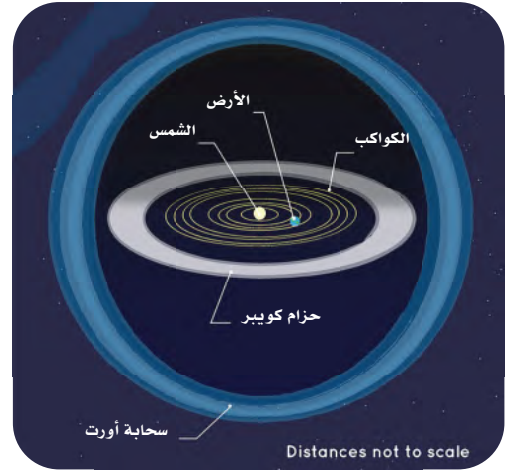
أيضاً من أجرام النظام الشمسي **المذنبات Comets** والتي تمت مراقبتها وملاحظتها منذ القدم، وهي أجرام سماوية تتكون في الغالب من الجليد، تتكون المذنبات من لب من الغازات المتجمدة والغبار لا يزيد عرضه عن بضع كيلومترات عند اقترابه من الشمس يسخن المذنب ويحول الجليد إلى سحابة من الغاز، وبفعل الرياح الشمسية يتشكل ذيل يتجه بعيداً عن الشمس الشكل 1-19 يمتد ذيل المذنب من مئات آلاف الكيلومترات الى مئات الملايين يوضح الشكل 20-1 تركيب المذنب.



وأشهر المذنبات: هو مذنب هالي الذي يمر عبر النظام الشمسي كل 76 سنة، كانت آخر زيارة له في عام 1986، وسيعود لزيارتنا في عام 2061.

يُعتقد أن المذنبات ذات المدارات القصيرة التي تستغرق أقل من 200 عامًا للدوران حول الشمس تتشكل في **حزام كويبر Kuiper belt**، وهي منطقة مليئة بالأجسام الجليدية تقع بعد مدار نبتون.

أما المذنبات ذات المدارات الطويلة فتتشكل في **سحابة أورت Oort cloud** الشكل 1-21 وهي سحابة كروية هائلة تحيط بالنظام الشمسي تقع وراء نبتون وتبتعد عن الشمس 100 إلى 2000 ألف وحدة فلكية، التي يمكن أن يستغرق المذنب 200 - مليون عام للدوران حول الشمس.



الشكل 1-21 مدار المذنبات قصيرة المدى وطويلة المدى. المصدر: وكالة ناسا.

## أثراء

### فضاء اللغة العربية في تسمية الكواكب

يُعكس ثراء اللغة العربية بالمفردات والمسميات للكواكب المعرفة الدقيقة والشاملة بالأجرام السماوية والعلوم الفلكية عند العرب.

حيث اشتقت العرب مسميات الكواكب من صفاتها:

#### عطارد

مشتق من طارد وعطرد: أي سريع الجري ويعود لكونه أسرع الكواكب دوران حول الشمس في المجموعة الشمسية.

#### الزهرة

مشتق من الزهرة: أي شديد البياض ويعود إلى سطوعه لانعكاس ضوء الشمس عليه.

#### المريخ

مشتق من امرخ أي ذي البقع الحمراء ويعود إلى لونه المائل إلى الحمرة بسبب نسبة الحديد العالية فيه.

#### المشتري

مشتق من يستشري: أي يمضي بلا توقف ويعود لكونه أسرع الكواكب دوران حول نفسه في المجموعة الشمسية.

#### زحل

مشتق من زحل تباعد ويعود لكونه أبعد الكواكب المعروفة قديماً عند العرب.

## إثراء

### مذنب هالي في التاريخ الإسلامي

رغم أن الفضل يعود إلى إدmond هالي في اكتشاف مذنب هالي الذي يظهر كل 76 سنة تقريباً، إلا أنه ليس أول من رصده، فالتراث الإسلامي مثلاً يخر بوصف مذنبات كثيرة من بينها «هالي» نفسه، وقد ألف عنه الفيلسوف أبو إسحاق الكندي رسالة بعنوان «رسالة خاصة فيما رصد من الأثر العظيم الذي ظهر في سنة اثنين وعشرين ومائتين للهجرة» كما وصفه ابن الأثير في قوله «في سنة اثنين وعشرين ومائتين للهجرة ظهر عن يسار القبلة كوكب ذو ذنب وبقي يرى نحو أربعين ليلة وكان أول ما طلع من المغرب، ثم شوهد نحو المشرق وكان أبيضاً طويلاً فهاهنا الناس وعظم أمره عليهم». وتحدث الأخبار عن رعب جماعي أصاب الناس في ذلك الوقت اعتقاداً منهم أن كوكباً غريباً سيسقط على الأرض، وحين اختفى عن الأنظار بقي في ذاكرة الناس؛ لدرجة أن أبا تمام ذكره في قصيدته المشهورة «السيف أصدق إنباء من الكتب».



## مختبر تحليل البيانات

### التحليل

المذنب	دورته yr	البعد الحضيضي AU
إنكي	3.3	0.33
يعقوبي- زينر	6.6	1.03
ولف	8.2	2.41
تيمبل - تتل	33.2	0.98
هالي	76	0.59

حدد أي العوامل الواردة أمامك الذي يؤثر بشكل مباشر في تقليل عمر المذنب أثناء دورته حول الشمس ولماذا؟

### التفكير الناقد

هذه المذنبات قصيرة الدورة بعضها يفتت جزء من كتلته مع كل اقتراب له من الشمس، ولكن عندما يبتعد يحافظ عليها مجدداً، ويريد العلماء معرفة أي المذنبات التالية يستطيع البقاء لمدة أطول لعدة سنوات قبل أن يتحطم بالقرب منها في النهاية.

## التقويم 1-2

### الخلاصة

### فهم الأفكار الرئيسية

1. صف شكل واتجاه ذيول المذنبات عند اقترابها من الشمس.
2. ما السبب الرئيسي الذي جعل كوكب أورانوس يدور بزاوية 90 درجة عن مستوى الكوكب؟
3. قارن بين قمر تيتان وبقية أقمار النظام الشمسي في أغلفتها الغازية.

### التفكير الناقد

كيف يتحقق العلماء من مصدر الشهب كونها صادرة عن مذنب أو كويكب؟

### الكتابة في علوم الفضاء

أشهر المذنبات: هو مذنب هالي الذي يمر عبر النظام الشمسي كل 76 سنة، كانت آخر زيارة له للأرض في عام 1986، وسيعود لزيارتنا في عام 2061. ابحث ومن ثم اكتب تقرير عن بنية مذنب هالي خلال آخر زيارة له لنا وهل ما زالت بقايا كتلته تدور حول الشمس. وماذا تسمى؟

الكواكب الخارجية هي المشتري وزحل وأورانوس ونبتون. تتشابه هذه الكواكب في بعض الخصائص، فهي كواكب ذات قطر كبير ومجال مغناطيسي قوي، كما أنها تحوي حلقات وأقمار عديدة.

الكويكبات، هي أجرام صخرية صغيرة غير منتظمة الشكل تدور حول الشمس.

النيازك، هي جرم صخري ذو حجم صغير يكون مصدره المذنبات أو الكويكبات، تحترق الغلاف الجوي للكواكب وتسقط على السطح محدثة فوهة.

تصنيف الحجارة النيزكية تبعاً لتركيبها إلى ثلاثة أنواع:

1. أحجار نيزكية حديدية.
  2. أحجار نيزكية صخرية. حديدية.
  3. أحجار نيزكية صخرية.
- عندما يحترق النيزك في الغلاف الجوي قبل أن يصل إلى الأرض يسمى شهاباً.



# ما مصير مذنبات كروتز

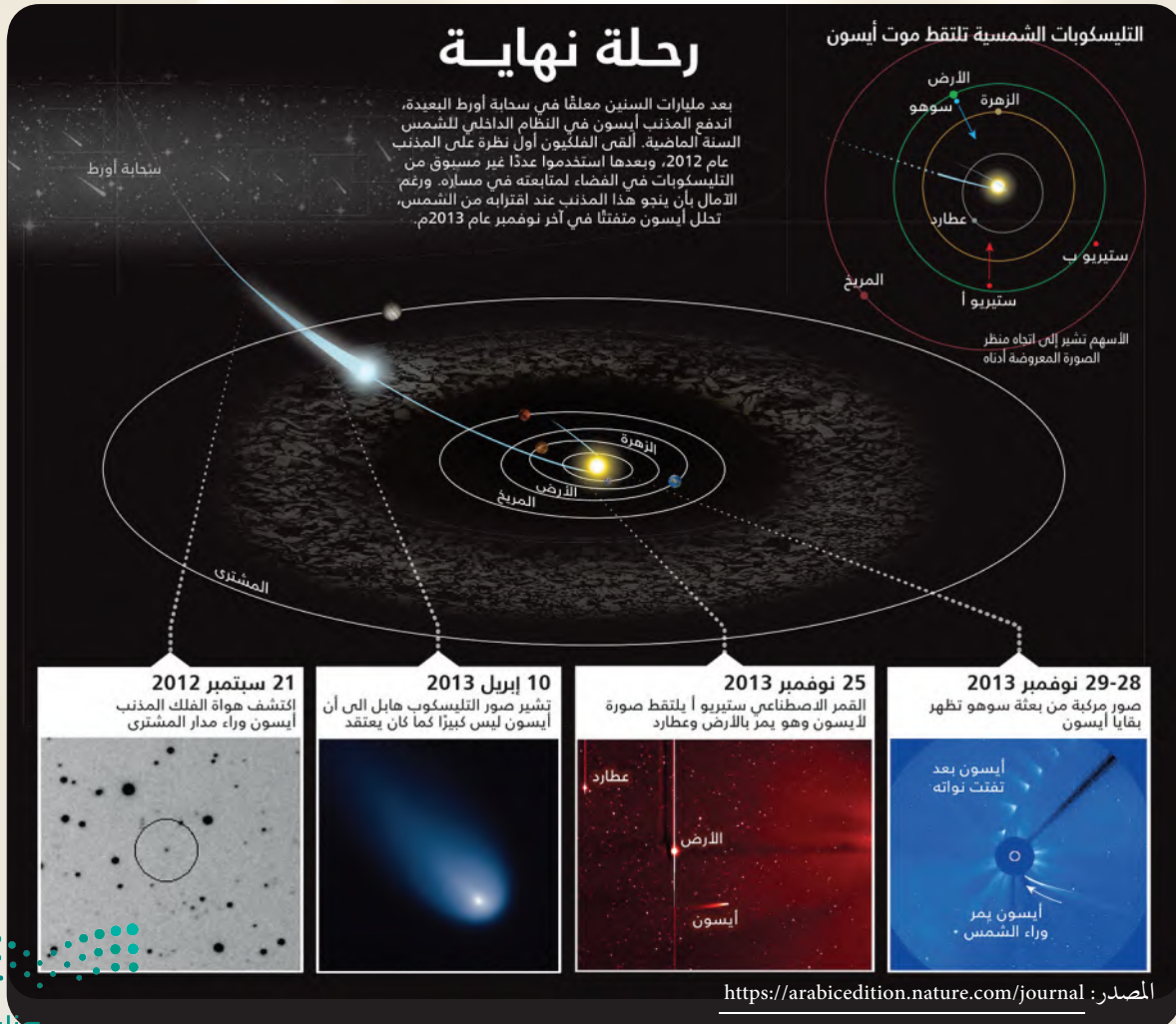
## مذنبات كروتز

والبحث فيها. فالمسبار الشمسي الذي انطلق في عام 1995 يحدد في الشمس عن طريق مجموعة من ثلاثة رواسم للإكليل الشمسي التي تحجب قرص الشمس المركزي، مما يسمح للفلكيين برؤية تفاصيل غلافها الخارجي الوهاج وما حوله.

وغالبية الأجرام والمذنبات التي تدور بالقرب من الشمس تنتمي إلى عائلة (كروتز) من المذنبات، التي سُميت تيمناً بهينريش كروتز وهو عالم فلكي عاش في القرن التاسع عشر، وقام بحساب كثير من مداراتها. ربما ترجع أصول مذنبات كروتز إلى مُذنب واحد تحطّم منذ آلاف السنين، وعند كل مرور بالقرب من الشمس، إما أن تمر بهدوء متجاوزة الشمس وتنجو، أو تغوص في لظى الشمس؛ لتلقى مصيرها إذا اقتربت جداً.

ظلّ مراقبو السماء لعدة قرون يتعرفون على أجرام تختفي بالقرب من الشمس وتعاود البزوغ على الجانب الآخر. في عام 1687، نشر إسحاق نيوتن أول حسابات لمدار الأجرام التي تدور بالقرب من الشمس، مبيّناً أن مُذنب (1680) الهائل قد انتقل وفق قوانين الجاذبية التي وضعها. لكنه لم يكن في عصر الأفهار الاصطناعية حيث يمكن للناس مشاهدة الأجرام والمذنبات التي تدور بالقرب من الشمس عن كثب.

يكشف هواة علم الفلك معظم الأجرام والمذنبات التي تدور بالقرب من الشمس قبل أيام قليلة من مرورها عبر غلاف الشمس، وذلك بغربة الصور الملتقطة عن طريق المركبة الفضائية للرصد الشمسي والغلاف الشمسي - سوهو -



# مختبر الفضاء

## حركة المذنبات حول الشمس

- خلفية علمية** سنقوم خلال هذه التجربة بتصنيع نموذج لمذنب في العمل المدرسي، وسنقوم بدراسة خصائصه الحركية وبنيته والعوامل المؤثرة عليها.
- المواد: ثلج جاف يمكن الحصول عليه من مصنع الغازات. مجفف شعر. رمل. قفازات سميكة. نظارة لحماية العين. حامل.
4. وضع المكون على قاعدة خشبية موضوعة على حامل.
5. ماذا تلاحظ على المخلوط الجاف؟ قارن حالته بحالة المذنب.
6. تشغيل مجفف الشعر على أقل حرارة.
7. توجيه مجفف الشعر على المكون. ماذا تلاحظ؟ قارن حالته بحالة المذنب.
8. تعديل مجفف الشعر إلى حالة السخونة وتعريضه على مخلوط الثلج الجاف.
9. إلى أين يتجه غاز المخلوط؟ (سجل ملاحظتك في كراسة البيانات).
10. ماذا حدث للرمل؟ (سجل ملاحظتك في كراسة البيانات).

## خطوات العمل

1. سكب كمية من الثلج في وعاء بلاستيكي.
2. إضافة الرمل للوعاء.
3. خلط المكونات مع بعضها بيديك بعد لبس القفازات.

الحالة الحرارية	الملاحظات على المخلوط	موقع المذنب من الشمس	اتجاه الذيل الغازي وطوله	اتجاه الذيل الغباري وطوله



# دليل مراجعة الفصل

# 1

# الفصل

**الفكرة العامة** تدور معظم أجرام النظام الشمسي حول الشمس في مدارات شبه دائرية في نفس المستوى تقريباً.

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تتشابه الكواكب الداخلية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الصخري وحجمها الصغير وقلة توابعها.</p> <p>يمكن للجرم السماوي أن يسمى كوكباً إذا حقق الآتي:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• جرم سماوي يدور حول الشمس.</li> <li>• له كتلة كافية لخلق جاذبيته الذاتية.</li> <li>• خلو محيطه ومداره من أجرام أخرى أكبر حجماً منه.</li> </ul> <p>ولحساب مدة وصول ضوء الشمس إلى الكوكب: <math>t = \frac{d}{v}</math> حيث إن <math>d</math> هي المسافة، و <math>v</math> هي سرعة الضوء 300.000 كم / الثانية.</p> <p>الكواكب الداخلية هي:</p> <p>عطارد - الزهرة - الأرض - المريخ.</p>	<p><b>1-1 الكواكب الداخلية</b></p> <p>الكواكب القزمة</p> <p>الوحدة الفلكية</p> <p>الكواكب الداخلية</p> <p>دوران تراجمي</p> <p>الحركة التراجعية</p>
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تتشابه الكواكب الخارجية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الغازي وحجمها الكبير ووفرة توابعها.</p> <p>الكواكب الخارجية هي:</p> <p>المشتري - زحل - أورانوس - نبتون.</p> <p>أجرام أخرى في النظام الشمسي:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• الكويكبات.</li> <li>• الشهب والنيازك.</li> <li>• المذنبات ذات المدارات القصيرة التي تستغرق أقل من 200 عاماً للدوران حول الشمس وتشكل في حزام كويبر.</li> <li>• المذنبات ذات المدارات الطويلة التي تستغرق 200 مليون عام للدوران حول الشمس وتشكل في سحابة أورت.</li> </ul>	<p><b>1-2 الكواكب الخارجية</b></p> <p>الكواكب الخارجية</p> <p>الكويكبات</p> <p>النيازك</p> <p>الشهب</p> <p>المذنبات</p> <p>حزام كويبر</p> <p>سحابة أورت</p>





## أسئلة بنائية

الأسئلة الممتدة:

16. وضح أسباب عدم اعتبار بلوتو من كواكب المجموعة الشمسية؟
17. اشرح ماهي الفروقات بين الكواكب الداخلية والكواكب الخارجية؟
18. فسر سبب ظهور بقعه حمراء ضخمة على كوكب المشتري.
19. اذكر الكواكب التي تدور باتجاه عقرب الساعة، وماذا يطلق على دورانها؟

باستخدام الجدول الآتي:

المذنب	البعد (وحدة فلكية)	مدة دورانه حول نفسه	مدة دورانه حول الشمس
عطارد	0.4	59 يوم	88 يوم
الزهرة	0.723	243 يوم	224.7 يوم
الأرض	1	23.9 ساعة	365.25 يوم
المريخ	1.5	24.6 ساعة	687 يوم
المشتري	5.2	10 ساعة	11.86 سنة
زحل	9.58	10.7 ساعة	29.46 سنة
أورانوس	19.8	17.14 ساعة	84 سنة
نبتون	30	15.58 ساعة	164.79 سنة

20. كم يستغرق زمن وصول ضوء الشمس لكل الكواكب المذكورة أعلاه؟

## مراجعة المفردات

المفاهيم:

1. جرم سماوي ذو قطر صغير يدور حول الشمس بمدارات مشتركة مع أجرام أخرى.....
2. وحدة فلكية تستخدم لقياس المسافات الهائلة في النظام الشمسي وتساوي 150 مليون كم.....
3. دوران الكوكب باتجاه عقارب الساعة.....
4. منطقة مليئة بالأجسام الجليدية تقع بعد مدار نبتون، وهي منشأ المذنبات قصيرة المدى.....
5. جرم ذو حجم صغير يخترق الغلاف الجوي للأرض.....

قارن بين كل من:

6. الكوكب القزم والكويكب.
7. الحركة التراجعية الدورانية والحركة الدورانية المدارية الظاهرية.

## تثبيت المفاهيم الرئيسية

8. أي الكواكب هي الأبطأ في الدوران حول محورها؟
9. أي الكواكب هي الأسرع في الدوران حول نفسها؟
10. لماذا كوكب نبتون هو الأبطأ في إكمال دورة كاملة حول الشمس؟
11. ما هو أقرب كوكب إلى الأرض عند لحظة معينة؟
12. كيف نستطيع تحديد الفترة المدارية للمذنب؟
13. لماذا يظهر كوكب أورانوس باللون الأخضر والأزرق؟
14. ما الدور المهم الذي يقوم به المشتري لحماية كوكب الأرض؟
- علل ما يلي:
15. لماذا كوكب الزهرة أشد حرارة من كوكب عطارد على الرغم من قرب عطارد للشمس؟



## سؤال تحفيز

23. ما السبب الرئيس في قلة توابع الكواكب الداخلية؟

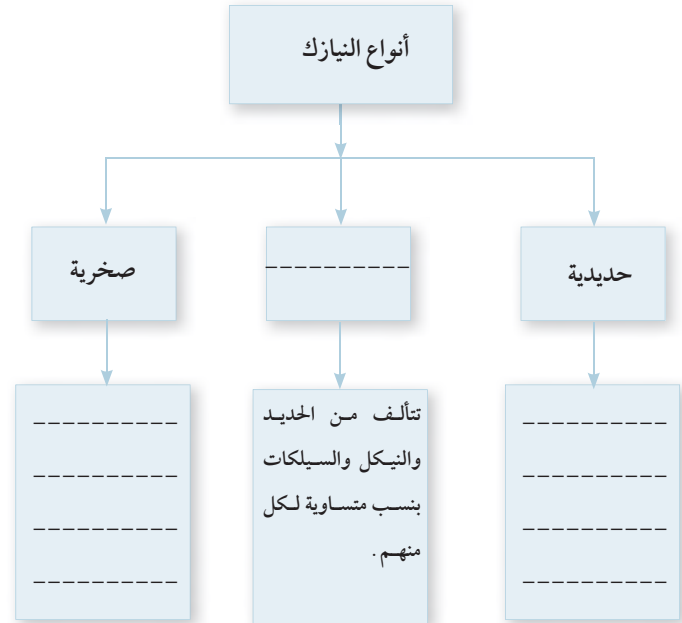
## التفكير الناقد

تمكّنت جاذبية المشتري من تفتيت أحد المذنبات المعروف باسم (شوميكس-ليفى 9) .

21. ما العوامل التي قد تساعد كوكب المشتري في جذب المذنبات إليه؟

## خريطة مفاهيمية

22. أكمل خريطة المفاهيم:



# اختبار مقنن

7. أكبر أقمار المجموعة الشمسية:

- a. القمر.
- b. جانيמיד.
- c. أوروبا.
- d. تيتان.

## أسئلة الإجابات القصيرة

8. من أين تأتي معظم المذنبات؟

9. ما هو حزام الكويكبات وأين يقع؟

## القراءة والاستيعاب

يتكون المذنب من الأجزاء الآتية:

**اللب** (الجزء الصلب من المذنب): وهو يتكون من جزيئات مجمدة من الماء وثنائي أكسيد الكربون والشادر والميثان.

الهالة: تظهر عند اقتراب المذنب من الشمس، حيث تتكون غيمة كروية الشكل من الغازات المتألفة بالضوء نتيجة تبخر الغازات المتجمدة حول اللب بسبب طاقة الشمس.

**الذيل:** أثناء اندفاع أجزاء من الرأس بعيداً عن اللب فإنه يتكون ما يسمى بالذيل المتوهج ويتحرك بعكس اتجاه الشمس، وغالبية المذنبات لها ذيلان أحدهما يسمى الذيل الغباري، وهو يتكون من جسيمات الغبار التي تعد شوائب في مادة اللب (كما أشرنا إليه سابقاً)، أما الذيل الآخر فيطلق عليه اسم الذيل الغازي ويتكون من أيونات تتأثر بالرياح الشمسية، وهو يتخذ شكلاً مستقيماً بسبب قوة المجال المغناطيسي للرياح الشمسية.

10. عدد أنواع الذيل للمذنبات مع ذكر صفات كل ذيل؟

11. ما الذيل في المذنب الذي يتأثر بالرياح الشمسية؟

12. ما سبب ظهور هالة المذنب؟

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. يقدر عمر الشمس ب:

- a. مليون سنة.
- b. 4.6 مليار سنة.
- c. 4.7 مليون سنة.
- d. مليار سنة.

2. أبطأ الكواكب في فترة الدوران حول محورها:

- a. الزهرة.
- b. الأرض.
- c. أورانوس.
- d. المشتري.

3. أي الكواكب فترة دورانها حول نفسها أطول من فترة دورانها حول الشمس؟

- a. الزهرة.
- b. عطارد.
- c. زحل.
- d. المشتري.

4. أي الكواكب الأشد حرارة؟

- a. الزهرة.
- b. المشتري.
- c. المريخ.
- d. الأرض.

5. جانيמיד هو أحد أقمار كوكب:

- a. زحل.
- b. المشتري.
- c. المريخ.
- d. أورانوس.

6. تم تصنيف بلوتو بأنه:

- a. كوكب.
- b. كويكب.
- c. كوكب قزم.
- d. مذنب.





**الفكرة العامة** يدرس العلماء الشمس كنجم ذي أهمية كبرى للأرض وكمفتاح لإدراك تركيب النجوم التي يتعذر رصدها عن كثب.

### 2-1 الشمس

**الفكرة الرئيسة** تصورنا لبنية الشمس ناشئ عن أرصاد مباشرة لطبقاتها الخارجية إضافة إلى حسابات نظرية غير مباشرة لسلوك الغازات في أعماقها.

### 2-2 النشاط الشمسي

**الفكرة الرئيسة** تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض.

### حقائق فلكية

- في عمليات الاندماج النووي يتم تحويل 600 مليون طن من الهيدروجين إلى 596 مليون طن من الهيليوم، ويتم إطلاق 4 ملايين طن المتبقية كإشعاع.
- تقدر الطاقة التي تخرج من أحد التوهجات الشمسية بما يضاهي الطاقة التي تحتاجها البشرية لمدة مائة عام.

تم الجمع بين المناطق النشطة على الشمس لتبدو وكأنها وجه بتاريخ 8 أكتوبر 2014 تظهر المناطق النشطة أكثر إشراقاً لأن هذه المناطق ينبعث منها المزيد من الضوء والطاقة.

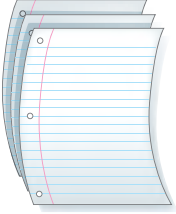


## نشاطات تمهيدية

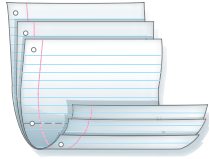
اصنع المطوية الآتية لتقارن بين طبقات الشمس.

### المطويات

منظّمات الأفكار



**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي للورقة طويلاً بمقدار 3 سم ثم اضغط على الجزء المطوي الى أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة الى ستة أجزاء رئيسية متساوية.



**الخطوة 3** ألصق الجزء المثنى من الورقة من الجوانب لعمل 6 جيوب وعنوانها بطبقات الشمس: اللب، الاشعاع، الحمل الحراري، الغلاف الضوئي، الاكليل والكروموسفير.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 2-1 لتتعرف على خصائص كل نوع كالبنية ودرجة الحرارة والسّمك.

## تجربة استهلاكية

كيف يتم حماية الأرض من الرياح الشمسية؟

تؤثر الرياح الشمسية المكونة من جسيمات متأينة على أغلفة الكواكب، مما قد يسبب إتلافاً لها لولا وجود مجالات مغناطيسية قوية تكون درعاً واقياً لبعض الكواكب.



### الخطوات

الأدوات: برادة حديد - مغناطيس - ورقتان بمقاس A4.

1. غط المغناطيس بالورقة الأولى.
2. اثن الورقة الثانية وضع عليها البرادة الثانية.
3. أمسك الورقة الثانية على بعد 15 سم من المغناطيس.
4. انثر برادة الحديد باتجاه المغناطيس المغطى بالورقة الأولى.

### التحليل

5. ماذا تلاحظ؟ فسر ما لاحظته؟
6. ما هي العلاقة بين ملاحظتك لأثر المغناطيس ومجال الأرض المغناطيسي؟





## The Sun

## الشمس

# 2-1

### الأهداف

- يحدد طبقات الشمس الداخلية.
- يذكر سلسلة عمليات الاندماج النووي للشمس.
- يحدد طبقات الشمس الخارجية.
- يقارن بين درجات حرارة طبقات الشمس الخارجية.

### مراجعة المفردات

**البروتون:** جسيم موجب الشحنة، ويعد أحد مكونات نواة الذرة.

### المفردات الجديدة

- علم البيئة الفضائية.
- سلسلة بروتون-بروتون ديو تريوم.
- منطقة الإشعاع.
- منطقة الحمل الحراري.
- الغلاف الضوئي.
- الطبقة الملونة.
- الإكليل.
- الدوران التفاضلي للشمس.

**الفكرة الرئيسية** تصورنا لبنية الشمس ناشئ عن أرصاد مباشرة لطبقاتها الخارجية إضافة إلى حسابات نظرية غير مباشرة لسلوك الغازات في أعماقها.

**الربط مع الحياة** الشمس نجم متوسط الحجم والكتلة والحرارة، وقد سخرها الله سبحانه وتعالى لتكون مصدر الطاقة الأساسي حيث توفر الحرارة والضوء للأرض قال تعالى: ﴿وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ يَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى﴾ سورة الرعد الآية: 2.

ولا تختلف الشمس عن أي من النجوم التي نراها ليلاً، إلا أنها النجم الأقرب للأرض مقارنة بالنجوم الأخرى؛ ولذلك تمكنا من دراستها بالتفصيل.

## البيئة الفضائية Space Environment

يمكن تعريف علم البيئة الفضائية **Environmental Space Science** على أنه العلم الذي يتعامل مع الظروف المتغيرة مكانياً وزمانياً في النشاط الشمسي والغلاف المغناطيسي الأرضي والأيونوسفير، والتي قد تلحق الضرر بالنظم التكنولوجية في الفضاء وعلى الأرض. ولابد أولاً من دراسة مصدر نشاط الشمس والرياح الشمسية.

تعد الشمس نجم متوسط الحجم والحرارة والسطوع ويقدر عمرها بـ 4.6 مليار سنة، وهي بمنتصف عمرها أي أن أمامها 5 مليارات سنة أخرى قبل أن تتحول إلى نجم عملاق أحمر، متوسط المسافة بين الشمس والأرض 150 مليون كيلومتر (1 وحدة فلكية) وهي مصدر الطاقة والحرارة لنا الشكل 1-2 وللمجموعة الشمسية، لدراسة الشمس لابد لنا من فهم تركيبها الداخلي والخارجي وفهم عمليات انتقال الطاقة.



الشكل 1-2 الخلايا الشمسية المستخدمة في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.



المرصد الشمسي  
بجامعة الملك عبدالعزيز



يقع المرصد في قبة بقطر 8 m،  
ويقوم الفنيون المتخصصون فيه برصد  
الشمس يوميًا لمراقبة النشاط الشمسي  
من بقع وشواظ، ويتم مشاركة بعض  
الجهات العلمية الدولية بهذه الأرصاد.

الشكل 2-2 سلسلة بروتون-بروتون وتحول  
الهيدروجين إلى هيليوم.

## The Sun's Inner Layers طبقات الشمس الداخلية

الطبقات الداخلية هي الطبقات غير المرئية تحت سطح الشمس وتنقسم إلى:

### اللب The Core

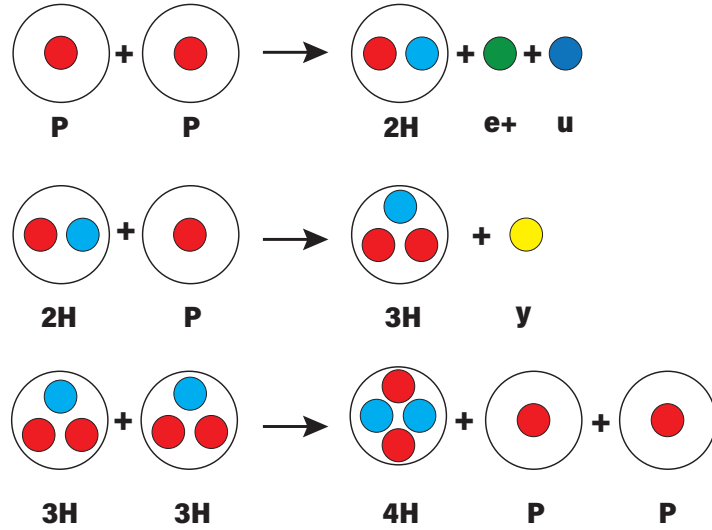
تتكون الشمس من لب ساخن جدًا يصل إلى 15 مليون درجة مئوية ولديه سمك يقدر بـ 0.3 من مركز الشمس. يعد اللب موقع عمليات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم عبر سلسلة من التفاعلات تسمى سلسلة بروتون-بروتون **The Proton-Proton Chain** الشكل 2-2 وهي سلسلة تمر بثلاث مراحل:

#### المرحلة الأولى:

تتصادم نواتي هيدروجين (بروتونين) وتتغلب على تنافرها بسبب سرعتها العالية نتيجة درجة الحرارة العالية في اللب، وتندمج ليتحول أحد البروتونين إلى نيوترون بانبعث البوزيترون (الذي له شحنة موجبة) وينتج أيضًا نواة ديوتيريوم **Deuterium**، وهي نواة تحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد، ويرمز لها  ${}^2_1H$ .

#### المرحلة الثانية:

تصطدم نواة الديوتيريوم بالبروتون، فتندمج لتكوين هيليوم خفيف،  ${}^3_2He$ ، وتنطلق الطاقة على شكل أشعة جاما.



● Proton

● Neutron

● Neutrino

● Positron

● Photon



### المرحلة الثالثة :

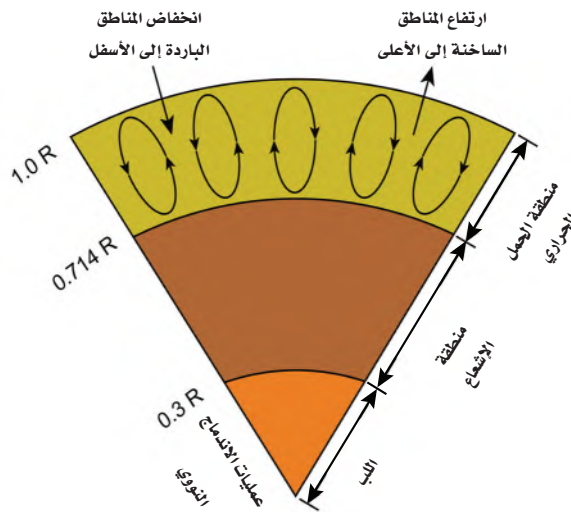
أخيرًا، تصطدم نواتان  $^3\text{He}$  وتندمجان لتكون نواة الهيليوم،  $^4\text{He}$  ويتم إطلاق بروتونين في هذه الخطوة التي تتحد مرة أخرى في سلسلة بروتون-بروتون. بعد هذه التفاعلات وإنتاج الطاقة يمكن أن تستغرق الطاقة المنتجة في اللب ما يصل إلى 50 مليون سنة حتى تشق طريقها عبر منطقة الإشعاع.

### منطقة الإشعاع Radiative Zone

منطقة الإشعاع **Radiation zone** هي المنطقة التي تلي اللب وتقع ما بين 0.3 إلى 0.7 من مركز الشمس، وتعد المسؤولة عن نقل الطاقة من اللب إلى الطبقات الخارجية، وتنتقل الطاقة في هذه المنطقة عن طريق الإشعاع (غالبًا أشعة جاما والأشعة السينية) وتبلغ درجة الحرارة في هذه المنطقة 4 مليون درجة مئوية.

### منطقة الحمل الحراري Convection Zone

فوق منطقة الإشعاع توجد منطقة الحمل الحراري **Thermal convection zone** التي تقع بين 0.7 إلى 1 من مركز الشمس، حيث تكون درجة الحرارة أقل، وتصل إلى 2 مليون درجة مئوية، يتم نقل الطاقة إلى الخارج عن طريق الحمل الحراري ترتفع المناطق الساخنة إلى أعلى. في الوقت نفسه، تنخفض المناطق الباردة إلى الأسفل (مثل الغليان)، ويمكن رؤية حركات الحمل الحراري على السطح على شكل حبيبات. الشكل 2-3 التركيب الداخلي للشمس.



الشكل 2-3 التركيب الداخلي للشمس.



## طبقات الشمس الخارجية The Sun's Outer Layers

الطبقات الخارجية هي الطبقات التي يمكن ملاحظتها، وتمتاز بأنها ذات سمك صغير مقارنة بالطبقة الداخلية، وهي:

### الغلاف الضوئي Photosphere

**الغلاف الضوئي Photosphere** هي الطبقة التي نراها، وتعد أبرد منطقة في الشمس مع درجة حرارة  $5500^{\circ}\text{C}$ ، يتراوح سمكها من 400 Km إلى 500 Km، ونستطيع أن نرى من الشكل 2-4 أنها تحتوي على حبيبات ناتجة عن عمليات الحمل الحراري، قطر هذه الحبيبات 700 Km وتوجد حبيبات عملاقة بقطر 30000Km.

### الطبقة الملونة Chromosphere

**الطبقة الملونة Chromosphere** هي طبقة تقع فوق طبقة الغلاف الضوئي بسمك 2100 Km، ودرجة الحرارة من  $6000^{\circ}\text{C}$  إلى حوالي  $20000^{\circ}\text{C}$ . في درجات الحرارة المرتفعة هذه يصدر الهيدروجين ضوءاً ينبعث منه لون ضارب إلى الحمرة (انبعاث  $\text{H}_\alpha$ ). عادة لا يكون مرئياً بسبب السطوع العالي للفوتوسفير. وبالتالي، لا يمكن رؤية الكروموسفير إلا خلال كسوف الشمس الكامل؛ لأن أثناء الكسوف الكلي يخفي القمر الغلاف الضوئي ويفسح المجال أمام رؤية الكروموسفير المحمر كما في الشكل 2-5.

### الإكليل Corona

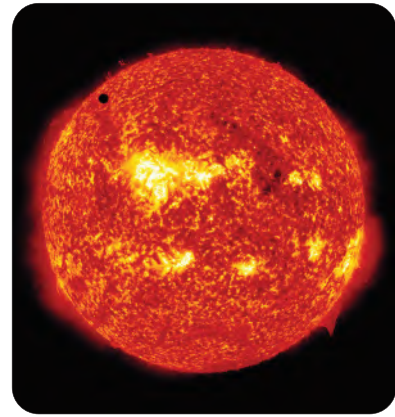
**الإكليل Corona** هي الطبقة الخارجية الأبعد والأشد حرارة بين طبقات الشمس الخارجية، تمتد إلى ملايين الكيلومترات وتبلغ درجة حرارتها حوالي  $2 \times 10^6^{\circ}\text{C}$ ، على الرغم من حرارتها العالية إلا أنها ليست ساطعة؛ وذلك نتيجة لكثافتها المنخفضة، فهي أقل كثافة من كثافة سطح الشمس بحوالي 10 ملايين مرة، لهذا لا يمكن رؤيتها إلا أثناء الكسوف الكلي للشمس الشكل 2-6، أو عن طريق عملية الكسوف



الشكل 2-6 طبقة الإكليل.



الشكل 2-5 طبقة الكروموسفير في الكسوف الكلي.



الشكل 2-4 طبقة الغلاف الضوئي وتظهر الحبيبات في السطح.



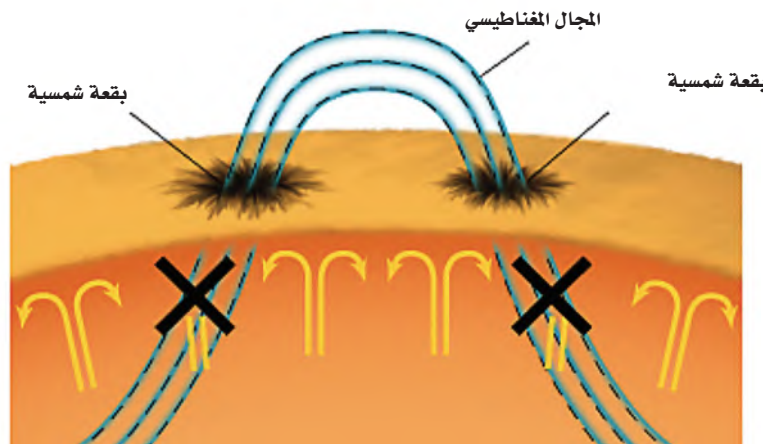
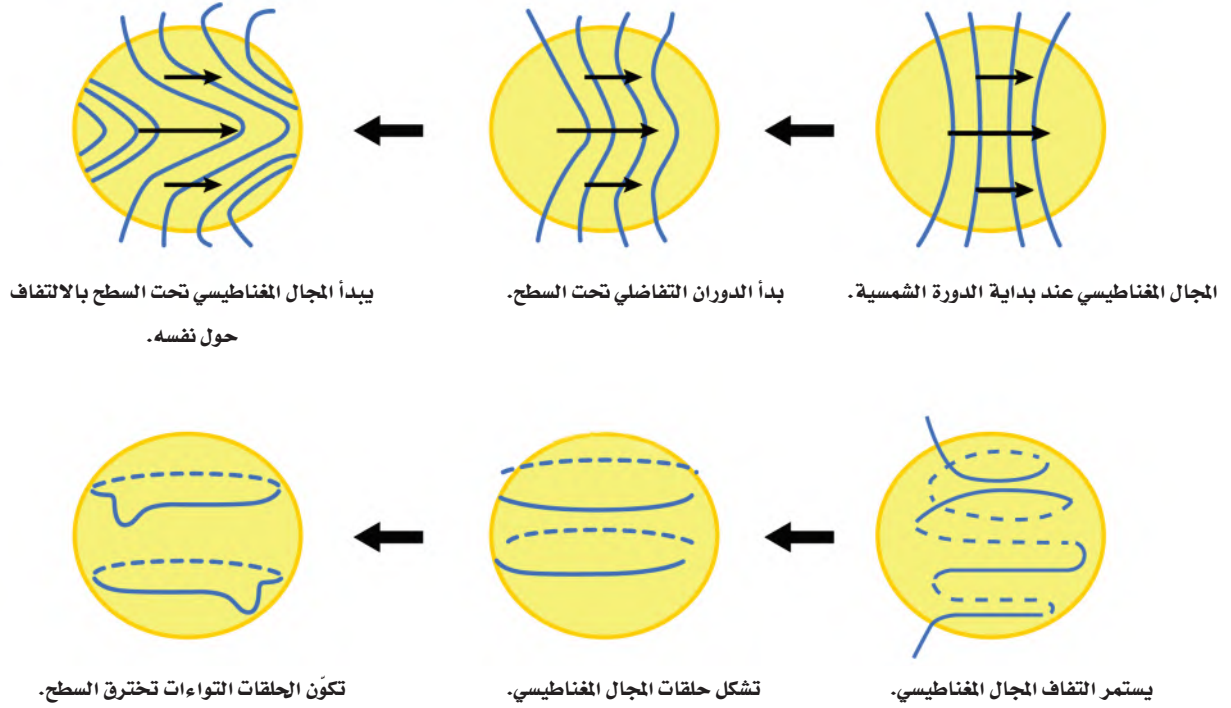


الصناعي التي تتم باستخدام جهاز الكرونوجراف (Chronograph) حيث يحجب قرص الشمس بواسطة قرص معدني.

### الدوران التفاضلي للشمس Solar Differential Rotation

الشمس ليست جسمًا صلبًا، وإنما كرة من الغازات، وبالتالي يختلف معدل دورانها، حيث تبلغ فترة الدوران في المناطق الاستوائية 27 Day تقريبًا، بينما تبلغ 32 Day عند القطبين.

هذا الدوران يسمى **Solar Differential Rotation** الدوران التفاضلي للشمس. ويتسبب في التواء خطوط المجال المغناطيسي معًا مكونًا حلقات تعرف بحلقات المجال المغناطيسي (magnetic field loops)، ومع استمرار دوران الشمس تكون الحلقات تتواءم تحتقرق سطح الشمس لتظهر البقع الشمسية الشكل 7-2.



الشكل 7-2 التواء خطوط المجال المغناطيسي بسبب الدوران التفاضلي للشمس ونشوء البقع الشمسية.



### • من أهداف الرؤية: 1. 3. 2

**السياحة العلمية** من موقع جبل الشعبة في محافظة الأحساء تم رصد ظاهرة كسوف الشمس الحلقي نهاية شهر ديسمبر لعام 2019، في ظاهرة لم تحدث في المملكة منذ 97 عامًا، حيث بدأ مسار الكسوف الحلقي مع شروق الشمس بالمملكة في منطقة تبعد حوالي 180 كيلومترًا غرب مدينة الدمام. فقد تمكن خبراء رصد الشمس من داخل و خارج المملكة من رؤية الكسوف الحلقي مع شروق الشمس لمدة دقيقتين و59 ثانية. وقد شاركت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في رصد الإشعاع الحراري للشمس خلال فترة الكسوف.



## التقويم 1-2

### الخلاصة

#### فهم الأفكار الرئيسية

1. كيف تستمد الشمس طاقتها؟
2. كيف تنتقل الطاقة من اللب إلى الطبقات الخارجية؟
3. ما الفرق بين الطبقات الداخلية والطبقات الخارجية للشمس؟
4. ماذا يعني الدوران التفاضلي للشمس؟

#### التفكير الناقد

لماذا تحدث التفاعلات النووية في باطن الشمس فقط؟

الكتابة في علوم الفضاء

اكتب تقريرًا عن أهمية المسبار في رصد بعض طبقات الشمس، واعرضه على زملاءك.

- علم البيئة الفضائية العلم الذي يتعامل مع الظروف المتغيرة مكانيًا وزمانيًا في النشاط الشمسي والغلاف المغناطيسي الأرضي والأيونوسفير والتي قد تلحق الضرر بالنظم التكنولوجية في الفضاء وعلى الأرض.
- سلسلة بروتون-بروتون هي سلسلة من تفاعلات الاندماج النووي، وتحول الهيدروجين إلى هيليوم.
- الديوتيريوم: هي نواة تحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد، ويرمز لها  $^2_1H$ .
- منطقة الإشعاع هي المنطقة التي تلي اللب، وهي المسؤولة عن نقل الطاقة من اللب إلى الطبقات الخارجية.
- الطبقة الملونة عبارة عن طبقة فوق الغلاف الضوئي بسماك 2100 كم.
- الإكليل هي الطبقة الخارجية الأبعد والأشد حرارة بين طبقات الشمس الخارجية، تمتد إلى ملايين الكيلومترات وتبلغ درجة حرارتها حوالي مليونين درجة مئوية.
- الدوران التفاضلي هو اختلاف معدل دوران الشمس في المناطق الاستوائية عن المناطق القطبية.





## 2-2

### النشاط الشمسي Solar Activity

#### الأهداف

- يذكر طريقة تتبع النشاط الشمسي.
- يعدد الظواهر الشمسية.
- يشرح تأثير النشاط الشمسي على الأرض.

#### الفكرة الرئيسية

تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض.

**الربط مع الحياة** تعد الشمس نجمًا نشيطًا مغناطيسيًا، هذا النشاط المغناطيسي يعد المسؤول الأول عن الظواهر الشمسية التي تؤثر على الغلاف المغناطيسي الأرضي، وعلى طبقة الأيونوسفير وتعطل الاتصالات اللاسلكية والملاحة، وتسبب في حالات انقطاع التيار الكهربائي كما حدث في عام 1989 حينما طغت عاصفة مغناطيسية أرضية مقاطعة كيبيك الكندية؛ تاركة الملايين في الظلام مدة 12 ساعة.

#### دورة النشاط الشمسي Solar Activity Cycle

**دورة النشاط الشمسي Solar Activity Cycle** هي الدورة التي يمر بها المجال المغناطيسي للشمس كل 11 عامًا تقريبًا؛ حيث ينقلب المجال المغناطيسي للشمس تمامًا. هذا يعني أن القطبين الشمالي والجنوبي للشمس يتبادلان الأماكن، ثم يستغرق الأمر حوالي 11 عامًا أخرى حتى ينعكس القطبان الشمالي والجنوبي للشمس مرة أخرى، أي أن الأقطاب تستغرق 22 عامًا للعودة إلى ما كانت عليه.

ويمكن تتبع الدورة الشمسية عن طريق حساب عدد البقع الشمسية، ففي بداية الدورة الشمسية تحتوي الشمس على أقل عدد من البقع الشمسية وتمثل الحد الأدنى، وبمرور الوقت يزداد عدد البقع الشمسية عند منتصف الدورة الشمسية وعندما تحتوي الشمس على أكبر عدد من البقع الشمسية فإنها تصل إلى الحد الأقصى. ومع انتهاء الدورة، تعود مرة أخرى إلى الحد الأدنى ثم تبدأ دورة جديدة.

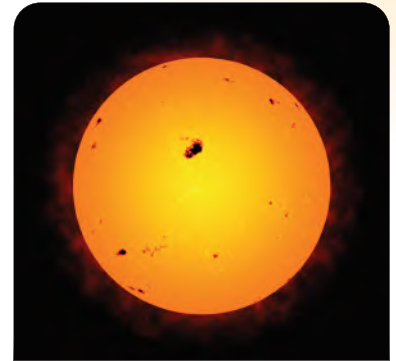
تم توثيق أول نشاط للبقع الشمسية في عام 1755 ومنذ ذلك الحين، تم التعرف على 25 دورة.

#### الظواهر الشمسية Solar Phenomena

النشاط الشمسي مسؤول عن عدد من الظواهر الشمسية منها:

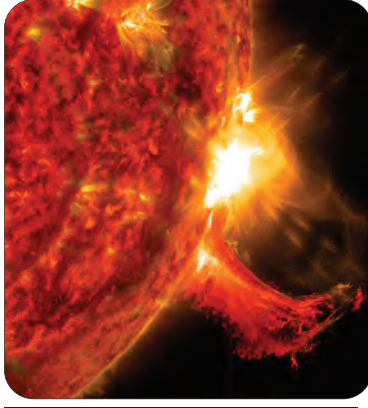
#### البقع الشمسية The Sunspots

تعد **البقع الشمسية The Sunspots** الظاهرة الأكثر وضوحًا عند التقاط صور للغلاف الضوئي للشمس، وهي ظاهرة مؤقتة قد تمكث البقع عدة ساعات فقط على سطح الشمس وقد تمكث عدة أشهر، تميل البقع الشمسية إلى الظهور في أزواج ذات قطبية مغناطيسية متعاكسة، تبدو البقع الشمسية داكنة، وذلك لانخفاض حرارتها عما يجاورها من الفوتوسفير حيث إن درجة حرارتها  $4000^{\circ}\text{C}$  مقارنة بالسطح ذو درجة الحرارة  $5500^{\circ}\text{C}$ ، تسمى المنطقة المركزية للبقعة منطقة الظل (umbra) والمنطقة المحيطة للبقعة منطقة شبه الظل (penumbra) الشكل 8-2 تبدأ البقع الشمسية بحجم صغير ثم يزداد حجمها تدريجيًا إلى أن تصل إلى حجم يزيد عن حجم الأرض، وقد تصل بعض هذه البقع إلى أكثر من 30000Km.

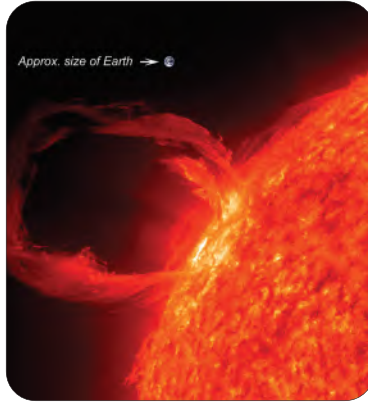


الشكل 8-2 البقع الشمسية على سطح الشمس.

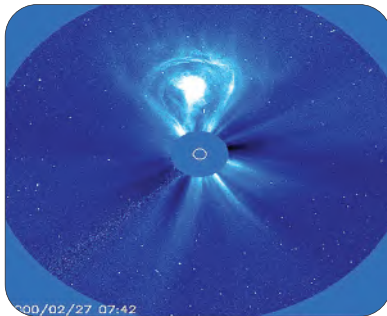
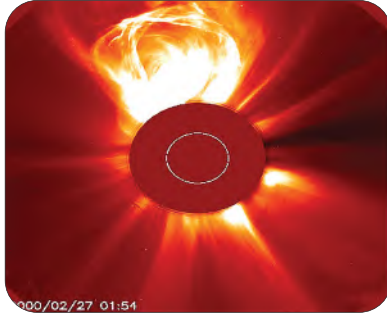




الشكل 9-2 التوهجات الشمسية.



الشكل 10-2 مقارنة بين الحجم التقريبي للأرض مع الشواظ الشمسي.



الشكل 11-2 الانبعاث الكتلي الإكليلي.

## التوهجات الشمسية Solar Flares

غالبًا ما تشابك خطوط المجال المغناطيسي بالقرب من البقع الشمسية وتتقاطع معها وتعيد تنظيمها. يمكن أن يتسبب التشابك في انفجار مفاجئ للطاقة الشكل 9-2 يسمى التوهج الشمسي Solar Flares. تطلق التوهجات الشمسية الكثير من الجسيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.

## الشواظ الشمسي Solar Prominences

الشواظ الشمسي Solar Prominences ظاهرة شمسية عادة ما ترافق البقع الشمسية وتظهر بشكل حلقي بسبب تقوسها مع الحقل المغناطيسي بين البقع الشمسية، والمادة الحلقيّة المتوهجة باللون الأحمر هي البلازما Plasma، وهي غاز ساخن يتكون من الهيدروجين والهيليوم المشحون كهربائيًا. وتنفجر مادة الشمس مندفعة إلى الفضاء بسرعة تصل إلى 1500 Km /s بارتفاع بين (آلاف الكيلومترات - مليون كيلومتر) الشكل 10-2 يوضح حجمها بالمقارنة مع الأرض.

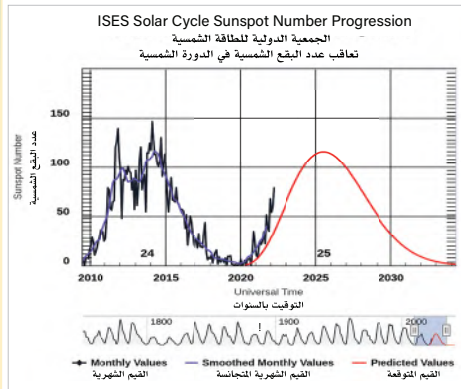
## الانبعاث الكتلي الإكليلي Coronal Mass Emission

هي عملية قذف لكميات كبيرة من مادة الشمس (غازات متأينة غالبيتها إلكترونات وبروتونات) الشكل 11-2، تنتقل من الشمس إلى الفضاء بسرعات عالية من 250 Km /s إلى 3000 Km /s، ويمكن أن تصل إلى كوكب الأرض في غضون 15 ساعة، وهي تصاحب التوهجات الشمسية والشواظ الشمسي.

## مختبر تحليل البيانات

### التحليل

1. أكمل الرسم البياني حسب توقعك للدورات القادمة.
2. هل تتوقع أن تكون الدورة القادمة أشد من سابقتها، وعلى ماذا اعتمدت في إجابتك؟



3. أسفل الرسم البياني يوجد رسم بياني يوضح الدورة الشمسية خلال قرنين من الزمن. في أي عام كانت أشد الدورات الشمسية؟
4. ما العوامل التي بواسطتها استطاع العلماء الحصول على بياناتهم خلال القرنين السابقين؟

✓ ماذا قرأت؟ ماهي طريقة تتبع الدورة الشمسية؟

## تفاعل النشاط الشمسي مع المجال المغناطيسي الأرضي Solar–Terrestrial Interactions

غالباً ما يصاحب التوهجات والشواظ الشمسي قذف كميات كبيرة من الجسيمات المشحونة، عندما تصل إلى الأرض تحدث اضطرابات في مجال الأرض المغناطيسي. هذا القذف الكُتلي مع التوهجات الشمسية يمكن أن يربك الاتصالات الراديوية ويسبب أضراراً للأقمار الصناعية. كما يصاحب هذه الظاهرة شفق قطبي قوي جداً.

### الاتصالات Communications

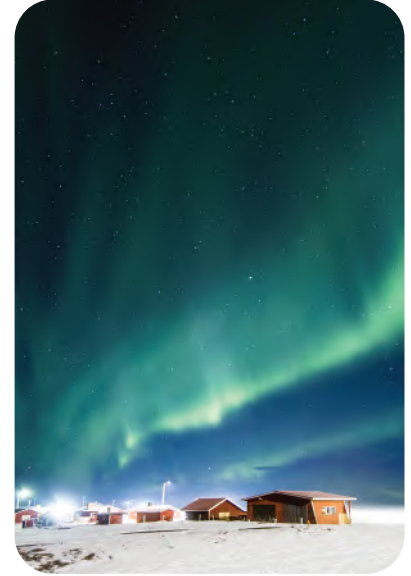
تستخدم العديد من أنظمة الاتصالات طبقة الأيونوسفير لعكس إشارات الراديو عبر مسافات طويلة نظراً لأن الأيونوسفير يتغير أثناء العواصف المغناطيسية، فإن هذه الاتصالات المنعكسة يمكن أن تتشوه أو تتلاشى تماماً.

### الأقمار الصناعية Satellites

عند وصول الجسيمات المشحونة إلى الغلاف الجوي يحصل تصادم بينها وبين جزيئات الغلاف الجوي فيحصل احتكاك يرفع درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض ويتمدد بفعل هذه الحرارة وهذا يؤثر على الأقمار الصناعية ذات المدار المنخفض (أقل من 1000 Km) ويمكن أن يؤدي ذلك إلى سقوط الأقمار الصناعية في حال لم يتم تعديل أنظمة الدفع وإعادة تدوير مداراتها.

### الشفق القطبي Aurora

عندما تصل الأجسام المشحونة الصادرة من التوهجات الشمسية والانبعاث الكتلي الإكليلي إلى الأرض فإنها تتحرك في مسارات تتبع الخطوط المغناطيسية للمجال المغناطيسي الأرضي، حيث تتجمع هذه الجسيمات عند قطبي الكرة الأرضية (الشمالي والجنوبي)، يمكن للجسيمات أن تصطدم بالذرات والجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي العلوي للأرض، وهذا يؤدي إلى إطلاق طاقة على شكل ضوء في منظر بديع الشكل 12-2 ويسمى الشفق القطبي Aurora، ويمكن مشاهدته في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، وتكون متواجدة في معظم أيام السنة ولكن في فصل الشتاء تكون واضحة ومرئية بسبب طول ليل الشتاء وظلمته.

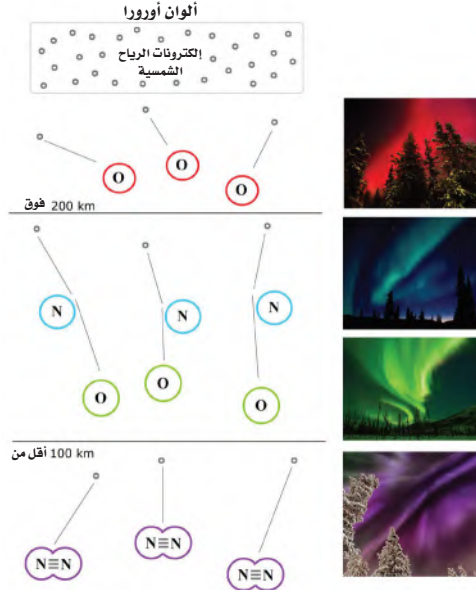


الشكل 12-2 الشفق القطبي.



## الربط مع الكيمياء

عند اصطدام الرياح الشمسية المحملة بالإلكترونات مع عناصر الغلاف الجوي، ونتيجة لهذا الاصطدام تنبعث هذه الأشعة مشكلة ألوانا مختلفة في السماء. وتختلف الألوان باختلاف العنصر المستخدم به والارتفاع الذي حدث فيه الاصطدام، فالأكسجين مثلا يبعث الأخضر والأحمر على ارتفاعات متفاوتة، أما النيتروجين فيبعث الأزرق والبنفسجي.



## التقويم 2-2

### الخلاصة

- دورة النشاط الشمسي: هي الدورة التي يمر بها المجال المغناطيسي للشمس كل 11 عام تقريبا.
- البقع الشمسية هي الظاهرة الأكثر وضوحاً في الغلاف الضوئي للشمس.
- التوهج الشمسي هو عملية إطلاق الشمس للكثير من الجسيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.
- الشواظ الشمسي هو اندفاع لمادة الشمس، والتي ترتفع من الكروموسفير بشكل حلقي.
- الشفق القطبي هو عملية اصطدام للجسيمات المشحونة الصادرة من الشمس بالذرات والجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي العلوي للأرض.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. ما الأسلوب المتبع عادة لدى وكالات الفضاء لحماية قمر صناعي موجود في مدار منخفض من السقوط بسبب المقذوفات الشمسية؟
2. كم دورة شمسية يستغرق تغيير القطب الشمالي موقعه وعودته مرة أخرى إلى نفس الموقع؟
3. ما سبب ظهور الشفق القطبي باللون الأخضر؟

### التفكير الناقد

ما علاقة طبقة الأوزون بظاهرة الشفق القطبي؟

### الكتابة في علوم الفضاء

ما أفضل طريقة يجب أن يقوم بها مرصد سوهو الشمسي؛ لتجنب ضوء الشمس؛ وليتمكن من التقاط صورة للمذنب.

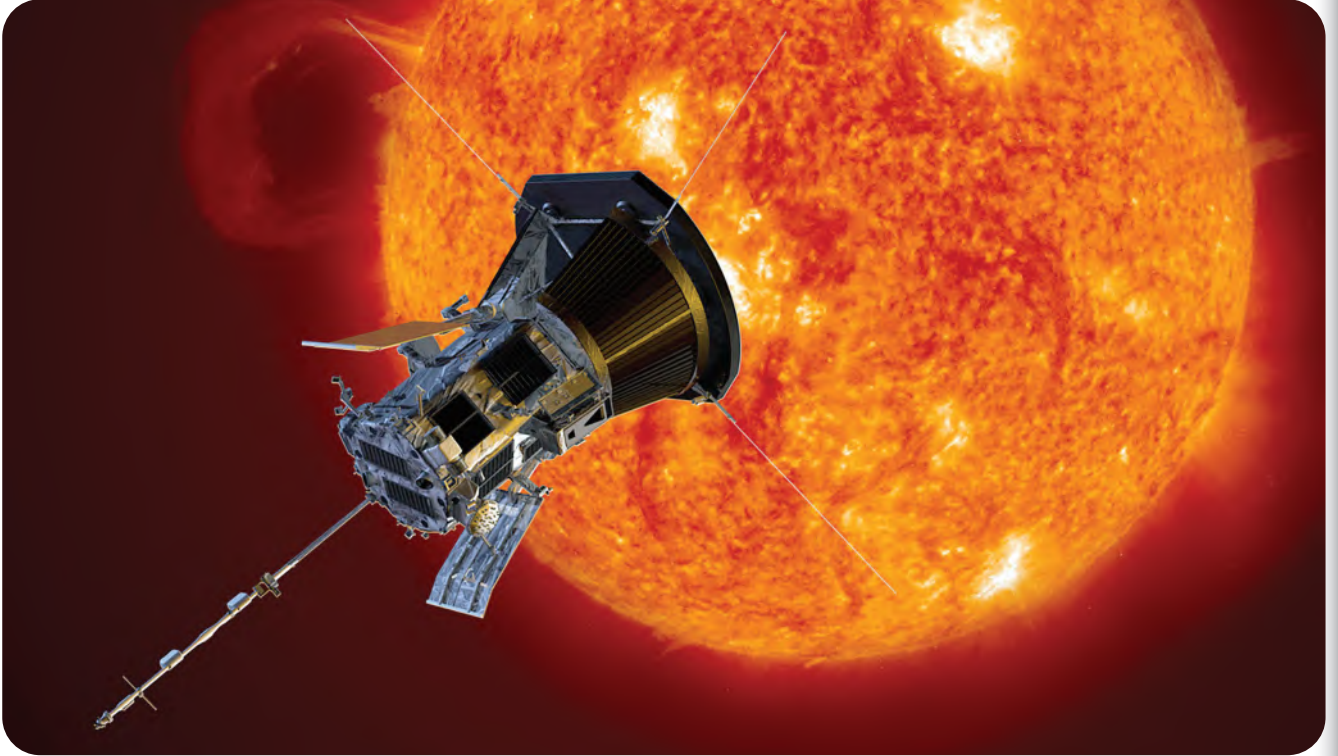




## مسبار باركر يلامس الغلاف الشمسي

تعمل مهمة المسبار باركر الشمسي على رصد غير مسبوق لطبيعة القوى المسببة لدفع مجموعة واسعة من الجسيمات والطاقة والحرارة نحو الفضاء الخارجي باتجاه المجموعة الشمسية وصولاً لأبعد كوكب فيها، ألا وهو نبتون. تتمتع منطقة الهالة بدرجة حرارة عالية بشكل لا يمكن تصديقه، وقد حلت المركبة خلال مواد تزيد درجة حرارتها عن  $10^6 F^\circ$  وتعرضت لضوء شمسي ساطع جداً.

صُممت المركبة لمقاومة الظروف الشديدة ودرجات الحرارة المتقلبة أثناء المهمة، يكمن السر في درعها الحراري الذي اختير بعناية إضافةً إلى نظام التحكم الذاتي الذي ساعد على حماية المركبة من انبعاثات ضوء الشمس شديدة الحرارة، لكنها في الوقت نفسه ستسمح لمواد الهالة بملاسة المركبة.



وتتمتع منطقة الهالة التي سوف تحلق خلالها المركبة بدرجة حرارة عالية جداً لكنها ذات كثافة منخفضة جداً، تخيل الفرق بين وضع قطعة من الدجاج تدور في فرن حار دون المساس بسطحه مقارنةً بوضعها في ماء مغلي. الهواء الساخن داخل الفرن يمتلك كثافة أقل من الماء المغلي، وبالتالي فإن قطع الدجاج ستقاوم درجات الحرارة العالية في الفرن لمدة أطول مقارنةً بالماء المغلي؛ لأن الماء ينقل كمية حرارة أكبر بواسطة جسيماته.

على مدى السبع سنوات الخاصة بالمهمة المخطط لها ستتنجز المركبة 24 دورة حول الشمس، وفي كل مرة تقترب فيها من الشمس، ستأخذ عينةً من الرياح الشمسية، وستدرس هالة الشمس موفرةً بذلك عمليات رصدٍ لم يسبق لها مثيل حول نجمنا.



# مختبر الفضاء

## مراقبة البقع الشمسية



**حقيقة علمية** البقع الشمسية هي مناطق من الفوتوسفير تبدو أكثر قتامة وذات درجة حرارة منخفضة نسبيًا، تظهر هذه المناطق بسبب نشاط المجالات المغناطيسية القوية للغاية في دورة مؤلفة من أحد عشر عامًا (دورة النشاط الشمسي). في السنوات التي تظهر فيها البقع الشمسية تكون الشمس أكثر نشاطًا وتصدر إشعاعات أكثر.

سؤال هل الشمس هذا الشهر أكثر نشاطًا؟

**الأدوات:** منظار فلكي صغير أو منظار ثنائي.

ورقة بيضاء.

ورق رسم بياني.

نظارة للوقاية.

### التحليل

1. ارسم رسمًا بيانيًا خطيًا عن طريق رسم عدد البقع الشمسية التي تمت ملاحظتها كل يوم.
2. ما العدد الأقصى للبقع الشمسية التي تم تسجيلها في يوم واحد؟
3. ما أقل عدد للبقع الشمسية التي تم تسجيلها في يوم واحد؟
4. أوجد متوسط عدد البقع الشمسية في اليوم وذلك بقسمة عدد البقع كاملة على عدد الأيام.
5. أين كانت معظم البقع الشمسية التي لاحظتها تقع على الشمس (المركز، النصف العلوي، النصف السفلي).

### خطوات العمل

1. ألصق الورقة البيضاء على جدار في يوم مشمس.
2. أمسك المنظار ووجه عدسته الشيئية باتجاه الشمس، وقم بتركيزها بحيث تنعكس صورة الشمس على الورقة البيضاء.
3. اضبط مقبض التركيز الخاص بالمنظار حتى تصبح صورة الشمس حادة جدًا.



4. أمسك المنظار في مكانه واطلب من زميلك تتبع أي بقعة على الشمس وتحديد ما بقلم رصاص (حيث ستظهر بقع داكنة داخل الدائرة).

5. سجل عدد البقع في جدول البيانات.

6. كرر الخطوات السابقة في الوقت نفسه كل يومين لمدة شهر.

### علوم الفضاء

### الكتابة في

هل زيادة ظهور البقع الشمسية خلال أعوام متتالية دليل على إحداث تغيرات مناخية على البيئة المحيطة بنا؟ ابحث عن هذا الموضوع وشاركه مع زملائك.

# دليل مراجعة الفصل

## 2

## الفصل

**الفكرة العامة** يدرس العلماء الشمس كنجم ذي أهمية كبرى للأرض، وكمفتاح لإدراك حقيقة النجوم النائية التي يتعذر رصدها عن كثر.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
2-1 الشمس	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تصورنا لبنية الشمس ناشئ عن أرصاد مباشرة لطبقاتها الخارجية إضافة إلى حسابات نظرية غير مباشرة لسلوك الغازات في أعماقها.</p> <p>طبقات الشمس الداخلية: اللب - منطقة الإشعاع - منطقة الحمل الحراري.</p> <p>طبقات الشمس الخارجية: الغلاف الضوئي - الطبقة الملونة - الإكليل.</p> <p>مراحل سلسلة بروتون - بروتون:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>المرحلة الأولى وينتج فيها ديوتيريوم.</li> <li>المرحلة الثانية وينتج فيها <math>{}^3\text{He}</math>.</li> <li>المرحلة الثالثة وينتج فيها <math>{}^4\text{He}</math>.</li> </ul> <p>يتسبب دوران الشمس التفاضلي في ظهور البقع الشمسية.</p>
علم البيئة الفضائية. سلسلة بروتون-بروتون ديوتيريوم. منطقة الإشعاع. منطقة الحمل الحراري. الغلاف الضوئي. الطبقة الملونة. الإكليل. الدوران التفاضلي للشمس.	
2-2 النشاط الشمسي	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض.</p> <p>الظواهر الشمسية:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>البقع الشمسية.</li> <li>التوهجات الشمسية.</li> <li>الشواظ الشمسي.</li> <li>الانبعاث الكتلي الإكليلي.</li> <li>الشفق القطبي.</li> </ul> <p>تفاعل النشاط الشمسي مع المجال المغناطيسي الأرضي يؤثر على: الأقمار الصناعية-الاتصالات-يسبب الشفق القطبي.</p>
دورة النشاط الشمسي البقع الشمسية التوهج الشمسي الشواظ الشمسي البلازما الشفق القطبي	





## التفكير الناقد

17. الشفق القطبي ظاهرة مألوفة في القطبين الشمالي والجنوبي، هل بالإمكان مشاهدة هذه الظاهرة في إحدى مدن المملكة؟ قدم مبرراتك في ضوء العوامل التي قد تؤثر في انتشار الشفق القطبي في سماء الكرة الأرضية.

## مراجعة المفردات

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

1. منطقة داكنة، تعد أبرد من المناطق المحيطة بها تظهر على سطح الشمس.....
2. أشد طبقات الشمس حرارة، بدرجة  $15 \times 10^6$  °C، وبها تحصل تفاعلات الاندماج النووي.....
3. أشد طبقات الشمس الخارجية حرارة.....
4. ذرة تتكون من بروتون واحد ونيوترون واحد.....
5. أقل طبقة من طبقات الشمس حرارة وهي الطبقة التي نراها.....
6. دورة مدتها 11 عامًا وفيها تتبدل الأقطاب الشمالية والجنوبية.....

## تثبيت المفاهيم الرئيسية

الأسئلة الممتدة:

7. قارن بين طبقات الشمس الداخلية.
8. اشرح سلسلة تحول الهيدروجين إلى هيليوم باستخدام المعادلات؟
9. وضح بالرسم سبب ظهور البقع الشمسية في الشمس.

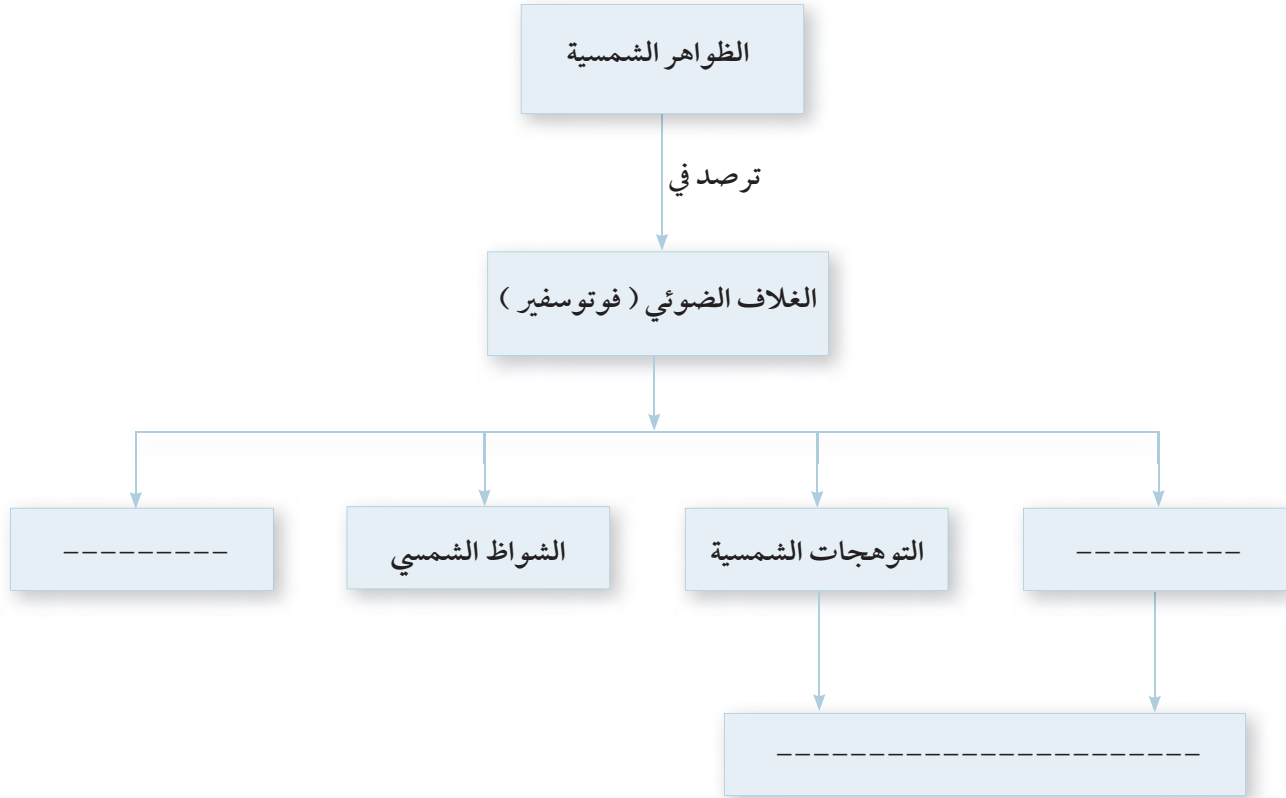
## أسئلة بنائية

10. اشرح سبب حدوث ظاهرة الشفق القطبي.
11. اذكر الظواهر الشمسية.
12. فسر تبدو البقع الشمسية داكنة عن محيطها.
13. ما سبب ظهور حبيبات على طبقة الفوتوسفير؟
14. لماذا تمتاز طبقة الإكليل بعدم السطوع على الرغم من درجة حرارتها العالية؟
15. علل سبب تشوه الاتصالات في طبقة الأيونوسفير؟
16. يمكننا رؤية الكروموسفير خلال الكسوف الكلي للشمس. برر ذلك.



### خريطة مفاهيمية

18. أكمل خريطة المفاهيم:



### سؤال تحفيز

19. أعد قراءة الإثراء العلمي والذي تناول مرصد باركر الشمسي. إذا حدث انطلاق شواظ شمسي بالقرب منه فهل سيكون هناك تأثير مباشر على أدائه. أعطِ دليلاً على إجابتك.



# اختبار مقنن

## القراءة والاستيعاب

مهمة بعثة مرصد سوهو هي رصد الشمس والفضاء بين الكواكب، وذلك من فوق الغلاف الجوي للأرض الذي يمنع وصول الكثير من أشعة الشمس. يستطيع مرصد سوهو من موقعه هناك أن يشاهد قرص الشمس نفسه والبيئة المحيطة به، بالإضافة إلى تتبع التدفق الخارجي الثابت للجسيمات والذي يعرف بالرياح الشمسية. كما يستطيع سوهو أيضًا مشاهدة الانفجارات الضخمة للغاز المنطلق أو الهارب. كانت المركبات الفضائية السابقة التي أطلقت لدراسة الشمس تدور حول الأرض، الأمر الذي كان يجلب عنها رؤية الشمس في مُدد زمنية منتظمة، إلا أن سوهو تراقب الشمس مراقبة متواصلة بواسطة 12 جهازًا يقوم بتفحص الشمس تفحصًا مفصلاً لم يسبق له مثيل.

7. ما سبب وجود مرصد سوهو فوق الغلاف الجوي.

8. بعد قراءتك للنص السابق، اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي:

- a. يمنع الغلاف الجوي للأرض وصول الكثير من أشعة الشمس.
- b. لحماية المرصد من النيازك.
- c. لكون جو الأرض دافئ مما يضيف تشويشًا للصور الملتقطة.
- d. في حالة الليل الأرضي لن يستطيع رصد الشمس.

9. سبب عدم دقة بيانات المركبات الفضائية السابقة:

- a. أجهزتها غير قادرة على تحمل حرارة الشمس.
- b. كانت الأرض تحجب أشعة الشمس عنها خلال أزمته ما.
- c. أثرت الشمس على بيانات المركبات.
- d. جميع ما ذكر صحيح.

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. ماذا يحدث أثناء عمليات الاندماج النووي؟

- a. يندمج الهيدروجين مع الأوكسجين لتكوين الماء.
- b. يندمج الهيدروجين ليكون الهيليوم.
- c. يحدث الشواظ الشمسي.
- d. تحدث البقع الشمسية.

2. ماهي الطبقات الثلاث الداخلية للشمس :

- a. اللب، طبقة الإشعاع، طبقة الحمل الحراري.
- b. اللب، الإكليل، كروموسفير.
- c. اللب، طبقة الحمل الحراري، الفوتوسفير.
- d. طبقة الحمل الحراري، الفوتوسفير، الكروموسفير.

3. الطبقة الخارجية الأخيرة للشمس هي:

- a. الكروموسفير.
- b. الإكليل.
- c. الفوتوسفير.
- d. منطقة الحمل الحراري.

4. من أي طبقة في الشمس يتم إنتاج الطاقة؟

- a. الحمل الحراري.
- b. الإشعاع.
- c. الإكليل.
- d. اللب.

5. ما الطبقة الأشد حرارة في الشمس؟

- a. الإشعاع.
- b. الإكليل.
- c. اللب.
- d. الحمل الحراري.

## أسئلة الإجابات القصيرة

6. كيف تساعد دراسة الشمس على فهم البنية النجمية؟





# الأجهزة الفلكية

## Astronomical devices

3

الفصل

**الفكرة العامة** إن معرفتنا بالكون مستمدة في معظمها من رصد وتحليل وتفسير طيف النجوم وآلية انتقاله.

### 3-1 الطيف الكهرومغناطيسي

**الفكرة الرئيسية** الضوء المرئي ليس إلا جزءًا صغيرًا من كامل الإشعاع الكهرومغناطيسي.

### 3-2 المناظير الأرضية والفضائية

**الفكرة الرئيسية** يمتلك الفلكيون اليوم أدوات لرصد كل أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي الآتية من الفضاء وتحليلها وتفسيرها.

### حقائق فلكية

- في بدايات تشغيل التلسكوب الفضائي هابل كانت رؤيته غير واضحة بسبب عيب في المرآة الرئيسة مما استدعى إرسال رواد فضاء على متن مكوك لإصلاحه، بعد ذلك، تمت صيانة وإصلاح تلسكوب هابل بضع مرات.
- يستخدم التلسكوب الفضائي جيمس ويب أكبر مرآة فلكية يتم إرسالها إلى مدار في الفضاء على الإطلاق، إذ يبلغ قطرها 6.5 مترًا.



## نشاطات تمهيدية

اصنع المطوية التالية لتقارن بين أنواع  
المناظير الفلكية.

### المطويات

منظمات الأفكار



**الخطوة 1** اثن الطرف السفلي للورقة  
طولياً بمقدار 3 سم، ثم اضغط على  
الجزء المطوي إلى أعلى.



**الخطوة 2** اثن الورقة إلى أربعة أجزاء  
متساوية.



**الخطوة 3** ألصق الجزء المثني من  
الورقة من الجوانب لعمل 4 جيوب،  
وعنونها بأنواع المناظير الفلكية:  
البصرية، الراديوية، تحت الحمراء  
وفوق البنفسجية.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 1-2 لتتعرف  
على خصائص كل نوع كنطاق رصدها وموقعها وتركيبها.

## تجربة استهلاكية

كيف نستطيع معرفة تركيب النجوم؟

يدرس الفلكيون الألوان التي تصدر عن النجوم ويحددون  
من خلالها نوع ذرات العناصر التي تسببت في توهجها.



### الخطوات

الأدوات: مقص - مسطرة - ورق مقوى أسود بمقاس A4  
قرص حاسوبي CD.

1. اثن الورقة في المنتصف.
2. قص مستطيلاً صغيراً بطول 10 سم في الطرف  
الذي قمت بشنيه.
3. ضع القرص داخل الورقة المثنية، واجعل طرفاً منه  
يظهر من خلال الشق.
4. وجه القرص إلى عدة مصادر ضوئية (ضوء نافذة  
الصف، مصباح الصف النيون، ضوء الموقد  
بالمعمل).
5. أغلق عينك اليسرى وانظر بواسطة عينك اليمنى  
إلى الشقوق الموجودة بالقرص.
6. قم بإمالة القرص إلى أن تظهر الألوان على سطح  
القرص.

### التحليل

1. ماذا تلاحظ عندما قمت بتوجيه القرص إلى الضوء  
الآتي من النافذة؟
2. ماذا تلاحظ عندما قمت بتوجيه القرص إلى مصباح  
النيون بالفصل؟
3. ما السبب في وجود اختلاف بين طيف الأضواء  
المنعكسة عن القرص؟
4. قارن بين تركيب الشمس ومصباح النيون.







# 3-1

## الطيف الكهرومغناطيسي

### Electromagnetic Spectrum

#### الأهداف

- يتعرف على مصادر الطيف الكهرومغناطيسي في الفضاء.
- يحسب الطول الموجي لضوء صادر بتردد ما.
- يقارن بين طيف الانبعاث وطيف الامتصاص.

**الفكرة الرئيسية** الضوء المرئي ليس إلا جزءاً صغيراً من كامل الإشعاع الكهرومغناطيسي.

**الربط مع الحياة** تمكن علماء الفلك من الوصول إلى معظم معلوماتهم عن الفضاء والأجرام السماوية من خلال دراسة الضوء القادم منها، ويعرف الضوء بأنه شعاع كهرومغناطيسي يمكن ملاحظته بالعين المجردة، وما هو إلا جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي.

#### مراجعة المفردات

**الطيف الكهرومغناطيسي:** هو مدى كامل لكافة الترددات الكهرومغناطيسية وأطوالها الموجية، من موجات الراديو إلى الضوء المرئي إلى أشعة جاما.

#### المفردات الجديدة

الأنجستروم.

المطياف.

الطيف المستمر.

طيف الانبعاث.

خطوط امتصاص.

### الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعاً كثيرة من الموجات بالإضافة إلى موجات الضوء المرئي الذي تستقبله أعيننا، فهناك خطوط طيف أطول من خطوط الضوء المرئي، مثل: الموجات الراديوية، كما أن هناك موجات قصيرة جداً مثل الأشعة السينية وأشعة جاما. الجدول 3-1 يبين الأشعة المختلفة ومسمياتها، وأطوالها الموجية، والمصدر الذي يمكن أن تخرج منه في الكون، ودرجة حرارة هذا المصدر. أشعة جاما هي أقصر أنواع الأشعة، وأطول الأشعة هي الأشعة الراديوية الشكل 3-1.

تقل الحرارة كلما ازداد الطول الموجي للأشعة، كذلك كلما قصر الطول الموجي فإن المصدر الذي يشع تلك الموجات لا بد وأن يتمتع بحرارة عالية.

ويمكن أن تقاس الأطوال الموجية بالمتر، ولكن عادة ما تستخدم وحدة **الأنجستروم Angstrom  $10^{-10}$  م** وهي وحدة قياس الطول للمسافات القصيرة للغاية، ويساوي الأنجستروم الواحد  $10^{-7}$  ملم، أي أن 1 ملم يحتوي على 10 ملايين أنجستروم.

#### الجدول 3-1 الأشعة الكهرومغناطيسية

نوع الأشعة	الطول الموجي	درجة الحرارة (K)	المصدر
جاما	أقل من 0.1 A0	أكثر من 108	بعض التفاعلات النووية
الأشعة السينية	0.1 - 100 A0	106-108	النجم النيوتروني / الثقب الأسود.
فوق البنفسجية	100 - 4000 A0	105-106	سوبر نوفا بعض النجوم الساخنة.
الضوء المرئي	4000 - 7000 A0	103-105	النجوم.
تحت الحمراء	7000A0 - 1mm	10-103	الكواكب والأقمار والسحب بين نجمية.
راديوية	أطول من 1km	أقل من 10	إلكترون يتحرك في مجال مغناطيسي.



تتشارك جميع أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي بنفس السرعة  $3 \times 10^8$  m/s وهي سرعة الضوء.

كل نطاق من النطاقات الطيفية له طول موجي وتردد مختلف، وتجمعهم علاقة عكسية، حيث إنه كلما زاد الطول الموجي كلما قل التردد كما في المعادلة:

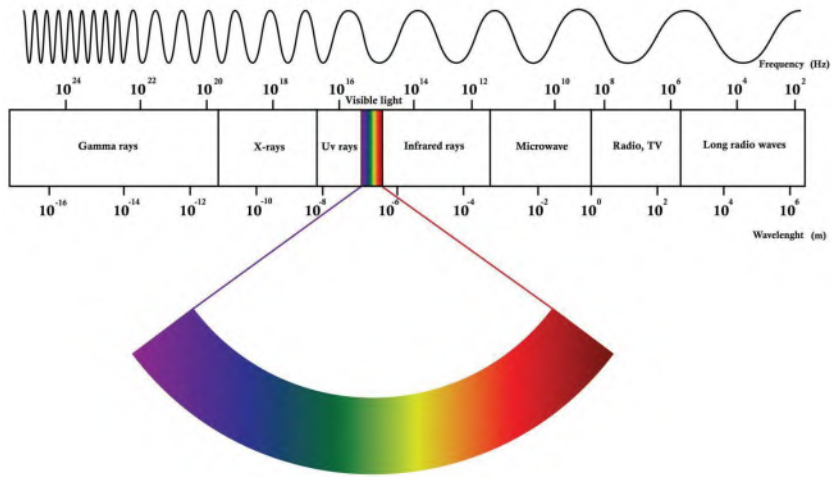
$$f = \frac{c}{\lambda}$$

حيث  $c$  هي سرعة الضوء م/ث،  $f$  هي التردد بالهرتز، و  $\lambda$  هي الطول الموجي المقاس بالمتر.

ويمكن حساب طاقة الفوتون من المعادلة الآتية:

$$E = hf$$

$h$  هو ثابت بلانك وقيمته  $6.626 \times 10^{-34}$  جول / ثانية



الشكل 1-3 نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي.

وبالتعويض عن معادلة (1) نجد أن طاقة الفوتون تصبح:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

تصف هذه المعادلة العلاقة بين الطاقة والطول الموجي، حيث يتضح أن الطاقة تتناسب عكسياً مع الطول الموجي؛ أي إن كلما قل الطول الموجي زادت طاقته، ولهذا فإن الأشعة فوق البنفسجية قد تتسبب في الإصابة بأمراض سرطانية عند التعرض لها؛ لأنها ذات طول موجي قصير وطاقة عالية.



## المطياف Spectroscope

يستخدم جهاز المطياف Spectrograph الشكل 2-3 في تحليل أشعة النجم الذي نرصده إلى أطياف، حيث تستقبل بعد ذلك على شاشة أو كاشف detector لدراسته بشكل تفصيلي.

**الطيف المستمر (Continuous spectrum)** منبعث من جسم ساخن، أما طيف الانبعاث (Emission spectrum) فناتج من غاز ساخن. وإذا مر طيف مستمر على غازات باردة فسيُنتج خطوط امتصاص (Absorption lines) الشكل 3-3. ومن الأمثلة الشهيرة لخطوط الامتصاص خطوط فرنفور التي رصدت في طيف الشمس والتي لعبت دورًا كبيرًا في معرفة تفاصيل تركيب الشمس.

عملية انتقال الإلكترون في مستويات الطاقة الأعلى تعني امتصاص فوتونات وانتقال الإلكترون لمستويات طاقة أقل يتسبب في انبعاث فوتون، ومن خلال معرفتنا عن سلاسل الطيف التي تصدر من مستويات الطاقة المختلفة ومن الذرات المختلفة يمكن التعرف على المركبات والعناصر الموجودة في أطياف النجوم والأجرام السماوية.

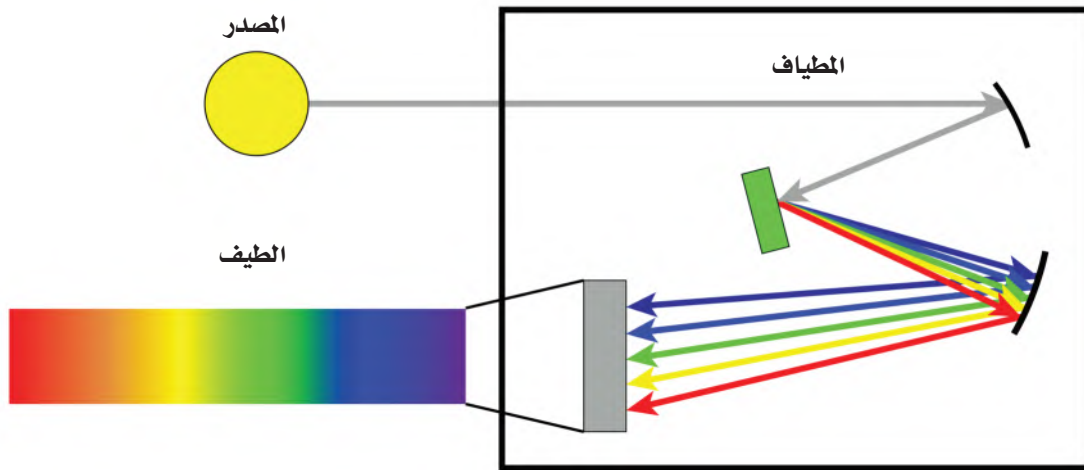
مستويات الطاقة الأقل للعناصر الخفيفة كالهيدروجين والهيليوم تكون أطيافًا في منطقة الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية.

أما المستويات الأعلى فتننتج أطيافًا في الأشعة تحت الحمراء والأشعة الراديوية، مستويات الطاقة الأولى في العناصر الأثقل يمكن أن تنتج أطيافًا في الأشعة السينية، أما الجزيئات فتغير اهتزازاتها vibration وتنتج أطيافًا في الأشعة تحت الحمراء، أما تغير دورانها فينتج أطيافًا راديوية.

## الربط مع الصحة

تتكون أشعة الشمس التي تصل إلينا من نوعين من الأشعة الضارة:

- الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الطويلة.
  - الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات القصيرة.
- وتتلف الأشعة فوق البنفسجية بنوعها الجلد، وتسبب سرطان الجلد، واستنادًا إلى ما هو معروف اليوم فلا توجد أشعة فوق بنفسجية آمنة.

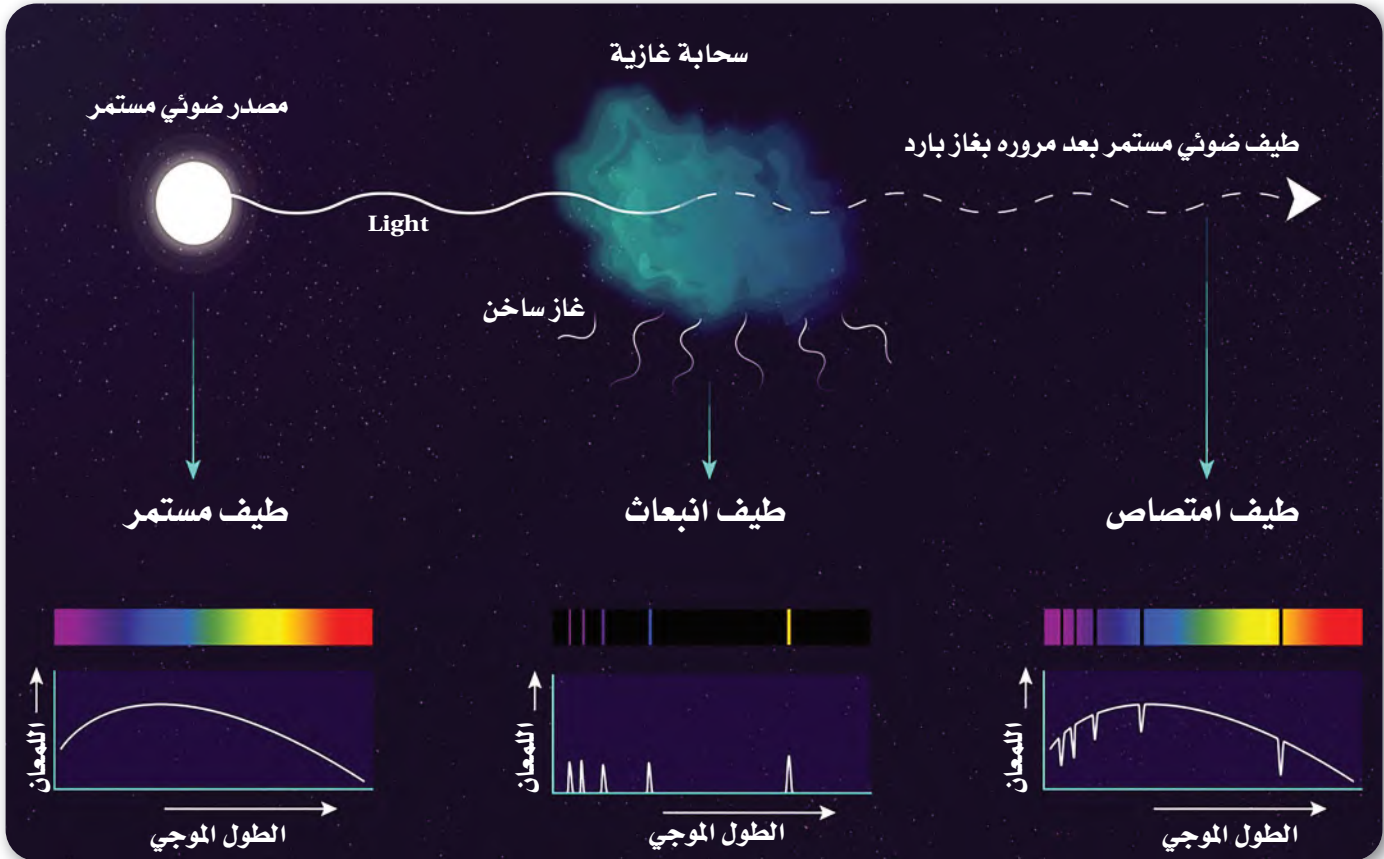


الشكل 2-3 تحليل الضوء بالمطياف.



## طيف الهيدروجين Hydrogen Spectrum

ذرة الهيدروجين هي أبسط الذرات من حيث التركيب مما ساعد على البدء بدراستها فيزيائياً. يوجد بذرة الهيدروجين إلكترونًا واحدًا. يتحرك الإلكترون حول النواة في مستويات للطاقة أقربها للنواة هو أقلها في الطاقة ويعرف بالمستوى الأرضي أو المستوى الأول. وإذا أعطي الإلكترون كمية من الطاقة فسيحدث له إثارة excitation مما ينقله لمستويات أعلى في الطاقة، وعندما يفقد الإلكترون هذه الطاقة على شكل فوتون فإنه يشعها ويعود إلى مستويات الطاقة الأقل. وقد تكون كمية الطاقة التي يمتصها الإلكترون كبيرة بحيث تؤدي لهروبه من الذرة تمامًا وفي هذه الحالة نقول إن الذرة تأينت أي تحولت إلى أيون موجب. ومن خلال ميكانيكا الكم نستطيع أن نحسب كميات الطاقة التي يمتصها الإلكترون كي ينتقل من مستوى طاقة لآخر أعلى أو يفقدها كي ينتقل إلى مستوى طاقة أقل.



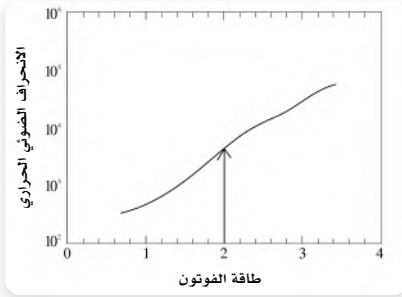
الشكل 3-3 الفرق بين طيف الانبعاث وطيف الامتصاص والطيف المستمر.



## مثال 1

تم تمثيل بيانات قياسات التحليل الطيفي للانحراف الضوئي الحراري لأحد الأجرام الذي طاقه فوتونه 2ev كما في الشكل. أوجد:

- أ. مقدار الطول الموجي لشعاع الضوء.
- ب. حدد نطاق طيف إشعاعه الذي طاقه فوتونه 2ev.
- ج. ما الأجرام التي يمكن أن يصدر منها هذا الطيف؟



الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المجهول

$$\lambda = ?$$

المعلوم

$$E = 2 \text{ eV}$$

إيجاد الكمية المجهولة بتحويل طاقة الفوتون إلى

وحدة الجول

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.22 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$f = \frac{E}{h} \text{ إيجاد قيمة التردد عددياً من القانون}$$

ثم التعويض في القانون للطول الموجي لإيجاد سرعة الهروب للكوكب بتطبيق قانون علاقة التردد بالطول الموجي لشعاع

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

بالتعويض لإيجاد طول موجة الشعاع

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{4.82 \times 10^{14}} = 6.22 \times 10^{-7} \text{ m} = 6224 \text{ Å}$$

ونطاق طيفها الضوء المرئي ويمكن أن تصدر من بعض النجوم.

• تقويم الجواب:

هل وحدات القياس صحيحة؟ وحدة قياس الطول الموجي بالأنجستروم Å.

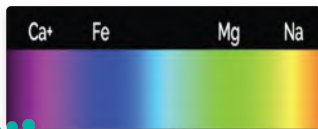
## مختبر تحليل البيانات

كيف يميز العلماء بين أنواع شهب السماء؟  
التحليل

### التفكير الناقد

ابحث عن طيف صادر عن نجم ما، وقارن بينه وبين طيف الشهب.

عندما تحترق شهب الأسديات (حديدية - صخرية) في الغلاف الجوي للأرض، فإنها تحتك بالعديد من جزيئات الهواء. هذه الاحتكاكات تبعثر الطبقات الخارجية للجسيم، مما يخلق بخاراً من ذرات الصوديوم والحديد والمغنيسيوم.



1. ابحث عن الطيف الناشئ عن النيازك الحديدية iron meteorite spectrum عند دخولها للغلاف الجوي.



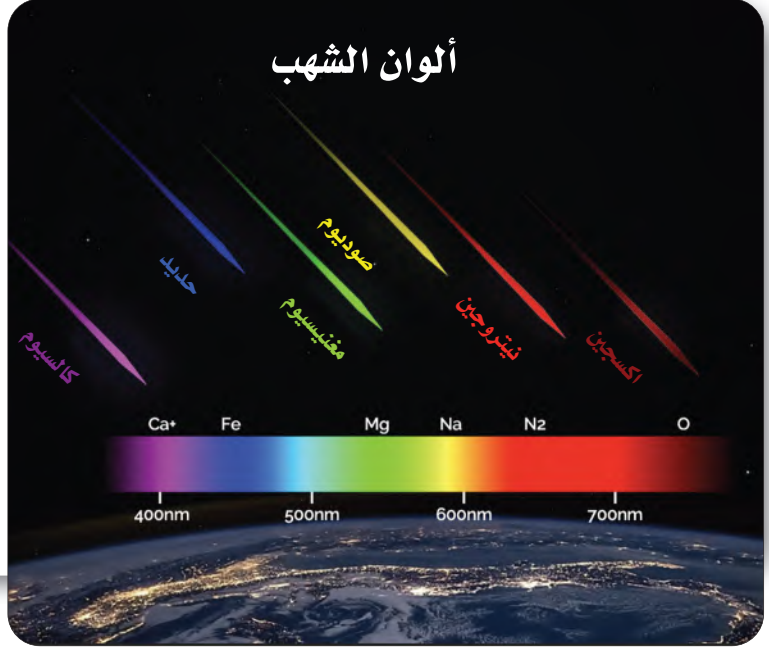
2. كيف تميز بينه وبين طيف النيازك الحديدية الصخرية من حيث المكونات؟

3. ما سبب تعدد ألوان النيازك الحديدية الصخرية؟

### الربط مع الكيمياء

عندما تدخل الشهب الغلاف الجوي للأرض، فإنها تحتك بالعديد من جزيئات الهواء. هذه الاحتكاكات تبعثر الطبقات الخارجية للجسيم، مما يخلق بخارًا من ذرات الصوديوم والحديد والمغنيسيوم.

تتنوع ألوان العديد من الشهب الشكل 3-4؛ فذرات الصوديوم تعطي ضوءًا برتقاليًا - أصفر، وذرات الحديد تعطي ضوءًا مزرق، والمغنيسيوم يعطي ضوءًا أزرق-أخضر، وذرات الكالسيوم المتأين قد تضيف لونًا بنفسجيًا، بينما تعطي جزيئات النيتروجين الجوي وذرات الأوكسجين ضوءًا أحمر.



الشكل 3-4 تنوع ألوان الشهب بعد احتكاكها بجزيئات هواء الغلاف الجوي.

## التقويم 1-3

### الخلاصة

- تتضمن الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعًا كثيرة من الموجات.
- الأنجستروم هي وحدة قياس الطول للمسافات القصيرة للغاية.
- يستخدم جهاز المطياف في تحليل أشعة النجم الذي نرصده.
- من خلال معرفتنا عن سلاسل الطيف التي تصدر من مستويات الطاقة المختلفة ومن الذرات المختلفة يمكن التعرف على المركبات والعناصر الموجودة في أطياف النجوم.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
2. ما أهمية المطياف الضوئي، وهل يقتصر استخدامه على التطبيقات الفلكية فقط؟

### التفكير الناقد

ما الذي حفز الفلكيين إلى دراسة الموجات الكهرومغناطيسية وعدم الاكتفاء بالرصد البصري للأجرام السماوية؟

### الرياضيات في الفلك

أوجد طاقة فوتون لموجة راديوية ترددها 100 كيلوهرتز.





## 3-2

### المناظير الأرضية والفضائية

## Earth and Space Telescopes

#### الأهداف

- يحدد مهام التلسكوبات.
- يذكر أنواع التلسكوبات.
- يقارن بين أنواع التلسكوبات البصرية.
- يذكر عيوب المنظار الكاسر.

#### الفكرة الرئيسية

يملك الفلكيون اليوم أدوات لرصد كل أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي الآتية من الفضاء وتحليلها وتفسيرها.

**الربط مع الحياة** تعتمد علوم الفلك والفضاء على المراقبة والملاحظة، وقد ساعد استخدام جاليليو لأول تلسكوب على تحسن كبير في قدرتنا على مراقبة الكون، كما تطورت التقنيات وتحسنت جودة البيانات؛ مما أدى ذلك إلى نمو علم الفلك والفضاء.

### التلسكوبات Telescopes

يعدُّ التلسكوب أداة رئيسة في استقبال الضوء المنبعث من الأجرام السماوية ثم تحليله باستخدام بعض الأجهزة المساعدة من الناحيتين الكمية والنوعية، ودراسة توزيع الطاقة المنطلقة من تلك الأجرام عند الأطوال الموجية المختلفة.

ومهمة التلسكوب ليست بالدرجة الأولى تكبير الصورة فقط كما يظن البعض، ولكن الوظيفة المهمة للتلسكوب تتلخص في القدرة على تجميع وتركيز الأشعة الصادرة من الأجرام البعيدة وتكوين صورة واضحة يمكن التعامل معها، ومع أن التكبير هدف مطلوب أيضًا لمشاهدة الأجرام القريبة، مثل: الشمس والقمر والكواكب، ولكنه لا يفيد أبدًا في الأجرام البعيدة، مثل: النجوم والمجرات.

بدأ استخدام التلسكوب في الأرصاد الفلكية مع بداية القرن السابع عشر، وذلك برصد الأجرام مباشرة من خلاله (بدون استخدام أجهزة تصوير أو تحليل)، حيث لوحظ التفوق الكبير للتلسكوب عن العين المجردة. وفي الحقيقة إن العين البشرية محدودة الإمكانيات للأسباب التالية:

**أولاً:** أنها لا تلتقط إلا نطاقاً ضيقاً من المجال الكهرومغناطيسي، وهو المجال المرئي، فالأطوال الموجية الأخرى المنبعثة من الأجسام المحيطة بنا أو من الأجرام السماوية الأخرى لا تلتقطها العين البشرية.

**ثانياً:** بالرغم من أن فتحة بؤبؤ العين تتسع في العتمة لتسمح بمرور أكبر كمية من الضوء، لكنه يبقى اتساعاً محدوداً، حيث متوسط اتساعها في حدود سبعة ملليمترات.

**ثالثاً:** محدودية الصور المخزنة في الذاكرة، وفقدان الصور لكثير من تفاصيلها مع مرور الأيام. فالتلسكوب يتغلب على هذه الأمور المحدودة.

#### مراجعة المفردات

**البعد البؤري** يمثل المسافة بين قطب المرآة وبؤرتها الأصلية، ويعبر عنه على النحو الآتي:

$$f = \frac{r}{2}$$

**البؤرة:** هي النقطة التي تتجمع فيها انعكاسات الأشعة المتوازية الساقطة موازية للمحور الرئيس بعد انعكاسها عن المرآة.

#### المفردات الجديدة

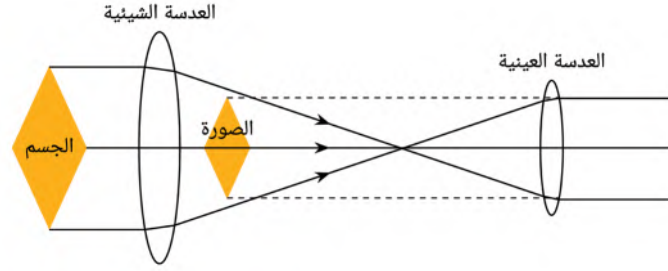
- قوة التفريق.
- الزيغ اللوني.
- الزيغ الكروي.
- الزيغ الهالي.





## للتلسكوب عدة مهام منها :

1- جمع الضوء **Light focus**: ويساعدنا على ذلك اختبار الصورة المتكونة عند البؤرة، وما نحتاجه لبناء تلسكوب هو عدسة أو مرآة تسمى شيئية، وهي التي تجمع الأشعة عند البؤرة، وتوضع عدسة تسمى العينية خلف البؤرة لرؤية صورة الجسم، أو توضع كاميرا عند البؤرة لالتقاط الصورة، أو أن يوجه الضوء المتكون عند البؤرة إلى جهاز الطيف الشكل 5-3.



الشكل 5-3 العدسة العينية والشيئية في التلسكوب.



نوبل للفيزياء تمنح لمراصد ليجو الفلكية والتي تتكون من مرصد ليجو في هانفورد، ومرصد ليجو في ليفينجستون، ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا حيث فاز ثلاثة من علمائها استطاعوا اكتشاف موجات الجاذبية.

بواسطة جهاز كاشف موجات الجاذبية العامل بتداخل الليزر.

وكفاءة التلسكوب في تجميع الضوء تعتمد على مساحة الشيئية، والمساحة تعتمد بدورها على مربع قطر الشيئية، وهذا هو السبب في أن التلسكوبات الأكبر هي الأفضل؛ لأنها ستكون أقدر على تجميع كمية أكبر من الضوء أكثر من غيرها؛ أي أن قوة تجميع المنظار تتناسب طردياً مع مساحة الشيئية:

$$P \propto D^2$$

وقوة تجميع التلسكوب تقاس بالنسبة لتجميع عين الإنسان:

$$P = \frac{P_{tel}}{P_{eye}} = \frac{D_{tel}^2}{D_{eye}^2}$$

أو بمعنى آخر:

$$P = \frac{D^2}{0.49}$$

حيث  $D$  قطر شيئية التلسكوب، 0.49 مربع متوسط قطر عدسة العين البشرية بالسنتيمتر.



## مهن مرتبطة

مهندس بصريات

يعمل في مجال التطبيقات البصرية مثل  
تلسكوبات الأقمار الصناعية، المجاهر،  
العدسات.

• 2- قوة التفريق **Resolution power**: وهي القدرة على تفريق وتحليل صور الأجسام البعيدة عن بعضها، وتحدد بأقل زاوية بين نقطتين يمكن تفريقهما عن بعض بوضوح. فمثلاً تلسكوب 10 سم له قدرة تفريق 1.4 ثانية قوسية. ولو نظرنا بهذا التلسكوب لنجمين يبعدان عن بعضهما بمسافة تزيد عن 1.4 ثانية قوسية فسنرى النجمين متفرقين، أما إذا كانت المسافة بينهما أقل من ذلك فسنرى النجمين كنجم واحد. وعملية التفريق تعتمد على قطر الشيئية أيضاً، فكلما زاد قطر التلسكوب زادت كفاءته في التفريق  $R$ . كما في العلاقة:

$$R = \frac{11.58}{D}$$

ولكن عملية حيود الضوء تقلل من كفاءة التلسكوب، كما أن الغلاف الجوي يلعب دوراً كبيراً في تقليل كفاءة التلسكوبات من هذه الناحية، بسبب حركة كتل الهواء في طبقات الجو العليا.

3- تكبير الصورة **Image magnification**: وهذه المهمة تعتمد على البعد البؤري للشيئية والبعد البؤري للعينية، ولذلك فإن تغيير العينية يعني تغيير القوة التكبيرية للتلسكوب. وكلما قصر البعد البؤري للعينية ازدادت قوة التكبير، فلو أخذنا عينية بعدها البؤري صغير ازدادت قوة التكبير، ولو أخذنا عينية بعدها البؤري نصف السابقة نحصل على قوة تكبير مضاعفة.

$$M = \frac{F}{f}$$

حيث  $F$  البعد البؤري للشيئية،  $f$  البعد البؤري للعينية.

ولكن هناك حدين يقع بينهما تكبير المنظار ويعتمدان على قطر الشيئية، فحد أقصى للتكبير:

$$M_{max} = 11.8 (D)$$

وحد أدنى له:

$$M_{min} = 1.8 (D)$$

## أنواع التلسكوبات Types of Telescopes

تعد التلسكوبات الأداة الأساسية التي يستخدمها الفلكيون في رصد النجوم والأجرام في السماء، وقد تطورت التلسكوبات كثيراً وتنوعت مما ساعد على رصد الأجرام البعيدة باستخدام نطاقات مختلفة من الطيف. وتختلف التلسكوبات تبعاً لما تستقبله من أشعة، فمنها ما يعمل في الضوء المرئي ومنها ما يعمل في مدى الأشعة الراديوية أو غير ذلك. وفيما يلي نتكلم عن الأنواع المختلفة للتلسكوبات:

## إرشادات للدراسة

### الثانية القوسية arc second

هي وحدة لقياس الزاوية، الدرجة الواحدة تساوي 60 دقيقة قوسية، والدقيقة القوسية تساوي 60 ثانية قوسية.

## 1- تلسكوبات الضوء المرئي Optical Telescopes

كانت تلسكوبات الضوء المرئي أول أنواع التلسكوبات التي استخدمها الفلكيون. من المعروف في علم الضوء أن شعاع الضوء يحدث له انعكاس في المرايا وانكسار في العدسات، وعلى هذا الأساس فإن تلسكوبات الضوء المرئي إما أن تكون عاكسة (تستخدم مرايا) أو أن تكون كاسرة (تستخدم عدسات).

### a. التلسكوب الكاسر Refractor telescope

تستخدم فيه عدسة حيث ينكسر الضوء عند مروره من خلالها؛ نظراً لاختلاف معامل الانكسار بين مادة العدسة (الزجاج) والهواء. وأول من استخدم هذا النوع من التلسكوبات العالم الفلكي جاليليو. ويتكون في أبسط صوره من عدستين محدبتين إحداهما للشبيئية والأخرى للعينية. ويعتبر من المناظير الشائعة الاستعمال في صورته البسيطة التي من أشهرها الدرايبل (Binocular).

ومن أهم مزاياه عدم تأثر العدسة بمرور الزمن وسهولة صيانتها بتنظيفها بالكحول والماء المقطر. ومن مزاياه أيضاً أن موضع البؤرة لا يتغير بتغير درجة الحرارة، وهي ميزة مهمة في الأرصاد المراد فيها الحصول على صور دقيقة وقياس الفروق الطفيفة فيها.

ومع ذلك فإنه غير شائع الاستعمال في الأرصاد الفلكية الحديثة ربما لعيوبه التالية:

- إن العدسة ذات القطر الكبير تكون ثقيلة الوزن ويتركز سمكها في وسطها، أما أطرافها فتكون أقل كثيراً في السمك، وتحمل عادة من أطرافها مما قد يعرضها لبعض الانحناءات وتغير الشكل تحت تأثير وزنها الكبير، ولهذا السبب فإن أكبر منظار كاسر يبلغ قطر عدسته 102 سم فقط، في مرصد (Yerkes) الشكل 3-6 التابع لجامعة شيكاغو، إن الزجاج المصنع للعدسة يجب أن يكون نقياً جداً سليماً من الفقاعات والشوائب، وتام التجانس وهذا يتطلب تقنية عالية في التصنيع مما يجعل سعره باهظاً.

- غير منفذ لبعض الضوء، فالضوء المرئي يضعف بشكل قوي عند مروره من منتصف العدسة، أي من خلال الوسط السميك من الزجاج، أما الإشعاع فوق البنفسجي فيمتص أغلبه بزجاج العدسة.

- وأهم عيوب التلسكوب الكاسر هو **الزيف اللوني (Chromatic aberration)** وهو من العيوب المتعلقة بالعدسات عموماً، وتتلخص فكرته في أن الضوء الأبيض (الركب) عند مروره من خلال عدسة مفردة فإن الأطوال الموجية المختلفة المكونة للضوء الأبيض تنكسر بزوايا مختلفة ثم تجتمع في أماكن مختلفة بحيث إن بؤرة الأطوال الموجية القصيرة (الأزرق) تكون أقرب للعدسة، بينما بؤرة الأطوال الموجية الطويلة تكون بعيدة نسبياً عن العدسة. وينشأ عن هذا العيب تكون أهداب ملونة في الصورة الشكل 3-7 وكان هذا العيب يقلل بتصنيع عدسة لها بعد بؤري كبير، وهذا يتطلب أن تكون أنبوبة المنظار طويلة وعليه يجب أن تكون قبة المرصد كبيرة لتتمكن من استيعاب المنظار.

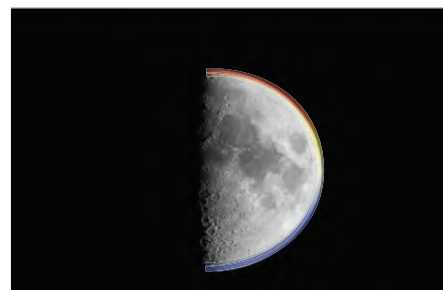
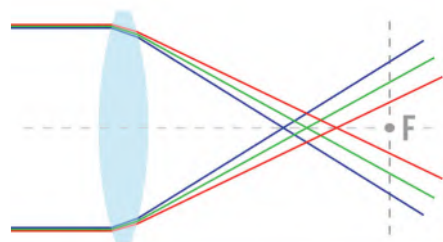


الشكل 3-6 صورة مرصد yerkes.



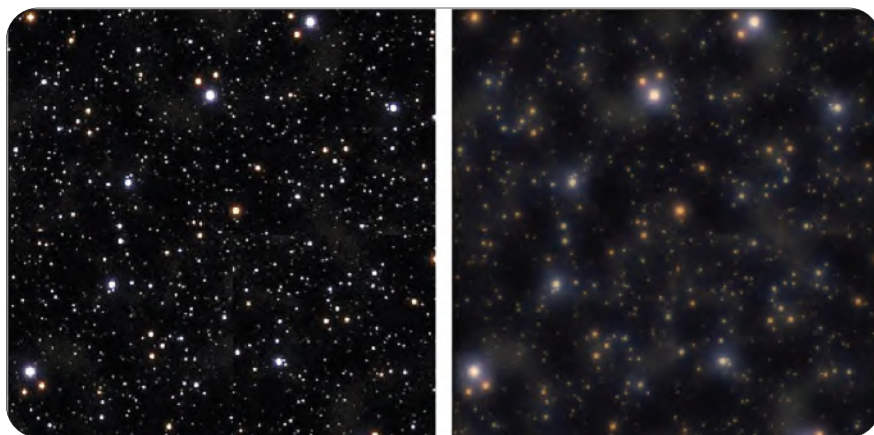


وكمثال على ذلك تلسكوب مرصد (Yerkes) الذي يبلغ طول أنبوبه حوالى 20 مترًا. أما الآن فيصحح هذا العيب بإضافة عدسة أخرى ملاصقة للعدسة المفردة، أي باستخدام عدسة مصنعة من جزأين مختلفين من الزجاج لكل منهما معامل انكسار مختلف أحدهما عدسة مقعرة أي مفرقة للضوء الساقط عليها، فالأطوال الموجية القصيرة تتفرق مبتعدة عن العدسة أكثر من الأطوال الموجية الطويلة، وعند اختيار نوع الزجاج المصنع لكل عدسة بعناية فإن هذا العيب سيتلاشى تمامًا لطولين موجيين معينين ولكن لا يمكن جمع أكثر من لونين في بؤرة واحدة، ولذلك فإن تصحيح الزيغ اللوني يجب أن يتم بحيث يتفق مع الغرض المستعمل لأجله المنظار، فإن كان للتصوير الفوتوغرافي تصحيح العدسة للونين الأزرق والبنفسجي (وهما الأكثر تأثيرًا في الفيلم الفوتوغرافي)، وإن كان للرصد بالعين المجردة فتصحح العدسة للونين الأصفر والأخضر (وهما الأكثر تأثيرًا في العين).



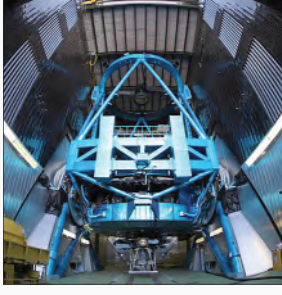
الشكل 7-3 صورة توضح الزيغ اللوني.

• **الزيغ الكروي (Spherical aberration)** وهو نوع من التشوه يحصل للصورة؛ بسبب أن الأشعة النافذة من أطراف العدسة تكون بؤرتها قريبة من العدسة بعكس الأشعة النافذة بالقرب من مركز العدسة الشكل 8-3، ويصحح هذا العيب بنفس الطريقة السابقة في تصحيح الزيغ اللوني ولكن باختيار سطح تحدب مناسب للعدستين. وهذا العيب لا تنفرد فيه العدسات فقط؛ بل تشترك فيه المرايا الكروية المستخدمة في التلسكوبات العاكسة أيضًا كما سيتم شرحه لاحقًا.



الشكل 8-3 صورة توضح الزيغ الكروي.





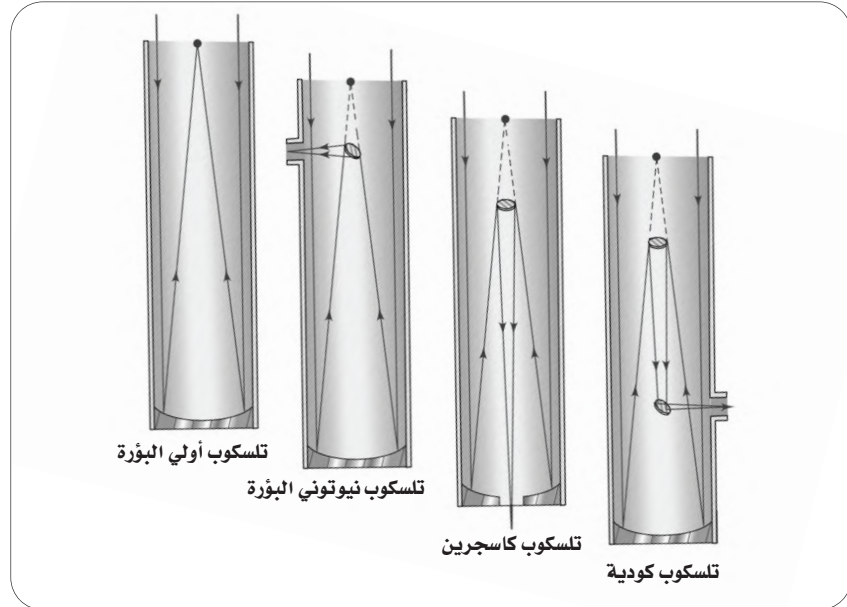
#### انجاز لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

ساهم مركز أبحاث الحوسبة الفائقة التابع لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية بالمشاركة في إعداد المرصد الجنوبي الأوروبي، وذلك بتطوير برنامج حاسوبي عن تقنية التكييف البصري ويساهم هذا البرنامج في تحسين التصوير الفلكي للمنظار الأوروبي الضخم والذي يعد أكبر منظار بصري في العالم .

الشكل 9-3 أنواع التلسكوبات العاكسة.

#### b. التلسكوب العاكس Reflector telescope

اخترع التلسكوب العاكس للتخلص من الزيغ اللوني المتعلق بالعدسات. وأول من استخدم هذا النوع من التلسكوبات كان العالم إسحاق نيوتن. وفيه تستخدم مرآة مقعرة حيث تنعكس الأشعة الساقطة عليها وتتجمع في البؤرة، والتلسكوب العاكس بصورته هذه يسمى تلسكوب أولي البؤرة (Prime focus)، حيث يتم رصد الجرم من هذه البؤرة أ. وتوجد تصميمات عديدة للتلسكوب العاكس مثل التلسكوب النيوتوني (Newtonian focus) ويصمم بوضع مرآة ثانوية مستوية أمام البؤرة ومائلة بزاوية 45 درجة عن المحور البصري حيث تقطع مسار الأشعة المنعكسة من المرآة الرئيسة وتعكسها مرة أخرى خارج أنبوبة المنظار فتتجمع في بؤرة جانبي، وهناك نوع يسمى تلسكوب كاسجرين (Cassegrain focus) وهنا توضع مرآة ثانوية محدبة بدلاً من المرآة المستوية، حيث تنعكس الأشعة إلى فتحة في مركز المرآة الرئيسة حيث توضع العدسة العينية خلف تلك المرآة، وفي تلسكوب كودية (Coude focus) تستخدم أكثر من مرآة ثانوية لإخراج البؤرة في مكان مناسب وثابت خارج التلسكوب ليتمكن من وضع أي أجهزة (خصوصاً الثقيلة) في مكان منفصل عن التلسكوب حتى لا تؤثر عليه بثقلها الشكل 9-3.

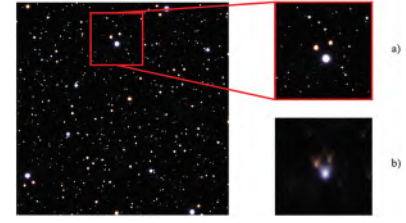


المشكلة التي تعاني منها التلسكوبات العاكسة هي الزيغ الكروي (Spherical aberration) ويحدث عند استخدام مرآة كروية (جزء من كرة) فالأشعة المنعكسة من أطراف المرآة تجتمع في بؤرة أقرب للمرآة، بينما الأشعة المنعكسة بالقرب من مركز المرآة تجتمع في بؤرة أبعد؛ وبمعنى آخر إن للمرآة الكروية أكثر من بعد بؤري، وهذا يسبب تشويهاً للصورة.



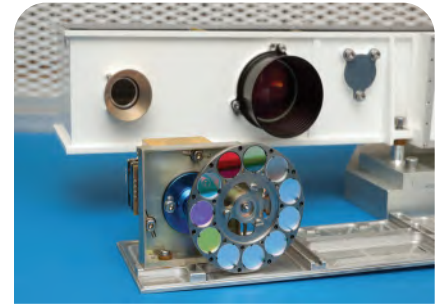
ويمكن أن يصحح هذا العيب بطريقتين:

**الطريقة الأولى:** بجعل المرآة الرئيسة على شكل قطع مكافئ فحينها تجتمع جميع الأشعة المنعكسة من كافة نقاط المرآة في نفس البؤرة، ولكن المشكلة في أن هذا النوع من المرايا يسبب تشوهاً آخر يسمى **الزيف الهالي (Coma aberration)** الشكل 10-3، وفيه تظهر صورة الأجرام البعيدة عند مركز الرؤية فقط متطولة وعلى شكل قطرة.



الشكل 10-3 صورة توضح الزيف الهالي.

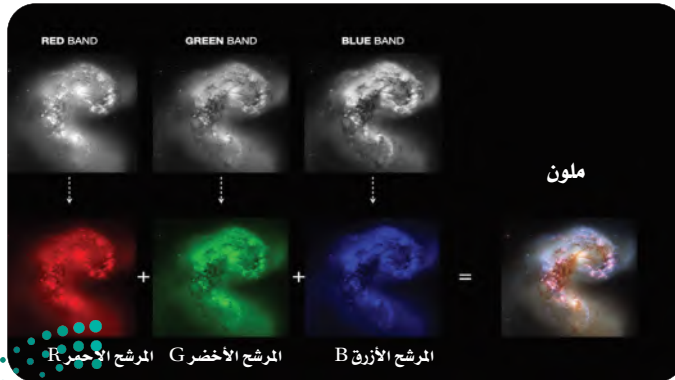
**الطريقة الثانية:** باستخدام عدسة تصحيح توضع أمام المرآة الكروية الرئيسة وفي مقدمة المنظار هذه الطريقة تعطي كفاءة عالية ومجالات رؤية أكبر في السماء، كما في تلسكوب شميدت (Schmidt) (نسبة إلى مخترعه (Bernhard Schmidt) الذي وضع فكرته في العقد الثالث من القرن المنصرم). وأكبر منظار من هذا النوع هو تلسكوب مرصد (Palomar) بمرآة كروية قطرها خمسة أمتار، وعدسة تصحيح بقطر 1.2 متر.



الشكل 11-3 CCD كاميرا مثبتة بأسطوانة فلاتر.

وأغلب التلسكوبات شيوعاً هو النوع العاكس؛ لأنه أقل تكلفة وأسهل في التصنيع، فالمرآة أسهل في التصنيع من العدسات. ومن مزاياه أيضاً أن المرآة تحمل بالكامل من الخلف وهذا يكسبها ثباتاً، ولا يعرضها للاهتزاز أو التشوه مهما كبر حجم المرآة.

وتوجد ميزة مهمة أخرى وهي أنه يمكن تصنيع مرآة ذات بعد بؤري قصير وهي أفضل وأسرع في التصوير بالإضافة إلى أن أنبوبة التلسكوب تكون قصيرة وهذا لا يتطلب قبة كبيرة المساحة، وفي حالة المناظير المتنقلة يكون نقلها سهلاً. كما أن أكبر التلسكوبات في العالم من النوع العاكس أيضاً، وقد حدث تطور كبير في صناعة التلسكوبات والأجهزة المساعدة، حيث تتميز التلسكوبات الحديثة بصغر الحجم وأنها أكثر صلابة واستقراراً كما أنها أرخص ثمنًا. كما تم التعرف على تقنية جديدة بحيث يتم في هذه الأيام إنتاج جيل جديد من التلسكوبات الضخمة والتي يكون لها عدة مرايا تعطي في النهاية كفاءة مرآة أكبر. ويستخدم الفلكيون أجهزة أخرى مساعدة؛ وذلك لرفع كفاءة التلسكوب ومنها كاميرا (CCD) وهي اختصاراً لـ (Charge Coupled Device) الشكل 11-3، وكذلك الفلاتر الطيفية الشكل 12-3 وأجهزة قياس الطيف وتحليله.



الشكل 12-3 صورة لجرم سماوي بعد التقاطه بعدة نطاقات بواسطة الفلاتر الطيفية



### التقدم في المراصد:

إن التقدم الهائل في تقنية التصميم والحاسبات الآلية والقفزة الواضحة في دراسة المواد ساعد على النهوض بالتلسكوبات لنشهد في هذه الأيام جيلاً جديداً من التلسكوبات. وأحد التغييرات التي حدثت في التلسكوبات الجديدة هي استخدام مرايا خفيفة بعدد بؤري قصير، وبرغم قلة وزن المرآة إلا أنها أشد صلابة من ذي قبل. كما أن بناء تلسكوب بمرآة كبيرة، 10 أمتار مثلاً يعد من الأفكار الحديثة حيث يتم تركيب عدة مرايا تكون مجموع قوتها مكافئة لمرآة واحدة بقطر 10 متر، وهذه تعرف بالتلسكوبات المتعددة المرايا، وهذه التلسكوبات تتميز بقدرة عالية على رصد الأجرام السماوية البعيدة. وفي مرصد كيك (Keck) الشكل 13-3 يوجد تلسكوب متعدد المرايا، فهو يتكون من 36 مرآة سداسية الشكل بوزن 14.4 طن، وكل مرآة منها لها قطر 1.8 متر وسماك 75 ميليمتر، ويتم التحكم في كل مرآة على حدة بحيث تعطي الكفاءة المطلوبة في التصوير. ونظام التحكم في المرايا يمكنه أن يحرك أي مرآة مسافة 0.001 من سمك شعرة الإنسان، وبالطبع هذه دقة عالية في تحريك المرايا، وتبني حالياً دول أوروبا معاً تلسكوباً متعدد المرايا قطره 16 متراً. كما أن بناء تلسكوبات الضوء المرئي للعمل في الفضاء الخارجي يعني زيادة الكفاءة الرصدية. وأول هذه التلسكوبات تلسكوب هابل الفضائي (HST)، له مرآة 2.4 متر وقدرة تفريقة 0.1 ثانية قوسية. وقد أرسل لنا العديد من الصور التي نراها لأول مرة عن نويات المجرات والكوازارات وغيرها الكثير. ومن أحلام الإنسان التي لا تتوقف أن يبني مرصد فوق سطح القمر (MMTO).



الشكل 13-3 منظر جوي للقببتين التوأمتين لمرصد كيك، والفتحتان للكشف عن التلسكوبات Keck II على اليسار، وKeck I على اليمين.

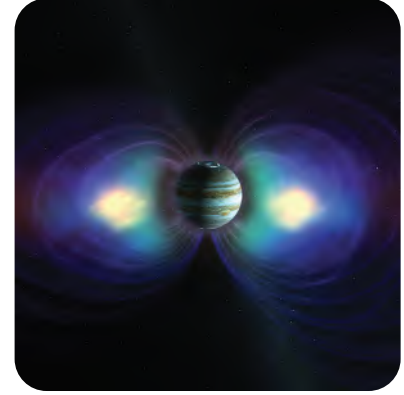




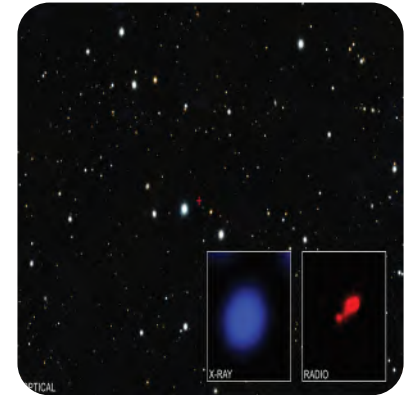
الشكل 14-3 تركيب المنظار الراديوي.

## 2- التلسكوبات الراديوية Radio Telescopes

يستخدم التلسكوب الراديوي هوائي (دش) الشكل 14-3 في رصد الأشعة الراديوية الصادرة من النجوم، وقد تم بناء كثير من هذه التلسكوبات في أماكن كثيرة من العالم، وقد أصبح هذا النوع من التلسكوبات عظيم الأهمية حيث إن هناك أنواعاً من المجرات تشع بصورة قوية في نطاق الأشعة الراديوية مثل ما يعرف بالكوازار. من المعلوم أن قوة التفريق تتدنى بزيادة الطول الموجي، وبما أن الموجات الراديوية طويلة المدى فإن الصور تكون غير واضحة ومشوشة، ولتفادي هذه المشكلة فإن تكبير قطر التلسكوب الراديوي يحسن من قوة التفريق، لذا صممت التلسكوبات الراديوية بأحجام كبيرة جداً، ويوجد في ألمانيا أكبر تلسكوب متحرك وقطره 100 متر. ومن الممكن الحصول على صور فائقة الدقة والوضوح بعمل منظومة من التلسكوبات الراديوية أو بما يسمى ترتيب ضخّم جداً Very Large Array (VLA) كتلك التي في نيومكسيكو، وتتكون من 27 تلسكوب راديوي بقطر 26 متر للواحد، وتنظم على شكل حرف Y لتغطي مساحة قطرها 27 كم، هذه المنظومة تنتج منظر راديوي للسماء بدقة عالية للغاية مقارنة بأفضل تلسكوب راديوي. وقد تم استخدام الموجات الراديوية في دراسة المجموعة الشمسية كقياس بعد وتضاريس الجرم ورصد مجالها المغناطيسي كما في صورة مجال المشتري الشكل 15-3، ورصد الأجسام الخافتة أو المستترة خلف سحابة من الغبار بين نجمي كإشارات النجوم النابضة (الكوازارات) الشكل 16-3، ويتم ذلك بإرسال موجات راديوية للجرم المراد دراسته ثم استقبال الموجات المنعكسة منه (وتسمى أشعة رادارية) ودراستها.



الشكل 15-3 المجال المغناطيسي للمشتري.



الشكل 16-3 كوازارات.

المصدر: وكالة ناسا.



الشكل 17-3 صور لسطح بنطاق الأشعة السينية بواسطة مرصد شاندرا. المصدر: وكالة ناسا.



الشكل 18-3 مرصد شاندرا للأشعة السينية. المصدر: وكالة ناسا.

### 3- تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء Infrared Telescopes

وتشبه تلسكوبات الضوء المرئي، إلا أنها تستخدم أنواعاً مختلفة من الأفلام الحساسة للأشعة تحت الحمراء، وكذلك الكاشف من النوع CCD، وفي الحقيقة فإن كفاءة الرصد في الأشعة تحت الحمراء زادت بصورة قوية من خلال الأقمار الصناعية مثل القمر الصناعي الفلكي للأشعة تحت الحمراء Infrared Astronomical Satellite (IRAS)، وهو مشروع دولي بين عدة دول لرصد الأشعة تحت الحمراء من 12 إلى 100 ميكرون بتلسكوب 57 سم. وقد تم بواسطة هذا التلسكوب رصد أكثر من 200 ألف مصدر للأشعة تحت الحمراء، وأغلبها يتعلق بتكوين النجوم داخل مجرتنا. كما أنه تم تركيب مطياف للأشعة تحت الحمراء على تلسكوبات الضوء المرئي حتى يمكن الرصد في هذا النطاق المهم من الأشعة. وقد استخدمت الطائرات أيضاً لتحمل تلسكوبات للرصد على ارتفاعات عالية، وقد أرسلت الدول الأوروبية قمراً صناعياً إلى الفضاء الخارجي لرصد الأشعة تحت الحمراء Infrared Space Observatory (ISO).

### 4- تلسكوبات الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية

#### X-ray & UV- ray Telescopes

لا بد من رصد تلك الأشعة خارج الغلاف الجوي للأرض؛ وذلك لأن الغلاف الجوي للأرض يمنع دخول هذه الأشعة تماماً، وبالفعل تم رصد هذه الأشعة بواسطة رحلات الفضاء. وأفضل تلسكوبات الأشعة فوق البنفسجية ذلك المسمى مكتشف الأشعة فوق البنفسجية الدولي (International Ultraviolet Explorer (IUE)، ويعرف باسم (Explorer 57) والذي بدأ العمل به في عام 1978، وقطر مرآة التلسكوب 0.45 مترًا، وكاشفات ترصد في الأطوال الموجية من 1150 إلى 3200 أنجستروم. ولقد تم الحصول على صور دقيقة للطبقات الداخلية للشمس وما يخرج منها من أشعة سينية، كما أنه في عام 2008 تم تجهيز مرصد فيرمي (Fermi) لأشعة جاما للعمل في الفضاء الخارجي. ولرصد الأشعة السينية وأشعة جاما فإنها تحتاج لتقنية خاصة، وأفضل التلسكوبات التي تعمل في هذا المدى هو مرصد شاندرا الفضائي (Chandra) الشكل 17-3 والشكل 18-3 وهذه الأنواع المختلفة من التلسكوبات يمكن معرفة الكثير من المعلومات المهمة عن الأجرام في السماء وما تحتويه من خفايا لم نكن نعرفها دون هذه المراصد.





## التقويم 2-3

### الخلاصة

- مهمة التلسكوب تتلخص في القدرة على تجميع وتركيز الأشعة الصادرة من الأجرام البعيدة، وتكوين صورة واضحة يمكن التعامل معها.
- التلسكوب الكاسر: تستخدم فيه عدسة حيث ينكسر الضوء عند مروره من خلالها.
- التلسكوب العاكس: تستخدم فيه مرآة مقعرة حيث تنعكس الأشعة الساقطة عليها وتتجمع في البؤرة.
- التلسكوب الراديوي: يستخدم هوائي (دش) في رصد الأشعة الراديوية الصادرة من النجوم.
- تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء وتلسكوبات الأشعة فوق البنفسجية والسينية: تشبه تلسكوبات الضوء المرئي، إلا أنها تستخدم أنواعاً مختلفة من الأفلام الحساسة لإشعاعاتها.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. علل سبب تفضيل أغلب الفلكيين هواة أو متخصصين للتلسكوبات من النوع العاكس.
2. لماذا لم يتم بناء مرصد للأشعة السينية على سطح الأرض و تقليل تكاليف إرسال مرصد للفضاء.

### التفكير الناقد

هل تفضل استخدام منظار راديوي كبير جداً أو منظومة راديوية مكونة من مناظير صغيرة بقطر كبير. مبيناً سبب اختيارك.

### الكتابة في علوم الفضاء

ابحث في دور كاميرات (CCD) في رصد الأجرام السماوية ولماذا لا تستخدم الكاميرات الفوتوغرافية العادية بدلا منها؟

### الرياضيات في علوم الفضاء

أوجد قوة تفريق منظار كاسر قطر عدسته الشيئية 0.3 م



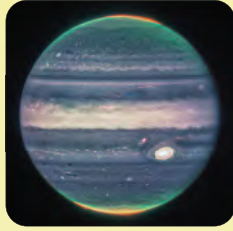
# التقنية الفلكية

## جمس ويب الراصد الكوني بعدة أطراف

- أداة المجال المتوسط من الأشعة تحت الأحمر: وستسمح لها كواشفها الحساسة برؤية الانزياح الضوئي نحو الأحمر للمجرات البعيدة، والنجوم المتشكلة حديثاً، والمذنبات المرئية بشكل خافت جداً.

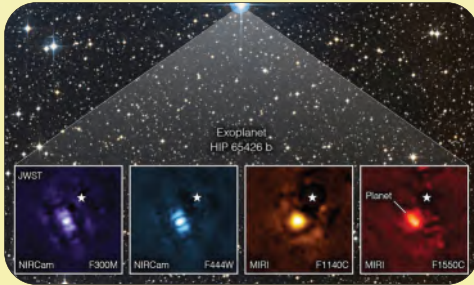
- حساسات التوجيه والإرشاد/المصور العامل في المجال القريب من تحت الأحمر ورسم الطيف اللاشقي:

وتستخدم لكشف الكواكب الخارجية وتوصيفها، والتحليل الطيفي لعبور الكواكب الخارجية.



المصدر: وكالة ناسا.

رصد منظار جمس ويب كوكب المشتري وبين حلقاته بدقة عالية.



صورة لكواكب نجمية التقطها منظار جمس ويب لم يكن بالإمكان سابقاً الحصول عليها.

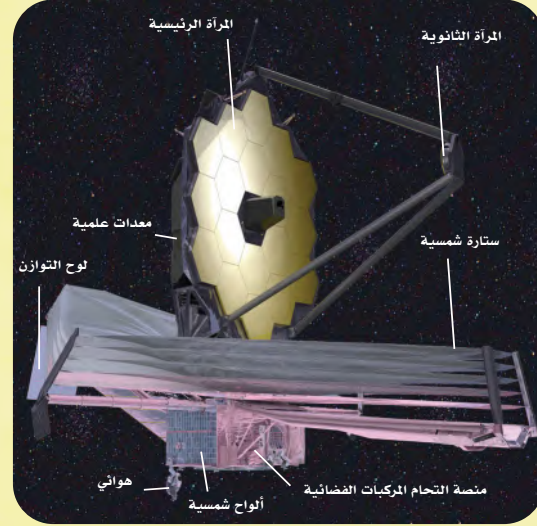
يأتي تلسكوب جمس ويب تنويجاً لجهود آلاف المهندسين ومئات من علماء الفضاء حول العالم، ومن المرتقب أن يقود هذا المرصد العالم إلى عصر جديد من الاستكشافات الفضائية.

تتطلب الكاميرات في التلسكوب بيئة باردة لالتقاط ضوء من المجرات البعيدة وغيرها من الأجرام الكونية في الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء.

ولهذا جُهِز "التلسكوب" بمعدات تبريد ودرع واقٍ من الشمس لتبريد الجزء المواجه للشمس منه حتى درجة حرارة 230 درجة مئوية تحت الصفر.

رصد المنظار الكون بواسطة 4 أجهزة علمية متخصصة تغطي الأطوال الموجية في مدى يتراوح بين 0.6 ميكرون و28 ميكرونًا.

وهذه الأجهزة هي:



المصدر: وكالة ناسا.

- الكاميرا العاملة في المجال القريب من تحت الأحمر: وسترصد النجوم الشابة في مجرة درب التبانة والأجسام الموجودة في حزام كويبر.

- راسم الطيف بالقرب من المجال تحت الأحمر: وسترصد المجرات البدائية التي تشكلت بعد الانفجار العظيم.

علوم الفضاء

الكتابة في

بحث: ابحث في دور منظار هابل في رصد الأجرام السماوية وقارن بينه وبين منظار جمس ويب من حيث تجهيزاته والنطاق الذي يرصده.

## مختبر الفضاء

### كيف تختار تلسكوباً مناسباً للرصد الفلكي

#### الأدوات

- 4 عدسات محدّبة إحداها ذات قطر كبير مختلف، والأخرى ذات قطر صغير مختلف معلومة الأبعاد البؤرية.
- تسجيل أقطار العدسات الشبكية وتسجيل أبعادها البؤرية.
- أنبوبان فارغان من المواسير البلاستيكية بأقطار تتوافق مع أقطار العدسات وبطول 30 سم لكل منهما.
- شريط لاصق.
- شريط إسفنج.



#### إجراءات السلامة

#### خطوات العمل

ملاحظة يتم تقسيم الطلاب إلى مجموعتين لبناء المنظار الأول والثاني.

#### اختر أحد الأنابيب ليكون الأنبوب الداخلي.

1. أدخل الأنبوب ذو القطر الأصغر داخل الأنبوب ذو القطر الأكبر، واجعل فاصلاً بينهما من الإسفنج.
2. حرّر الأنبوب الداخلي؛ ليتوسع داخل الأنبوب الخارجي.
3. باستخدام الشريط اللاصق، ثبت إحدى العدسات بالحافة الخارجية للأنبوب الداخلي، مع الانتباه إلى ضرورة أن تكون الجهة المنحنية في العدسة مواجهة للأنبوب من الداخل.
4. ثبت العدسة الثانية بالحافة الخارجية للأنبوب الثاني، مع الانتباه إلى ضرورة أن تكون الجهة المنحنية في العدسة مواجهة للأنبوب من الخارج، لا بأس إذا كانت عدساتك أكبر من الأنابيب.
5. حاول لصق إطار العدسات فقط بالشريط اللاصق، حتى لا تغطي العدسات كثيراً.

- تحذير:** لا تستخدم التلسكوب البسيط للنظر إلى الشمس أبداً.
6. احسب قوة تكبير كل منظار وسجل ذلك في جدول البيانات.
  7. احسب قوة تفريق كل منظار وسجل ذلك في جدول البيانات.
  8. قم باختيار إحدى الليالي التي يكون فيها القمر بالسما.
  9. ضع عينك على عدسة الأنبوب الداخلي، ثم وجه التلسكوب الذي صنعته إلى القمر.
  10. حرك الأنبوب الداخلي للداخل وللخارج، حتى تصبح رؤيته واضحة وتفصيله دقيقة.
  11. سجل ملاحظتك حول رصد القمر.
  12. أعد الخطوات 11-8 للمنظار الآخر.
  13. قارن بين المنظرين وأيهما تفضل؟ اربط إجابتك بناء على المشاهدات وقيم قوة التفريق والتكبير.

منظار المجموعة الأولى	منظار المجموعة الثانية	
		قطر العدسة الشبكية D
		البعد البؤري للعدسة الشبكية F
		البعد البؤري للعدسة العينية f
		قوة التفريق R
		قوة التكبير M
دقيقة <input type="checkbox"/>	دقيقة <input type="checkbox"/>	وضوح صورة القمر
متوسطة <input type="checkbox"/>	متوسطة <input type="checkbox"/>	
مشوهة <input type="checkbox"/>	مشوهة <input type="checkbox"/>	

#### الكتابة في علوم الفضاء

ماذا لو رغبت في رصد جرم خافت فما مواصفات المنظار الذي ستختاره؟





# دليل مراجعة الفصل

3

الفصل

**الفكرة العامة** إن معرفتنا بالكون مستمدة في معظمها من رصد وتحليل وتفسير طيف النجوم وآلية انتقاله.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
3-1 الطيف الكهرومغناطيسي	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> الضوء المرئي ليس إلا جزءاً صغيراً من كامل الإشعاع الكهرومغناطيسي. تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعاً كثيرة من الموجات كموجات الأشعة السينية وأشعة جاما بالإضافة إلى موجات الضوء المرئي.</p> <p>* تردد الشعاع الكهرومغناطيسي يمكن حساب طاقة الفوتون من المعادلة الآتية:</p> $E=hf$ <p>* الطيف المستمر ينبعث من جسم ساخن، أما طيف الانبعاث فناتج من غاز ساخن.</p> <p>* من خلال معرفتنا بسلاسل الطيف التي تصدر من مستويات الطاقة المختلفة ومن الذرات المختلفة يمكن التعرف على المركبات والعناصر الموجودة في أطياف النجوم والأجرام السماوية.</p>
3-2 المناظير الأرضية والفضائية	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يمتلك الفلكيون اليوم أدوات لرصد كل أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي الآتية من الفضاء وتحليلها وتفسيرها.</p> <p>مهام التلسكوب:</p> <p>1- جمع الضوء. <math>P=\frac{D^2}{0.49}</math> 2- التفريق. <math>R=\frac{11.58}{D}</math> 3- تكبير الصورة. <math>M=\frac{F}{f}</math></p> <p>أنواع التلسكوبات:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. تلسكوبات الضوء المرئي <b>Optical Telescopes</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. التلسكوب الكاسر Refractor telescope</li> <li>b. التلسكوب العاكس Reflector telescope</li> </ol> </li> <li>2. التلسكوبات الراديوية <b>Radio Telescopes</b></li> <li>3. تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء <b>Infrared Telescopes</b></li> <li>4. تلسكوبات الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية <b>X-ray &amp; UV-ray Telescopes</b></li> </ol> <p>عيوب المنظار الكاسر:</p> <p>-الزيف اللوني- الزيف الكروي- ثقل عدساته- غير منفذ لجميع أطياف الضوء المرئي.</p>

## مراجعة المفردات

المفاهيم:

1. يستخدم هوائي (دش) في رصد الأشعة الراديوية الصادرة من النجوم .....
2. وحدة قياس للطول للمسافات القصيرة للغاية وتساوي 00000001 ملم .....
3. القدرة على تفريق وتحليل صور الأجسام البعيدة عن بعضها .....
4. جهاز يستخدم في تحليل أشعة النجم الذي نرصده إلى أطيف .....
5. نوع من التشوه يحصل للصورة؛ بسبب أن الأشعة النافذة من أطراف العدسة تكون بؤرتها قريبة من العدسة .....

قارن بين كلا من :

6. المنظار الكاسر و المنظار العاكس.
7. طيف انبعاث و طيف امتصاص.
8. قوة التكبير و قدرة التفريق.
9. المنظار الراديوي و المنظار البصري.

## تثبيت المفاهيم الرئيسية

10. ما الطيف الأكثر ترددًا من الطيف المرئي وأقصر طولًا من طيف الأشعة السينية؟
11. ما الخاصية التي تشترك فيها جميع إشعاعات الطيف الكهرومغناطيسي؟
12. حدد حالة المادة التي تصدر الطيف المستمر.
13. ما نوع العدسة التي تقوم بجمع ضوء النجم عند البؤرة؟
14. عدد النوافذ الثلاث (المجالات الطيفية) في الغلاف الجوي للأرض، والتي يمكن رصدها بمنظير أرضية؟

15. اربط كل أداة مما يلي بما يناسبها من الأرصاد:

الأداة	الخاصية
مرصد تشاندررا.	١- أخفت المصادر الراديوية وأقصاها.
مرصد فيرمي.	٢- النجوم والغازات ذات الطاقات العالية.
مرصد كيك.	٣- المصادر المرئية.
منظومة Very Large Array.	٤- المصادر السيتية.

16. لدينا منظارين بالخواص التالية:

نوع المنظار		
عاكس 2	عاكس 1	
1m	2m	قطر العدسة أو المرآة الشيئية.
14.6 m	14.6 m	البعد البؤري للشيئية.
1 cm	1 cm	البعد البؤري للعينية.

أي المنظارين المذكورين في الجدول:

- a. أكبر قدرة على تجميع الضوء.
- b. أجدى من حيث قدرة التفريق.
- c. أعلى في قوة التكبير.

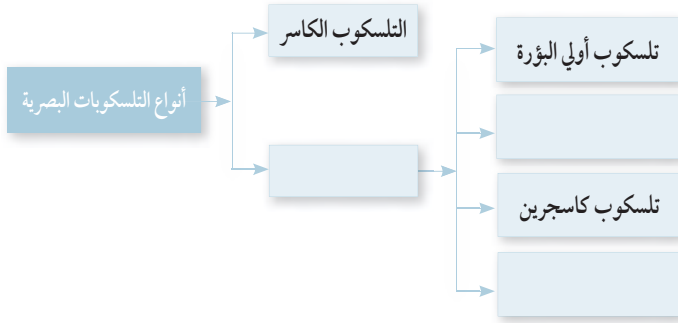


## التفكير الناقد

26. تم رصد الثقب الأسود بواسطة المنظار الراديوي. أيهما برأيك الخصائص الطيفية أم الخصائص التقنية التي حفزت العلماء على إعطاء هذا المنظار أولوية في رصد الثقب الأسود؟

## خريطة مفاهيمية

27. أكمل خريطة المفاهيم:

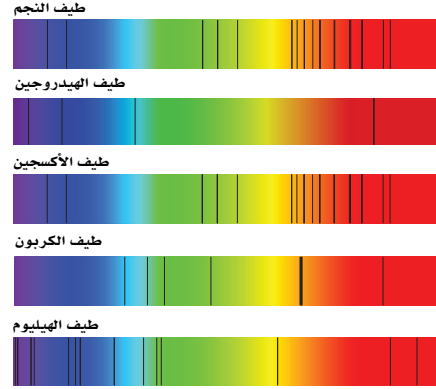


## سؤال تحفيز

28. علل عدم استمرار عمل المناظير الفلكية في الفضاء لسنوات عديدة.

## أسئلة بنائية

17. أي من العناصر التالية تمثل طيف النجم في الشكل أدناه؟



- a. الهيدروجين.
- b. الهيليوم.
- c. الكربون.
- d. الأكسجين.

18. ما الجزءان الرئيسيان في المنظار البصري وما وظيفة كل منهما؟

19. لماذا تستخدم أكثر من مرآة ثانوية في منظار كوديه؟

20. علل ظهور حبيبات على طبقة الفوتوسفير؟

21. اذكر ثلاثاً من مميزات المنظار الراديوي في رصده للأجرام السماوية.

22. ما الفائدة من إطلاق مرصد للفضاء الخارجي؟

23. علل يتم عمل منظومة من التلسكوبات الراديوية أو بها يسمى ترتيب ضخماً جداً؟

24. اشرح طريقة تصحيح الزيغ اللوني في المناظير الكاسرة.

25. قارن بين قدرة العين والمنظار.





# اختبار مقنن

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. من مصادر الاشعة فوق بنفسجية:

- a. التفاعلات النووية.
- b. الثقوب السوداء.
- c. السوبرنوفات.
- d. الكواكب.

2. مستويات الطاقة الأقل للعناصر الثقيلة تنتج أطيفاً في الأشعة:

- c. السينية.
- d. جاما.
- e. راديوية.
- f. الضوء المرئي.

3. أقصى قطر مثالي لعدسة منظار كاسر يجب أن تكون بحدود:

- a. 188 سم.
- b. 102 سم.
- c. 200 سم.
- d. 85 سم.

4. في المنظار النيوتوني تكون زاوية ميل المرآة الثانوية المستوية التي توضع أمام البؤرة:

- a. 30
- b. 45
- c. 15
- d. 180

5. من أشهر مراصد المرايا المتعددة؟

- a. منظار بالومار.
- b. منظار كيك.
- c. منظار هابل.
- d. منظار yerkes.

6. أفضل رصد ممكن للكوازارات يكون بواسطة:

- a. منظار أشعة جاما.
- b. منظار الأشعة السينية.
- c. المنظار الراديوي.
- d. المنظار البصري.

## أسئلة الإجابات القصيرة

7. ما الغرض من كاشف المطياف؟

8. أعطي مثالاً لخطوط امتصاص.

9. أين تتجمع الأشعة المنعكسة في المنظار العاكس الذي يعاني من زيف كروي.

10. ما الميزتان الرئيسيتان للمناظير العملاقة لأغراض البحث؟

11. اذكر ميزة مرصد كيك البصري

12. كيف يستطيع الفلكيون رفع كفاءة التلسكوبات؟

## القراءة والاستيعاب

تلسكوب مرصد ألما ALMA Observatory من أفضل التلسكوبات التي تدرس الكون ضمن نطاق الأمواج المليمترية والدون مليمترية والتي تقع بين الأمواج الحمراء والأمواج الراديوية الطويلة، وهو يستعمل المرايا العاكسة كما في تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء والمرئية بل يستخدم هوائيات عبارة عن صحنون معدنية كبيرة، والعديد من تلك الهوائيات نصبت على ارتفاع 5000 متر ضمن هضبة تشانانتور، وتقوم صحنون الهوائيات تلك بنفس عمل المرايا المقعرة في التلسكوبات الأخرى، حيث تجمع الإشعاعات القادمة من الأجرام الفلكية البعيدة وتركزها على الكاشف الذي يقيس الشعاع ويكون الاختلاف بين قياس



نموذجين من التلسكوبات هو عبارة عن طول موجة الإشعاع المكتشف. والإشعاعات المدروسة هي تلك التي يقع طول موجتها بين بضعة مئات الميكرونات حتى 1 ميليمتر والتي تعرف باسم الإشعاعات المليمترية. والدون مليمترية.

حسب ما قرأت أجب عما يلي:

13. نطاق دراسة مرصد ألما هو:

- a. نطاق الأمواج المليمترية والدون مليمترية.
- b. الأمواج السينية.
- c. أمواج الضوء المرئي.
- d. أمواج فوق بنفسجية.

14. تقوم هوائيات المرصد بنفس طريقة عمل:

- a. العدسات المحدبة.
- b. المرايا المحدبة.
- c. العدسات والمرايا.
- d. المرايا المقعرة.



# الأحافير والتأريخ الصخري

## Fossils and the Geological Dating

4



أحافير لافقارية



ينقب عالم أحافير في  
الصخور بحثاً عن أحافير

**الفكرة العامة** يستعمل العلماء طرائق

متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

**1-4 تعريف الأحافير وشروطها**

**الفكرة الرئيسية** الأحافير بقايا أو آثار

الكائنات التي عاشت على الأرض

وحفظت في الصخور حفظاً طبيعياً عبر

الأزمنة الجيولوجية المختلفة

**2-4 طرق حفظ الأحافير وأهميتها**

**الفكرة الرئيسية** يتم حفظ الأحافير

بطرق عديدة تعتمد على الظروف

البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد

الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات

القديمة منذ ملايين السنين.

**3-4 السجل الصخري**

**الفكرة الرئيسية** يرتب العلماء الزمن

الجيولوجي لمساعدتهم على التواصل

حول تاريخ الأرض.

**4-4 العمر النسبي والعمر المطلق**

**الفكرة الرئيسية** يستعمل العلماء المبادئ

الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث

الجيولوجية وفق حدوثها زمنياً. كما

يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي

وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر

المطلق لكثير من الصخور.

### حقائق جيولوجية

- تخفي رمال الصحاري العربية مجاري أودية وأنهاراً قديمة وبقايا آثار مدن، منها: مدينة عبار، ووادي الباطن، وجبال الأحقاف، وكما تخفي مواطننا لكثير من اللاقاريات.

- تحوي السجلات الصخرية دلائل تشير إلى وجود فترات جليدية سادت شبه الجزيرة العربية.



## نشاطات تمهيدية

التأريخ النسبي مقابل التأريخ المطلق

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق لأعمار الصخور.

### المطويات

منظّمات الأفكار



**الخطوة 1** استعمل ورقة طويلة وحدد وسطها.



**الخطوة 2** اثن الورقة من أعلى ومن أسفل نحو وسطها لعمل مطوية ذات مصراعين.



**الخطوة 3** عنون اللسانين: التأريخ النسبي، التأريخ المطلق.

التأريخ النسبي

التأريخ المطلق

استخدم هذه المطوية في القسم 4-4 في أثناء دراستك التأريخ النسبي والتأريخ المطلق، لخص المعلومات عليها، واكتب فيها أمثلة على إيجابيات وسلبيات كل منهما.

## تجربة استهلاكية

### كيف تتكون الأحافير؟

لعلك زرت أحد المتاحف، ووقفت أمام عظام متحجرة لأحد الديناصورات. تقدم العظام المتحجرة دليلاً على وجود الديناصورات وبقايا المخلوقات الأخرى في الزمن الماضي. وتتكون الأحفورة عند دفن عظام المخلوق أو الأجزاء الصلبة منه بسرعة في مواد مثل الطين أو الرمل أو رسوبيات أخرى، وتصبح متحجرة بعد مرور مدة طويلة من الزمن؛ إذ تمتص العظام والأجزاء الصلبة المعادن من الأرض.

### الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اسكب 500mL من الرمل في علبة اللبن البلاستيكية بعد إزالة الجزء العلوي.
3. ادفن قطعة إسفنجية في وسط الرمل.
4. اسكب 250 mL من ماء ساخن في إناء سعته 500 mL.
5. أضف 100 mL من الملح إلى الإناء وحرك الخليط بساق تحريك بسرعة.
6. اسكب الماء على الرمل ثم عرّض الإناء مباشرة لأشعة الشمس مدة 5-7 أيام دون تحريك.
7. احفر في الرمل لتحصل على "أحفورة إسفنجية".

### التحليل

1. صف في دفتر علم الأرض ما حدث للقطعة الإسفنجية.
2. فسّر كيف ينمذج هذا النشاط عملية تكون الأحافير؟





## تعريف الأحافير وشروطها

## Definition of fossils and their conditions

### الأهداف

- تتعرف الأحافير.
- توضح شروط تكون الأحافير.
- تصنف أنواعاً مختلفة من الأحافير.
- تعلق ندرة وجود أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.

**الفكرة الرئيسية** الأحافير بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض، وحفظت في الصخور حفظاً طبيعياً عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.

**الربط مع الحياة** لعلك لاحظت بقايا صلبة كالعظام لكائنات خارج النطاق العمراني موجودة منذ فترة زمنية طويلة، والأجزاء الرخوة غير موجودة؛ ذلك يدل على أن الجزء الرخو يتحلل بسرعة عكس الجزء الصلب للكائن.

### ما الأحافير؟ What are the fossils?

قال تعالى: ﴿وَفِي خَلْقِكُمْ وَمَا يَبُتُّ مِنْ دَابَّةٍ آيَاتٌ لِّقَوْمٍ يُوقِنُونَ﴾ (سورة الجاثية الآية: 4).

إذا تأملت خلق الله سبحانه وتعالى ستجد التعدد والتنوع في خلقه عز وجل، حيث إن هناك كائنات عديدة بقيت وتكيفت مع الظروف البيئية المختلفة عبر العصور والأزمنة المختلفة.

وكائنات أخرى لم يكتب لها البقاء والاستمرارية؛ حيث حفظت بقاياها أو آثارها في الصخور على هيئة أحافير.

**فالأحافير fossils:** هي بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض، وحفظت في الصخور حفظاً طبيعياً عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.

وبمقارنة الأحافير المحفوظة في الصخور بتمثيلاتها من الكائنات الحية الموجودة حالياً، فإننا نستطيع أن نفهم الحياة والبيئة القديمة التي عاشت بها كائنات تلك الأحافير؛ لذا يسمى العلم الذي يدرس الكائنات الحية التي عاشت في الماضي **علم الأحافير paleontology**.

### مراجعة المفردات

**الرسوبيات:** قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجازية، وتكون الصخور الرسوبية.

### المفردات الجديدة

الأحافير  
علم الأحافير



## شروط تكون الأحافير

لتكون الأحافير لابد من توفر شروط معينة وبيئة ملائمة تعمل على حفظها أو حفظ بعض بقاياها. وهناك شرطان أساسيان لحدوث ذلك وهما:

### 1. أن يحوي جسم المخلوق على أجزاء صلبة:

حيث إن المادة الرخوة يتم تحليلها بعد موت الكائن في مدة زمنية قصيرة إلا إذا وجدت ظروف خاصة تساعد على حفظها؛ كأن تدفن وتغطي بالثلج، أو مواد حافظة أخرى مثل: الإسفلت.

بينما المادة الصلبة في الكائن تكون فرصة حفظها أكبر، لذلك يكون من النادر وجود أحافير للكائنات التي ليس لها هياكل صلبة كالديدان.

### 2. أن يدفن الكائن سريعاً:

ويتم ذلك إذا حفظ الكائن أو أي جزء منه من المؤثرات الخارجية مثل: تأثير المياه ودرجة الحرارة التي تعمل على تحليل أجزائه وتلاشيها.

وتعد أحافير الكائنات البحرية الأكثر شيوعاً وانتشاراً؛ لأن بيئاتها أكثر ملاءمة لعملية الدفن السريع، كما أن عوامل التحلل مثل: تأثير البكتيريا بها أقل نشاطاً منها على اليابسة الشكل 1-4.

### ماذا قرأت؟ بين سبب كثرة انتشار أحافير الكائنات البحرية؟

ومن خلال الجدول 1-4 ستتعرف على أشكال مختلفة للأحافير الحيوانية والنباتية والأزمنة الجيولوجية التي عاشت فيها.



الشكل 1-4 أحافير كائنات بحرية.





العمر الجيولوجي	الشكل	الأحفورة
ظهرت في عصر الكامبري وانقرضت في عصر البرمي.		ثلاثية التفرص Trilobites يتكون جسمها من ثلاثة أقسام.
ظهرت في عصر الديفوني وانقرضت في عصر الكريتاسي.		الأمونيات ammonites لها صدفة ذات لفات ظاهرة أو مخفية التتابع.
ظهرت في العصر الكربوني، وسادت في دهر الحياة المتوسطة، ثم انقرضت الزواحف الضخمة في نهاية عصر الكريتاسي.		الزواحف Reptiles من أمثلتها التي عاشت في عصر البرمي ودهر الحياة المتوسطة الديناصورات.
ظهرت في عصر الأردوفيثي وما زالت مستمرة حتى الآن.		المرجانيات Corals تتكون من مستعمرات تشبه الأشجار.
ظهرت في عصر الأردوفيثي وما زالت مستمرة حتى الآن، وبعض أنواعها انقرضت.		الفرامينيفرا (المثقبات) Foraminifers كائنات ذات أصداف دقيقة مختلفة الأشكال والأنواع يعتمد عليها في تحديد أعمار الطبقات تحت السطحية أثناء حفر آبار النفط.
ظهرت في عصر الديفوني وما زالت حتى الآن.		السراخس Glossopteris أغلبها نباتات عشبية.



# تجربة

## التعرف على أنواع مختلفة من الأحافير

كيف تتكون الأحافير؟ تتكون عندما تتوفر الشروط المناسبة لحفظ بقايا الكائن أو آثاره، التي من خلال مقارنتها بكائنات مماثلة لها في الوقت الحالي نستطيع معرفة البيئة القديمة التي كانت تعيش بها تلك الكائنات وأساليب حياتها..

### خطوات العمل

#### الجزء الأول

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في المختبر.
2. احصل على عينات لعدد من الأحافير من معلمك، وصنفها في مجموعتين: الأولى لبقايا الكائنات الصلبة، والأخرى لآثار الكائنات.
3. قارن بين الأحافير في تلك المجموعتين من حيث طريقة الحفظ.

#### الجزء الثاني

4. استعمل كراسة صغيرة محاولاً رسم أشكال تلك الأحافير.

### التحليل

5. من خلال دراستك لتلك الأحافير، ميز بين أحافير الكائنات التي عاشت في البيئة البحرية والأخرى التي عاشت على اليابسة.
6. توقع نتيجة عدم توفر الظروف المناسبة لحفظ تلك الأحافير.

## التقويم 1-4

### الخلاصة

- الأحافير هي بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت حفظاً طبيعياً.
- هناك شرطان أساسيان لتكون الأحافير.
- الدفن السريع يعمل على حفظ الكائن بشكل أفضل.
- ندرة أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.
- الأحافير البحرية هي الأكثر انتشاراً؛ بسبب توفر وسائل الدفن السريع في البيئة البحرية.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. وضح الأحافير؟
2. اذكر شروط تكون الأحافير؟
3. علل: ندرة أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة؟

### التفكير الناقد

4. لخص كيف يتم حفظ الكائن من خلال عملية الدفن السريع؟
5. صف أهمية احتواء الكائن على أجزاء صلبة ليحفظ كأحفورة؟

### الكتابة في الجيولوجيا

6. اكتب تقريراً عن أهمية أحافير «الفرامينيفرا» في اكتشاف النفط.





## طرق حفظ الأحافير وأهميتها

### Methods of preserving fossils and their importance

#### الأهداف

- تصف كيف تحفظ الأحافير.
- تفسر وجود هذه الأحافير ضمن الصخور الرسوبية.
- تقارن بين طرق الحفظ المختلفة للأحافير.
- تناقش أهمية الأحافير في معرفة البنىات القديمة وكيفية الاستفادة منها.

**الفكرة الرئيسية** يتم حفظ الأحافير بطرق عديدة تعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البنىات القديمة منذ ملايين السنين.

**الربط مع الحياة** عندما تذهب مع زملائك أو عائلتك في نزهة برية خارج المدينة تلاحظ أشكال مميزة داخل الصخور الرسوبية، يشد انتباهك فيها جمال وتنوع أشكالها، هذه هي الأحافير.

### طرق حفظ الأحافير

#### Methods of preserving fossils

تفيد عمليات حفظ الأحافير في معرفة المخلوقات الحية التي كانت موجودة في تلك الأزمنة التي تمثلها هذه الأحافير والتي حفظت ضمن الصخور الرسوبية، وسيقاعد تصنيف أنواع الحفظ لها على تحديد العمليات المسؤولة عن تعديل البقايا الأحفورية لكل من الحيوانات والنباتات، وتعدّ عملية حفظ الأحافير في الصخور عملية معقدة، ويتطلب الأمر ظروف بيئية خاصة حتى يتم الحفظ عليها، فعندما يموت المخلوق الحي يبدأ جسمه بالتحلل على الفور، إذ تعمل البكتيريا على تحليل المواد العضوية فيه وتساعد درجات الحرارة المتقلبة والأمطار على ذلك؛ لذا يجب أن يحفظ المخلوق الحي عبر الدفن السريع، ولحفظ الأحافير في الصخور، هناك العديد من الطرق وهي:

#### أولاً: الحفظ الكامل

يتطلب ذلك دفن المخلوق الحي سريعاً في وسط يحول بينه وبين عوامل التحلل؛ حيث يحفظ المخلوق الحي كاملاً بجميع أجزائه الصلبة والرخوة، ويعد العثور على هذه الأحافير كاملة نادر جداً؛ لأن حفظها يحتاج إلى بنىات وظروف خاصة، ويتميز

#### مراجعة المفردات

##### علم الأحافير:

العلم الذي يدرس المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي.

#### المفردات الجديدة

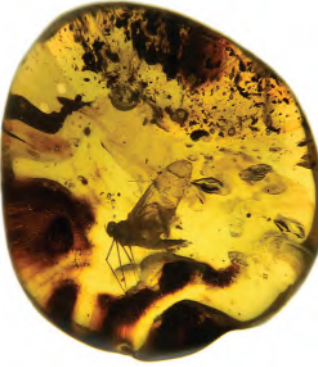
- التمعدن
- التفحم
- الاحلال
- الطبع
- آثار الحفر
- النموذج
- القوالب







الشكل 3-4 وحيد القرن الصوفي.



الشكل 4-4 حشرة في الكهرمان.



الشكل 5-4 التمعدن في أحفورة  
الأمونيات.



هذا النوع من الحفظ بأهميته لأنه يعطينا معلومات مهمة عن أجزاء الحيوانات اللحمية وتشريحها، ومن المخلوقات التي حفظت حفظاً كاملاً الماموث الصوفي في ثلوج سيبيريا الشكل 2-4، كما وجد وحيد القرن الصوفي محفوظاً في الطبقات الإسفلتية في شرق أوروبا الشكل 3-4، كما حفظت بعض الحشرات وحببيات اللقاح في الصمغ النباتي (الكهرمان) الشكل 4-4.

### ثانياً: الحفظ بتغيير التركيب الأصلي

وهو الذي يحدث نتيجة تغير كيميائي في تركيب المادة الأصلية للمخلوق مع بقاء الشكل الخارجي والتفاصيل الأخرى دون تغيير، وتعد هذه الطريقة من أهم طرائق حفظ الأحافير، وتتم من خلال ما يلي:

#### a. التمعدن:

تسمى عملية ترسب الأملاح والمعادن الذائبة في الماء في الفراغات ومسام الأصداف والعظام بالتمعدن **mineralization**، ومن أمثلتها: أكاسيد الحديد، وكربونات الكالسيوم، والسيليكا والبيرايت، والجالينا. ولذا تدعم هذه المواد العظام والأصداف وتزيد من كثافتها وثقلها وقابليتها للحفظ الشكل 5-4.

✓ ماذا قرأت؟ ما المادة التي ساعدت في حفظ ودعم أحفورة الأمونيات؟

#### b. التفحم:

عندما يموت المخلوق الحي ويدفن في الرواسب، ومع زيادة الضغط ودرجة الحرارة العالية إضافة إلى عامل الزمن الطويل، تبدأ عمليات **التفحم carbonization**؛ وذلك بأن يتطاير الأكسجين والهيدروجين والنتروجين الموجود في خلايا المخلوق ويبقى الكربون الذي يمثل الشكل الأصلي؛ حيث يميل لونها إلى اللون الأسود بسبب غناها بالكربون، وغالباً ما تكون البيئة التي تحفظ فيها بيئة كيميائية مختزلة (خالية من الأكسجين) مثل: بيئة المستنقعات الشكل 6-4.

#### c. الإحلال:

تسمى عملية إحلال معدن ثانوي (السيليكا - كربونات الكالسيوم - أكاسيد الحديد) إحلالاً كاملاً أو جزئياً محل المادة الأصلية للمخلوق **بالإحلال substitution**، مثل بعض الأصداف عندما يحل معدن الكوارتز مكان الكالسيت أو مثل ما يحدث للأشجار المتحجرة عندما حلت مادة السيليكا مكان المادة العضوية في الخشب الشكل 7-4.

✓ ماذا قرأت؟ في التفحم ماهي المواد التي يفقدها المخلوق، وماهي المادة الوحيدة التي تبقى لتشكل الأحفورة؟

### ثالثاً: الطبع

يتكون **الطبع print** عندما تترك المخلوقات طبعة آثارها على المواد الرسوبية الطرية، وعندما تجف هذه الرواسب يحفظ الطبع كنوع من الأحافير، ومن الأمثلة على ذلك: طبع أقدام الطيور والديناصورات وأوراق الأشجار الشكل 8-4.

## رابعاً : آثار الحفر

تحفر بعض الحيوانات كالديدان في الرواسب الطرية جحوراً وممرات تمتلئ فيما بعد بالرواسب، وعندما تتصلد هذه الرواسب تحفظ **آثار الحفر** **traces of excavation** كنوع من أنواع الأحافير. وهذا النوع من الأحافير هو الأثر الوحيد للحيوانات التي ليس لديها هيكل صلب الشكل 4-9.

## خامساً : القوالب والنماذج

إذا طمرت صدفة في الرواسب، تتحلل مادتها الرخوة وتملأ الرواسب التجويف الداخلي للصدفة فيتكون **النموذج Model** الشكل 4-10، وعندما ينطبع شكل الصدفة الخارجي على الرواسب المحيطة بها يتكون **القالب Templates** الشكل 4-11.

## أهمية دراسة الأحافير

تساعد الأحافير في تحديد عمر الصخور والتعرف على البيئة الرسوبية القديمة وأشكال الحياة السائدة في تلك العصور، وتسهم الأحافير أيضاً في فهم توزع القارات والبحار على سطح الأرض قديماً، والذي يعرف بالجغرافيا القديمة، مما يساهم في عمل الخرائط الجغرافية. كما أنها ساعدت في المقارنة بين الوحدات الصخرية مع بعضها ومعرفة المناخ السائد الذي كانت تعيش فيه تلك المخلوقات، مثل: المرجان والنخيل التي تدل على المناخ الدافئ.

## تجربة

### عمل قالب ونموذج:

عند دفن الأصداف وتغطيتها بالرواسب وتصلبها ينتج لنا أحافير تعرف بالقوالب، والقالب تجويف فارغ في الصخر له شكل محدد، ويتكون عندما يتسرب الماء إلى الفراغات داخل الصخر؛ حيث يوجد الصدف، فيقوم الماء ببطء بإزالة هذا الصدف تاركاً مكانه تجويفاً مفرغاً له شكل الصدفة، فإذا تسربت المعادن الذائبة وتجمعت داخل الفراغ ثم تصلبت فإنها تكون نوعاً آخر من الأحافير له شكل القالب نفسه ويسمى نموذجاً.

### خطوات العمل

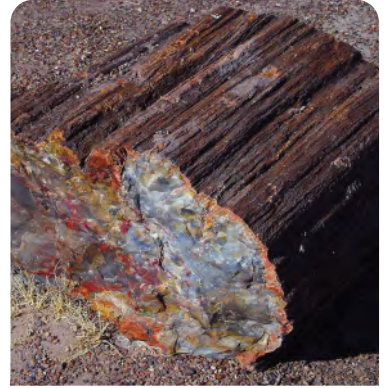
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على صدفة بحرية مجوفة وصلصال.
3. غط الصدفة بشكل كامل من جميع الجهات بالصلصال.
4. افصل وبشكل دقيق الصدفة عن الصلصال.

### التحليل

5. ميز في قطعة الصلصال بين القالب والنموذج.
6. أيهما - في نظرك - يعطي صورة تقريبية لشكل الصدفة، القالب أم النموذج؟
7. في حال لم تكن الصدفة مجوفة، هل يمكن أن يكون لدينا القالب؟



الشكل 4-6 سمكة تم حفظها بالتفحم.



الشكل 4-7 جذع شجرة تم إحلال السيليكا بدل المادة العضوية.



الشكل 4-8 آثار طبع أقدام الديناصورات.



الشكل 11-4 القالب.



الشكل 10-4 النموذج.



الشكل 9-4 آثار الحفر لبعض الديدان.

## التقويم 2-4

### الخلاصة

- يعتمد حفظ الأحافير على الظروف البيئية المناسبة التي يتعرض لها المخلوق عند الحفظ.
- الحفظ الكامل من أندر أنواع حفظ الأحافير.
- الحفظ بتغيير التركيب الأصلي من أهم طرائق حفظ الأحافير.
- آثار الحفر هي الأحافير الوحيدة للمخلوقات الرخوة والتي لا تملك هيكلًا صلبًا.
- من فوائد الأحافير معرفة أعمار الصخور والبيئات القديمة، وكذلك المساعدة في المقارنة بين الوحدات الصخرية المختلفة.

### فهم الأفكار الرئيسية

- ناقش كيف تحفظ الأحافير.
- لخص كيفية حفظ الأحافير بواسطة التفحم.
- اعمل قائمة بأسماء الأحافير في منطقتك، وتعرف على طريقة حفظ كل منها.
- صمم نموذجًا يحاكي طريقة حفظ القالب.

### التفكير الناقد

- وضح أهمية دراسة الأحافير.
- لخص أهمية الأحافير المحفوظة حفظًا كاملاً.

### الكتابة في الجيولوجيا

- اكتب تقريرًا عن أهمية الأحافير في عمل مقارنة بين الوحدات الصخرية المختلفة.







# 4-3

## الأهداف

توضح لماذا يحتاج العلماء إلى سلم الزمن الجيولوجي.

تميز بين الدهور والحقب والعصور والأحيان.

تصف مجموعات النباتات والحيوانات التي عاشت خلال الحقب المختلفة من تاريخ الأرض.

## مراجعة المفردات

الأحفورية: بقايا أو آثار أو طبقات نبات أو حيوان عاش يوماً ما على سطح الأرض.

## المفردات الجديدة

سلم الزمن الجيولوجي  
الدهور  
ما قبل الكامبري  
الحقب  
العصور  
أحافير مرشدة  
الأحيان  
الانقراض الجماعي

## The Rock Record السجل الصخري

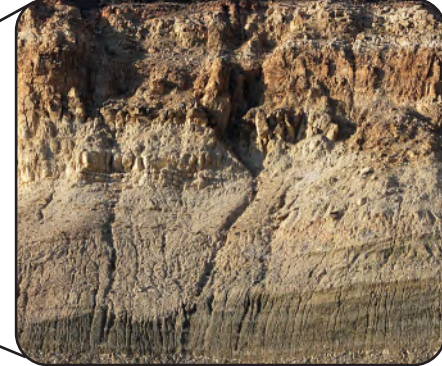
يرتب العلماء الزمن الجيولوجي؛ لمساعدتهم على التواصل حول تاريخ الأرض.

الربط مع الحياة: تحيّل الصعوبة التي تواجهها عندما ترتب لقاء مع صديق لك لو لم يكن الزمن مقسماً إلى وحدات شهور وأسابيع وأيام وساعات ودقائق. وترتيب الزمن الجيولوجي في صورة وحدات زمنية يُمكن العلماء من فهم وترتيب أحداث تاريخ الأرض بفاعلية.

## ترتيب الزمن الجيولوجي Organizing Time

لو قمت برحلة مشياً على الأقدام في وادٍ من الأودية لتكشّفت لك على جانبيه طبقات صخرية متعددة الألوان، كما في الشكل 12-4. بعض هذه الطبقات تحتوي على أحافير تمثل بقايا أو آثاراً أو طبقات لمخلوقات عاشت في الزمن الماضي. ويستطيع الجيولوجيون من خلال دراسة الطبقات الصخرية والأحافير التي تحتويها معرفة تاريخ الأرض القديم من نواح عدة، منها المناخ والبيئة القديمان، وتفسير ذلك.

ولفهم صخور الأرض وتفسير نشأتها، قسّم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى وحدات زمنية بناءً على الأحافير التي تحتويها، وهذه الوحدات جزء من سلم الزمن الجيولوجي **Geologic time scale** الذي يؤرخ تاريخ الأرض منذ 4.6 بلايين عام وحتى أيامنا الحالية. ومنذ تسمية أول وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي - وهي العصر الجوراسي في عام 1795م - استمر تطوير سلم الزمن الجيولوجي إلى يومنا هذا. بعض الوحدات الزمنية بقي دون تغيير لقرون خلت، بينما البعض الآخر أعاد العلماء ترتيبها لأنهم حصلوا على معلومات جديدة. ويوضح الشكل 13-4 سلم الزمن الجيولوجي.

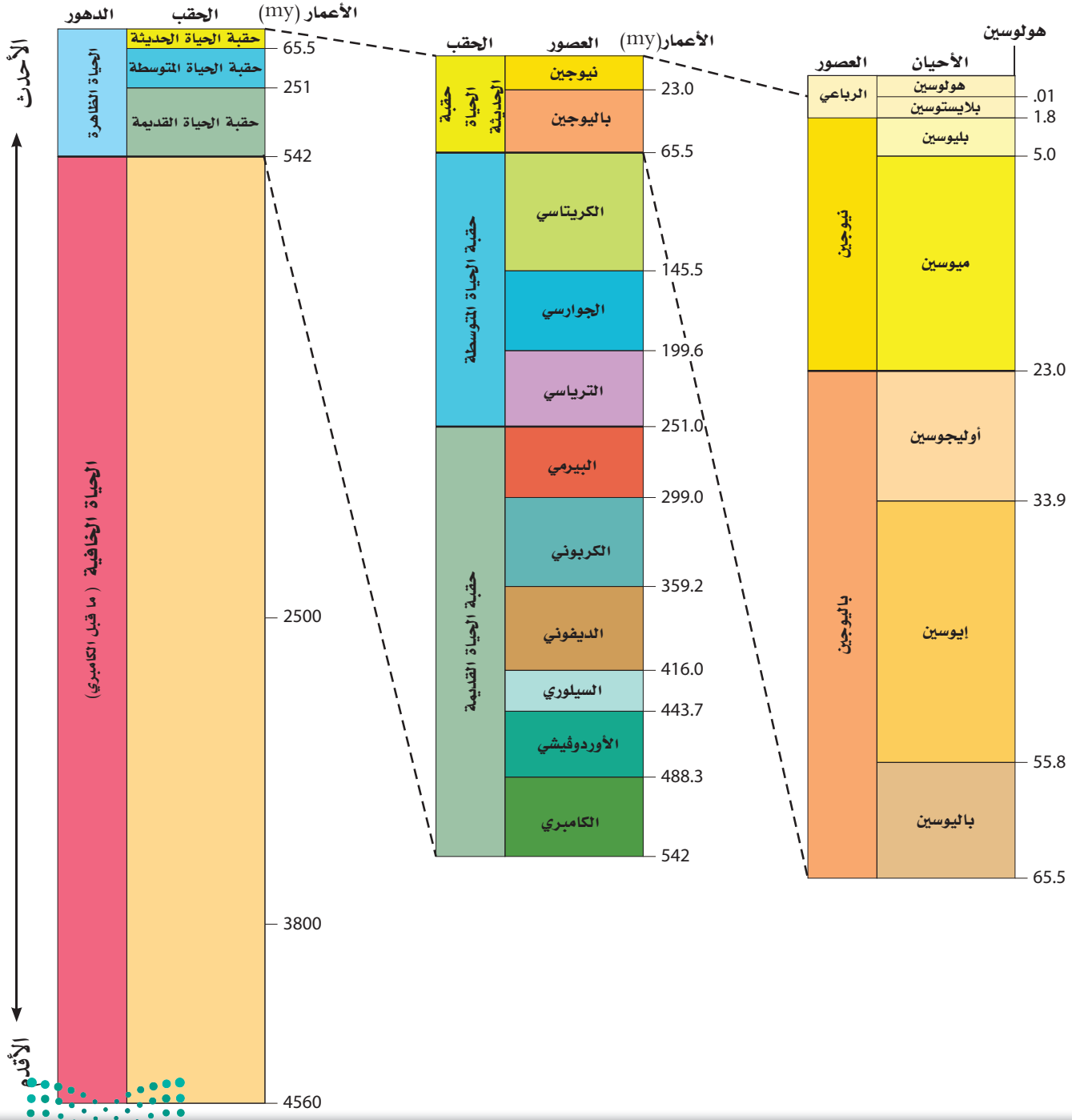


الشكل 12-4 تمثل الطبقات أحداثاً جيولوجية تقدر أعمارها بمئات الملايين من السنين. ويدرس الجيولوجيون الصخور والأحافير في كل طبقة لمعرفة تاريخ الأرض باستعمال وحدات زمنية مختلفة.

## سالم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

الشكل 13-4 يبدأ سلم الزمن الجيولوجي قبل 4.6 بلايين عام. ويقسم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى مجموعات، أكبرها الدهور؛ حيث يحتوي كل منها على حقبة، وكل حقبة على عصور، وكل عصر على أحيان. ويسمى الحين الحالي هولوسين. ويوجد لكل وحدة في سلم الزمن الجيولوجي اسم ومدى زمني بملايين السنين.

**حدد** أحدث وحدة زمنية لكل من الأحيان والعصور والحقب والدهور في سلم الزمن الجيولوجي.



## The Geologic Time Scale سلم الزمن الجيولوجي

يساعد سلم الزمن الجيولوجي العلماء على إيجاد العلاقات بين الأحداث الجيولوجية والظروف البيئية وأشكال الحياة الممثلة بالأحافير المحفوظة في السجل الصخري، وتترتب الوحدات الزمنية في سلم الزمن الجيولوجي من الأقدم إلى الأحدث كما في الشكل 13-4، حيث تكون الأقدم في الأسفل، وكلما انتقلنا إلى أعلى السلم كانت كل وحدة أحدث من سابقتها، كما هو موجود في تتابع الطبقات الصخرية.

✓ **ماذا قرأت؟ فسر لماذا يحتاج العلماء إلى سلم الزمن الجيولوجي؟**

**الدهور Eons** قُسم سلم الزمن الجيولوجي إلى وحدات زمنية، هي: الدهور والحقب والعصور والأحيان. و **الدهور Eons** أكبر هذه الوحدات، وتشمل الوحدات الأخرى، ومنها: الحياة الخافية. ويشكل ما قبل الكامبري Precambrian 90% تقريباً من سلم الزمن الجيولوجي، حيث تكونت الأرض، وأصبحت مؤهلة لاستقبال حياة حديثة؛ إذ تشير الأدلة الأحفورية إلى أن أشكال الحياة البسيطة بدأت في التشكل في منتصف دهر ما قبل الكامبري، وتنوعت مع نهايته، حتى أصبحت بعض المخلوقات قادرة على الحركة بطريقة معقدة. ومعظم أجسام هذه الأحافير كالتي في الشكل 14-4 كانت رخوة ودون أصداف وهياكل رخوة تشبه المخلوقات الحية الحديثة.

أما أحافير دهر الحياة الظاهرة فهي أحسن حفظاً؛ ليس لأنها أحدث عمراً، بل لاحتوائها على أجزاء صلبة لمخلوقاتهما يسهل حفظها. ويمثل خط الزمن في الشكل 15-4 بعض الأحافير المهمة والاكتشافات المتعلقة بتقنيات التأريخ.

✓ **ماذا قرأت؟ وضح ما الذي ميز دهر ما قبل الكامبري عن دهر الحياة الظاهرة؟**



الشكل 14-4 أحفورة محفوظة بصورة جيدة لمخلوق عاش من قبل وُجدت في صخور رسوبية، وتمثل أحد أشكال الحياة المعقدة الأولى على الأرض.

**استنتج** كيف كان هذا المخلوق يتحرك؟



1929 يُعدّ أناسازي أول موقع أثري يؤرخ باستعمال حلقات الأشجار السنوية.

1857 اكتشف عمّال المقالع هيكلًا عظميًا يسمى نيندرتال.

الشكل 15-4 اكتشاف الأحافير والتقنية غيرت اكتشافات الأحافير وتقنيات التأريخ فهمنا للحياة على الأرض.

1959 أدى اكتشاف أحافير في صخور طين بيرغن في سلسلة جبال روكي في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى بيان مدى تنوع اللافقاريات خلال عصر الكامبري.



1820 اكتشفت ماري آنج أحافير عدة لمخلوقات حية قديمة، وأثارت بذلك اهتمامًا كبيرًا بعلم الأحافير.

1796 رسم المساح وليام سميث أول خارطة جيولوجية اعتماداً على أحافير محددة في الطبقات الصخرية.





الشكل 16-4 أحفورة الأمونيت إحدى الأحافير المرشدة البحرية التي ميزت الحقبة المتوسطة.

**الحقب Eras** تتكون جميع الدهور من حقب، والحقبة Era هي ثاني أكبر وحدة زمنية، وتتراوح بين عشرات إلى مئات ملايين السنين. وتُحدّد الحقبة - كما تُحدّد بقية الوحدات الأخرى - بناءً على أنواع الحياة المختلفة التي نجدها في الصخور. أما أسماء الحقب فهي مشتقة من كلمات إغريقية بُنيت على الأعمار النسبية لأشكال الحياة. فعلى سبيل المثال كلمة paleo تعني قديماً، وكلمة meso تعني متوسطاً، وكلمة ceno تعني حديثاً، وكلمة zoic تعني الحياة، لذا فإن Paleozoic تعني الحياة القديمة، و Mesozoic تعني الحياة المتوسطة، و Cenozoic تعني الحياة الحديثة.

**العصور Periods** تُقسم جميع الحقب إلى عصور Periods، وتصل مدة العصر إلى ملايين السنين، ولكن بعض عصور ما قبل الكامبري أكبر من ذلك. سُمّيت بعض العصور بأسماء المواقع الجغرافية التي اكتُشفت فيها أحافير مرشدة Index fossils لأول مرة؛ وهي أحافير لها عمر محدد وامتداد جغرافي واسع ومنها أحفورة الأمونيت، انظر الشكل 16-4.

**الأحيان Epochs** أصغر الوحدات الزمنية في سلّم الزمن الجيولوجي، وتتراوح مدة الأحيان Epochs بين مئات آلاف السنين وملايين السنين. ومع أن العصور جميعها مقسمة إلى أحيان، إلا أن سلّم الزمن الجيولوجي في الشكل 13-4 لم يُظهر تقسيم العصور إلى أحيان إلا في حقبة الحياة الحديثة؛ وذلك لأن صخور ورسوبيات حقبة الحياة الحديثة أكثر اكتمالاً مقارنة بالصخور الأقدم منها؛ لأنها لم تتعرض لعمليات التجوية والتعرية إلا فترات زمنية قصيرة، ولم تفقد الأدلة على الحياة من تاريخ الأرض إلا لجزء بسيط، ولهذا السبب فإن أحيان هذه الحقبة قصيرة زمنياً، فعلى سبيل المثال حين الهولوسين الذي يتضمن الزمن الحديث بدأ منذ 11,000 عام فقط.



2006 أحفورة تشبه القندس عمرها 164 مليون عام اكتشفها الصينيون، على أنها ثدييات مائية، ويتوقعون أنها ازدهرت مع الديناصورات.

1993 تُعد الأحافير التي وجدت في غرب أستراليا دليلاً على وجود البكتيريا قبل 3.5 بليون عام.

1946 توصل عدد من العلماء إلى أنه يمكن تحديد أعمار الأجسام العضوية والآثار الحديثة نسبياً باستعمال الكربون المشع.

1987 قادت جيني كلاك حملة استكشافية إلى جرينلاند، اكتشفت خلالها أحافير لحيوانات عاشت قبل 360 مليون سنة.



## تعاقب أشكال الحياة Succession of Life-Form

بدأت المخلوقات الحية العديدة الخلايا في التنوع في دهر الحياة الظاهرة. لذلك فإن أحافيرها أكثر شيوعاً من أحافير ما قبل الكامبري القليلة نوعاً ما. وفي أثناء أول حقبة من دهر الحياة الظاهرة - وهي حقبة الحياة القديمة - امتلأت المحيطات بأنواع مختلفة من الحياة، ومن بينها التريلوبيت (ثلاثية الفصوص)، وهي حيوانات صغيرة ذات أصداف صلبة مقسمة إلى ثلاثة أجزاء، انظر الشكل 17-4، وتعد من أشكال المخلوقات الحية الأولى ذوات الأصداف، وقد سادت هذه المخلوقات في المحيطات في بدايات حقبة الحياة القديمة. أما نباتات الأرض فظهرت لاحقاً وتبعها ظهور حيوانات اليابسة، كما وفرت مستنقعات العصر الكربوني بيئة مناسبة لنمو النباتات، والتي تحولت لاحقاً إلى فحم حجري. وقد شهدت نهاية حقبة الحياة القديمة أكبر أحداث الانقراض الجماعي في تاريخ الأرض؛ إذ اختفت 90% من المخلوقات الحية البحرية. **والانقراض الجماعي Mass extinction** هو اختفاء مجموعات من المخلوقات الحية في السجل الصخري في فترة زمنية محددة.

واشتهرت حقبة الحياة المتوسطة بظهور الديناصورات، التي سادت على اليابسة، كما ظهرت مخلوقات حية أخرى كالزواحف المفترسة الكبيرة، التي عاشت في المحيطات، وتميزت نهاية حقبة الحياة المتوسطة بحادث انقراض ضخم؛ إذ انقرضت مجموعات كبيرة من المخلوقات الحية ومنها الديناصورات غير الطائرة والزواحف البحرية الضخمة. وفي حقبة الحياة الحديثة ظهرت الثدييات وتنوعت وزادت أعدادها.



الشكل 17-4 التريلوبيت أحافير من حقبة الحياة القديمة توجد في بقاع مختلفة من العالم. وقد أدى الانقراض الجماعي الذي حدث في نهاية هذه الحقبة إلى اختفاء 90% تقريباً من أشكال الحياة. **استنتج** ما علاقة انقراض المخلوقات الحية بتسمية العصر الكربوني؟

## التقويم 3-4

### الخلاصة

- يرتب العلماء سلم الزمن الجيولوجي في دهور وحقب وعصور وأحيان.
- يقسم العلماء الزمن إلى وحدات اعتياداً على أحافير النباتات والحيوانات.
- يُشكل دهر ما قبل الكامبري 90% من سلم الزمن الجيولوجي.
- يتغير سلم الزمن الجيولوجي مع زيادة معرفة العلماء العلمية بتاريخ الأرض.

### فهم الأفكار الرئيسية

- وضح الهدف من بناء سلم الزمن الجيولوجي.
- مميز بين الدهور والحقب والعصور والأحيان، ذاكراً بعض الأمثلة.
- صف أهمية الأحداث التي تمثل الانقراض الجماعي بالنسبة للجيولوجيين.
- فسر لماذا يعرف العلماء معلومات كثيرة عن حقبة الحياة الحديثة أكثر مما يعرفون عن بقية الحقب؟

### التفكير الناقد

- ناقش لماذا يعرف العلماء معلومات قليلة عن الحياة في دهر ما قبل الكامبري؟
- ارسم رسماً بيانياً بالأعمدة توضح فيه الفترات الزمنية النسبية لكل حقبة من حقب دهر الحياة الظاهرة.

### الرياضيات في الجيولوجيا

- ارسم رسماً بيانياً بالأعمدة توضح فيه الفترات الزمنية النسبية لكل حقبة من حقب دهر الحياة الظاهرة.



# 4-4

## الأهداف

- تصف مبدأ النسقية و أهميته في الجيولوجيا.
- تطبق المبادئ الجيولوجية في تفسير التتابعات الصخرية وتحديد أعمارها النسبية.
- تقارن بين أنواع مختلفة من عدم التوافق.
- توضح كيف يستعمل العلماء المضاهاة في فهم تاريخ منطقة ما.
- تقارن بين التأريخ المطلق والتأريخ النسبي.
- تصف كيف يحدد العلماء الأعمار المطلقة للصخور والمواد الأخرى باستعمال العناصر المشعة.
- توضح كيف يستعمل العلماء مواد محددة غير مشعة في تأريخ الأحداث الجيولوجية.

## مراجعة المفردات

النظائر: ذرات للعنصر نفسه تشابهه في عدد بروتوناتها، وتختلف في عدد نيوتروناتها.

## المفردات الجديدة

التأريخ النسبي  
المضاهاة  
الطبقة المرشدة  
التأريخ المطلق  
التأريخ الإشعاعي  
التأريخ بالكربون المشع

## العمر النسبي والعمر المطلق

### Relative and Absolute age

**الفكرة الرئيسية** يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها زمنياً. كما يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر المطلق لكثير من الصخور.

**الربط مع الحياة** إذا طلب إليك أن ترتب الأحداث الآتية: زمنياً من الأقدم إلى الأحدث، فكيف تفعل ذلك؟ (ذهابك إلى المدرسة، استيقاظك من النوم، ارتداءك الملابس، تناولك الطعام). ستعتمد على الأرجح على خبرتك السابقة في ترتيب هذه الأحداث. يستعمل العلماء أيضاً معلومات من الماضي لترتيب الأحداث في تعاقب زمني مماثل. ولكنهم أيضاً يرون أنه من المفيد معرفة زمن وقوع الأحداث بالضبط.

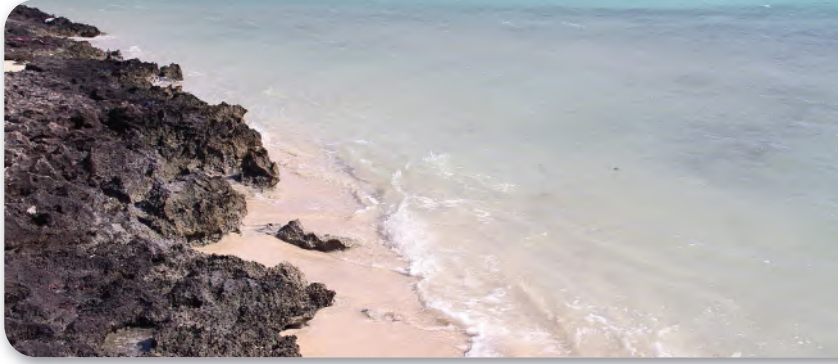
### التفسير الجيولوجي Interpreting Geology

يمتد عمر الأرض إلى بلايين السنين، ويعد جيمس هاتون - وهو جيولوجي أسكتلندي عاش في نهاية القرن الثامن عشر - من أوائل العلماء الذي اعتقدوا أن عمر الأرض كبير؛ فقد حاول فهم تاريخ الأرض من خلال العمليات الجيولوجية، مثل التعرية وتغيرات مستوى سطح البحر، التي تحدث ضمن فترات زمنية كبيرة. لقد ساعد عمله هذا في بناء سلم الزمن الجيولوجي وتطويره.

**مبدأ النسقية uniformitarianism** أرسى عمل جيمس هاتون حجر الأساس لمبدأ النسقية Uniformitarianism الذي ينص على أن العمليات الجيولوجية التي تحدث الآن كانت تحدث منذ أن خلقت الأرض. فعلى سبيل المثال إذا وقفت على شاطئ محيط وراقبت الأمواج القادمة إلى الشاطئ فإنك تشاهد عملية لم تتغير منذ نشوء المحيطات؛ إذ إن الأمواج التي تكسرت على شواطئ البحار في العصر الجوارسي تشبه إلى حد كبير الأمواج التي تتكسر على شواطئ البحار في هذه الأيام. والصورة في الشكل 18-4 أخذت حديثاً لأحد الشواطئ، وهي تشبه إلى حد كبير الشواطئ التي كانت موجودة قبل ملايين السنين.







الشكل 18-4 ربما كانت شواطئ جدة قبل 5 ملايين عام مثل هذا الشاطئ؛ ذلك أن العمليات الجيولوجية التي كوَّنتها لم تتغير.

## مبادئ تحديد العمر النسبي

### Principles for Determining Relative Age

بناء على مبدأ النسقية يستطيع العلماء أن يعرفوا الكثير عن الماضي بدراساتهم للحاضر، متبعين في ذلك طرائق عدة، منها **التأريخ النسبي Relative-age dating**، وهو ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها زمنياً. وهذه الطريقة لا تمكن العلماء من معرفة عدد السنين التي استغرقتها الأحداث الجيولوجية، ومتى وقعت بالضبط، ولكنها تساعدهم على فهم الأحداث الجيولوجية التي وقعت عبر تاريخ الأرض بصورة واضحة. ويستعمل العلماء طرائق عدة لتحديد الأعمار النسبية تسمى مبادئ التأريخ النسبي. وتتضمن هذه المبادئ مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ تعاقب الطبقات، مبدأ القاطع والمقطوع، وعدم التوافق، ومبدأ الاحتواء، والمضاهاة.

**مبدأ الترسيب الأفقي original horizontality** ينص مبدأ الترسيب الأفقي Original horizontality على أن الصخور الرسوبية تترسب في طبقات أفقية أو شبه أفقية. ويشبه هذا ما يحدث عندما ترسب الرمال على الشاطئ

#### المطويات

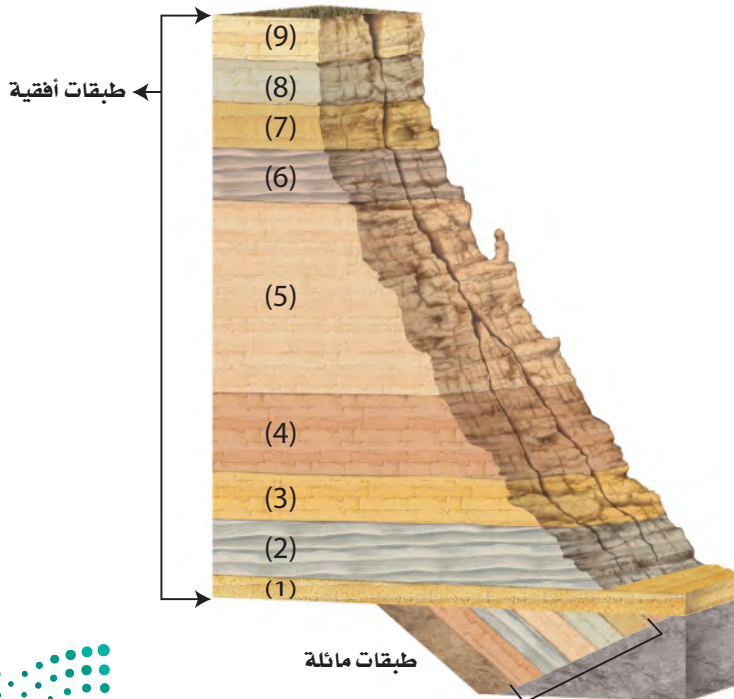
ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك

#### المفردات

#### مفردات أكاديمية

#### المبدأ

هو فرضية عامة تختبر بصورة متكررة وتسمى أحياناً قانوناً. من أمثلتها المبادئ الجيولوجية.



الشكل 19-4 تكونت الطبقات الأفقية في الشكل من خلال ترسيب الرسوبيات عبر ملايين السنين. وينص مبدأ الترسيب الأفقي على أن الطبقات المائلة في أسفل التتابع تكونت في البداية في وضع أفقي.





الشكل 20-4 بحسب مبدأ القاطع والمقاطع فإن القواطع النارية أحدث من صخور الشيست.  
استنتج كيف تكونت القواطع النارية؟

بصورة أفقية؛ حيث تعمل الجاذبية على نشر الرسوبيات التي تحملها الرياح والمياه بانتظام. وأي تغير يحدث لوضع الطبقات الأفقي يكون بسبب حدث جيولوجي لاحق لعملية الترسيب. ويوضح الشكل 19-4 طبقات رسوبية أفقية على جانبي أحد الأودية، وأسفلها طبقات مائلة.

**مبدأ تعاقب الطبقات superposition** لا يستطيع الجيولوجيون تقدير أعمار الطبقات الصخرية الموضحة في الشكل 19-4 بالسنوات باستعمال التأريخ النسبي، ولكن يمكنهم أن يفترضوا أن الطبقات السفلى في التعاقب هي الأقدم والعليا هي الأحدث، لذا يمكنهم أن يستنتجوا أن الطبقة (9) في قمة التعاقب أحدث من الطبقة (1) في أسفل التعاقب. ويعد هذا تطبيقاً لمبدأ تعاقب الطبقات Superposition الذي ينص على أنه في أي تعاقب طبقي تكون أقدم الطبقات الصخرية في الأسفل، والأحدث في الأعلى، وكل طبقة في التعاقب تكون أحدث من الطبقة التي تحتها، ما لم تتعرض الطبقات في التعاقب الطبقي إلى تغيير عن وضعها الأفقي الأصلي.

**مبدأ القاطع والمقاطع Cross-cutting relationship** تتميز صخور الدرع العربي - الذي يشكل الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية - بوجود الكثير من القواطع المكونة من الصخور النارية التي تقطع الصخور الأقدم منها. ويوضح الشكل 20-4 أحد الصخور مقطوعة بقواطع رأسية جرانيتية. والقواطع صخور تتكون بفعل تصلب الصهارة داخل صخور موجودة أصلاً.

## تجربة

### تحديد العمر النسبي

كيف تحدد العمر النسبي؟ يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية في تحديد العمر النسبي للطبقات الصخرية.

### خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ارسم شكلاً يتكون من أربع طبقات صخرية أفقية، ورقمها من أسفل إلى أعلى من 1 إلى 4.
3. ارسم قاطعاً نارياً رأسياً يمر من خلال الطبقات من 1 إلى 3.
4. حدد النقطة X على أسفل الطرف الأيسر للشكل، والنقطة Y على أعلى الطرف الأيمن له.
5. قص الورقة قطرياً من X إلى Y، ثم حرك القطعة الناتجة 1.5 cm على طول القطع.

### التحليل

1. صف ما المبادئ التي ستستعملها في تحديد الأعمار النسبية للطبقات في الشكل.
2. وضح مبدأ القاطع والمقاطع، وبيّن كيف يمكن استعماله في تحديد العمر النسبي للقاطع الرأسي؟
3. استنتج ماذا يمثل القطع XY، وهل هو أقدم أم أحدث من الصخور المحيطة به؟





وينص مبدأ القاطع والمقطع Cross-cutting relationship على أن القاطع أحدث من المقطوع. لذلك فإن قواطع الجرانيت في الشكل 20-4 أحدث من صخور الشيست. ولأن الصدوع كسور في الأرض يمكن أن تحدث حركة على طولها، لذا يمكن تطبيق مبدأ القاطع والمقطع عليها؛ حيث يكون الصدع أحدث من الطبقات والمعالج الجيولوجية التي يقطعها.

**عدم التوافق Unconformity** يتغير سطح الأرض باستمرار بفعل التجوية والتعرية والزلازل والبراكين وعمليات أخرى، لذلك من الصعب أن تجد تعاقباً صخرياً لم يطرأ عليه أي تغييرات. وفي بعض الأحيان قد تُفقد أحداث زمنية ماضية كلياً من تاريخ الأرض. فعلى سبيل المثال لو أن صخوراً رسوبية تكشفت على السطح وتعرضت لعمليات حت وتعرية ففقدت جزءاً منها، ثم حدث ترسب جديد وغطيت هذه المنطقة بطبقة جديدة من الرسوبيات فإن سطح التعرية هذا سيمثل فراغاً (فترة زمنية مفقودة) في السجل الصخري. وتسمى سطوح التعرية المدفونة عدم توافق Unconformity؛ حيث تكون الطبقة الصخرية التي تعلو سطح عدم التوافق مباشرة أحدث عمراً من الطبقة التي تقع تحته. ويميز العلماء ثلاثة أنواع من سطوح عدم التوافق موضحة في الشكل 21-4.

**عدم التوافق الانقطاعي Disconformity** عندما تعلو طبقة رسوبية أفقية طبقة رسوبية أفقية أخرى، يسمى سطح التعرية بين هاتين الطبقتين عدم التوافق الانقطاعي. ويمكن تمييز سطح عدم التوافق الانقطاعي عندما يكون سطح التعرية متعرجاً، ولكن تصعب رؤيته عندما يكون مستوياً.

**اللاتوافق Nonconformity** هو سطح يتكون عندما تعلو طبقة رسوبية صخوراً نارية أو متحولة كالجرانيت أو الرخام، وسطح اللاتوافق سطح تعرية سهل تعرفه. ولأن الجرانيت والرخام يتكوّنان في الأعماق فإن سطح اللاتوافق سوف يشير إلى فترة زمنية ضائعة في السجل الصخري، وهي الفترة التي انقضت في أثناء رفع هذه الصخور من باطن الأرض إلى أعلى وتعريتها على سطح الأرض وترسب طبقة صخرية جديدة فوقها.

✓ **ماذا قرأت؟** ميّز بين عدم التوافق الانقطاعي واللاتوافق.

الشكل 21-4 عدم التوافق هو سطح تعرية يفصل بين طبقتين صخريتين ترسبتا في أوقات مختلفة. ويوضح الشكل أدناه الأنواع الثلاثة لعدم التوافق.







الشكل 22-4 تحتوي الصخور الحديثة على قطع صخرية من صخر قديم.

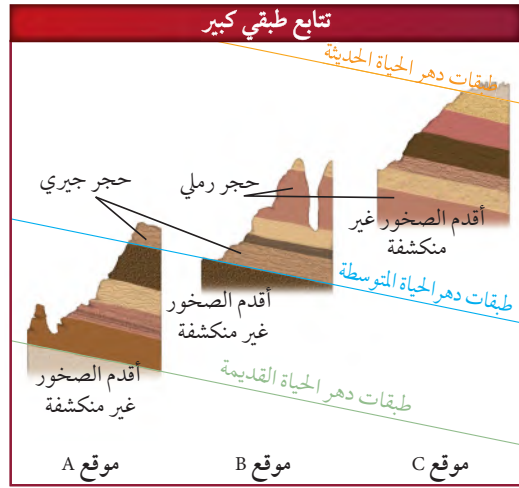
**عدم التوافق الزاوي Angular unconformity** تتعرض الطبقات الصخرية الرسوبية الأفقية إلى تشوه بسبب حركة الصفائح؛ حيث تتعرض للرفع والميلان، كما تتعرض خلال هذه العمليات للتجوية والتعرية، ثم إذا ترسبت فوق هذه الطبقات المائلة بعد تعريتها طبقة أفقية من صخور رسوبية فسيكون سطح عدم توافق يسمى عدم التوافق الزاوي. ويبين الشكل 21-4 كيف يُسجل عدم التوافق الزاوي تاريخياً معقدًا لعمليات تكوّن الجبال والتعرية.

**مبدأ الاحتواء Inclusions** ينص مبدأ الاحتواء Principle of inclusion على أن القطع الصخرية (المحتبسة) أقدم من الصخور التي تحتويها. ويحدث احتواء للقطع الصخرية في الصخور الرسوبية عندما تتعرض طبقة صخرية منكشفة لعمليات تجوية ثم حت وتعرية. وإذا حدث نقل للفتات الصخري الناتج ثم إعادة ترسيبه فإنه من المتوقع احتواء الطبقات الناتجة على قطع صخرية من الصخر القديم وتصبح جزءاً منها.

كما يمكن أن تحتوي الصخور النارية على صخور أخرى؛ فعندما تتدفق اللابة إلى السطح وتنخفض درجة حرارتها نسبياً فإنها تحمل معها صخوراً أخرى. انظر الشكل 22-4.

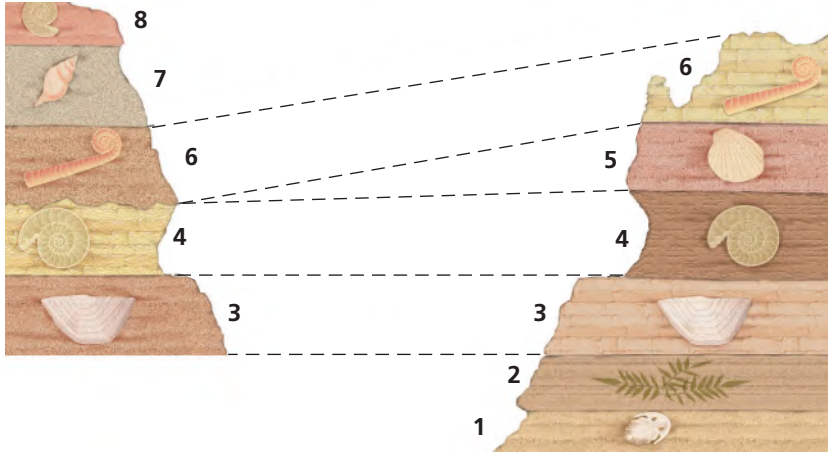
**المضاهاة Correlation** يوضح الشكل 23-4 أن الحجر الجيري يمثل أعلى الطبقات الصخرية في الموقع A، ولكنه في أسفلها في الموقع B الذي يبعد 100 km عن الموقع A. كيف يعرف الجيولوجيون أن هذه الطبقات الصخرية البعيدة بعضها عن بعض قد تكونت في الفترة الزمنية نفسها؟ والجواب عن ذلك هو اتباع طريقة واحدة تسمى **المضاهاة Correlation**، وهي مطابقة بين منكشفات صخرية محددة في منطقة ما، مع منكشفات مماثلة لها في منطقة جغرافية أخرى اعتماداً على المكونات المعدنية والخصائص الفيزيائية أو على المحتوى الأحفوري. ومن خلال مضاهاة الطبقات الصخرية المختلفة في الشكل 23-4 قد توصل الجيولوجيون إلى أن التعاقبات الصخرية كلها في المواقع A و B و C هي جزء من تعاقب طبقي كبير.

**الطبقات المرشدة (الدالة) key beds** تتكون أحياناً طبقات صخرية مميزة تمتد فوق منطقة جغرافية واسعة، نتيجة سقوط نيزك أو ثوران بركان أو أي حدث آخر، ولأنها طبقات يسهل تعرفها وتمييزها، فإنها تساعد الجيولوجيين على مضاهاة ومقارنة المكونات الصخرية المنكشفة في مناطق مختلفة. ويسمى الصخر أو الطبقة الرسوبية المستعملة على أنها مؤشر أو علامة بهذه **الطبعة مرشدة Key bed**؛ حيث تُرشد الجيولوجيين إلى أن الطبقات التي تقع فوق الطبقة المرشدة تكون أحدث من الطبقات التي تقع أسفل منها. فتعد طبقة الرماد البركاني مثلاً طبقة مرشدة.



الشكل 23-4 يمثل الحجر الجيري أحدث الطبقات الصخرية في الموقع A وأقدمها في الموقع B، وطبقة الحجر الرملي تمثل أحدث الطبقات الصخرية في الموقع B ولكنها تعد صخوراً غير منكشفة في الموقع C.

**استنتاج** تركيب الطبقة المدفونة أسفل طبقة الحجر الجيري عند الموقع B.



الشكل 24-4 المضاهاة بالأحافير بين طبقات صخرية في موقع ما، مع طبقات صخرية تحتوي على الأحافير نفسها في موقع آخر، مما يدل على أن هذه الطبقات ترسبت في الفترة الزمنية نفسها على الرغم من اختلافها في المكونات.

**المضاهاة بالأحافير Fossil correlation** يستعمل الجيولوجيون الأحافير أيضًا لمضاهاة التكوينات الصخرية بين أماكن متباعدة. ويوضح الشكل 24-4 أن الطبقات الصخرية ترسبت في زمن واحد؛ لاحتوائها على أحافير متشابهة على الرغم من اختلافها كليًا في المكونات.

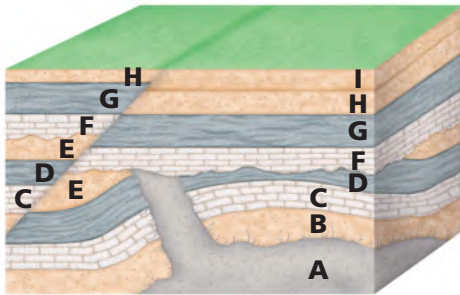
#### المهن في علم الأرض

##### جيولوجي البترول

يستعمل جيولوجيو البترول المبادئ الجيولوجية لتعرف السجل الصخري لخزانات النفط والغاز الطبيعي.

### مختبر تحليل البيانات

#### تفسير الرسم



كيف تفسر الأعمار النسبية للطبقات الصخرية؟ يوضح الشكل تعاقبًا صخريًا. ويستعمل الجيولوجيون مبادئ التأريخ النسبي لترتيب الطبقات الصخرية بحسب زمن تكونها.

#### التحليل

1. حدد نوع عدم التوافق بين أي طبقتين صخريتين. وضح إجابتك.
2. فسر أي الطبقات الصخرية أقدم؟
3. استنتج أين يمكن أن توجد الصخور المحتبسة؟ وضح إجابتك.
4. قارن بين الطبقات الصخرية عن يمين الشكل وتلك التي عن يساره. لماذا لا تتشابه؟

#### التفكير الناقد

5. طبق ما أحدث المعالم الجيولوجية في الشكل: القاطع أم الطبقات المطوية؟ ما المبدأ الذي استعملته في معرفة ذلك؟
6. وضح لماذا لا توجد الطبقة I عن يسار الشكل؟

### الربط مع الكيمياء

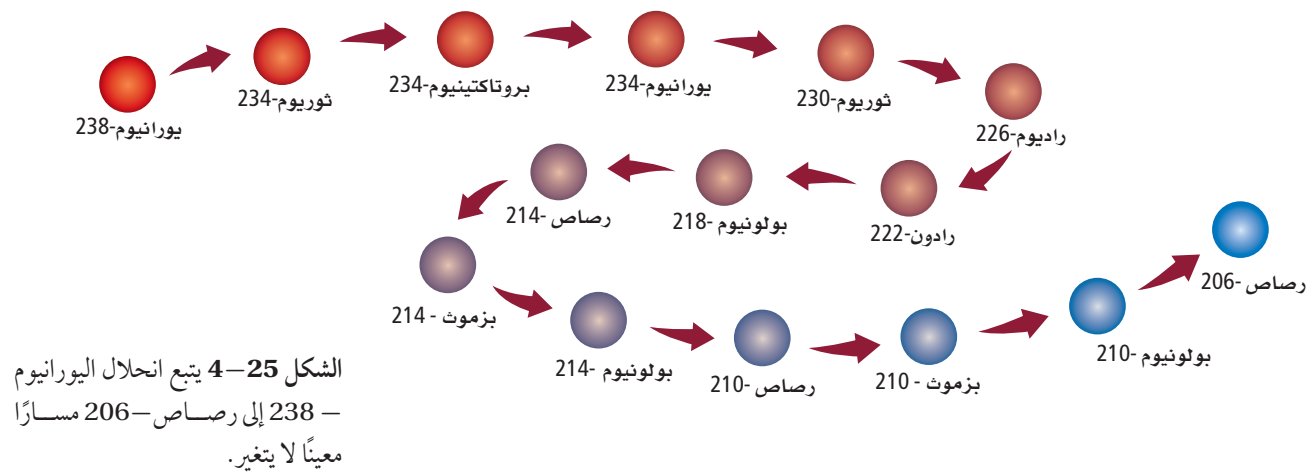
تنبعث جسيمات نووية من النظائر المشعة بمعدل ثابت. إن العنصر يتميز بعدد محدد من البروتونات. ولأن عدد البروتونات يتغير مع كل انبعاث.

تساعد المضاهاة بالأحافير على معرفة التأريخ النسبي للتعاقبات الصخرية، كما تساعد الجيولوجيين على فهم التأريخ الجيولوجي لمناطق جغرافية واسعة. كما يستعمل جيولوجيو البترول المضاهاة في تحديد مواقع خزانات النفط والغاز الطبيعي، فعلى سبيل المثال لو أن طبقة من الحجر الرملي في مكان ما تحتوي على النفط فمن الممكن أن تحتوي الطبقة نفسها في أماكن أخرى على النفط. وعمومًا اعتمد الجيولوجيون على المضاهاة بصورة كبيرة في بناء سلم الزمن الجيولوجي.

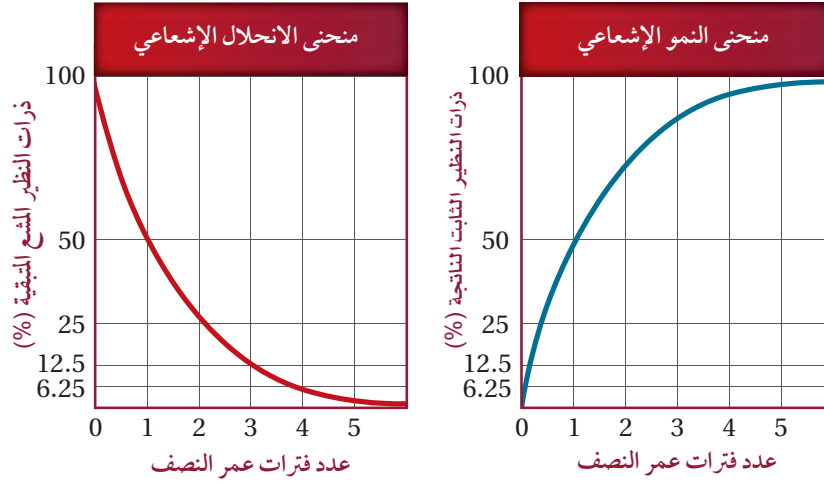
### التأريخ المطلق Absolute-Age Dating

إن التأريخ النسبي طريقة لمقارنة الأحداث الجيولوجية السابقة بناء على ترتيب الطبقات في السجل الصخري، في المقابل فإن **التأريخ المطلق absolute age dating** يُمكن العلماء من تحديد عمر الصخور والأجسام الأخرى بدقة (بالأرقام). وباستعمال طرائق التأريخ المطلق يقيس العلماء انحلال النظائر المشعة في الصخور النارية والمتحولة وفي بعض بقايا المخلوقات المحفوظة في الصخور الرسوبية.

**الانحلال الإشعاعي Radioactive decay** إن النظير المشع الأصلي الذي نسميه النظير المشع يتغير تدريجيًا إلى عنصر مختلف نسميه النظير الثابت. فمثلاً، يتحلل نظير اليورانيوم المشع  $^{238}\text{U}$  إلى عنصر مستقر ثابت، هو الرصاص  $^{206}\text{Pb}$  - (206) في فترة زمنية محددة، كما في الشكل 25-4. وفي النهاية يتحلل قدر كبير من النظير المشع بحيث لا يبقى منه كمية قابلة للقياس، بينما يصبح النظير الثابت الناتج هو القابل للقياس. وتسمى عملية انبعاث الجسيمات المشعة وما ينتج عن ذلك من نظائر عبر الزمن الانحلال الإشعاعي **Radioactive decay**. ولأن معدل الانحلال الإشعاعي ثابت بغض النظر عن الضغط والحرارة أو أي متغيرات فيزيائية أخرى، لذا فإن العلماء يستعملونه لتحديد العمر المطلق للصخر أو الأجسام الأخرى التي تحوي هذه النظائر.







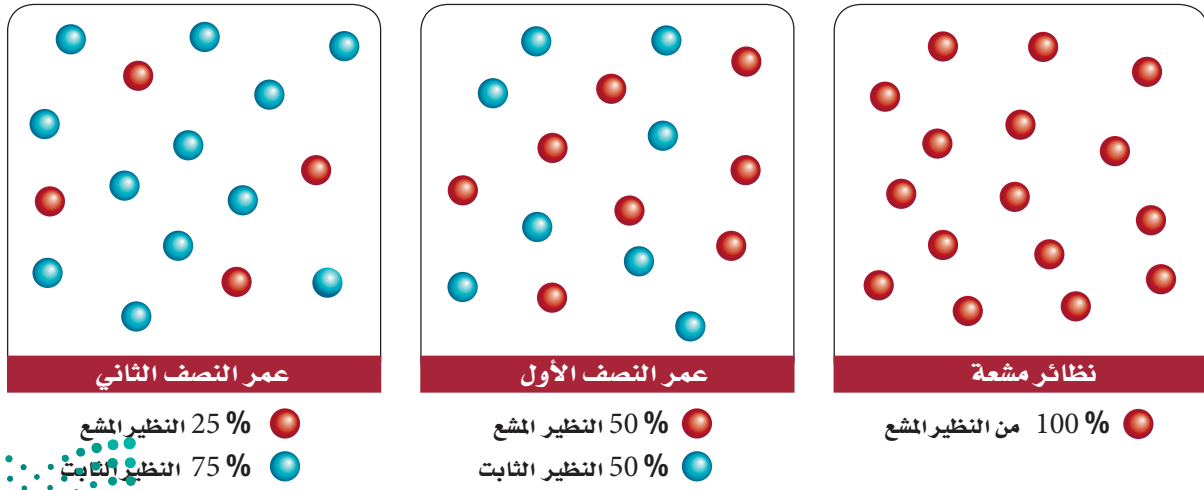
الشكل 26-4 ينقص عدد ذرات نظير المشع بينما يزداد عدد ذرات النظير الثابت بالقدر نفسه في أثناء عمليتي الانحلال والنمو الإشعاعي.

فسّر ما النسبة المئوية للنظير الثابت في عينة تحوي 12.5% من النظير المشع؟

**التأريخ الإشعاعي Radiometric Dating** يوضح الشكل 26-4 كيف ينقص عدد ذرات النظير المشع بالقدر نفسه الذي يزداد به عدد ذرات النظير الثابت في أثناء عملية الانحلال الإشعاعي؛ حيث إن نسبة النظير المشع إلى النظير الثابت الناتج في معدن ما تشير إلى زمن تشكل هذا المعدن. يستطيع الجيولوجي مثلاً من خلال قياس هذه النسبة في معدن موجود في صخر ناري أن يحدد بدقة زمن تبلور هذا المعدن من الصهارة. وعندما يؤرخ العلماء جسمًا بالنظائر المشعة فإنهم يستعملون طريقة تسمى **التأريخ الإشعاعي Radiometric dating**.

**عمر النصف Half-life** يقيس العلماء المدة الزمنية اللازمة لتحلل نصف ذرات النظير المشع، ويسمى هذا عمر النصف Half-life؛ إذ يبقى 50% من النظير المشع بعد مضي عمر نصف واحد، وتكون النسبة بين نظيري المشع والثابت هي 1:1، وبعد مرور عمري نصف، يتحلل نصف الـ 50% الباقية من النظير المشع، وتصبح النسبة المئوية بين نظيري المشع والثابت هي 25:75 أو نسبة 1:3، انظر الشكل 27-4 الذي يوضح هذه العملية.

الشكل 27-4 تحوي العينة بعد مرور عمر النصف الأول 50% من النظير المشع و 50% من النظير الثابت. وبعد مضي عمري نصف تحوي العينة 25% من النظير المشع و 75% من النظير الثابت.



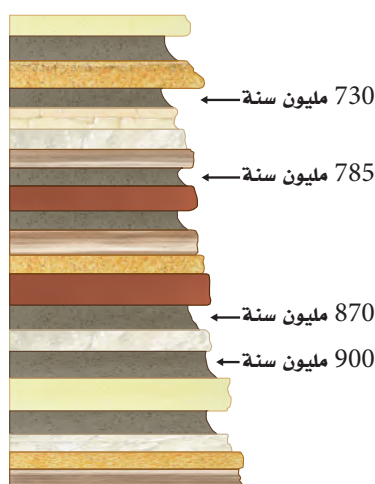
عمر النصف لنظائر مشعة مختارة			الجدول 2-4
الثابت الناتج	عمر النصف التقريبي	التظير المشع	
إسترانشيوم-87 (Sr-87)	48.6 بليون سنة	روبيديوم-87 (Rb-87)	
رصاص-208 (Pb-208)	14.0 بليون سنة	ثوريوم-232 (Th-232)	
أرجون-40 (Ar-40)	1.3 بليون سنة	بوتاسيوم-40 (K-40)	
رصاص-206 (Pb-206)	4.5 بليون سنة	يورانيوم-238 (U-238)	
رصاص-207 (Pb-207)	0.7 بليون سنة	يورانيوم-235 (U-235)	
نيتروجين-14 (N-14)	5730 سنة	كربون-14 (C-14)	

**تأريخ الصخور Dating rocks** لتأريخ صخر ناري أو متحول، يتفحص العلماء نسب النظائر المشعة إلى الثابتة في المعادن المكونة للصخر. يوضح الجدول 2-4 بعض النظائر المشعة التي يمكن أن تُستعمل. ويعتمد استعمال النظير الأفضل لتأريخ أعمار الصخور على العمر التقريبي للصخر المراد تحديد عمره. مثال ذلك، قد يستعمل العلماء يورانيوم-235 (U-235) الذي له عمر نصف يساوي 700 مليون سنة في تأريخ عمر صخر عمره بضعة عشرات ملايين السنين. أما إذا أريد تحديد عمر صخر يقدر بمئات ملايين السنين فيُستعمل عندها يورانيوم-238 الذي عمر النصف له أطول؛ إذ لو استعملنا نظيراً ذا عمر نصف قصير في تحديد عمر صخر قديم فقد نصل إلى نقطة تكون فيها نسبة النظير المشع إلى الثابت صغيرة لا يمكن قياسها.

لا تصلح طريقة التأريخ الإشعاعي لتحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية؛ لأن المعادن في الصخور الرسوبية الفتاتية قد تشكلت من صخور سابقة. ويوضح الشكل 28-4 كيف يحدد الجيولوجيون العمر التقريبي للصخور الرسوبية الفتاتية من خلال تحديد أعمار الصخور النارية الموجودة بين طبقات الصخور الرسوبية.

✓ **ماذا قرأت؟ فسّر لماذا لا تصلح طريقة التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية؟**

**التأريخ بالكربون المشع Radiocarbon dating** لاحظ أن عمر النصف للكربون-14 (C-14) في الجدول 2-4، أقصر كثيراً من عمر النصف لأي نظير آخر. ويستعمل العلماء C-14 لتحديد عمر المواد العضوية التي تحتوي على الكثير من الكربون من خلال عملية تسمى **التأريخ بالكربون المشع radiocarbon dating**. وتشمل المواد العضوية التي تُستعمل في هذا



تأريخ الرماد البركاني إشعاعياً

الشكل 28-4 لمساعدة العلماء على تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية فإنهم يؤرخون طبقات الصخور النارية أو الرماد البركاني الموجودة بين الطبقات الرسوبية.

النوع من التأريخ موادّ من أصل حيواني أو نباتي، ومنها العظام والفحم النباتي والعنبر.

تحتوي أنسجة المخلوقات الحية جميعها -ومنها الإنسان - على كمية قليلة من الكربون-14. وينحل الكربون-14 في أثناء حياة المخلوق الحي ولكنه يتجدد باستمرار بعملية البناء الضوئي أو التغذية. وعندما يموت المخلوق الحي فإنه يتوقف عن الحصول على الكربون-14، لذا تنقص كمية الكربون-14 في جسمه مع مرور الوقت.

ويستطيع العلماء من خلال قياس كمية الكربون-14 في المادة العضوية أن يحددوا الزمن الذي انقضى منذ موته. وتعد هذه الطريقة مفيدة عملياً في تحديد أعمار الأحداث الجيولوجية الحديثة التي تحوي بقايا المادة العضوية.

### طرائق أخرى لتحديد العمر المطلق

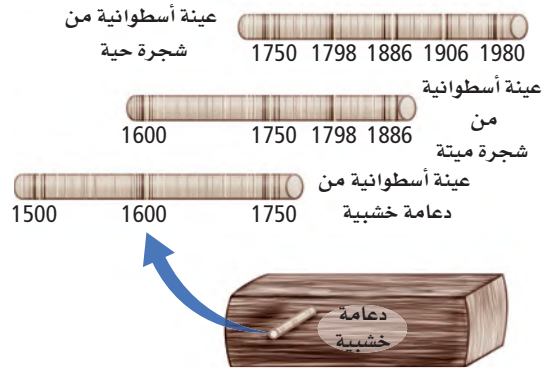
#### Other Ways to Determine Absolute Age

تُعدّ طريقة التأريخ الإشعاعي من أكثر الطرائق الشائعة لدى الجيولوجيين لتحديد عمر المواد الجيولوجية؛ إلا أن هناك طرائق تأريخ أخرى كثيرة تساعدهم على تحديد أعمار بعض الأجسام أو الأحداث، ومن ذلك حلقات الشجر وعينات الجليد الأسطوانية ورسوبيات قيعان البحيرات ورسوبيات قيعان المحيطات.

**حلقات الأشجار Tree rings** يحوي الكثير من الأشجار سجلاً زمنياً في حلقات جذوعها. تسمى حلقات الأشجار السنوية انظر الشكل 4-29.

✓ **ماذا قرأت؟** صف كيف يمكن لحلقات الأشجار السنوية أن تبين الظروف البيئية القديمة؟

**عينات الجليد الأسطوانية Ice cores** تُعدّ عينات الجليد ماثلة لحلقات الأشجار السنوية في أنها تحوي سجلاً للظروف البيئية الماضية في ترسبات الثلج السنوية؛ حيث يحوي جليد الصيف فقاعات أكثر وبلورات أكبر مقارنة بجليد الشتاء كما في الشكل 4-30.



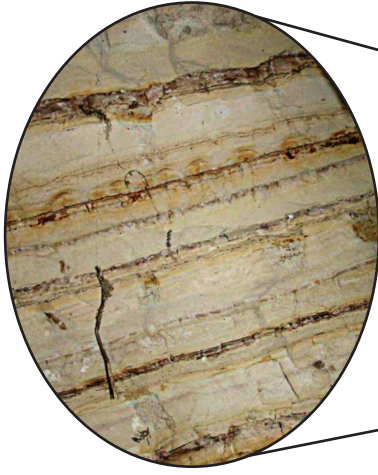
الشكل 4-29 يمكن تحقيق التأريخ بالحلقات السنوية الشجرية من خلال مضاهاة الحلقات السنوية بين عينات خشبية مختلفة حية وميتة. يسمى العلم الذي يستعمل حلقات الشجر السنوية في التأريخ المطلق التأريخ بالأشجار. احسب عدد السنين التي يمثلها الشكل أعلاه.



الشكل 4-30 يستعمل العلماء عينات الجليد الأسطوانية لتأريخ الرسوبيات الجليدية ولمعرفة المزيد عن مناخ الأرض القديم.







الشكل 31-4 تساعد رقائق الرسوبيات المتعاقبة العلماء على تأريخ الدورات الرسوبية في البحيرات الجليدية.

**الرقائق Varves** تسمى الأحزمة المتعاقبة فاتحة اللون والقائمة من رسوبيات الرمل والصلصال والغرين رقائق varves. وتمثل الرقائق ترسبات موسمية تتكون عادة في البحيرات، وتتكون ترسبات الصيف من حبيبات رملية مع قليل من بقايا المخلوقات الحية، بينما تكون رقائق الشتاء أقل سمكًا وحبيباتها أنعم انظر الشكل 31-4.



## التقويم 4-4

### الخلاصة

- ينص مبدأ النسقية على أن العمليات الجيولوجية التي تحدث حاليًا كانت تحدث منذ أن خلق الله الأرض.
- يستعمل الجيولوجيون المبادئ الجيولوجية لتحديد العمر النسبي للتعاقبات الصخرية.
- يمثل عدم التوافق انقطاعًا زمنيًا في السجل الصخري.
- يستعمل الجيولوجيون المضاهاة لمقارنة الطبقات الصخرية في مواقع جغرافية مختلفة.
- تمكن طرق التأريخ المطلق من تحديد عمر الأحداث الجيولوجية بدقة.
- يمكن استعمال معدل انحلال عناصر مشعة معينة كساعة جيولوجية.
- يمكن استعمال حلقات الأشجار السنوية وعينات الجليد الأسطوانية والرقائق في تأريخ الأحداث الجيولوجية الحديثة.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. لخص المبادئ التي يستعملها الجيولوجيون في تحديد الأعمار النسبية للصخور.
2. ارسـم رسـومًا توضيحية للمقارنة بين أنواع عدم التوافق الثلاثة.
3. فسر كيف يستعمل الجيولوجيون الأحافير لفهم التاريخ الجيولوجي لمنطقة جغرافية كبيرة؟
4. ناقش كيفية استعمال طبقة رقيقة من الفحم بوصفها طبقة مرشدة.
5. فسر كيف يمكن أن يساعد مبدأ النسقية الجيولوجيين على تعرّف كيفية نشأة الصخور النارية وتكونها؟
6. وضح لماذا نحصل على أعمار دقيقة باستخدام عمليات الانحلال الإشعاعي أكثر من استخدام مبادئ التأريخ النسبي؟
7. قارن بين اليورانيوم-238 والكربون-14 من حيث استعمالهما في تحديد العمر المطلق.
8. صف أهمية الرقائق لجيولوجي يدرس رسوبيات بحيرات جليدية.
9. ناقش العلاقة بين مبدأ النسقية والتأريخ المطلق.

### التفكير الناقد

10. اقترح كيف يستطيع عالم أن يدعم فرضيته إذا كانت تنص على أن صخرًا في محجر ما تكون في الفترة الزمنية نفسها التي تكون فيها صخر آخر من محجر آخر.
11. استنتج لماذا يختار العلماء طريقتين مختلفتين لتأريخ شجرة جرفتها جليديات متحركة؟ ما الطرائق التي يمكن أن يستعملها العلماء؟

### الكتابة في الجيولوجيا

12. اكتب فقرة توضح كيف يمكن أن يؤدي حدث ما كإعصار إلى تكوين طبقة مرشدة.

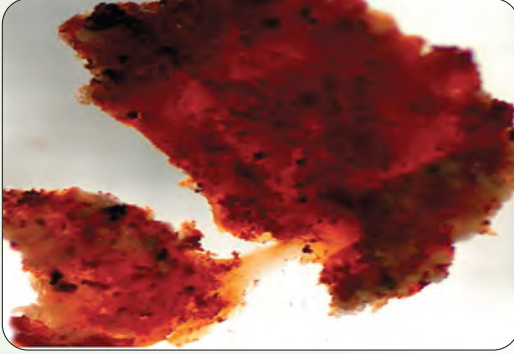
### الرياضيات في الجيولوجيا

13. عينة معدنية مكونة من بوتاسيوم-40 ونظير ثابت من الأرجون-40. إذا كان عمر النصف للبوتاسيوم-40 هو 1.3 بليون سنة، ونسبته 25% أوجد نسبة الأرجون-40؟



# علم الأرض والتقنية

## اكتشاف أنسجة لديناصور



توضح الصورة أنسجة رخوة مكتشفة عام 2003م لديناصور التيرانوصور التي تم حفظها بالكامل، والتي تقدم أدلة حول الكيفية التي عاش بها هذا الديناصور.

يكشف تحليل الأنسجة الرخوة عن المزيد من المعلومات حول النظام الغذائي، الأمر الذي يؤدي إلى مزيد من المعلومات حول بيئة هذه الأنواع في ذلك الوقت. على سبيل المثال وجد العلماء عند تحليل محتويات المعدة للهادراسور (hadrosaur) أكثر من 36 نوعاً من حبوب اللقاح، وتم العثور على عينات نباتية لا يمكن أن تعيش إلا في ظروف بيئية دافئة ورطبة. وقد أعطت الأنسجة الرخوة أدلة حول العلاقة بين شكل الديناصور والأنواع الحية الحالية. على سبيل المثال في عام 2006م أثبتت البروتينات التي عثر عليها في أنسجة ديناصور التيرانوصور وجود علاقة بين الديناصورات والطيور. كما أن نوع الكولاجين الذي عثر عليه وجد أنه أكثر تطابقاً للكولاجين عند الدجاج، ولكثر من المخلوقات الحية التي ما زالت على قيد الحياة إلى اليوم.

### الكتابة في الجيولوجيا

صمّم ملصقاً جدارياً يوضح أمثلة على أنسجة رخوة لديناصورات تم اكتشافها حديثاً، يحتوي على المعلومات التي قد يجمعها العلماء من خلال تحليلهم لهذه الأنسجة.

من الأدوات التي يستعملها علماء الأحافير للتقريب عن أحفورة ديناصور كبير ونقلها، الطائرات العمودية والجرافات وتستخدم بعض التقنيات الحديثة مثل الصور الطبقيّة والمجاهر والنمذجة الحاسوبية لتحليل أنسجة أحافير الديناصورات المكتشفة.

**أنسجة رخوية** خلال صيف عام 2000 م اكتشف علماء الأحافير أنسجة محفوظة جيداً تعود إلى الهادراسور (hadrosaur)، وهو نوع من الديناصورات الآكلة النباتات التي عاشت منذ ما يقارب 77 مليون سنة. وكان الجزء المثير في هذا الاكتشاف عندما أدرك العلماء أن العينة المكتشفة تتكون من الجلد وأنسجة عضلية للكتف، وأنسجة نادرة من اللوزتين. كما كشفت الحفريات عن احتواء العينة لمحتويات المعدة، والتي دلت على نوعية الغذاء الذي تناوله الديناصور قبل موته، وكانت عبارة عن سراخس وأوراق لنبات منجوليا.

**نسيج عظمي لديناصور التيرانوصور** في حفريات عام 2003م أدرك العلماء أن أحفورة الديناصور كانت كبيرة جداً لنقلها على متن مروحية. ونتيجة لذلك كسروا عظمة الفخذ إلى قطعتين. ويحرص العلماء على بذل كل جهد ممكن للحفاظ على العظام سليمة خلال نقل العينة. ومع ذلك أدى الكسر إلى مفاجأة؛ إذ تحفظ العظام الأنسجة الرخوة، ومنها الأنسجة الضامة التي تكوّن الدم والأوعية الدموية وأحياناً خلايا الدم.

**التقنية الحديثة والتساؤلات القديمة** تم اكتشاف عينات لأنسجة رخوة تعود إلى ديناصور آخر في أوائل القرن العشرين، إلا أن التقنية المستعملة لأغراض الحفظ والتحليل غير متوفرة آنذاك. ومع الاكتشافات الحديثة والتقنية الجديدة تمكّن العلماء من تكوين رؤى جديدة سمحت لهم بالإجابة عن التساؤلات القديمة. وقد أمكنهم من تحليل الأنسجة الرخوة المكتشفة تحديد ما إذا كانت الديناصورات من ذوات الدم الحار أو ذوات الدم البارد.



# مختبر الجيولوجيا

## صمم بنفسك: تفسير الأحداث التي شكلت تاريخ الأرض

### خطوات العمل

تخيل أن معهد بحوث الفضاء في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية يخطط لإطلاق مسبار فضائي إلى مجرة بعيدة، وكنت أحد أفراد الفريق المكلف بعمل قائمة بأهم الأحداث الجيولوجية التي شكلت تاريخ الأرض؛ لتأخذها المركبة الفضائية معها؛ لكي تساعد أي سكان يُحتمل وجودهم في المجرة على وصف الأرض.

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. شكّل مجموعات، على أن تتألف كل مجموعة من ثلاث إلى أربع طلاب.
3. احصل على قائمة بالأحداث الجيولوجية التي شكلت الأرض من شبكة الإنترنت أو من المعلم على أن يكون عددها عشرة أحداث على الأقل.
4. فكر في الأحداث الجيولوجية التي تعتقد أنها من أكثر الأحداث تأثيراً في تطور الأرض في أثناء الزمن الجيولوجي.
5. ابحث عن أفضل الوسائل لعرض قائمتك.
6. احرص على موافقة المعلم على خطتك.
7. نفذ خطتك.

### التحليل والاستنتاج

1. فسر البيانات ضع قائمتك بجانب نسخة من سلم الزمن الجيولوجي. قارن بين عدد الأحداث في كل حقبة. أي الحقبة الجيولوجية في تاريخ الأرض كان عدد الأحداث فيها أكبر ما يمكن: المبكرة أم المتأخرة؟ وضح إجابتك.
2. قارن قائمتك بقوائم زملائك في الصف. ما الأحداث المشتركة بين جميع القوائم؟ هل تعد هذه الأحداث المشتركة معالم شائعة؟
3. استنتج اختر حدثاً في حقبة الحياة المتوسطة، ثم يّين كيف يستمر تاريخ الأرض إذا لم يحدث هذا الحدث؟
4. قوم كيف أثرت أحداث الانقراض في تغير الحياة على الأرض؟



**خلفية علمية:** تؤثر البراكين والزلازل وبناء الجبال والفيضانات والأحداث الجيولوجية الأخرى في تشكيل سطح الأرض والحياة عليها بصور فاعلة، غير أن تأثير هذه الأحداث في الأرض ليس متساوياً؛ فبعض الأحداث في تاريخ الأرض لها تأثير في تشكيلها أكثر من غيرها.

**سؤال:** ما أهم الأحداث التي مر بها تاريخ الأرض؟



تشكلت سلسلة جبال السروات التي تمتد غرب الجزيرة العربية بفعل سلسلة من الأحداث المشكلة للأرض.

### الأدوات

قائمة بالأحداث الجيولوجية تجدها على شبكة الإنترنت أو التي يوفرها لك المعلم.  
أقلام ملونة  
لوح ملصقات (إعلانات)  
سلم الزمن الجيولوجي  
مراجع علمية

### شارك ببياناتك

راجع مع أقرانك ناقش نتائجك حول الأحداث الأكثر أهمية والتي تعتقد أنها مسؤولة عن تشكيل تاريخ الأرض مع المجموعات الأخرى في الصف.

# دليل مراجعة الفصل

4

الفصل

يستعمل العلماء طرائق متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

(الفكرة العامة)

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> الأحافير بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظاً طبيعياً عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• الأحافير هي بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت حفظاً طبيعياً.</li> <li>• هناك شرطان أساسيان لتكون الأحافير.</li> <li>• الدفن السريع يعمل على حفظ الكائن بشكل أفضل.</li> <li>• الأحافير البحرية هي الأكثر انتشاراً؛ بسبب توفر وسائل الدفن السريع في البيئة البحرية.</li> <li>• ندرة أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.</li> </ul>	<p>4-1 تعريف الأحافير وشروطها</p> <p>الأحافير علم الأحافير</p>
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يتم حفظ الأحافير بطرق عديدة بطرق عديدة تعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات القديمة منذ ملايين السنين.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• يعتمد حفظ الأحافير على الظروف البيئية المناسبة التي يتعرض لها المخلوق عند الحفظ.</li> <li>• الحفظ الكامل من أندر أنواع حفظ الأحافير.</li> <li>• الحفظ بتغيير التركيب الأصلي من أهم طرائق حفظ الأحافير.</li> <li>• آثار الحفر هي الأحافير الوحيدة للمخلوقات الرخوة والتي لا تملك هيكلاً صلباً.</li> <li>• من فوائد الأحافير معرفة أعمار الصخور والبيئات القديمة، وكذلك المساعدة في المقارنة بين الوحدات الصخرية وسهولة مقارنتها مع بعضها.</li> </ul>	<p>4-2 طرق حفظ الأحافير وأهميتها</p> <p>التمعدن التفحم الاحلال الطبع آثار الحفر النموذج القوالب</p>



# دليل مراجعة الفصل

## 4 الفصل

### المفاهيم الرئيسية

### المفردات

#### 3-4 السجل الصخري

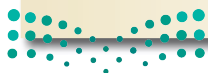
- الفكرة الرئيسية** يرتب العلماء الزمن الجيولوجي لمساعدتهم على التواصل حول تاريخ الأرض.
- يرتب العلماء سلم الزمن الجيولوجي في دهور وحقب وعصور وأحيان.
  - يقسم العلماء الزمن إلى وحدات اعتماداً على أحافير النباتات والحيوانات.
  - يُشكّل دهر ما قبل الكامبري 90% من سلم الزمن الجيولوجي.
  - يتغيّر سلم الزمن الجيولوجي مع زيادة المعرفة العلمية عن تاريخ الأرض.

سلم الزمن الجيولوجي  
الدهور  
ما قبل الكامبري  
الحقب  
العصور  
أحافير مرشدة  
الأحيان  
الانقراض الجماعي

#### 4-4 العمر النسبي والعمر المطلق.

- الفكرة الرئيسية** يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدودها زمنياً. كما يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر المطلق لكثير من الصخور.
- ينص مبدأ النسقية على أن العمليات التي تحدث في أيامنا الحالية كانت موجودة منذ أن خلق الله الأرض.
  - يستعمل الجيولوجيون المبادئ الجيولوجية لتحديد العمر النسبي للتعاقبات الصخرية.
  - يمثل عدم التوافق انقطاعاً زمنياً في السجل الصخري.
  - يستعمل الجيولوجيون المضاهاة لمقارنة الطبقات الصخرية في مواقع جغرافية مختلفة.
  - تساعد تقنيات التأريخ المطلق على تحديد الأعمار الدقيقة (بالأرقام) للأحداث الجيولوجية وطبقات الصخور.
  - يمكن استعمال معدل انحلال عناصر مشعة معينة كساعة جيولوجية.
  - يمكن استعمال حلقات الأشجار السنوية وعينات الجليد الأسطوانية والرقائق في تأريخ الأحداث الجيولوجية الحديثة.

التأريخ النسبي  
المضاهاة  
الطبقة المرشدة  
التأريخ المطلق  
التأريخ الإشعاعي  
التأريخ بالكربون المشع





## تقويم الفصل

# 4

# الفصل

13. التفحم والتمعدن يتم من خلالها حفظ الكائنات التي ليس لها هيكل صلبة.

### مراجعة المفردات

### تثبيت المفاهيم الرئيسية

اختر المفردة المناسبة لكل من الجمل الآتية:

14. ما الحقبة التي انتهت بأعظم حادثة انقراض في تاريخ الأرض؟  
a. حقبة الحياة الحديثة. c. حقبة الحياة القديمة.  
b. حقبة الحياة المتوسطة. d. ما قبل الكامبري.
15. ظهرت أحافير الأمونيات خلال العصر:  
a. الديفوني. c. الجوراسي.  
b. الكامبري. d. الرباعي.
16. ما الذي تُظهره رسوبيات البحيرات الجليدية لاستنتاج دورات الترسيب؟  
a. الحلقات السنوية.  
b. الرقائق.  
c. عينات الجليد الأسطوانية.  
d. عدم التوافق.
17. تسمى عملية الاستبدال الكامل لمعدن الكالسيت بمعدن الكوارتز في بعض الأصناف بعملية:  
a. التفحم. c. الإحلال.  
b. التمدن. d. الطبع.
18. ما أقصر وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي؟  
a. العصر. c. الحقبة.  
b. الدهر. d. الحين.

1. سجل لتاريخ الأرض يمتد منذ 4.6 بلايين من السنين حتى الآن.
2. فجوة زمنية في السجل الصخري نتجت عن التعرية.
3. انبعاث يحدث لنظائر مشعة يؤدي إلى إنتاج نظائر أخرى عبر الزمن.
4. أطول وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي.
5. مطابقة بين مكاشف صخرية محددة في مناطق مختلفة.
- وضح العلاقة بين المفردات الآتية في كل زوج مما يأتي:
6. العصر، الحين.
7. التأريخ المطلق، التأريخ النسبي.
8. عدم التوافق الانقطاعي، اللاتوافق.
9. المضاهاة الصخرية، المضاهاة الأحفورية.
- ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمة التي تحتها خط:
10. وفق مبدأ الترسيب الأفقي يكون الصدع أو القاطع أحدث من الصخر المقطوع.
11. الإحلال بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظاً طبيعياً عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.
12. الطبقة الرقيقة طبقة رسوبية تُستعمل لمضاهاة الطبقات الصخرية عبر مناطق شاسعة.



## تقويم الفصل

4

الفصل

23. وضح أهمية الانقراض الجماعي لدى الجيولوجيين.

24. قارن بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق.

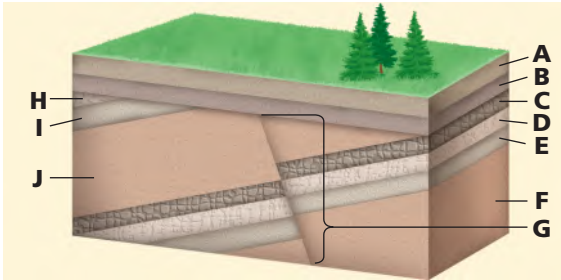
25. قيم فائدة وجود سلم زمن جيولوجي متفق عليه عالمياً.

26. وضح بعبارتك، لماذا تعد أي فجوة زمنية في السجل الصخري عدم توافق؟

27. ناقش الأدلة الداعمة والمخالفة لجعل وحدات الزمن في سلم الزمن الجيولوجي متساوية.

### التفكير الناقد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 28-30.



28. حدد أقدم طبقة صخرية في الشكل السابق.

29. أوجد عدم التوافق الزاوي في الشكل السابق.

30. رتب الأحداث الجيولوجية في الشكل السابق من الأقدم إلى الأحدث مع ذكر المبدأ الجيولوجي الذي استعملته.

31. انقد العبارة الآتية: "تعتمد تقنيات استعمال مبادئ تحديد العمر النسبي على الحس المنطقي".

19. ما المبدأ الذي يستعمله الجيولوجي عندما يُعاين منكشفاً صخرياً، ويحدد بناء عليه أن الطبقة السفلى هي الأقدم؟

a. النسقية. c. الترسيب الأفقي.

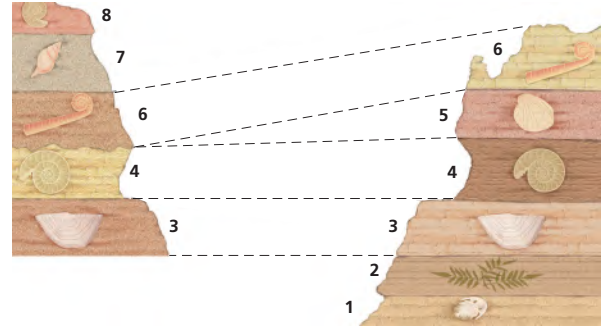
b. تعاقب الطبقات. d. الاحتواء.

20. أي الخصائص الآتية لا تميز الأحافير المرشدة؟

a. لها عمر محدد قصير. c. لها امتداد جغرافي واسع.

b. من السهل تمييزها. d. عاشت في فترات زمنية طويلة.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 21.



21. ما الذي يوضحه الشكل؟

a. مبدأ النسقية. c. الاحتواء.

b. مبدأ القاطع والمقطع. d. المضاهاة.

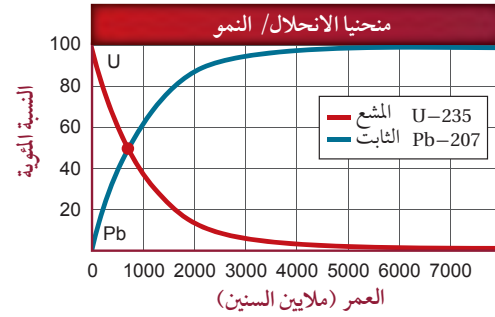
### أسئلة بنائية

22. رتب الوحدات الجيولوجية الزمنية المستعملة في

سلم الزمن الجيولوجي من الأكبر إلى الأصغر.

32. احسب عمر صخر ناري قديم يحوي معدناً فيه 12.5% بوتاسيوم - 40 و 87.5% أرجون - 40، إذا علمت أن عمر النصف للبوتاسيوم - 40 هو 1.3 بليون سنة.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 33.



33. حلل علام تدل النقطة الحمراء في الشكل أعلاه؟

34. اكتشف جيولوجي خشباً مدفوناً في رسوبيات ناتجة عن انزلاق أرضي يعتقد أنه ناتج عن وقوع زلزال قديم. اشرح طريقتين يمكن أن يستعملهما الجيولوجي لتحديد زمن حدوث الزلزال.

#### خريطة مفاهيمية

35. اعمل خريطة مفاهيم مستعملاً المصطلحات الآتية:

التأريخ المطلق، سلم الزمن الجيولوجي، التأريخ النسبي، الأحافير، عدم التوافق، التأريخ الإشعاعي.

#### سؤال تحفيز

36. قوّم هل يمكن استعمال الكربون المشع في تحديد عمر ديناصور؟ وضح إجابتك.





## اختيار من متعدد

1. ما الوحدة الزمنية الصغرى في الوحدات الزمنية الآتية؟

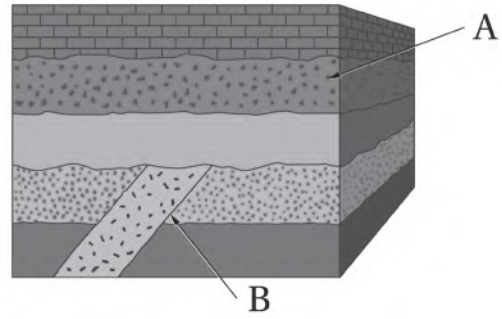
a. الدهر.

b. العصر.

c. الحقبة.

d. الحين.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3.



2. ما المبدأ المناسب من مبادئ تحديد العمر النسبي الذي ستستعمله في تحديد عمر النقطة A في الشكل أعلاه؟

a. مبدأ الترسيب الأفقي.

b. مبدأ تعاقب الطبقات.

c. مبدأ القاطع والمقاطع.

d. مبدأ النسقية.

3. ما المبدأ المناسب لتحديد عمر النقطة B؟

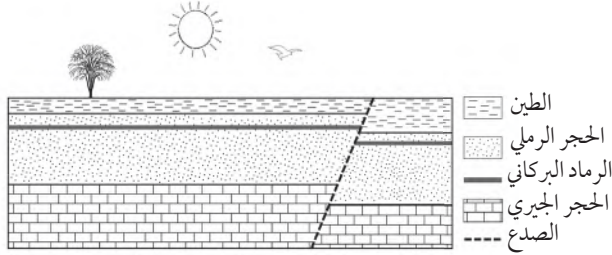
a. مبدأ الترسيب الأفقي.

b. مبدأ تعاقب الطبقات.

c. مبدأ القاطع والمقاطع.

d. مبدأ النسقية.

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و 5.



4. افترض أن ميل وترتيب الطبقات الصخرية في الشكل أعلاه لم يتغيرا منذ ترسبها. فما أقدم طبقة فيه؟

a. الطين.

b. الرماد البركاني.

c. الحجر الرملي.

d. الحجر الجيري.

5. ما الطبقة الأكثر فائدة في تحديد العمر المطلق لهذه الصخور؟

a. الطين.

b. الرماد البركاني.

c. الحجر الرملي.

d. الحجر الجيري.

6. يتحلل البوتاسيوم - 40 إلى أرجون - 40 فإذا تم تحليل معدن البيوتاتيت فوجد أن نسبة البوتاسيوم - 40 إلى أرجون - 40 فيه هي 1:3، فما عمر هذا المعدن؟

a. 0.6 بليون سنة.

b. 2.6 بليون سنة.

c. 1.3 بليون سنة.

d. 3.9 بلايين سنة.

7. ما الذي يستخدمه الجيولوجيون لمساعدتهم على تقسيم تاريخ الأرض لدراسة الصخور

a. الأحافير داخل الصخور.

b. تفاوت الطبقات الصخرية.

c. الصدوع المتواجدة عبر الطبقات الصخرية.

d. مكونات الصخور.



# اختبار مقنن

النموذج الحراري المائي. هناك عنصران داخل الذهب هما: الرينيوم والأوزميوم، وهما نظيران مشعان يعملان بمثابة ساعة إشعاعية؛ إذ يتحلل الرينيوم إلى الأوزميوم بعمر نصف طويل جداً يصل إلى 42.3 بليون سنة تقريباً، وهي الفترة التي تنقضي على تحوّل نصف عينة من الرينيوم. ويستطيع العلماء تحديد عمر الذهب من نسبة الرينيوم إلى الأوزميوم التي تُقاس عن طريق إذابة حبيبات الذهب في حمض. وجد أن عمر الذهب في أماكن راند في جنوب إفريقيا ثلاثة بلايين سنة، وهو أكبر بربع بليون سنة من الصخور المحيطة بالذهب، وهذا يدعم نموذج المتأبر.

12. ما عمر النصف لعنصر الرينيوم؟

a. 42.3 سنة.

b. 42.3 مليون سنة.

c. 42.3 ألف سنة.

d. 42.3 بليون سنة.

13. لماذا أجريت هذه الدراسة؟

a. لتحديد منشأ ترسبات الذهب.

b. لدحض النموذج الحراري المائي.

c. لدعم نموذج المتأبر.

d. لتوضيح التحلل الإشعاعي.

8. لماذا يعد استخدام الانحلال الإشعاعي للعناصر

المشعة مفيداً في التأريخ المطلق للصخور؟

a. لأنه يحدث فقط في الأحافير الموجودة في الصخر ولا يحدث في الصخر نفسه.

b. لأنه يحدث فقط في الصخر ولا يحدث في الأحافير الموجودة فيه.

c. لأن معدل الانحلال ثابت بغض النظر عن الخصائص الفيزيائية للصخر، ومنها درجة الحرارة والضغط والبيئة المحيطة.

d. لأن معدل الانحلال يتأثر بالخصائص الفيزيائية للصخر، ومنها درجة الحرارة والضغط والبيئة المحيطة.

## أسئلة الإجابات القصيرة

9. وضح كيف رُبطت أعمال العالم جيمس هاتون بمبدأ النسقية؟

10. ما الغرض من سلم الزمن الجيولوجي؟

11. كيف تختلف عملية التأريخ النسبي عن عملية التأريخ المطلق؟

## القراءة والاستيعاب

### تأريخ الذهب

ساعد التحلل الإشعاعي لفلز داخل شذرات الذهب في جنوب إفريقيا العلماء على تحديد منشأ أكبر ترسب للذهب في العالم. يشير نموذج المتأبر إلى أن الذهب أقدم من الصخور المحيطة به، بينما يشير النموذج الحراري المائي إلى أن ينابيع المياه الساخنة رسّبت الذهب داخل الصخور. لذا لتحديد منشأ الذهب علينا أن نحدد عمره؛ فإذا كان الذهب أقدم من الصخور الموجود فيها فإنه ينبغي أن تحيط الصخور به من كل جانب، وهذا يعزز نموذج المتأبر. أما إذا كان الذهب أقل عمراً من الصخور، فهذا يعني أن السوائل قد تسربت إليها ورسبت الذهب، وهذا يدعم



# الطاقة ومصادرها Energy and its sources

5  
فصل

**الفكرة العامة** يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالاً متنوعة. منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

## 1-5 النفط والغاز وأماكن وجودهما

**الفكرة الرئيسية** تعد نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز الطبيعي هي الأكثر قبولاً لدى العلماء المعاصرين؛ حيث تعد منطقة الخليج العربي من أغنى المناطق في العالم بالنفط والغاز.

## 2-5 طرق استكشاف النفط والغاز

وخصائصهما

**الفكرة الرئيسية** يهاجر النفط والغاز من صخر المصدر إلى صخر الخزان الذي في الغالب يتكون من الحجر الرملي ذو المسامية والنفاذية العالية، ويمكن استكشاف النفط والغاز من خلال دراسة الصخور والتركييب الجيولوجية تحت الأرض بطرق عديدة.

## 3-5 أنواع الطاقة المتجددة

**الفكرة الرئيسية** الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية، التي لا تنفذ أي لا تنتهي، وتتجدد باستمرار مثل: الرياح والمياه والشمس المتوفرة في معظم دول العالم.

## 4-5 الطاقة النووية

**الفكرة الرئيسية** الطاقة النووية هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات وتنتج عبر طريقتين: الانشطار النووي أو الاندماج النووي.

## حقائق جيولوجية

- يتواجد النفط والغاز الطبيعي في المملكة العربية السعودية في عدة أماكن منها: ساحل البحر الأحمر والخليج العربي والمنطقة الوسطى.
- يعد النفط والغاز الطبيعي من مصادر الطاقة غير المتجددة.
- تعد المملكة العربية السعودية من أكبر الدول ذات الاحتياطي العالمي للنفط.

أحد حقول النفط



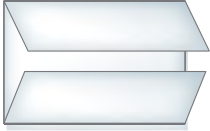
## نشاطات تمهيدية

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع الطاقة المختلفة (المتجددة - غير المتجددة).

### المطويات منظومات الأفكار



الخطوة 1 استعمل ورقة طويلة وحدد وسطها.



الخطوة 2 اثن الورقة من أعلى ومن أسفل نحو وسطها لعمل مطوية ذات مصراعين.



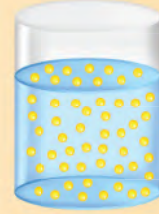
الخطوة 3 عنون اللسانين: المتجددة وغير المتجددة.

استخدم هذه المطوية في القسم 3-5 في أثناء دراستك أنواع الطاقة المختلفة، ولخص المعلومات عليها.

## تجربة استهلاكية

### فصل الزيت عن الماء.

تختلف كثافة الماء عن الزيت، حيث تعد كثافة النفط أقل من كثافة الماء ولهذا نجد ترتيب محتويات مكان النفط كالتالي مرتبة من الأعلى إلى الأسفل، أولاً: الغاز ثم النفط ثم الماء.



### الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. أحضر كأساً زجاجياً واملأ نصفه بالماء وأضف إليه كمية مماثلة من الزيت.
3. حرك الخليط ثم دعه فترة زمنية قصيرة.

### التحليل

1. سجل ملاحظاتك حول نتيجة التجربة.
2. استنتج سبب ما حدث أمامك في التجربة.
3. رتب محتويات المكنن النفطي بناءً على التجربة التي أجريتها.





# 5-1

## النفط والغاز وأماكن وجودهما Oil and gas reservoir

### الأهداف

■ تتعرف نظريات نشأة النفط والغاز الطبيعي.

■ تميز سبب تفضيل العلماء للنظرية العضوية عن باقي النظريات الأخرى.

■ تتعرف النظام النفطي.

### مراجعة المفردات

**المسامية**: هي نسبة المسام في الصخر إلى حجم الصخر الكلي.

### المفردات الجديدة

النظرية العضوية

النظرية المعدنية

النظرية الكيميائية

النظام النفطي

المصائد النفطية

**الفكرة الرئيسية** تعد نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز الطبيعي هي الأكثر قبولاً لدى العلماء المعاصرين، حيث تعتبر منطقة الخليج العربي من أغنى المناطق في العالم بالنفط والغاز.

**الربط مع الحياة** عند وجودك في المطار استعداداً للسفر مع عائلتك، لاحظت اقتراب شاحنة كبيرة من الطائرة وبدأت تضخ بها سائل، هذا هو الكيروسين وقود الطائرة وهو أحد مشتقات النفط.

## النفط والغاز الطبيعي Oil and natural gas

النفط الخام بمسمياته المختلفة النفط أو الزيت أو الذهب الأسود هو سائل كثيف قابل للاحتراق وهو عبارة عن هيدروكربون، بمعنى أنه يتكون أساساً من ذرات كربون وهيدروجين، كما يحمل في بعض الأحيان عنصر الكبريت ضمن مكوناته. وتدرج ألوانه من الأخضر الغامق إلى الأسود، وكذلك كثافته من خفيف إلى ثقيل وذلك حسب أصل مكوناته. وغالباً ما يجتمع الغاز الطبيعي (كالميثان والبروبان والبيوتان) والنفط الخام في نفس المكن، حيث يتكون في نفس الظروف التي يتشكل فيها النفط غير أن الاختلاف يكمن في اختلاف درجة حرارة التشكل. حيث ينفصل الغاز عن النفط، ويكون الغاز في الأعلى ثم النفط تحته ثم الماء في الأسفل، ولا تتم هذه العملية إلا بوجود عنصر مهم وهو المصائد.

وتعرف الإنسان على النفط والغاز منذ ما يزيد على خمسة آلاف سنة، كانت البداية بالغاز الطبيعي الذي تسرب خلال الشقوق الأرضية، من حقول النفط القريبة من سطح الأرض، كما عرف الناس النفط عبر رشحه من خلال الشقوق إلى أن يصل إلى سطح الأرض مكوناً بركاً إسفلتية، حيث اكتشف خواصه المصريون القدماء والبابليون والآشوريون.



## نشأة النفط والغاز Origin of Petroleum and Gas

هناك ثلاث نظريات تفسر أصل ونشأة النفط، وهي: النظرية البيولوجية أو العضوية والنظرية الكيميائية والنظرية المعدنية.

### 1. النظرية البيولوجية أو العضوية Organic Theory

تنص هذه النظرية أن النفط قد تكون من بقايا بعض الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، وبخاصة العوالق النباتية والحيوانية (Plankton أو الهائمات) وهي كائنات حية دقيقة هائمة أو عالقة في الطبقات العليا من البحار والمحيطات، التي تجمعت مع بقايا كائنات أخرى بعد موتها في قيعان البحار والمحيطات، واختلطت بالرواسب الطينية والرواسب الأخرى، وبترسب طبقات سمكية فوقها وبتعرضها لضغوط هائلة وارتفاع حرارتها إلى درجات عالية جداً بفعل تحركات القشرة الأرضية وتأثير حرارة باطن الأرض، وبسبب النشاط الحيوي البكتيري والتفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية، تحصل عمليات تفاعل للمواد العضوية ينتج عنها اتحاد الكربون بالهيدروجين وبعض العناصر الأخرى مكونة مواد هيدروكربونية هي النفط والغاز، وتسمى تلك الصخور عندئذ بصخور المصدر.

وتعد نظرية النشأة العضوية للنفط هي الأكثر قبولاً بين العلماء المعاصرين لأسباب عديدة:

أولاً: اكتشاف الغالبية العظمى من حقول النفط في الصخور الرسوبية، أما النفط الموجود في بعض الصخور النارية أو المتحولة فإن مصدره هو الهجرة من صخور رسوبية مجاورة.

ثانياً: أن النفط المستخرج من باطن الأرض يحتوي عادة على بعض المركبات العضوية التي يدخل في تركيبها النيتروجين والفوسفور والكبريت، وهي عناصر لا توجد في الكرييدات (مركب يتكون من الكربون وعنصر أقل كهربية) بل توجد في خلايا الكائنات الحية فقط، سواء كانت حيوانية أم نباتية.

ثالثاً: تميز النفط بخاصية النشاط الضوئي التي تكاد تنفرد بها المواد العضوية. ولما كانت المواد العضوية المترسبة هي المصدر الأساسي الذي نشأ منه النفط، فإن صفاته الطبيعية وخصائصه الكيميائية تختلف باختلاف طبيعة الكائنات الحية، ومكونات الصخور الرسوبية الحاوية له.

### 2. النظرية المعدنية (نظرية ماندليف) Mineral Theory

تنص هذه النظرية أن النفط تكوّن نتيجة لتعرض بعض رواسب كرييدات الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء؛ ذلك لأن كرييد الكالسيوم يتفاعل مع الماء مكوناً الهيدروكربون غير المشبع "الأسيتلين"، وأول من وضع هذه النظرية هو العالم الروسي ماندليف، وما جعل هذه النظرية غير مقبولة هو أن الندرة الشديدة لرواسب الكرييدات يصعب معها تصور أنها كانت





موجودة بكميات هائلة وكافية لتكوين ما استخرج فعلاً من النفط وما لا يزال موجوداً في باطن الأرض. وجيولوجياً فمثل هذه الكرييدات إن وجدت فلا بد أن تكون في ثنايا الصخور البركانية بدليل خروج غازات هيدروكربونية من فوهات البراكين، بينما لا يوجد النفط إلا في طبقات الصخور الرسوبية.

### 3. النظرية الكيميائية Chemistry theory

تفترض النظرية الكيميائية أن بعض الهيدروكربونات قد تكونت في الزمن القديم باتحاد الهيدروجين بالكربون، ثم انتشرت في باطن الأرض، واختزنت فيها، وتحولت إلى النفط، الذي بدأ يتسرب إلى سطح الأرض عن طريق بعض الشقوق والصدوع في القشرة الأرضية، أو عن طريق حفر آبار الاستكشاف أو المياه، وظهرت الهيدروكربونات على هيئة غازات طبيعية ونفط، أو بقيت في بعض الصخور المسامية. وما يدعم هذه النظرية هو وجود احتياطيات هائلة من النفط في مناطق صغيرة جداً في مساحتها كالخليج العربي، والذي يحتوي على ثلثي الاحتياطي المؤكد للنفط العالمي، ولا يعقل أن تكون هذه المساحة مكان تجمع بالغ الضخامة من بقايا الكائنات الحية. هذه النظرية تعني أن هناك احتمالات كبيرة للغاز الطبيعي والنفط في أماكن كثيرة من الأرض، وأن باطن الأرض يحتوي على مصدر لا ينضب من الهيدروكربونات المكونة للنفط. ويشك بعض العلماء من الولايات المتحدة والسويد وروسيا بصدق هذه النظرية، إذ جرى الحفر على أعماق تناهز خمسة آلاف متر أو أكثر، بل إن عمق بعض الآبار الاستكشافية في روسيا وصل إلى 15 كيلومتر في الدروع الجرانيتية لشبه جزيرة "كولا" شمال الدائرة القطبية.

✓ **ماذا قرأت؟** أي النظريات الثلاث في نشأة النفط أجمع عليها تقريباً العلماء المعاصرون؟

### أماكن تواجد النفط والغاز في العالم

#### Oil and Gas reservoir in the Word

تقع المصادر الرئيسة للنفط الخام في منطقة الشرق الأوسط (السعودية والعراق والكويت وقطر وعمان وإيران)، وفي أمريكا الشمالية (ولايات بنسلفانيا وكاليفورنيا وتكساس وكندا)، وفي روسيا وفي أمريكا الجنوبية (فرنزويلا والأرجنتين وكولومبيا)، وفي أفريقيا (ليبيا والجزائر ونيجيريا)، وجنوب شرق آسيا (أندونيسيا) وهناك بعض الدول الأخرى ولكن كميات الإنتاج فيها قليلة.



## Oil System النظام النفطي

يشمل كل العناصر والعمليات الجيولوجية الأساسية لعملية التنقيب وإنتاج النفط كما هو في الشكل 1-5، تشمل هذه العناصر :

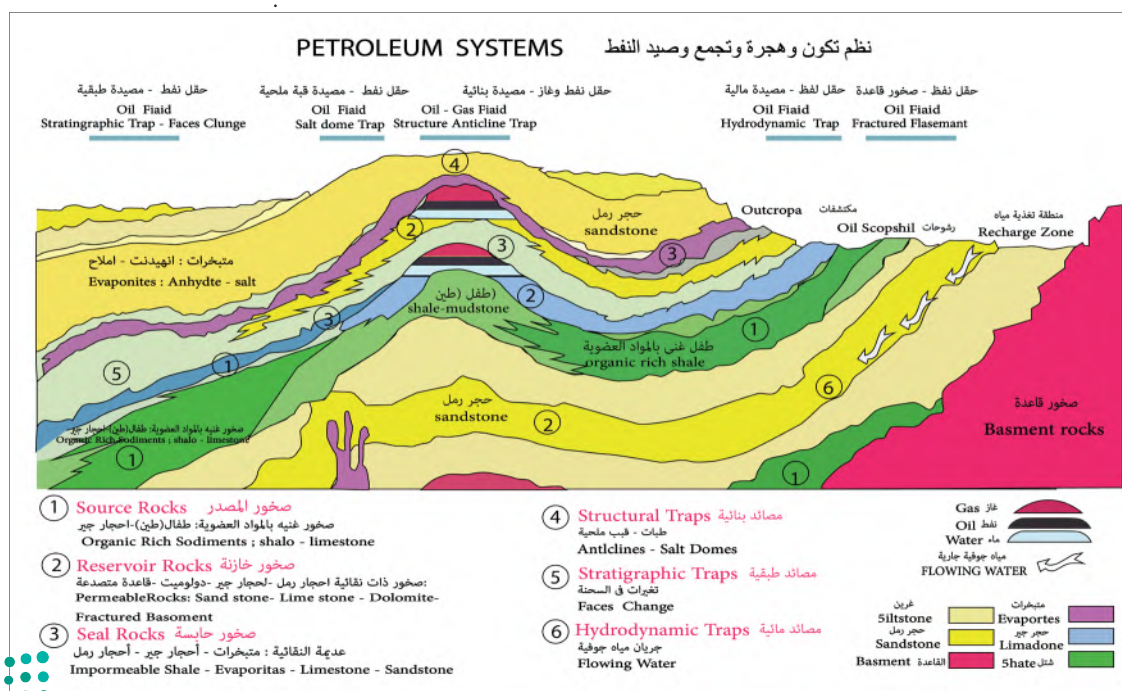
## Source Rocks 1- صخور المصدر

هي صخور تختلط فيها المواد العضوية الناتجة من موت الكائنات الحية المختلفة النباتية والحيوانية بالرواسب الطينية والغرينية والجيرية أثناء الترسيب، ويتم حفظها وحجزها بعيداً عن الأوكسجين، وتكون أغلبها عبارة عن طحالب وكائنات دقيقة، وبذلك يتم حفظها من الأكسدة، ومع مرور الزمن واستمرار الترسيب يزداد عمق المواد العضوية، وبالتالي تزيد كتلة الطبقات الضاغطة من الأعلى. ويؤدي تزايد الضغط ودرجة الحرارة لملايين السنين إلى نضج المادة العضوية وتحويلها إلى هيدروكربونات. وتسمى الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصدر الشكل 2-5، وغالباً ما تكون صخور طفلية أو طينية أو من أنواع معينة من الصخور الجيرية. ولكي يكون الصخر مصدرًا جيدًا لإنتاج الهيدروكربونات، يجب أن يتميز بثلاث خصائص وهي:

**أولاً:** توفر كمية كافية من المواد العضوية لا تقل عن 0.5 % من مجمل الكربون الكلي من وزن الصخر، وأن تكون قادرة على إنتاج النفط والغاز بكميات وفيرة.

**ثانياً:** بلوغ المواد العضوية إلى مرحلة النضوج المناسبة (حرارة وضغط وتفاعلات حيوية وكميائية).

**ثالثاً:** تضافر العوامل الجيولوجية الزمنية والتكتونية البنائية (تكون سبل الهجرة وتشكل المصائد).

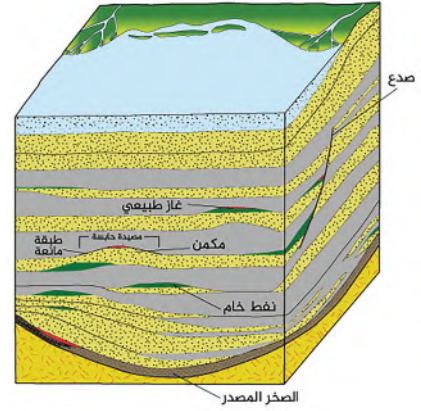


## 2- صخور المكنن Reservoir Rock

صخر المكنن هو الصخر ذو المسامية والنفاذية التي تسمح بمرور أو تجمع السوائل فيه من المياه والنفط والغاز. وتقسّم الصخور الخازنة إلى نوعين رئيسيين هما:

**a.** الصخور الخازنة الفتاتية: وتتمثل بالحجر الرملي والكونجلوميرات؛ حيث يعد الحجر الرملي أفضل الصخور لتجمع النفط نتيجة لاحتوائه على مسامية ونفاذية عاليتين.

**b.** الصخور الخازنة الكربونية: وتتمثل بالحجر الجيري والدولوميت، وغالبًا ما تكون مسامية هذه الصخور ثانوية نتيجة لعمليات النشأة التي تحدث للصخور بعد الترسيب.



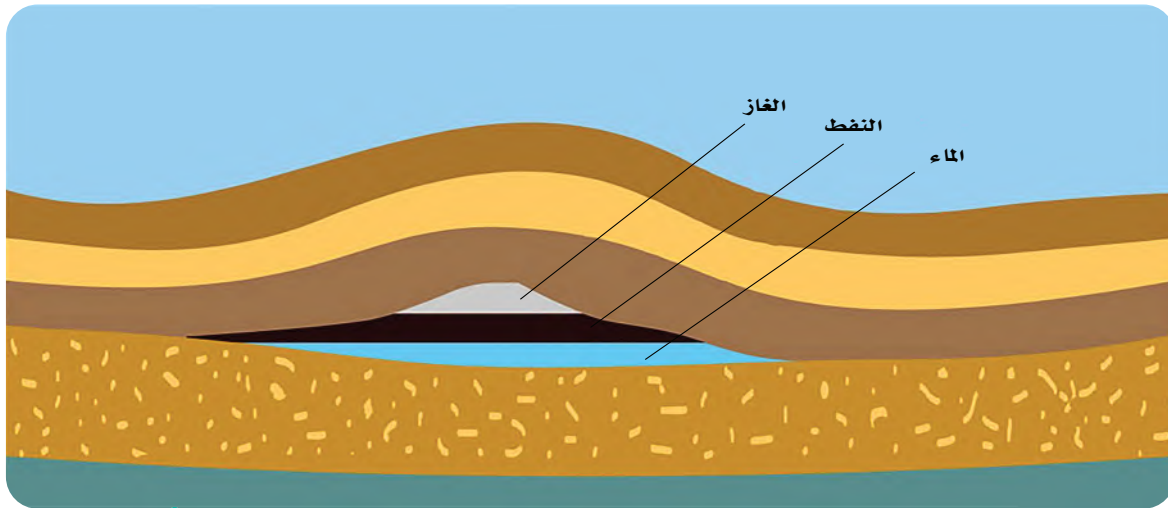
الشكل 2-5 صخر المصدر.

## 3- صخور الغطاء Seal or Cap Rocks

صخور الغطاء أو المحبس هي صخور غير منفذة تعمل على منع مرور الموائع من خلالها رأسياً، ومنها: صخور المتبخرات والطفل والحجر الجيري دقيق الحبيبات، وتعتبر المتبخرات أفضل صخور الغطاء.

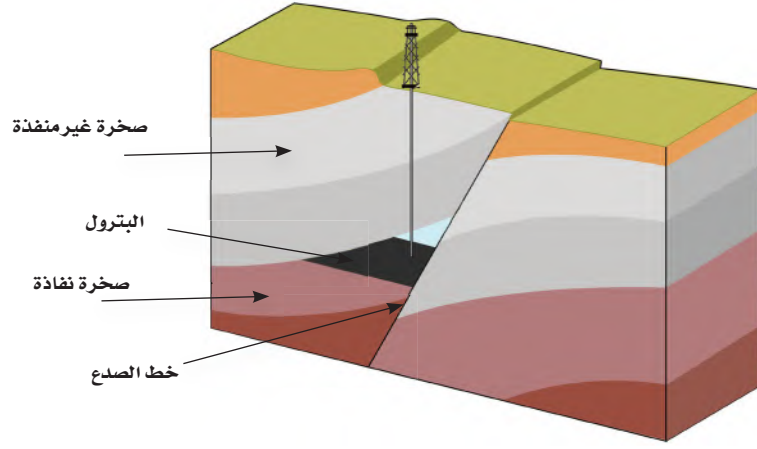
## 4- المصائد النفطية Petroleum and Gas Traps

هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط أو الغاز أو كليهما بالتجمع فيه بكميات اقتصادية، ويحول دون تسربها منها جانبياً، ويتخذ هذا النسق الطبقي الهندسي أشكالاً عدة، لكن تظل السمة الرئيسة للمصيدة هي وجود صخر مسامي نفاذ مغطى بصخور حابسة غير منفذة. ويعد الماء عاملاً أساسياً في توجيه النفط والغاز إلى المصيدة في أغلب الحالات، مثلما يساعد في إزاحة النفط والغاز إلى فتحات الآبار في مرحلة الإنتاج، وهكذا تكون المصيدة مكان تبادل نشط للسوائل.



الشكل 3-5 مصائد الطيات المحدبة.





الشكل 4-5 مصائد الصدوع.

وفيما يلي أهم المصائد للنفط والغاز ذات الجدوى الاقتصادية:

#### a. المصائد التركيبية

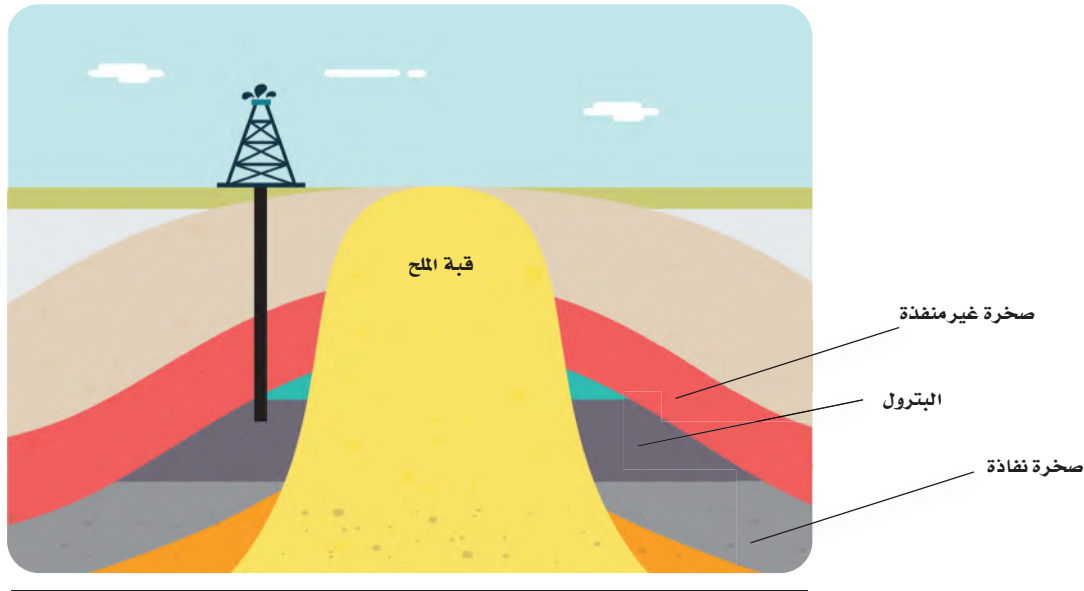
وهي مصائد تنشأ بفعل الحركات التكتونية التي تحدث لصخور القشرة الأرضية، وتشمل: مصائد الطيات المحدبة ومصائد الصدوع الشكل 3-5. حيث تقوم الصدوع بدور مهم ومباشر في تكوين المصائد؛ حيث تعمل على وضع الطبقات غير المنفذة في طريق الطبقات المنفذة الحاملة للنفط والغاز مما يمنع من هجرته وبالتالي اصطياده.

كما يمكن أن يكون للصدع دور غير مباشر في اصطياد النفط، بأن يشترك في ذلك مع ظواهر تركيبية أخرى، مثل: الطي، أو تغيير النفاذية. وقد يكون سطح تماس الغاز والنفط متصلاً في المصيدة المحدبة المتأثرة ببعض الصدوع، وعندئذ يكون عنصر الإصطياد الرئيس هو الطي، أو غير متصل فيكون الصدع هو العامل الرئيس في تكوين المصيدة، أو تكون الطية المحدبة قد تأثرت بالصدع فانفصل التجمع النفطي بها إلى أجزاء.

#### b. مصائد القباب الملحية Salt domes

تتكون نتيجة اختلاف كثافتي الملح والطبقات الرسوبية التي تعلوها، فالملح أقل كثافة، ومن ثم يندفع إلى أعلى، ويتسبب في تقبب الطبقات الرسوبية التي تعلوه، وعند هجرة النفط فإنه يتحرك نحو الجوانب الخارجية للطبقة الملحية، وينحصر بين الطبقات الرسوبية من جهة والقبعة الملحية من جهة أخرى. ويؤدي النمو غير المنتظم للقباب الملحية إلى تكوين مصائد متعددة متتالية ومتنوعة. وأهم أسباب تكوين مصائد القباب الملحية هي اندفاع غازات مصاحبة لنشاط بركاني، ينتج عنها ترسيب الأملاح من المحاليل المائية، ثم



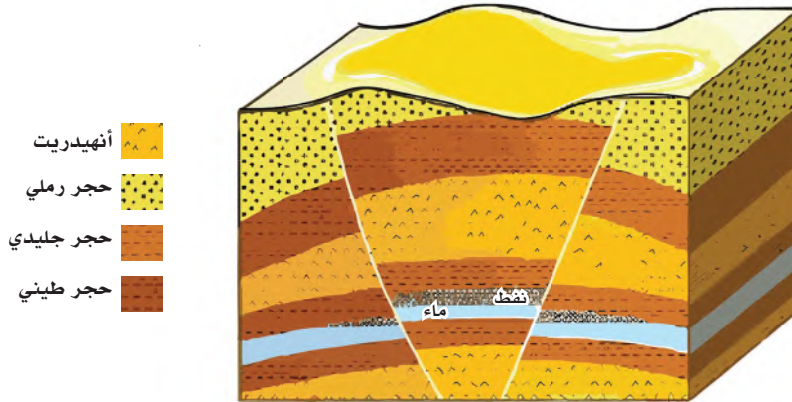


الشكل 5-5 مصادد القبة الملحية.

اندفاع الكتل الملحية إلى أعلى، أو صعود المحاليل الملحية الحارة إلى أعلى من خلال ثغرات ضعيفة في الطبقات، ثم انخفاض درجات حرارتها تدريجياً مسببة ترسيب الملح وتزايد كميته وحجمه تدريجياً نتيجة استمرار عمليات التبريد والتبلور، مما يؤدي إلى اختراق القباب الملحية للطبقات الرسوبية التي تعلوها وتوغلها فيها الشكل 5-5.

### c. المصادد الطباقية Stratigraphic Traps

تتكون المصادد الطباقية نتيجة تغيرات جانبية في مسامية ونفاذية الصخور الممكن أو عدم استمراريتها، وفي هذا النوع يكون تماس الصخور المختلفة حاداً أو تدريجياً ومتوافقاً. ومن أهم المصادد الطباقية تلك التي يحاط فيها صخر الممكن المنفذ مثل الحجر الرملي بآخر غير منفذ مثل: الطفل الصفحي، وبذلك يكون التغير في النفاذية أساس تكوين المصيدة.



الشكل 6-5 المصادد المركبة.



## d. المصائد المركبة Combination trap

مصائد النفط المركبة هي المصائد المكونة من أكثر من نوع من المصائد، مثال ذلك اصطيد النفط في مواجهة صدع، وهو عنصر تركيبى في طبقة رملية أحاطت حوافها طبقة غير منفذة تمثل عنصراً طبقياً، وكذلك مصيدة طبقية مصاحبة لسطح عدم التوافق تم طيها لاحقاً. وتعطي المصائد المتعددة التي يواكب تكوينها نشوء القباب الملحية أمثلة على ذلك الشكل 5-6.

## التقويم 1-5

### الخلاصة

- النفط الخام عبارة عن هيدروكربون مكون من ذرات الكربون والهيدروجين.
- الغاز الطبيعي مكون من الميثان والبروبان والبيوتان.
- نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز هي الأكثر قبولاً بين العلماء المعاصرين.
- يوجد النفط والغاز في أماكن محددة من العالم.
- تسمى الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصدر.
- صخر المكمن هو صخر ذو مسامية ونفاذية تسمح بمرور أو تجمع السوائل فيه.
- المصائد النفطية هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط والغاز بالتجمع فيه بكميات اقتصادية.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. فسر سبب قبول العلماء المعاصرين بنظرية نشأة النفط والغاز العضوية.
2. ميز بين صخور الغطاء وصخور المصدر.
3. ارسم مصيدة نفطية وحدد البيانات على الرسم.

### التفكير الناقد

4. وضح أهمية التراكيب الجيولوجية المختلفة في تكون النفط والغاز.
5. صف كيف تساعد المسامية والنفاذية في هجرة النفط من مكان لآخر.
6. قوم الجملة الآتية: «عرف النفط والغاز بعد توفر الأجهزة الحديثة».

### الكتابة في الجيولوجيا

اكتب تقريراً عن حقول النفط والغاز في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية.







## 5-2

### طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصهما

#### Methods of oil and gas exploration

##### الأهداف

- تميز بين المكونات الكيميائية للنفط الخام.
- تتعرف طريقة هجرة النفط والغاز.
- تقارن بين طرق المسح الجيولوجي والمسح الفيزيائي.
- توضح الاستخدامات المختلفة لمنتجات النفط والغاز.

**الفكرة الرئيسية** يهاجر النفط والغاز من صخر المصدر إلى صخر الخزان والذي -في الغالب- يتكون من الحجر الرملي ذو المسامية والنفاذية العالية، ويمكن استكشاف النفط والغاز من خلال دراسة الصخور والتراكيب الجيولوجية تحت الأرض بطرق عديدة.

**الربط مع الحياة** عند رفعك لإسطوانة الغاز في منزلك تلاحظ وكأن بها سائلًا، هذا الغاز المسال مكوّن من البروبان والبيوتان بنسب مختلفة ويعتبران من مشتقات النفط.

#### Fossil fuels الوقود الأحفوري

يتضمن الوقود الأحفوري كلاً من النفط والغاز والفحم الطبيعي، ويعد مصدرًا غير متجدد للطاقة. يتكون النفط من بقايا عضوية لاحفير أحياء دقيقة ونباتات في عصور جيولوجية قديمة خلال الترسيب الجيولوجي الذي استغرق ملايين السنين. والمصدر الأساس لتشكيل النفط هو المادة العضوية المتكونة من بقايا حيوانية ونباتية ميتة، عامة ما تكون بحرية، حفظت في ظروف خاصة، حيث تُدفن المادة العضوية تحت آلاف الأمتار في الطبقات الرسوبية من الطمي والرمل أو الطين.

##### المكونات الكيميائية للنفط الخام وأهميتها:

يتكون النفط الخام كيميائيًا عند فصله بواسطة التقطير التجزيئي إلى أربعة مكونات كيميائية رئيسة هي:

- 1) الجازولين: عند حرارة  $40^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ .
  - 2) البارافين (الكيروسين): عند حرارة  $40^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ .
  - 3) الديزل، زيت الوقود، النفط الثقيل: عند حرارة  $250^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ .
  - 4) زيوت التشحيم، الشحوم، الشمع البارافيني والجازولين: أكثر من  $300^{\circ}\text{C}$ .
- أما ما يتبقى بعد ذلك فهي منتجات إسفلتية.

##### مراجعة المفردات

غاز البروبان: تصل نسبته في الغاز المسال المستخدم في المنازل إلى 90٪، يمتاز بتوفره وكثافته طاقته، واحتراقه النظيف وكلفته المنخفضة نسبيًا.

##### المفردات الجديدة

الهجرة الأولية  
الهجرة الثانوية



## هجرة وتجمع النفط والغاز

### Petroleum and Gas Migration & Accumulation

بعد نشأة النفط والغاز في صخر المصدر يهاجر صخر المصدر نحو صخر الخزان والذي في الغالب يتكون من الحجر الرملي ذو المسامية والنفاذية العالية مما يسمح للنفط السائل والغاز الطبيعي بالتحرك إلى أن يجد حاجزاً يمنع هجرته وحركته إلى الأعلى ومصيدة يتجمع فيها وتمنع هجرته جانبياً، وللمصيدة طبيعة هندسية تسمح بتراكم الهيدروكربون، وتحدث هذه العملية خلال ملايين من السنين.

ومن أهم الدلائل على هجرة النفط ظهوره على السطح على هيئة رشح نفطي. عادة ما يذهب اعتقاد بعض الناس إلى وجود النفط أو الغاز داخل خزان كبير في باطن الأرض، مع أن صخر المكمن يكون ممتلئاً بسائل نفطي أو ماء أو غاز طبيعي في مساماته كإسفنج ممتلئ. وتنقسم هجرة النفط إلى:

**الهجرة الأولية Main Oil migration**، وفيها ينتقل النفط مباشرة من صخر المصدر إلى صخر الخزان.

**الهجرة الثانوية secondary oil migration**، عندما يتحرك النفط داخل الخزان نفسه من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط الأقل. وبفعل التباين في الكثافة ينفصل الغاز وهو الأخف إلى الأعلى، ويتوسط النفط الغاز والماء لأنه أخف من الماء وأثقل من الغاز، ويستقر الماء في الأسفل إذا كان موجوداً.

- ولكي يتجمع ويتراكم النفط والغاز لابد من توافر ثلاثة عوامل سبق التطرق لها:
1. وجود صخور ذات مسامية عالية تسمح بتجمع كمية كبيرة ونفاذية عالية لتسمح للهيدروكربونات بالتحرك خلالها كالحجر الرملي والجيري والكونجولوميرات وهذه الصخور تعرف بصخور المكمن.
  2. وجود صخور صماء غير منفذة تمنع حركة الهيدروكربونات والمتبخرات وهروبها لأعلى كالطفل الصفحي والتي تسمى بصخور الغطاء.
  3. وجود مصائد تحفظ وتمنع حركة النفط والغاز أفقياً.

### طرق الاستكشاف والتنقيب عن النفط والغاز

### Methods of exploration and drilling for oil and gas

لاكتشاف النفط والغاز يتطلب ذلك دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض للعثور على النفط والغاز وكذلك التراكيب الجيولوجية. وهدف التنقيب الواضح هو البحث عن مكان تجمع النفط باستخدام مختلف أنواع المسح، والكشف جويًا وأرضيًا وجوفيًا، وبعد الرشح النفطي مؤشراً إيجابياً لتحديد أغلب مناطق التنقيب، إلى جانب البحث عن النفط في مصائد بنائية معينة كالطيات المحدبة والقباب. ومن طرق البحث ما يلي:

#### الرابط مع الكيمياء

علم الجيوكيمياء هو العلم الذي يهتم بدراسة العمليات والتفاعلات الكيميائية التي تتحكم في تركيب الصخور والمعادن، كما يدرس العناصر المعدنية التي تدخل في تركيب المواد العضوية المشكلة للمواد الهيدروكربونية والمياه والترية.



## المسح الجيولوجي Geology Survey

يعد التصوير الطيفي بالأقمار الصناعية ومنها سلسلة لاندسات (Landsat Series). من أحدث طرق المسح الجيولوجي لدراسة النفط والغاز، حيث يمكن بواسطتها تحديد مناطق تسرب البترول إلى السطح وأماكن الصدوع والطيات والتراكيب الجيولوجية المختلفة؛ حيث استخدمت في خمسة حقول في العالم العربي هي: حقل الغوار السعودي، حقل برقان الكويتي، حقل بوزرغان العراقي، وحقل المسلة الليبي.

## المسح الجيوفيزيائي Geophysics Survey

يعد المسح الجيوفيزيائي الأداة العملية لاستكمال المعلومات المفيدة عن بنية الطبقات وتراكيب المكامن النفطية وذلك من خلال عدد من الطرق أهمها:

### a- الطريقة الزلزالية:

يفيد المسح الزلزالي في تحديد التكوين الجيولوجي تحت الأرض، ويعتمد على تفجير شحنة صغيرة من المتفجرات قريبة من السطح أو عمل اهتزازات صناعية، تنتج عنها صدمة آلية أو هزة أو موجة زلزالية، تعود إلى السطح بعد انعكاسها لأجهزة حساسة سريعة الاستجابة (الجيوفونات) توضع على أبعاد محددة من نقطة التفجير الشكل 5-7.

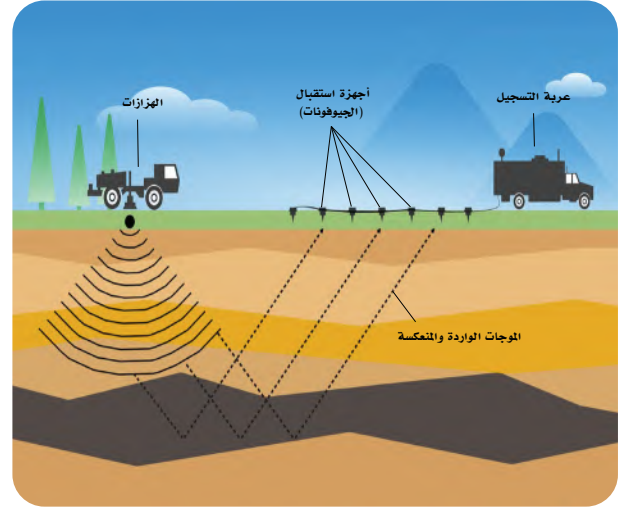
حيث تعتمد سرعة الموجات الصوتية على كثافة الصخور التي تمر بها، ومن خلالها يتم إنتاج خرائط تركيبية لتحديد أماكن الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية.

### b- طريقة الجاذبية:

تعتمد هذه الطريقة (في حدود الأميال الأولى القليلة من سطح الأرض) على قياس التغيرات الصغيرة في جذب الصخور للأجسام والكتل فوق سطحها؛ حيث تختلف قوى الجذب من مكان لآخر طبقاً لاختلاف كثافات الصخور تحت سطح الأرض، حيث إن مجال الجاذبية الأرضية يكون فوق محور الطية أكبر منه على طول أجنابها، كما أن القبة الملحية الأقل كثافة من الصخور التي تحترقها.

### d- الطريقة المغناطيسية:

تستخدم هذه الطريقة في قياس التغير في شدة المجال المغناطيسي للأرض من مكان لآخر بسبب اختلاف التراكيب الجيولوجية والتغيرات الطبوغرافية لأسطح صخور القاعدة والتأثيرية المغناطيسية لهذه الصخور.



الشكل 5-7 المسح الزلزالي.

## تجربة

### صخر المصدر وصخر الخزان.

تختلف مسامية ونفاذية الصخور الرسوبية حسب نوع الصخر وظروف النشأة.

### خطوات العمل



1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على  $200 \text{ cm}^3$  من الرمل المفكك، ومثلها من الطين.
3. احصل على كأسين زجاجيين سعة  $500 \text{ cm}^3$ .
4. ضع الرمل في كأس والطين في الكأس الأخرى.



### C- الطريقة الكهربائية:

تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربائية بين شتى أنواع الصخور، وبخاصة بين الملح والرسوبيات، ويسهل باستخدامها تحديد عمق صخور القاعدة بفضل ارتفاع قيم المقاومة النوعية لها.

### استخدامات المنتجات النفطية والغاز

### Uses of oil and gas products

- استخدام مكونات الجازولين كمذيبات وعوامل استخلاص للزيوت والشحوم إضافة إلى استخدامها كوقود للسيارات والطائرات.
- استخدام مكونات الكيروسين كمصدر للإضاءة والتدفئة.
- استخدام الجزء الصلب من النفط بتقطيره في درجات قليلة للحصول على مزيئات ذات جودة عالية كزيوت المحركات والغازولين.
- الحصول على شمع البارافين ذو الأهمية الصناعية حيث ينحصر استخدامه في صناعة الشموع وأعواد الثقاب وفي المواد العازلة.
- استخدام الغاز الطبيعي بعد المعالجة كوقود للسفن والحافلات والقطارات وكمصدر للحرارة لاحتوائه على نسبة أقل من الكربون.

✓ **ماذا قرأت؟ حدد السبب في استخدام الغاز الطبيعي كوقود وكمصدر للحرارة.**

## التقويم 2-5

### الخلاصة

- يعد النفط والغاز من مصادر الطاقة غير المتجددة.
- من طرق اكتشاف النفط والغاز المسح الجيولوجي والمسح الجيوفيزيائي.
- من طرائق المسح الجيوفيزيائي: الطريقة الزلزالية وطريقة الجاذبية والطريقة المغناطيسية والطريقة الكهربائية.
- منتجات النفط والغاز لديها استخدامات عديدة في حياتنا اليومية.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. صف عملية هجرة النفط من صخور المصدر إلى صخور الخزان، وماذا يترتب على نجاح هذه الهجرة؟
2. ميز بين الهجرة الأولية والثانوية للنفط والغاز.
3. فسر في أي مكن يكون الترتيب من الأعلى إلى الأسفل بالشكل التالي: الغاز - النفط - الماء.
4. وضح المقصود بالوقود الأحفوري.

### التفكير الناقد

5. وضح كيف يفيد المسح الزلزالي في تحديد التكوين الجيولوجي للطبقات تحت السطحية.
6. فسر العبارة الآتية ((يعد الرشح النفطي مؤشراً إيجابياً لتحديد مناطق التنقيب)).

### الكتابة في الجيولوجيا

7. في حال نزوب حقول النفط والغاز ما هو مصدر الطاقة البديل في نظرك؟



# 5-3

## الأهداف

- تتعرف الطاقة المتجددة.
- تبين أنواع الطاقة المتجددة.
- توضح الفرق بين الطاقة المتجددة وغير المتجددة.
- تعلل أهمية الاعتماد على الطاقة المتجددة حالياً.

## مراجعة المفردات

**الطاقة** : يمكن أن تأخذ أشكالاً متنوعة، منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

## المفردات الجديدة

الطاقة الحيوية  
طاقة الهيدروجين

## أنواع الطاقة المتجددة

### kinds of Renewable Energy

#### الفكرة الرئيسية

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار مثل الرياح والمياه والشمس المتوفرة في معظم دول العالم. كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من الطاقة الحرارية الأرضية وكذلك من أشكال أخرى.

**الربط مع الحياة** ترى أحياناً أعمدة إنارة على بعض المباني تنير بدون وجود توصيلات كهربائية لها. هذه الأعمدة تستمد طاقتها من الطاقة الشمسية التي تخزنها في وجود الشمس ثم تستخدمها في إضاءتها.

### ما الطاقة المتجددة ؟ Renewable Energy

تسمى الطاقة التي تستمد من الموارد الطبيعية وتتجدد بصورة دائمة بالطاقة المتجددة. ويوجد في الطبيعة عدة أنواع منها مثل: الطاقة الشمسية - والطاقة الحرارية الأرضية - والرياح - والأمواج البحرية - وطاقة المياه الجارية أو الساقطة من المنحدرات - وكذلك طاقة الكتلة الحيوية بأشكالها المختلفة. وتتميز الطاقة المتجددة بأنها لا تنفذ بالإضافة إلى أنها طاقة نظيفة الشكل 5-8. وتختلف الطاقة المتجددة عن الطاقة الناتجة من الوقود الأحفوري من بترول وفحم وغاز طبيعي والتي تعد من الطاقة غير المتجددة والمؤدية إلى زيادة الاحتباس الحراري. لا تشمل الطاقة المتجددة استخدام الوقود النووي وذلك تجنباً للمخلفات الذرية الضارة الناتجة عن المفاعلات النووية.



شكل 5-8 الطاقة المتجددة.



الشكل 9-5 ألواح الطاقة الشمسية.

## مصادر الطاقة المتجددة Renewable Energy

### الطاقة الشمسية Solar Energy

هي الأشعة الضوئية والحرارية الصادرة نتيجة التفاعلات في مركز الشمس وتصل إلى سطح الأرض على شكل حزمة من الأشعة بأطوال موجية مختلفة. وتشكل الشمس المصدر الرئيس للطاقة على كوكب الأرض منذ ملايين السنين ولها الدور الأساس والحيوي في تنمية الحياة وتطورها. وخلال الفترات الزمنية المختلفة سعى الإنسان جاهداً للاستفادة من هذا المصدر الحيوي واستغلاله في مصلحته وقد تمكن من تطوير كثير من الأبحاث والابتكارات في مجال استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية حتى أصبح هذا المصدر لا يقل أهمية عن بقية مصادر الطاقة الأخرى الشكل 9-5.

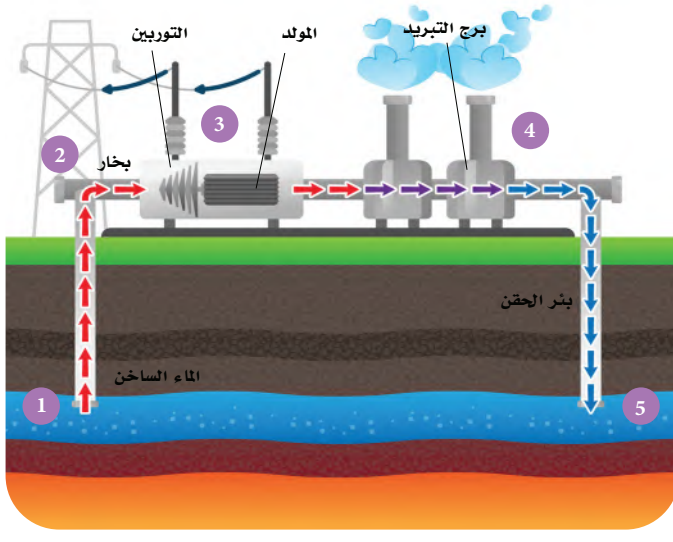
### ماذا قرأت؟ ما الطاقة الشمسية؟

وقد عملت المملكة العربية السعودية من خلال خطط وأهداف رؤية 2030 على الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية؛ وذلك لأنها فرصة سانحة وواعدة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة وتوفير الظروف المناخية الملائمة وجدواها الاقتصادية الجيدة. حيث تم تبني البرنامج الوطني للطاقة المتجددة مبادرة إستراتيجية تحت مظلة رؤية المملكة 2030 ومبادرة الملك سلمان للطاقة المتجددة حيث يستهدف البرنامج زيادة حصة المملكة العربية السعودية من إنتاج الطاقة المتجددة إلى الحد الأقصى. وتم إنشاء مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة تحت مظلة وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية عام 2017م؛ وذلك لتحقيق أهداف البرنامج الوطني للطاقة المتجددة تماشياً مع رؤية المملكة 2030 وذلك بالتعاون مع مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية المتجددة وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج والشركة السعودية للكهرباء.

في عام 2018م وتحت مظلة المشروع الوطني للطاقة المتجددة أطلقت المملكة العربية السعودية بنجاح مشروعين للطاقة المتجددة في منطقة الجوف شمال المملكة، وهما: - مشروع سكاكا وهي محطة طاقة شمسية كهروضوئية تعمل بالطاقة الشمسية بقدرة 300 ميغا واط، وبدأت في نوفمبر 2018م حيث يشغل مساحة تزيد عن 6 كم<sup>2</sup>، وهو أول مشروع ضمن سلسلة مشاريع الطاقة المتجددة التي أطلقها البرنامج الوطني للطاقة المتجددة التي يسعى إلى تحقيق مستهدفات الرؤية السعودية للطاقة المتجددة بإنتاج 58.7 جيجا واط بحلول عام 2030. ومشروع دومة الجندل لطاقة الرياح والذي يعد الأول من نوعه بالمملكة والأكبر على مستوى الشرق الأوسط وتبلغ طاقته الإنتاجية 400 جيجا واط.







الشكل 10-5 الطاقة الحرارية الأرضية.

كما يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية بإحدى التقنيات التالية:

- الطاقة الكهروضوئية.
  - الطاقة الشمسية المركزة (الحرارية).
- وتعرف الطاقة الكهروضوئية بأنها مجموعة من الخلايا الشمسية التي تعمل على تحويل الضوء الصادر من الشمس إلى طاقة كهربائية مثل ما نراه على أسطح بعض المباني والمنازل ومصاييح الطرق.
- والطاقة الشمسية المركزة (الحرارية) تعني استغلال الحرارة الناتجة من أشعة الشمس الساقطة على الأرض لإنتاج الكهرباء، وذلك باستخدام المرايا لتركيز كمية كبيرة من أشعة الشمس على جهاز مستقبل يحتوي على مائع يسخن وينتج البخار الذي يشغل توربينات من أجل توليد الكهرباء.

### الطاقة الحرارية الأرضية Geothermal Energy

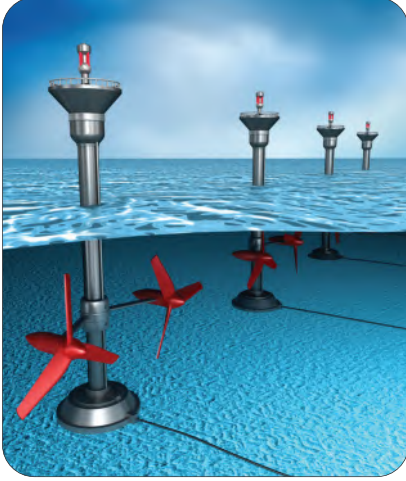
تعد الطاقة الحرارية الأرضية مصدرًا مهمًا للطاقة البديلة، وهي طاقة حرارية طبيعية تستمد من باطن الأرض، ويتم الاستفادة منها بشكل أساسي في توليد الكهرباء؛ وذلك باستغلال درجات الحرارة العالية في أعماق الأرض لإنتاج البخار وتشغيل التوربينات لتوليد الكهرباء، كما يمكن استخدامها في بعض الأراضي الصناعية وتبريد وتسخين المباني وخاصة في المناطق الباردة. ومن أهم الدول التي تعتمد على هذا النوع من الطاقة آيسلندا الشكل 10-5.

### طاقة الرياح Wind Energy

وهي الطاقة الناتجة من حركة الرياح. والتي يتم من خلالها تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية وذلك عن طريق التوربينات الهوائية (مبدأ تحويل الطاقة)، ويعتمد في تحديد مواقع حقول الرياح بشكل كبير على دراسة نشاط حركة الرياح في المنطقة، ويتم قياس ذلك عن طريق الدراسات الجيوغرافية والأقمار الصناعية وأجهزة الرصد والقياس الاستشعارية الشكل 11-5.



الشكل 11-5 طاقة الرياح.



الشكل 12-5 طاقة الأمواج.



الشكل 13-5 طاقة المياه الجارية أو الساقطة.



الشكل 14-5 الطاقة الحيوية.

وكما ذكر سابقاً يعد مشروع محطة دومة الجندل لإنتاج طاقة الرياح الأول من نوعه على مستوى المملكة العربية السعودية والأكبر على مستوى منطقة الشرق الأوسط، وتبلغ طاقته الإنتاجية 400 ميغا واط.

### طاقة أمواج البحر Wave Energy

وتنتج عن استغلال حركة المياه لتوليد قوى تستعمل في توليد الكهرباء أو تحلية المياه.

وحركة الأمواج ماهي إلا أثر حركة الرياح على سطح الماء وبالتالي يمكننا القول إن الطاقة الموجية ماهي إلا وجه آخر لاستغلال الرياح. وتستخدم في إنتاج هذا النوع من الطاقة (محولات الطاقة الموجية) الشكل 12-5.

ولهذا المصطلح أشكال عديدة من الطاقة مثل: الطاقة الموجية، وطاقة المد والجزر، وتمثل إنجلترا وإسكتلندا وأستراليا والولايات المتحدة وكندا و جنوب أفريقيا دولاً رائدة واعدة في هذا المجال.

### طاقة المياه الجارية أو الساقطة Hydroelectricity

مفهوم المصادر المائية للطاقة تعني محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تقام على مساقط الأنهار أو الشلالات الصناعية التي يمكن الحصول عليها من إقامة السدود والبحيرات الصناعية الخاصة بحجز المياه.

حيث تتوفر كمية كافية من الماء تكفي لتشغيل محطات الطاقة التي تقام عليها إنتاج الطاقة بشكل دائم.

والمبدأ هنا هو تحويل (الطاقة الكامنة) المخزنة في الماء المحفوظ خلف السدود أو في أماكن مرتفعة إلى طاقة ميكانيكية أثناء سقوط الماء على التوربينات فتديرها، وبالتالي تدور المولدات الكهربائية المرتبطة معها منتجة بذلك الطاقة الكهربائية الشكل 13-5.

### الطاقة الحيوية Biological Energy

تعد **الطاقة الحيوية Biological Energy** مكوناً رئيساً للطاقة المتجددة حتى في البلدان الصناعية. ونحصل على الطاقة الحيوية من المواد العضوية مثل الخشب والمحاصيل ومخلفات الحيوانات والنفايات الصلبة والسائلة وحتى الطحالب والبكتيريا.

حيث يتم تحويل المواد الخام (الأولية) إلى شكل صالح للاستخدام من الطاقة عن طريق الاحتراق أو العمليات الكيميائية الحرارية.

وكذلك يمكن تحويل الكتلة الحيوية إلى غاز أو وقود سائل.

وبالتالي تكون المنتجات النهائية العامة للطاقة الحيوية هي: التدفئة للمنازل والصناعة والكهرباء والوقود الحيوي (سائل غاز).

وتعد مشاريع تحويل النفايات إلى طاقة ذات هدف مزدوج يتمثل بالحد من كميات النفايات التي سيتم معالجتها وتخزينها إضافة لاستخدامها في إنتاج طاقة مفيدة بطريقة صديقة للبيئة الشكل 14-5.

✓ **ماذا قرأت؟** كيف يتم الحصول على الطاقة الحيوية؟

## طاقة الهيدروجين Hydrogen Energy

تبرز **طاقة الهيدروجين Hydrogen Energy** (الأخضر، الأزرق، الأمونيا الزرقاء) في طليعة الخيارات المتاحة لتوفير الوقود بعد النجاح النسبي لطاقة الشمس والرياح وتوفير الكهرباء.

يبرز الهيدروجين كخيار مناسب لتوفير الوقود وبخاصة للقطاعات ذات الاستخدام الكثيف للطاقة مثل الصناعات الثقيلة ووسائل النقل الكبيرة (السفن، الطائرات، القطارات، ...)، وهناك أنواع مختلفة من وقود الهيدروجين ولكل نوع مميزات وعيوبه الشكل 15-5.

• **الهيدروجين الرمادي:** وهو النوع الأكثر انتشاراً حتى الآن ويستخلص من الغاز الطبيعي ويرافق إنتاجه كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون ولذلك يميل إنتاجه للتراجع رغم انخفاض التكلفة.

• **الهيدروجين الأزرق:** ويتم إنتاجه كذلك مثل الهيدروجين الرمادي من الغاز الطبيعي مع فارق أساسي وهو التقاط الكربون المصاحب وتخزينه في الأرض غالباً في آبار النفط غير المنتجة.

• **الهيدروجين الأخضر:** وهذا النوع ينتج من الماء بعملية التحليل الكهربائي مع استخدام مصادر الطاقة المتجددة، ويمتاز بانعدام انبعاث ثاني أكسيد الكربون تقريباً، ولذلك فهو وقود صديق للبيئة بالكامل.

وعليه الأساسي ارتفاع تكلفة إنتاجه والحاجة إلى كميات ضخمة من الطاقة الكهربائية.

• **الأمونيا الزرقاء:** تعد الأهم في مزيج الوقود الهيدروجيني وتتكون من ثلاث ذرات من الهيدروجين وذرة واحدة من النيتروجين، وتمتاز بأنها غاز أكثر استقراراً من الهيدروجين، ويمكن نقلها بسهولة بحرّاً أو بواسطة خطوط الأنابيب مما يشكل حلاً لأحد أكبر مشاكل الهيدروجين النقي وهي تسببه بتآكل المعادن وتسربه من الشقوق بالغة الصغر.

حيث أطلقت المملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة عدة مشاريع لإنتاج الهيدروجين الأزرق ومشاريع تجريبية للهيدروجين الأخضر.

وتبرز كل من المملكة العربية السعودية والإمارات ومصر وتركيا في مقدمة دول المنطقة التي تولي اهتماماً كبيراً بطاقة الهيدروجين.

## الربط مع الفيزياء

للطاقة أشكال متعددة ويمكن للطاقة أن تتحول من شكل لآخر. مثل تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.



الشكل 15-5 طاقة الهيدروجين.

## الربط مع الكيمياء

**الهيدروجين:** أصغر عنصر كيميائي في الطبيعة يتكون من بروتون واحد وهو غاز غير سام ولا لون له أو طعم أو رائحة وسريع الاشتعال.





# تجربة

## الخلية الشمسية البسيطة:

تعد الشمس أكبر مصدر للطاقة لذلك يمكننا الاستفادة منها لتغطية احتياجات الطاقة لجميع بني البشر، ويكون ذلك باستخدام عدة طرق حديثة لتحويل طاقة الشمس الحرارية إلى أشكال أخرى متنوعة من الطاقة.

## خطوات العمل



### الجزء الأول:

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في المختبر.
2. أحضر شريحة من النحاس النقي وأخرى من النحاس المؤكسد.
3. كأس زجاجي وماء وملح.
4. جهاز فولتميتر لقياس الجهد الكهربائي وأسلاك للتوصيل الكهربائي.
5. مصباح ضوئي.

## طريقة العمل:

6. استخدم الكأس الزجاجي وضع فيه كمية من الملح والماء وحرك حتى يذوب الملح.
7. صل أحد أسلاك التوصيل الكهربائي بشريحة النحاس النقي والسلك الآخر بشريحة النحاس المؤكسد وضعهما داخل الكأس.

8. صل سلك الفولتميتر الموجب بالنحاس النقي وسلك الفولتميتر السالب بالنحاس المؤكسد.
9. سجل قراءة الفولتميتر الآن.
10. سلط الضوء على المحلول لفترة ثم سجل قراءة الفولتميتر مرة أخرى.

### الجزء الثاني:

11. هل يمكن للخلية البسيطة إضاءة مصباح كهربائي صغير؟

## التحليل

من خلال التجربة السابقة:

12. استنتج طريقة يمكن من خلالها الحصول على كمية أكبر من الطاقة الشمسية.
13. ما النتيجة المتوقعة عند الاعتماد بشكل أكبر على استخدام الطاقة الشمسية؟



## التقويم 3-5

### الخلاصة

- الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار.
- للطاقة المتجددة مصادر عديدة.
- تبرز جهود المملكة العربية السعودية في مجال الطاقة المتجددة.
- لاستخدام الطاقة المتجددة فوائد بيئية وإنسانية.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. وضح ما الطاقة المتجددة؟
2. عدد ثلاثاً من مصادر الطاقة المتجددة؟
3. قارن بين الهيدروجين الأزرق والهيدروجين الأخضر من حيث طريقة الإنتاج.

### التفكير الناقد

4. لخص أهمية التوجه العالمي الحالي نحو استخدام الطاقة المتجددة.
5. صف اهتمام المملكة العربية السعودية بمجال الطاقة المتجددة.

### الكتابة في الجيولوجيا

6. اكتب تقريراً عن طريقة استخدام الهيدروجين كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة.





# 5-4

## الطاقة النووية

### Nuclear Energy

#### الأهداف

- تتعرف الطاقة النووية.
- تبين كيف يتم توليد الكهرباء النووية.
- توضح معنى الانشطار النووي.
- تذكر فوائد استخدام الطاقة الذرية.

**الفكرة الرئيسية** الطاقة النووية هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات، وتنتج عبر طريقتين: الانشطار النووي أو الاندماج النووي.

**الربط مع الحياة** لعلك لاحظت بعض الأطعمة المحفوظة بأشكال متعددة. يكون ذلك بتعريض الطعام للإشعاع لقتل البكتيريا الضارة وهو نوع من أنواع التعقيم. كما تستخدم أشعة جاما لتعقيم المعدات الطبية بأمان، مثل: الحقن، وضادات الحروق، والقفازات، وصمامات القلب.

### ما الطاقة النووية ؟ What is Nuclear Energy?

**الطاقة النووية Nuclear Energy** هي الطاقة المنبعثة من نواة الذرة نتيجة للتفاعل النووي الذي يحدث من الانشطار أو الاندماج النووي.

تستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، حيث إنها مصدر موثوق وفعال لتوليد الكهرباء دون انبعاثات كربونية بكميات كبيرة.

كما تعد الطاقة النووية من المصادر التي تقل فيها الآثار البيئية سواء على الأرض أو الموارد الطبيعية.

وكانت أول محطة للطاقة النووية أنشئت في مدينة أوبنيسك الروسية عام 1945م والطاقة النووية التي يتم تسخيرها حول العالم اليوم لإنتاج الكهرباء تتم من خلال الاندماج أو الانشطار النووي، بينما تقنية توليد الكهرباء من الاندماج النووي مازالت في مرحلة البحث والتطوير الشكل 16-5.

#### مراجعة المفردات

**الطاقة المتجددة:** هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية، والتي لا تنفذ وتتجدد باستمرار، مثل: الرياح والشمس المتوفرة في معظم دول العالم.

#### المفردات الجديدة

الطاقة النووية

الانشطار النووي



الشكل 16-5 مفاعل الطاقة النووية.



## توليد الكهرباء النووية

تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهة كثيرًا لمحطات الطاقة التقليدية، فكلاهما تستخدم مصدرًا لإنتاج الحرارة التي تحول المياه إلى بخار، ثم يعمل ضغط البخار على تشغيل مولد الكهرباء لإنتاج الكهرباء. بمعنى أن المفاعلات النووية تطلق الحرارة التي بدورها تنتج البخار ويقوم بعدها البخار بتدوير توربين متصل بمغناطيس كهربائي يسمى المولد والذي يقوم بدوره بإنتاج الكهرباء نتيجة لدورانه الشكل 17-5.

لكن الاختلاف بين هذه المحطات (التقليدية والنووية) يكمن في نوع مصدر الحرارة. ففي محطات الوقود الأحفوري يكون مصدر الحرارة من حرق الفحم أو النفط أو الغاز الطبيعي، أما في محطات الطاقة النووية يكون المصدر الأساسي للحرارة هو انقسام الذرات أو ما يطلق عليه الانشطار النووي.

### الانشطار النووي

عندما تنقسم نواة الذرة إلى نواتين أو أكثر ويصاحب ذلك انبعاث للطاقة يحدث ما يعرف بالانشطار النووي **Nuclear fissions**.

فعندما يصطدم النيوترون بذرة اليورانيوم يقسمها ويطلق كمية كبيرة من الطاقة على شكل حرارة وإشعاع، وعند انقسام ذرة اليورانيوم يطلق المزيد من النيوترونات أيضًا، وتستمر في الاصطدام مع ذرات اليورانيوم الأخرى، وتكرر هذه العملية نفسها مرارًا، وهذا يعرف بالتفاعل النووي المتسلسل الشكل 18-5.

👉 **ماذا قرأت؟ كيف يتم الانشطار النووي؟**

### اكتشاف الطاقة النووية

اكتشف العلماء في الثلاثينيات من القرن الماضي إمكانية جعل الانشطار النووي يحدث في أنواع معينة من الذرات. وقد تم هذا الاكتشاف مع ذرات مادة تسمى اليورانيوم. حيث قاموا بتقسيم نواة ذرة اليورانيوم إلى قسمين مما أدى هذا الانشطار النووي إلى إطلاق الكثير من الطاقة.

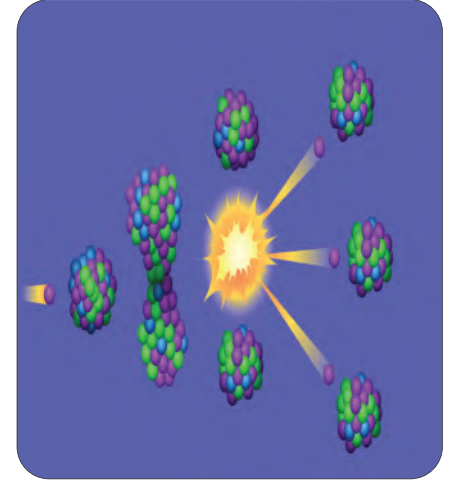
فعلى سبيل المثال ينتج من انشطار نصف كيلو غرام من اليورانيوم قدرًا من الطاقة يعادل حرق 3000 طن من الفحم.

### اليورانيوم

تستخدم معظم محطات الطاقة النووية ذرات اليورانيوم الذي اكتشفه العالم الألماني مارتين كلابروث عام 1789 م، واليورانيوم معدن يمكن العثور عليه في الصخور في جميع أنحاء العالم، ويتم استخراجه من طبقات قريبة من سطح الأرض أو عن طريق التعدين من باطن الأرض ويحتوي على العديد من النظائر الطبيعية المنشأ والتي هي أشكال تختلف في كتلتها الفيزيائية ولكن لها نفس الخصائص الكيميائية. الشكل 19-5.



الشكل 17-5 توليد الكهرباء باستخدام الطاقة النووية.



الشكل 18-5 الانشطار النووي.



الشكل 19-5 تعدين اليورانيوم.



## المفاعلة النووية

[illegible]

وزارة التعليم  
Ministry of Education  
387  
2023 - 1445

## فوائد الطاقة الذرية

### The benefits of atomic energy

تعد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف حيث إن إنتاج الطاقة منها رخيص نسبياً وتكاليف تشغيلها منخفضة، وكذلك تعد طاقة موثوقة بمعنى أنها مصدر موثوق للطاقة دون توقف كذلك لا تسبب انبعاثات كربونية تؤدي إلى تغير المناخ. وهي كذلك طاقة ذات كثافة عالية أي أن الطاقة المنبعثة من الانشطار النووي أكبر بعشرة ملايين مرة من الطاقة عند حرق الوقود الأحفوري الشكل 21-5.

✓ ماذا قرأت؟ ما فوائد الطاقة الذرية؟

## أضرار الطاقة الذرية

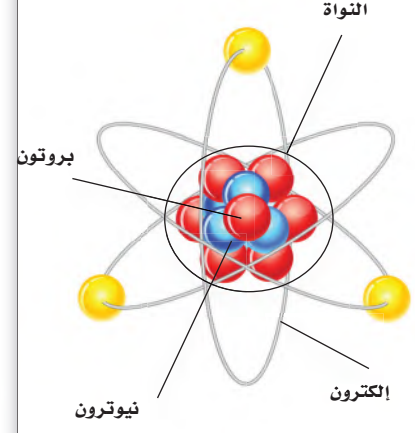
### Damage from atomic energy

على الرغم من وجود العديد من المزايا لاستخدام الطاقة النووية إلا أن هناك آثاراً سلبية لها. ومن هذه الآثار السلبية: الأثر البيئي من خلال التعدين وتصريف المياه والاستهلاك الكثيف للمياه في المفاعلات، وكذلك خطر الحوادث النووية مثل: تسرب الإشعاعات الضارة، وكذلك مشكلة التخلص من النفايات المشعة حيث تظل هذه النفايات مشعة لآلاف السنين.

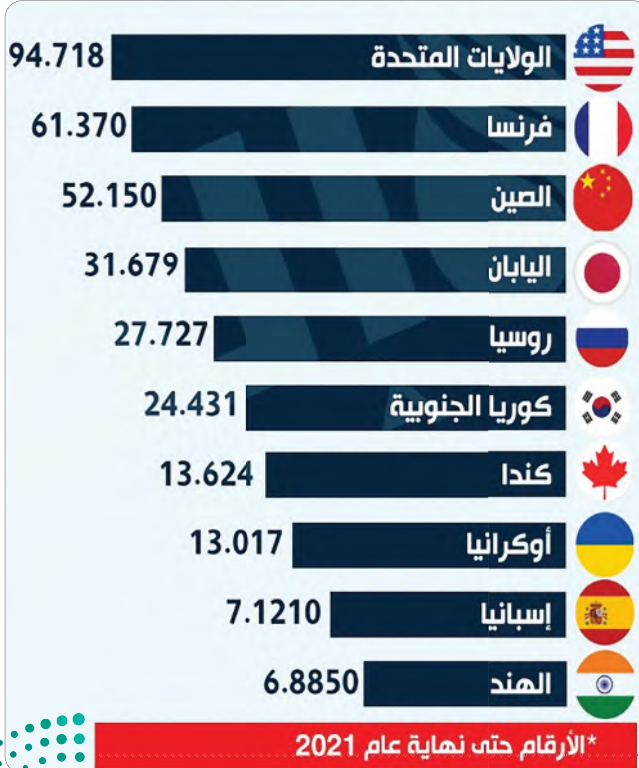
وهي أيضاً طاقة غير متجددة؛ لأن الوقود النووي المستخدم في المفاعلات النووية هو اليورانيوم، وهو محدود وعندما يتم تعدينه باستمرار تستنفذ الكمية المتاحة منه ولا تتجدد خلال حياة الإنسان.

## الربط مع الكيمياء

الذرة أصغر جزء من العنصر الكيميائي وتتركب من: النواة، والإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات.



الشكل 21-5 أكبر 10 دول حسب سعة الطاقة النووية في العالم.





## التقويم 4-5

### الخلاصة

- الطاقة النووية: هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات.
- تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهة كثيراً لمحطات الطاقة التقليدية.
- الانشطار النووي يحدث عندما تنقسم نواة الذرة إلى نواتين أو أكثر ويصاحب ذلك انبعاث للطاقة.
- لليورانيوم نظيران بدائيان هما: اليورانيوم 238 واليورانيوم 235 ويشكل اليورانيوم 238 الغالبية.
- تعد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف.

### فهم الأفكار الرئيسة

1. بين ما الطاقة النووية؟
2. كيف تتم عملية الانشطار النووي؟
3. علل: استخدام اليورانيوم 235 في المفاعلات النووية؟
4. عدد ثلاثاً من فوائد استخدام الطاقة النووية.

### التفكير الناقد

5. لخص كيف يتم توليد الكهرباء النووية.
6. صف كيفية استخدام معدن اليورانيوم لإنتاج الطاقة النووية.

### الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب تقريراً عن دور مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة لاستخدام الطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية.



# الجافورة أكبر حقل للغاز غير المصاحب في المملكة العربية السعودية

وتؤكد أرامكو أن خصائص حقل الجافورة تمكّنه من إنتاج نحو 425 مليون قدم مكعبة يوميًا من غاز الإيثان، كما سينتج نحو 550 ألف برميل يوميًا من سوائل الغاز والمكثفات اللازمة للصناعات البتروكيمياوية.

ورغم أن الغاز الطبيعي أحد أنواع الوقود الأحفوري، فإنه يعدّ بمثابة وقود انتقالي نحو الطاقة المتجددة كونه الأقل إطلاقًا للانبعاثات مقارنة بمقارنته بأنواع الوقود الأحفوري الأخرى التي تطلق انبعاثات كربونية ضارة بالبيئة.



موقع حقل الجافورة بالنسبة للمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية

وتخطط المملكة العربية السعودية لاستخدام حقل الجافورة في إنتاج الهيدروجين الأزرق، حيث سيتم استخدام أحد أكبر مشروعات الغاز الطبيعي في العالم لإنتاج الهيدروجين الأزرق، مع تكثيف جهودها لتصدير وقود مهم يستخدم في التحول إلى الطاقة الخضراء النظيفة.

كما سيتم استخدام إنتاج الحقل من الغاز وسوائله في الصناعة والكهرباء وتوليد المياه والتعدين.



خارطة حقل الجافورة الجيولوجية.

مع تصدر المملكة العربية السعودية قائمة أكبر مصدري النفط في العالم، تسعى المملكة إلى دخول عصر الغاز واحتلال مواقع متقدمة في إنتاج الغاز على مستوى العالم، عبر تطوير حقل الجافورة.

وتستهدف السعودية من تطوير حقل الجافورة تنويع موارد اقتصاد البلاد ودعم مكانتها في قطاع الطاقة العالمي لتكون أحد أهم منتجي الغاز عالميًا، بالإضافة إلى تحقيق هدف شركة أرامكو السعودية في أن تكون أكبر شركة طاقة وكيمياويات متكاملة على المستوى الدولي.

يقع حقل الجافورة في الأحساء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، واكتشفته شركة أرامكو خلال عمليات التكسير التي كانت تنفذها في تلك المنطقة، وهو ما يُعدّ بمثابة مكمن للغاز.

ويعد الجافورة أكبر حقل مكتشف في السعودية للغاز غير المصاحب وغير التقليدي، فبحسب موقع شركة أرامكو، يبلغ طول حقل الجافورة نحو 170 كيلو مترًا، وعرضه 100 كيلو متر.

وتقدّر الشركة حجم موارد الغاز في حقل الجافورة بنحو 200 تريليون قدم مكعبة من الغاز الخام، ما يعدّ ذلك عنصرًا مهمًا للصناعات البتروكيمياوية والمعدنية.

وتسعى المملكة العربية السعودية إلى بدء الإنتاج من حقل الجافورة مطلع عام 2024، مع سعيها إلى رفع إنتاج الغاز منه بشكل تدريجي ليصل إلى 2.2 مليار قدم مكعبة يوميًا وذلك بحلول عام 2036.

## خصائص الحقل:

تتوقع وزارة الطاقة السعودية أن يسهم حجم موارد الغاز في مكمن حقل الجافورة بوضع المملكة العربية السعودية في المرتبة الثالثة عالميًا في إنتاج الغاز بحلول عام 2030.

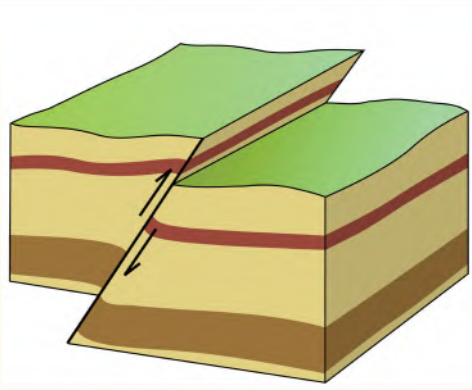
وتصل استثمارات تطوير حقل الجافورة العملاق لنحو 412 مليار ريال (110 مليارات دولار) وفقًا لوزارة الطاقة في المملكة العربية السعودية.

# مختبر الجيولوجيا

## صمم بنفسك : المكمن الصدعي

### التحليل والاستنتاج

1. فسر ماذا حدث للتتابع الطبقي للصخور ( الرملية - الطينية - الجيرية ).
2. حدد الطبقة التي تتوقع تكون السوائل فيها ، وسبب ذلك ؟
3. استنتج ما الطبقة ذات المسامية والنفاذية العالية في هذا النموذج.
4. وضح الطبقة ذات النفاذية الأقل.
5. لخص السبب في تكون المكمن في هذا النموذج.
6. قارن بين المكمن الصدعي الذي قمت بتصميمه وباقي المكامن من حيث كمية المخزون.



نموذج لمكمن صدعي.

### الكتابة في الجيولوجيا

من خلال ما قمت بتنفيذه بين أهم خصائص المكامن الصدعية.

**خلفية علمية** المكمن عبارة عن تركيب جيولوجي تحت سطح الأرض، يحتوي على النفط أو الغاز أو الماء، حيث يقوم بحفظهم بكميات اقتصادية، وله أنواع عديدة منها ما ستعمل على تصميمه وهو المكمن الصدعي، والذي يحدث عندما تتعرض الصخور إلى إجهادات معينة مسببة كسر الطبقات وإزاحتها كما يحدث في الصدوع، بحيث تتحرك الكتلتان الناتجتان بشكل مواز لسطح الكسر.

### الأدوات:

15 شريحة من الكرتون أو الفلين بطول 30 سم وعرض 10 سم.  
صمغ قوي - ألوان زيتية - إداة قطع حادة.

### خطوات العمل



1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل التنفيذ.
3. قم بلصق كل 5 شرائح من الكرتون أو الفلين مع بعضها البعض ، وانتظر حتى يجف الغراء تماما.
4. لديك الآن ثلاث مجموعات من الفلين أو الكرتون ، قم بتلوين كل مجموعة بلون مختلف ( بحيث يتم تلوين الشرائح الخمس جميعا ) لتصبح كالتالي:
  - اللون الأصفر ويعني حجر الرمل.
  - اللون البني ويعني حجر الطين.
  - اللون الأخضر ويعني حجر الجير.
5. قم الآن بلصق المجموعات الثلاث مع بعضها البعض، مكونة نموذج لتتابع الطبقات.
6. بأداة حادة ( وكن حذرا ) قم بقص الطبقات بزوايا مقدارها 45 درجة تقريبا مكونة كتلتين.
7. قم برفع إحدى الكتلتين بمقدار 5 سم، ثم قم بلصقهم مع بعضهم البعض مكونة كتلة واحدة.





## دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالاً متنوعة. منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
5-1 النفط والغاز وأماكن تواجدهما	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> تعد نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز الطبيعي هي الأكثر قبولاً لدى العلماء المعاصرين، حيث تعتبر منطقة الخليج العربي من أغنى المناطق في العالم بالنفط والغاز.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• النفط الخام عبارة عن هيدروكربون مكون من ذرات الكربون والهيدروجين.</li> <li>• الغاز الطبيعي مكون من الميثان والبروبان والبيوتان.</li> <li>• نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز هي الأكثر قبولاً بين العلماء المعاصرين.</li> <li>• يوجد النفط والغاز في أماكن محددة من العالم.</li> <li>• تسمى الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصدر.</li> <li>• صخر المكن هو صخر ذو مسامية ونفاذية تسمح بمرور أو تجمع السوائل فيه.</li> <li>• المصائد النفطية هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط والغاز بالتجمع فيه بكميات اقتصادية.</li> </ul>
5-2 طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصه	<p><b>الفكرة الرئيسية</b> يهاجر النفط والغاز من صخر المصدر إلى صخر الخزان والذي -في الغالب- يتكون من الحجر الرملي ذو المسامية والنفاذية العالية، ويمكن استكشاف النفط والغاز من خلال دراسة الصخور والتراكيب الجيولوجية تحت الأرض بطرق عديدة.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• يعد النفط والغاز من مصادر الطاقة غير المتجددة.</li> <li>• من طرق اكتشاف النفط والغاز المسح الجيولوجي والمسح الجيوفيزيائي.</li> <li>• من طرائق المسح الجيوفيزيائي: الطريقة الزلزالية وطريقة الجاذبية والطريقة المغناطيسية والطريقة الكهربائية.</li> <li>• منتجات النفط والغاز لديها استخدامات عديدة في حياتنا اليومية.</li> </ul>



# دليل مراجعة الفصل

المفاهيم الرئيسية	المفردات
3-5 أنواع الطاقة المتجددة	
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ، وتتجدد باستمرار مثل الرياح والمياه والشمس المتوفرة في معظم دول العالم. كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من الطاقة الحرارية الأرضية وكذلك من أشكال أخرى.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار.</li> <li>للطاقة المتجددة مصادر عديدة.</li> <li>تبرز جهود المملكة العربية السعودية في مجال الطاقة المتجددة.</li> <li>لاستخدام الطاقة المتجددة فوائد بيئية وإنسانية.</li> </ul>	<p>الطاقة الحيوية طاقة الهيدروجين</p>
4-5 الطاقة النووية	
<p><b>الفكرة الرئيسية</b> الطاقة النووية هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات، وتنتج عبر طريقتين: الانشطار النووي أو الاندماج النووي.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>الطاقة النووية: هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات.</li> <li>تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهة كثيرًا لمحطات الطاقة التقليدية.</li> <li>الانشطار النووي يحدث عندما تنقسم نواة الذرة إلى نواتين أو أكثر ويصاحب ذلك انبعاث للطاقة.</li> <li>اليورانيوم نظيران بدائيان هما: اليورانيوم 238 واليورانيوم 235 ويشكل اليورانيوم 238 الغالبية.</li> <li>تعد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف.</li> </ul>	<p>الطاقة النووية الانشطار النووي</p>



## مراجعة المفردات

12. تقع المصادر الرئيسة للنفط الخام في منطقة:
- a. أمريكا الشمالية. b. شرق آسيا.  
c. الشرق الأوسط. d. أوروبا.
13. المصائد التي تتكون نتيجة تغيرات جانبية في مسامية ونفاذية صخور المكمن أو عدم استمرارها، هي:
- a. لقبب الملحية. b. التركيبية.  
c. المركبة. d. الطبقة.
14. من أسباب قبول العلماء المعاصرين لنظرية نشأة النفط العضوية:
- a. خاصية النشاط. b. وجود كبريد  
الضوئي للنفط. c. الكالسيوم.  
d. الرشح النفطي. وجود الهيدروجين  
والكربون.
15. بئر استكشافية وصل عمق الحفر فيها إلى 15 كيلومتر، تقع في:
- a. أمريكا. b. بريطانيا.  
c. الأرجنتين. d. روسيا.
16. الطاقة الناتجة عن استغلال حركة المياه التي تستعمل في توليد الكهرباء أو تحلية المياه:
- a. الرياح. b. أمواج البحر.  
c. الحيوية. d. الشمسية.
17. يُنتج هذا النوع من الهيدروجين بعملية التحليل الكهربائي مع استخدام مصادر الطاقة المتجددة.
- a. الأخضر. b. الأزرق.  
c. الرمادي. d. الأمونيا.
- اكتب المصطلح الصحيح في مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يلي :
1. الغاز سائل كثيف قابل للاحتراق يتكون أساساً من ذرات كربون وهيدروجين.
2. الفوراميفيرا كائنات دقيقة هائمة أو عالقة في الطبقات العليا من البحار والمحيطات.
3. ينتقل النفط والغاز مباشرة من خلال الهجرة الثانوية من صخر المصدر إلى صخر الخزان.
4. الطاقة غير المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار.
5. يشكل اليورانيوم 238 النسبة الغالبة في العالم وينتج تفاعلاً انشطاريًا متسلسلاً.
- املاً الفراغ في الجمل الآتية بالمفردات الصحيحة :
6. يتميز النفط بخاصية النشاط ..... التي تكاد تنفرد بها المواد العضوية.
7. تفترض النظرية المعدنية أن النفط تكوّن نتيجة لتعرض بعض رواسب ..... الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء.
8. .... هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط والغاز أو كليهما بالتجمع فيه بكميات اقتصادية.
9. هدف ..... هو البحث عن مكامن تجمع النفط باستخدام مختلف أنواع وطرق المسح والكشف.
10. طاقة حرارية طبيعية تستمد من باطن الأرض هي .....
- تثبيت المفاهيم الرئيسة
11. تصل نسبته في الغاز المسال المستخدم في المنازل إلى 90 %.
- a. البروبان. b. الزينون.  
c. الميثان. d. البيوتان.

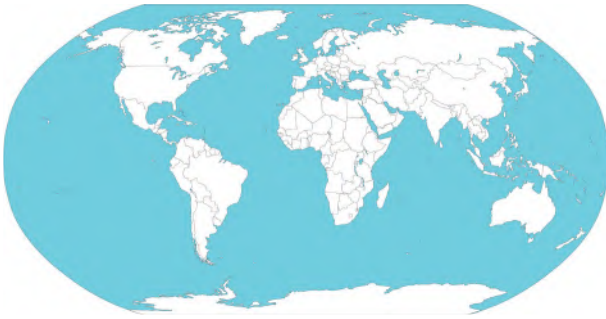




27. لخص طرق التنقيب والاستكشاف عن النفط والغاز.

28. بين كيف تتم عملية الانشطار النووي لإنتاج الطاقة.

استعمل الخريطة الآتية للإجابة عن السؤال 29.



29. من خلال الخريطة التي أمامك ، حدد أهم ثلاثة أماكن يوجد فيها النفط والغاز في العالم.

### خريطة مفاهيمية

30. ارسم خريطة مفاهيمية مستعملاً المصطلحات الآتية :  
صخور المصدر، صخور المكنن ، صخور الغطاء ، المصائد التركيبية ، مصائد القباب الملحية ، المصائد الطباقية ، المصائد المركبة.

### سؤال تحفيز

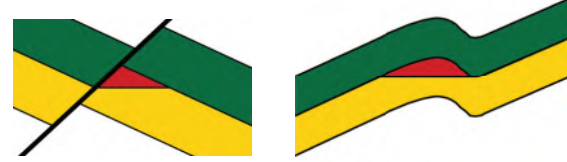
31. فسر تكوّن عدد من الأماكن النفطية المتنوعة ( طي وصدوع ) في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية.

32. توقع مدى أهمية استخدام الطاقة النووية في المملكة العربية السعودية من خلال رؤية 2030.

### أسئلة بنائية

استعن بالأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة رقم

18-19-20.



شكل ( ب )

شكل ( أ )

18. ما نوع المصائد في الشكل ( أ ) و ( ب ) ؟

19. ما الفرق بين الشكل ( أ ) و الشكل ( ب ) ؟

20. على ماذا يدل اللون الأحمر في الشكلين السابقين ؟

21. من طرق المسح الجيوفيزيائي الطريقة المغناطيسية والطريقة الكهربائية، قارن بينهما.

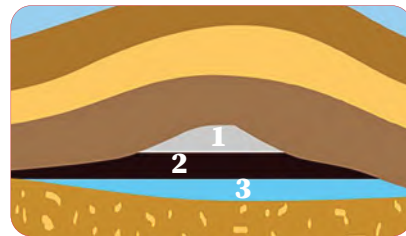
22. وضح كيفية نشأة القباب الملحية.

23. فسر المقصود بالهجرة الأولية والهجرة الثانوية للنفط.

24. قارن بين الهيدروجين الرمادي والهيدروجين الأخضر من حيث طريقة التكون وكمية ثاني أكسيد الكربون المصاحب.

### التفكير الناقد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 25 - 26.



25. على ماذا تدل الأرقام في الشكل السابق ( 1 - 2 - 3 ) ؟

26. فسر سبب التتابع في الشكل السابق.



# اختبار مقنن

## اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. النفط الموجود في بعض الصخور النارية أو المتحولة مصدره هو:

- a. الشقوق والفوالق.
- b. الهجرة من صخور رسوبية.
- c. النشأة من الصخر الناري.
- d. الطي والصدوع.

2. يعد من أفضل الصخور لتجمع النفط نتيجة لاحتوائه على المسامية والنفاذية العاليتين:

- a. الرملي.
- b. الجيري.
- c. الطيني.
- d. الدولومايت.

3. تبلغ الطاقة الإنتاجية بالجيجا واط لمشروع دومة الجندل لطاقة الرياح:

- a. 200.
- b. 300.
- c. 400.
- d. 500.

4. الطاقة التي نحصل عليها من المواد العضوية هي:

- a. الشمسية.
- b. الهيدروجين.
- c. المياه.
- d. الحيوية.

5. تستخدم معظم محطات الطاقة النووية لإنتاج الطاقة المادة الآتية:

- a. اليورانيوم.
- b. الكبريت.
- c. الكربون.
- d. الراديوم.

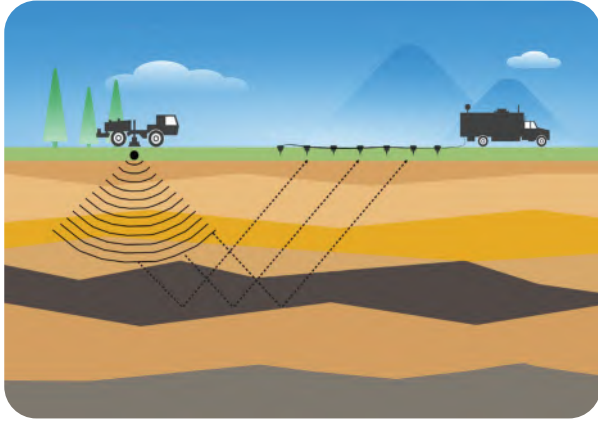
## أسئلة الإجابات القصيرة

6. كيف تتم عملية الانشطار النووي؟

7. كيف تنشأ مصائد القباب الملحية؟

8. تحدث عن الطاقة الناتجة من الأمونيا الزرقاء.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 10 – 9.



9. الشكل السابق يبين المسح الجيوفيزيائي، حدد نوع الطريقة المستخدمة.

10. ماذا تسمى الأجهزة المستقبلية للموجات المنعكسة؟



# اختبار مقنن

## القراءة والاستيعاب

اقرأ النص الآتي ثم أجب عن الأسئلة:  
الغوار

جاءت تسمية حقل الغوار من الكلمة العربية (( غار )) التي تعني شديد العمق ، أو البعيد في باطن الأرض ، وغوار هو صيغة مبالغة من الفعل غار .

ويقع حقل الغوار في شرق المملكة العربية السعودية ، إذ يمتد من مدينة الأحساء حتى جنوب شرق الرياض ، أي يمتد على مساحة 256 كيلومتراً مربعاً؛ لذلك يوصف بأنه أكبر حقل في العالم ، من حيث المساحة والاحتياطيات وكميات إنتاج ، ويعد الحقل تكويناً محدباً على مسافة طولية متصلة ، يتجاوز طوله 240 كيلومتراً وعرضه 40 كيلومتراً ، وينقسم إلى 6 مناطق أساسية ، هي : فوران ، وعين دار ، وشدقم ، والعثمانية والحوية وحرض ، وفي عام 2019 نشرت شركة أرامكو السعودية تقريراً تضمن إحصاءات عن الحقل ، كشفت عن أن بإمكانه ضخ 8,3 مليون برميل يومياً ، أي ثلث إنتاج المملكة النفطية ، وهو رقم أقل مما كان ينتجه في السابق ، إذ كان ينتج على مدار 60 عاماً ما يزيد على 5 ملايين برميل يومياً . وتشير التقارير إلى أن حقل الغوار يضم أكثر من ربع احتياطيات النفط السعودي ، إذ تقدر احتياطيات النفط المكافئ فيه بنحو 32,58 مليار برميل ، وهو عبارة عن صخور جيرية ترسبت في بيئات بحرية ضحلة ، عمرها الجيولوجي يتراوح بين 155 و 145 مليون سنة . ويسهم حقل الغوار النفطي في ما يصل إلى ثلث إنتاج المملكة العربية السعودية ، وهو رقم ضخم إذا أخذ في الحسبان أن المملكة هي أكبر عضو منتج للنفط الخام في منظمة أوبك ، بجانب كونها ثاني أكبر منتج للنفط عالمياً بعد الولايات المتحدة الأمريكية .

11. تبلغ مساحة حقل الغوار بوحدة (كم<sup>2</sup>):

- a. 256
- b. 652
- c. 1200
- d. 340

12. يقع حقل الغوار بالنسبة للمملكة العربية السعودية ناحية:

- a. الغرب.
- b. الجنوب.
- c. الشرق.
- d. الشمال.

13. لمدة 60 سنة تقريباً كان إنتاج حقل الغوار اليومي بالبرميل يقدر بـ:

- a. 10 مليون.
- b. 5 مليون.
- c. 3 مليون.
- d. 7 مليون.

14. يقدر إنتاج حقل الغوار حالياً بملايين البراميل:

- a. 5.7 مليون.
- b. 40.8 مليون.
- c. 16.5 مليون.
- d. 3.8 مليون.





# جيولوجيا المملكة العربية السعودية

## Geology of Saudi Arabia

6

الفصل

**الفكرة العامة** تقع المملكة العربية السعودية ضمن الصفيحة العربية التي تضم كلا من الدرع العربي، والرف العربي الذي يحتوي على مخزون كبير من النفط والمياه.

### 1-6 صخور المملكة العربية السعودية

**الفكرة الرئيسية** تنقسم صخور المملكة العربية السعودية حسب نشأتها إلى عدة أقاليم من أكبرها، الدرع العربي والرف العربي.

### 2-6 الصفيحة العربية وتكويناتها

**الفكرة الرئيسية** كانت الصفيحة العربية متصلة بالصفيحة الأفريقية، ثم حدث فالق البحر الأحمر الذي أدى إلى انفصال الدرع العربي عن الدرع النوبي، ومن ثم ترسبت التكوينات الرسوبية على الدرع العربي.

### 3-6 المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية

**الفكرة الرئيسية** المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية.

### حقائق جيولوجية

- بداية انفصال الجزيرة العربية عن قارة أفريقيا في حين الايوسين.
- تنقسم الجزيرة العربية إلى كتلتين كبيرتين.
- يمثل الرف العربي ثلثي الجزيرة العربية، بينما الدرع العربي يكون الثلث المتبقي.
- وجود مخزون من المياه الجوفية في صخور متكونات الرف العربي.

## نشاطات تمهيدية

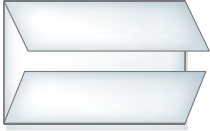
اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين خصائص  
الدرع العربي - خصائص الرف العربي .

### المطويات

منظّمات الأفكار



الخطوة 1 استعمل ورقة طويلة  
وحدد وسطها.



الخطوة 2 اثن الورقة من أعلى  
ومن أسفل نحو وسطها لعمل  
مطوية ذات مصراعين.



الخطوة 3 عنون اللسانين:  
خصائص الدرّع العربي -  
خصائص الرف العربي.

استخدم هذه المطوية من خلال درستك للقسم 1-6 و القسم  
2-6 بين خصائص كل من الدرّع العربي والرف  
العربي.

## تجربة استهلاكية

### تحديد أقسام الجزيرة العربية جيولوجياً

تنقسم الجزيرة العربية جيولوجياً إلى كتلتين كبيرتين هما  
الدرع العربي والرف العربي.



### الخطوات

1. أقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. تمعن في الخريطة التي أمامك، ثم وضّح على الخريطة  
حدود الدرّع العربي والرف العربي.

### التحليل

1. سجل ملاحظاتك حول النسبة التي يشكلها كل  
من الدرّع العربي والرف العربي من مساحة الجزيرة  
العربية.
2. استنتج نوع صخور كل من الدرّع العربي والرف  
العربي.







# 6-1

## صخور المملكة العربية السعودية

### Rocks of Saudi Arabia

**الفكرة الرئيسية** تقسم صخور المملكة العربية السعودية حسب نشأتها إلى عدة أقاليم من أكبرها: الدرع العربي والرف العربي.

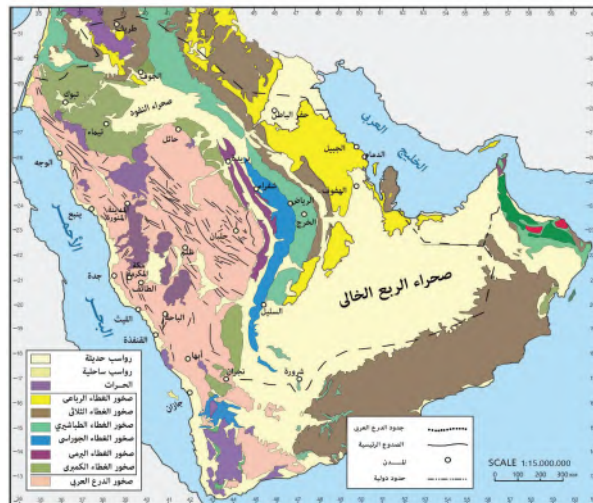
**الربط مع الحياة** عند سفرك بالطائرة من الرياض إلى جدة تشاهد بعد الإقلاع بقليل من خلال نافذة الطائرة أن اللون السائد على الصخور هو اللون الفاتح، هذا هو الرف العربي وبعد نصف ساعة من الطيران تلاحظ حدوث تغير في ألوان الصخور، حيث تصبح سوداء اللون مما يعني أن الطائرة تحلق فوق الدرع العربي.

### الأقاليم الجيولوجية المكونة للمملكة العربية السعودية Geological Region of Saudi Arabia

يقسم الجيولوجيون المملكة إلى أربعة أقاليم جيولوجية بالنسبة لصخورها هي: إقليم الدرع العربي أو صخور القاعدة، وإقليم الرف العربي، والذي يعرف أيضاً باسم الرصيف العربي، وإقليم البحر الأحمر، وإقليم الحرات. ويضاف إلى هذه الأقاليم إقليمين مهمين هما: إقليم الكثبان الرملية، وإقليم السباح.

#### أولاً : إقليم الدرع العربي

يقع أغلب إقليم الدرع العربي **Arabic shield** في غربي المملكة العربية السعودية، وهو ضيق الاتساع في الشمال والجنوب، إذ إن عرضه في الشمال لا يتعدى 50 إلى 100 كيلومتر، وفي الجنوب يراوح اتساعه بين 200 و 250 كيلومتراً، بينما يصل أقصى اتساع له، في الوسط، إلى نحو 700 كيلومتر. وتبلغ مساحة الدرع العربي، في المملكة العربية السعودية حوالي 630 ألف كيلومتر مربع، أي ما يزيد على 32% من مساحة المملكة العربية السعودية الشكل 1-6.



#### الأهداف

- تقارن بين الدرع العربي والرف العربي وصخورهما.
- توضح سبب تكون الحرات وانتشارها في الجزء الغربي من المملكة.
- تخلص كيف تشكلت الكثبان الرملية.
- تميز بين السباح الساحلية والسباح الداخلية.

#### مراجعة المفردات

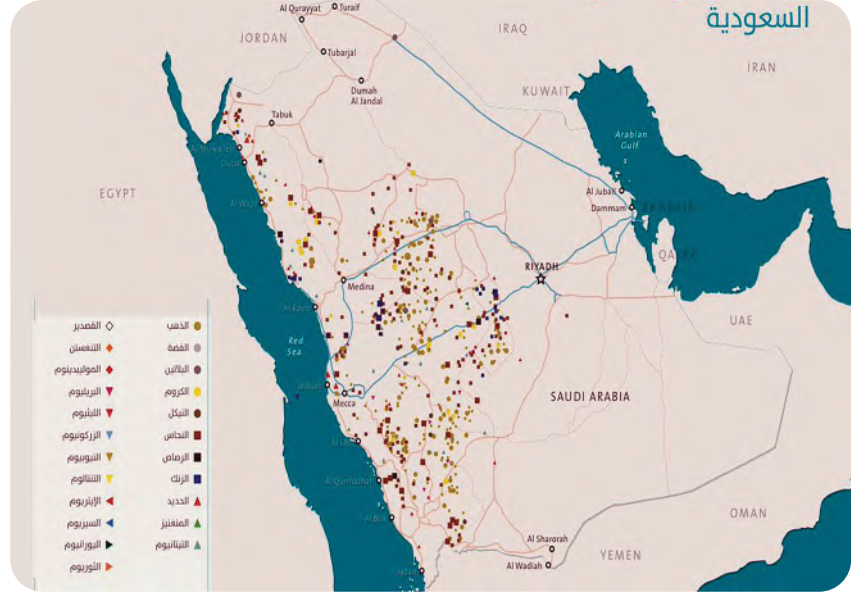
**المتبخرات:** صخور رسوبية ترسب المعادن المكونة لها كيميائياً، من خلال تبخر الماء وتركيز الأملاح.

#### المفردات الجديدة

- الدرع العربي
- الرف العربي
- الحرّات
- الكثبان الرملية
- السباح

الشكل 1-6 الدرع العربي والرف العربي.

الشكل 2-6 خريطة تبين غنى الدرع العربي  
بالفلزات الاقتصادية.



وقد تعرض الدرع العربي لدورات تكتونية وحركات بناء وهدم متلاحقة، ويعتقد بأن تكون الدرع العربي قد اكتمل خلال الفترة ما بين 550 إلى 1150 مليون سنة. أي أن استقراره استغرق حوالي 600 مليون سنة.

وينكشف أوضح تماس بين صخور الدرع العربي وصخور الرف العربي، الذي يقع إلى الشرق منه، عند مدينة القويعة، التي تقع إلى الغرب من العاصمة الرياض بحوالي 180 كيلومتر، حيث تظهر صخور الرف الرسوبية الفاتحة اللون فوق صخور الدرع النارية والمتحولة الداكنة اللون.

وتشير الدراسات الجيولوجية إلى أن صخور الدرع العربي تكونت بسبب اندفاعات من كتل من صخور نارية جوفية، وصخور سطحية بركانية، وكذلك صخور رسوبية قديمة، ثم تعرضت هذه الصخور لعمليات بناءية معقدة ليتحول بعضها إلى أنواع أخرى من الصخور تعرف بالصخور المتحولة.

### ✓ ماذا قرأت؟ ما المنطقة التي يتماس فيها الدرع العربي بالرف العربي؟

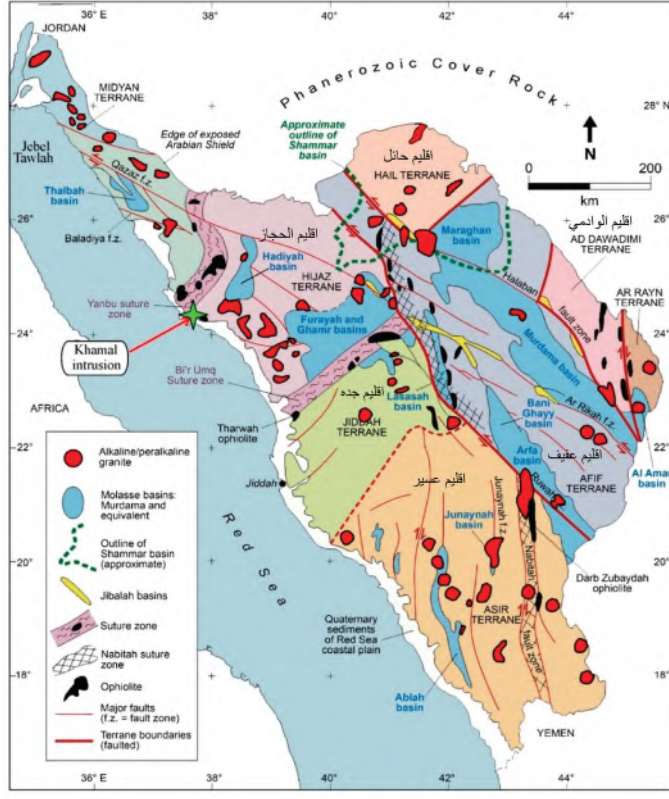
والدرع العربي غني بثرواته الطبيعية المعدنية، وخاصة الفلزية منها: كالذهب والفضة والنحاس والقصدير والحديد وغيرها، كما أنه غني بصخور البناء والزينة: كالجرانيت والرخام وغيرها الشكل 2-6.

ويقسم الجيولوجيون الدرع العربي إلى ثمانية أقسام جيولوجية وهي:

1. عسير: يحتوي على صخور البازلت والأنديزيت والصخور الرسوبية ويتراوح عمرها بين 800 و950 مليون سنة.
2. الحجاز: يحتوي على الصخور النارية كالجرانيت والبازلت، يقدر عمرها بحوالي 805 مليون سنة.







الشكل 3-6 خريطة توضح مواقع أقاليم الدرع العربي.

3. مدين: هو أقل الأقاليم وضوحًا من النواحي الجيولوجية التكتونية نظرًا لتعرضه للتهشم الشديد والإزاحات ، يقدر عمره بحوالي 680 مليون سنة.
4. عفيف: يحتوي على صخور جرانيتية حديثة نسبيًا، عمرها أحدث من حوالي 580 إلى 640 مليون سنة كما يحتوي على تتابعات من صخور بركانية وصخور رسوبية.
5. الرين (البدع): أصغر الأقاليم في الدرع العربي مساحة، ويقع في الطرف الشرقي للدرع، ويحتوي صخوراً جوفية وصخوراً متطبقة.
6. جدة: يحتوي على صخور الأنديزيت والبازلت والصوان والرخام.
7. الدوادمي: يحتوي صخور الجرانيت والصخور المتحولة.
8. حائل: يحتوي على العديد من الصخور مثل: صخور الياوليت والصخور الرسوبية الفتاتية، والمدملكات (Conglomerate)، حيث أمكن قياس عمر صخور الياوليت بواسطة نظائر البوتاسيوم والأرغون بـ 572 مليون سنة الشكل 3-6.

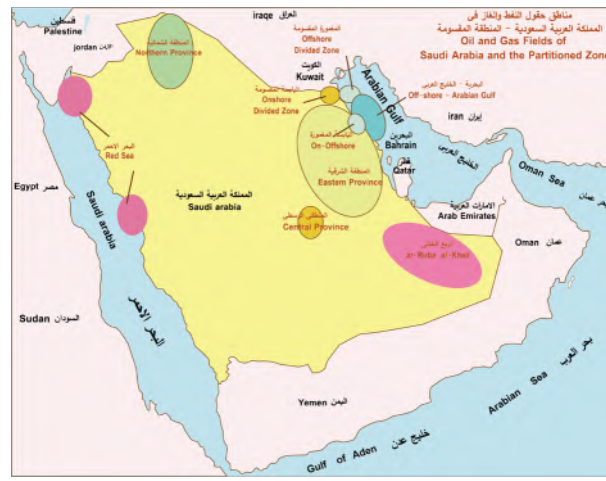
وأقدم الصخور (الجرانيت، النيس، الشيست) المكتشفة في الدرع العربي تقع جنوب عفيف وشمال وادي الدواسر، تعرف بجبل خذاع حيث أشارت نتائج دراسة النظائر المشعة لعناصر اليورانيوم والرصاص والبوتاسيوم والأرجون إلى أن عمرها يصل إلى أكثر من 2000 مليون سنة الشكل 4-6.



الشكل 4-6 جبل جذاع.



الشكل 6-6 يبين شحنات الفوسفات من شمال المملكة.



الشكل 5-6 تجمعات حقول النفط والغاز في المملكة العربية السعودية.

## ثانياً : إقليم الرف العربي (الرصف العربي)

يقع إقليم الرف العربي **Arabic Basin** إلى الشرق والشمال والجنوب من الدرع العربي، ويشكل نحو ثلثي مساحة شبه الجزيرة العربية، وقاعدته إقليم الدرع العربي نفسه. والرف العربي هو تتابع من الصخور الرسوبية، التي ترسبت على اليابسة وفي المياه الضحلة، وتمتد أعمار صخور الرف العربي، من العصر الكامبري إلى الفترة الحديثة، أي أن أعمارها أقل من 540 مليون سنة الشكل 1-6.

تميل طبقات صخور الرف العربي باتجاه الشرق والشمال الشرقي والجنوب الشرقي، أي بعيداً عن الدرع العربي، ويكون ميلها خفيفاً، بحيث يتراوح سمكها بين الصفر في الطرف القريب من الدرع العربي في الغرب، إلى نحو 6 آلاف متر في حوض الخليج العربي والربع الخالي. وتتكون الصخور الأقدم، التي ترسبت خلال حقبة الحياة القديمة، من الحجر الرملي والطفل والقليل من أحجار الجير والمتبخرات. أما الصخور التي ترسبت في الحقبة المتوسطة، فتتألف إجمالاً من الحجر الجيري، والطفل، وأحجار الرمل، ورمال السيليكات. فيها تتكون صخور حقبة الحياة الحديثة من أحجار رمل وغرين وأحجار الجير، وقد تكون النفط في الطبقات الرسوبية الغنية بالمواد العضوية، وذلك بفعل الضغط والحرارة الواقعين على الرواسب المطمورة الشكل 5-6.

وإضافة إلى النفط، من زيت وغاز، تحتوي طبقات الصخور المسامية في الرف العربي على خزانات مهمة للمياه الجوفية، أهمها خزان الوسيح، وخزان المنجور في المنطقة الوسطى من المملكة، وخزان أم رضة في الجزء الشرقي منها، وخزان ساق في الوسط والشمال الغربي، وخزانات طبقات مجموعة الوجد في الجنوب.

والرف العربي غني بثرواته الطبيعية، وخاصة اللافلزية منها، كالفوسفات، والبوكسايت، والكاولينيت، والأملاح، والجبس، بالإضافة إلى النفط وغيرها، كما أنه يحوي صخور البناء والزينة كأحجار الرمل، وأحجار الجير، ورمال السيليكات وغيرها الشكل 6-6.



✓ **ماذا قرأت؟** ما نوع الصخور المكونة للرف العربي؟

### ثالثاً: إقليم البحر الأحمر

هو عبارة عن حوض طولي يتجه من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، حديث العمر جيولوجيًا، تكوّن قبل 30 مليون سنة الشكل 6-7.

عندما أدى حدوث الصدع الإفريقي العظيم إلى انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية وتكون أخدود البحر الأحمر، ظهرت سلسلة من الأحواض الرسوبية على امتداد الساحل الشرقي للبحر الأحمر.

وينحصر إقليم البحر الأحمر بين ساحل البحر الأحمر غرباً والمرتفعات الغربية (جبال السروات) شرقاً، ويتكون من عدد من أحواض الترسيب المختلفة، وصخورها عبارة عن مدملكات (Conglomerate)، وأحجار رملية، وطفل، وأحجار جيرية، وصخور شعاب مرجانية، ومتبخرات (أملاح)، وقباب ملحية، وتصل سماكة هذه الصخور إلى حوالي 5000 متر، وأبرز ثرواته الطبيعية هي: الأملاح، والمعادن، والنفط.

### رابعاً: إقليم الحرات

الحرّات، ومفردها حرّة، هي عبارة عن طفوح بازلتية تكونت من حمم الصخور البركانية المنصهرة، التي تدفقت من باطن الأرض إلى سطحها، من خلال شقوق وصدوع وفوهات بركانية؛ نتيجة نشاطات حركية وزلزالية، ويطلق مسمى «الحرّة» على البراكين من مخاريط وفوهات، وعلى مخرجاتها من الصخور التي تكون اللابة (lava) والرماد وغيرها. وتعد الحرات معالم طبوغرافية متميزة، إذ يمكن للمسافر برّاً من منطقة القصيم أو منطقة حائل إلى المدينة المنورة أن يرى بوضوح حجارة البازلت السوداء التي تغطيها. وقد تكونت الحرّات في أراضي المملكة العربية السعودية خلال فترة تراوح ما بين 5 ملايين سنة و30 مليون سنة، نتيجة التدفقات البركانية التي صاحبت انشقاق أخدود البحر الأحمر.

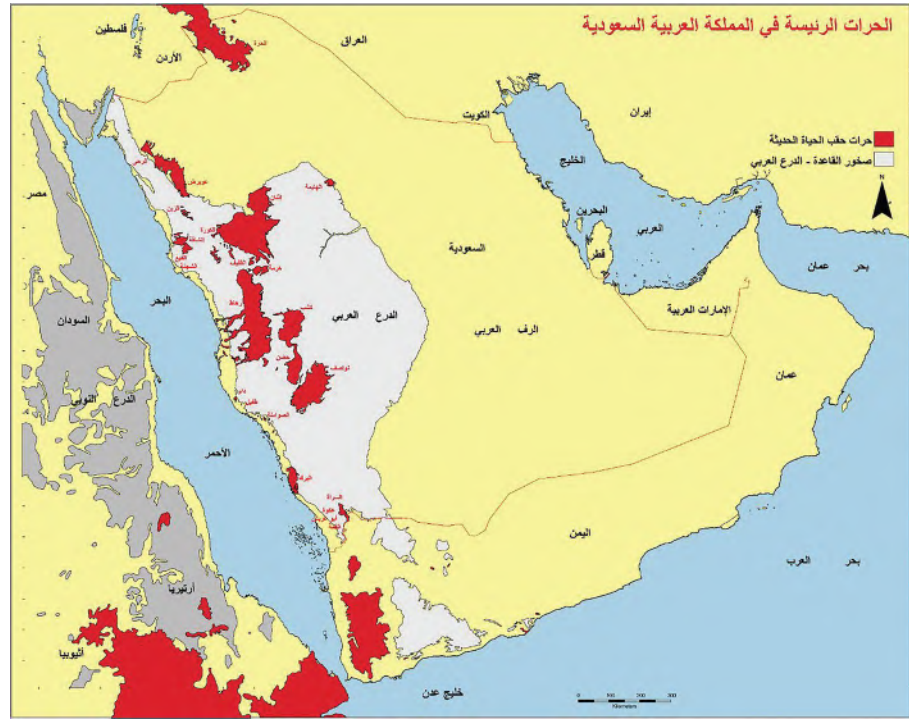
وتنتشر معظم الحرّات **Alharat** في الجزء الغربي من المملكة، ويتكون معظمها من صخور البازلت، وتكون صخورها فوق صخور الدرّ العربي، وهي تمتد بشكل رئيس من جنوب المملكة إلى شياها، ويبلغ إجمالي مساحتها، في المملكة، حوالي 90 ألف كيلومتر مربع، تمثل حوالي 4.6٪ من مساحة المملكة. وتقع جميع الحرّات في الجانب الغربي من المملكة عدا حرّة "الهيمة" إذ تقع في الوسط في منطقة حائل، وأكبر حرّات الإقليم هي حرّة "رهاط"، التي تبلغ مساحتها حوالي 20 ألف كيلومتر مربع، وأصغرها حرّة "طفيل"، التي تبلغ مساحتها حوالي 80 كيلومتراً مربعاً، وتعد حرّة "سراة عبيدة" في منطقة عسير، أقدم حرّات المملكة، إذ يتراوح عمرها بين 25 و30 مليون سنة، وتبلغ مساحتها حوالي 700 كيلومتر مربع الشكل 6-8.

أما البراكين، التي هي السبب - في الغالب - في نشأة الحرّات، فأشهرها وأحدثها بركان المدينة المنورة؛ جبل الملساء، الذي ثار سنة 654 للهجرة (1256م).



الشكل 6-7 البحر الأحمر ويتضح على جانبية الدرّ العربي والدرّ النوبي.





الشكل 8-6 خريطة تبين مواقع بعض الحرث في المملكة العربية السعودية.

وكاد أن يصل فيضه إلى الحرم المدني. كما أن من فوهات البراكين النادرة براكين الأبيض، والبضاء، والمنسف، وهي براكين نادرة صخورها بيضاء اللون تتكون من صخور بركانية حمضية تعرف بالكوموندايت.

#### خامساً: إقليم الكثبان الرملية

يعرف الرمل، جيولوجياً، بأنه حبيبات يتراوح قطرها بين 0.06 من المليمتر ومليمترين، بغض النظر عن مكوناتها أو ألوانها. ويتدرج حجم حبيبات الرمل من الخشن إلى الناعم، وأخشن منها الحصباء (الحصى)، وأنعم منها الغرين (الطين)، وتتكون معظم الرمال من حبيبات كوارتز، أو ملح، أو جير، أو كسارة أصداف، أو رماد بركاني، أو نيازك، أو مواد أحرقتها النيازك، أو معادن ثقيلة؛ كالزركون والحديد والتيتانيوم. وإذا التحمت حبيبات الرمل ببعضها كونت ما يعرف بأحجار الرمل. وأصل الرمال أنها ناتجة من تعرض صخور قديمة، تشمل صخوراً نارية جوفية وبركانية سطحية، وصخوراً رسوبية، ومتحولة، وبقياء عضوية، لعوامل التعرية المختلفة، ثم نقلت وترسبت بواسطة شبكة من الأنهار الجارية، خلال الفترات المطيرة. وفي فترات الجفاف، تعرت تلك الرواسب، وعملت الرياح على نقلها وترسيبها على هيئة كثبان رملية، أما ألوان الرمال فمتنوعة، منها الأبيض، والأصفر، والأحمر، والأسود، وذلك حسب ألوان مكونات مصادرها المعدنية والعضوية.

وتشكل الكثبان الرملية **Sand dunes** وحدة جيولوجية وجيومورفولوجية متميزة في إقليمي الشرف العربي والدرع العربي، وهي تغطي نحو 635 ألف كيلومتر مربع، أي نحو 33٪ من مساحة المملكة. وأكبر بحار الرمال مساحة في المملكة هو الربع الخالي، الذي تبلغ مساحته نحو 430 ألف كيلومتر مربع،

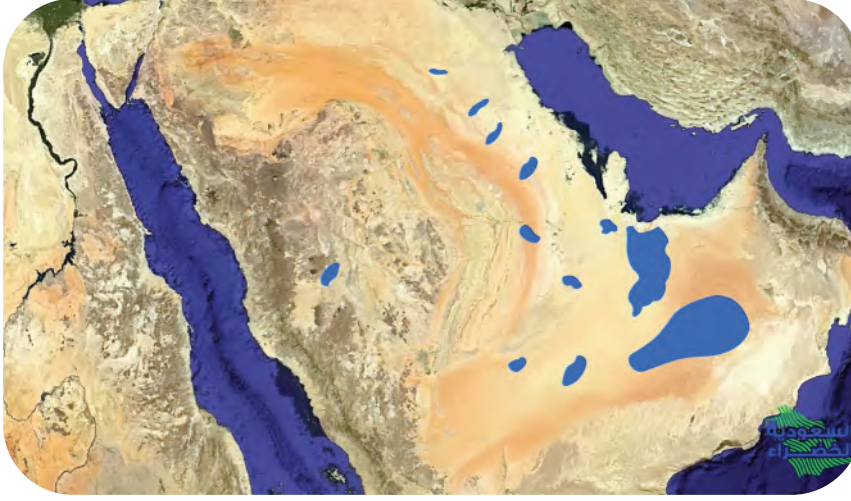




يليه النفود، بمساحة تبلغ حوالي 65 ألف كيلومتر مربع، ثم الدهناء، ومساحتها تُقارب 45 ألف كيلومتر مربع، ثم الجافورة، ومساحتها 32 ألف كيلومتر مربع، ثم نفود المظهر، الذي تبلغ مساحته 11 ألف كيلومتر مربع، وأخيرًا صحراء البيضاء، التي تبلغ مساحتها 9 آلاف كيلومتر مربع. وهناك تجمعات كثبان رمال أصغر مساحة في مختلف مناطق الرف العربي والدرع العربي الشكل 9-6.



الشكل 9-6 الكثبان الرملية التي تغطي جزءاً من الدرع العربي والرف العربي.



الشكل 10-6 الموقع الجغرافي لبعض السبخ في المملكة العربية السعودية.

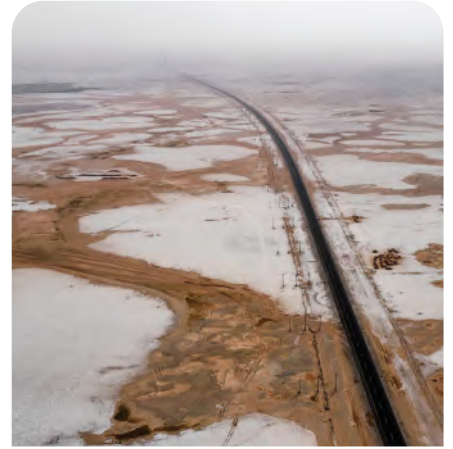
### سادساً : إقليم السبخ

**السبخ Swamy Ground** جمع سبخة وهي أرض مستوية، عادة ما تقع بين الصحراء والبحر، أو ربما كانت فيما سبق بحراً أو بحيرة ملحية، ويتميز سطحها بوجود ترسبات ملحية وجبسية وترسبات لكربونات الكالسيوم، وكذلك رواسب جلبتها الرياح والمد المائي، وكذلك المياه الجوفية القريبة من السطح، وقد تحتوي على الماء طبقاتاً لطور تكونها، وبعضها ممالح تُستخرج منها الأملاح لمختلف الأغراض الشكل 10-6.

والسبخ نوعان؛ ساحلية قريبة من البحار ومحاذية لها، وداخلية حيث القيعان عديمة النفاذية كتلك التي في فوهات البراكين الواسعة وبين كثبان الرمال.

وأكبر السبخ هي سبخة أم السميم، التي تقع في جنوب شرقي الربع الخالي، بين حدود المملكة وعمان، وتبلغ مساحتها 3500 كيلومتر مربع، ثم سبخة مطي ومساحتها حوالي 3300 كيلومتر مربع، وأصغرها سبخة قاع قصيباء في شمالي القصيم.

ومن السبخ الداخلية المعروفة، سبخة حضوضاء، في منطقة الجوف، ومساحتها 540 كيلومتر مربع، والعديد من السبخ الواقعة بين الكثبان الرملية للربع الخالي. وتبلغ المساحة الكلية للسبخ الرئيسة أكثر من 11 ألف كيلومتر مربع الشكل 11-6.



الشكل 11-6 صورة تبين سبخ في شمال غرب المملكة العربية السعودية.



# تجربة

## تمييز صخور الرف العربي وصخور الدرع

### العربي.

من خلال دراسة العينات الصخرية، والتعرف على أنواعها وخواصها وطرق نشأتها.

### خطوات العمل



1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.

2. احصل من معلمك على عينات صخرية متنوعة تحتوي على:

الصخر الرملي - الصخر الجيري - صخر الطفل - البازلت - الجرانيت - النيس - الشيست.

3. استخدم بعض الأدوات في التعرف على الصخور

مثل الأحماض.

4. استخدم العدسة المكبرة؛ لفحص العينات ودراستها والتعرف على خواصها.

### التحليل

1. وضح على ماذا اعتمدت في تقسيمك بشكل رئيس للعينات؟

2. رتب العينات الصخرية حسب خواصها الفيزيائية والبصرية.

3. وضح العينات الصخرية التي تم أخذها من الرف العربي، والأخرى التي تم أخذها من الدرع العربي.

## التقويم 1-6

### الخلاصة

- تقسم صخور المملكة العربية السعودية إلى ستة أقاليم.
- يغطي الرف العربي ثلثي مساحة الجزيرة العربية.
- يتكون الدرع العربي من صخور نارية ومتحولة ورسوبية قديمة.
- يتكون إقليم البحر الأحمر من عدد من أحواض الترسيب، وصخوره عبارة عن صخور رملية والطفل والصخور الجيرية.
- تغطي الحرات حوالي 90 ألف كيلومتر، حيث تمثل نسبة 4.6% من مساحة المملكة.
- تقسم السباح إلى نوعين: ساحلية قريبة من البحر، وداخلية في فوهات البراكين والكتبان الرملية.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. قارن بين الرف العربي والدرع العربي من حيث المساحة والموقع.
2. فسر سبب إطلاق اسم صخور القاعدة على الدرع العربي.
3. وضح الأهمية الاقتصادية للدرع العربي.
4. قارن بين إقليمي عسير والحجاز بالنسبة للعمر الجيولوجي ونوع الصخور.
5. بين كيفية تكون السباح.
6. وضح كيف نشأت الحرات في الدرع العربي؟

### التفكير الناقد

7. قوّم الجملة الآتية: ((تقع جميع الحرات في الجانب الغربي من المملكة)).
8. اقترح كيف يمكن معالجة زحف الكتبان الرملية في المملكة العربية السعودية.

### الكتابة في الجيولوجيا

اكتب عن الفوسفات في شمال المملكة العربية السعودية، موضحاً دوره في زيادة إجمالي الناتج المحلي من القطاعات غير النفطية.



## 6-2

### الصفحة العربية وتكويناتها

#### Arabic plate and it's structure

**الفكرة الرئيسية** كانت الصفحة العربية متصلة بالصفحة الإفريقية، ثم حدث فالق البحر الأحمر والذي أدى إلى انفصال الدرع العربي عن الدرع النوبي، ومن ثم ترسبت التكوينات الرسوبية على الدرع العربي.

**الربط مع الحياة** تلاحظ عند هطول الأمطار الشديدة، أن كثيرًا من الأشياء تطفو فوق المياه على اختلاف حجمها أو شكلها، وتتحرك مسافات كبيرة مبتعدة عن مكانها الأصلي، كذلك الصفائح تشابه المثال السابق باختلاف الحجم الضخم للصفحة، وكذلك المادة المنصهرة واللزجة التي تقع عليها الصفحة، وتحركها في اتجاهات مختلفة.

#### نشأة الصفحة العربية

#### The Origin of the Arabian plate

يتكون سطح الأرض التي نعيش عليها بما فيه من جبال ووديان وصحاري وغابات وأنهار وبحار ومحيطات، من كتلتين رئيسيتين من الصخور: قشرة أرضية قارية، وقشرة أرضية محيطية. وتنقسم هذه الصخور إلى صفائح تكتونية، تطفو فوق صخور مائعة في جوف الأرض، تُعرف بالصهارة (الماجما)، التي تتحكم في حركة تياراتها الجوفية وفي تحريك ما فوقها من صفائح. ورغم ما نراه بالعين المجردة من ثبات الأرض، إلا أن هذه الصفائح تتحرك حركة دؤوبة؛ تنفصل عن بعضها في اتجاه وتصطدم ببعضها الآخر في الاتجاه الآخر. وفي هذا الإطار، تقع المملكة العربية السعودية فوق ما يعرف بالصفحة العربية، التي كانت متصلة بالصفحة الإفريقية، وكان يحيط بها محيط ضخم يدعى **بحر «التيثس» Tethys Ocean**. من الشمال والشرق. وقبل ملايين السنين، تحركت الصفحة العربية، وكانت لا تزال جزءًا من الصفحة الإفريقية، وتعرضت لعمليات جيولوجية تكتونية من تصادم، وتحطم، وزوال صخور قديمة، وانحسار بحار، وتباعده، وتكون بحار فنية، وظهور صخور جوفية. كما ثارت فيها البراكين، وسالت عليها الحمم الملتهبة. وتحركت هذه الصفحة، عبر تاريخها الجيولوجي الطويل، حتى وصلت المنطقة القطبية المتجمدة الجنوبية، فغطتها طبقات الجليد لملايين السنين لما لا يقل عن سبع فترات، وتعاقبت عليها البحار بين غمر وانحسار.

#### الأهداف

- توضيح نشأة الصفحة العربية قبل انفصالها عن الصفحة الإفريقية.
- تقارن بين وضع الصفحة العربية قبل نشأة البحر الأحمر وبعده.
- تمييز حدود الصفحة العربية.
- تصف الآثار المترتبة على حركة الصفحة العربية واصطدامها بالصفائح من حولها.
- تتعرف التكوينات الجيولوجية للصفحة العربية.

#### مراجعة المفردات

**الدرع العربي:** هو جزء من الصفحة العربية يتكون من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية القديمة، ويكون ثلث مساحة المملكة العربية السعودية.

**الرف العربي:** يقع إلى الشرق والشمال والجنوب من الدرع العربي، ويشكل نحو ثلثي مساحة شبه الجزيرة العربية، وقاعدته إقليم الدرع العربي نفسه.

#### المفردات الجديدة

بحر التيثس  
تكوين  
منكشف



## تكون البحر الأحمر وحركة الصفيحة العربية

### Formation of Red Sea and the movement of Arabic plate

بقيت الصفيحة العربية ملتصقة بإفريقيا إلى أن انحسر عنها بحر التيش بسبب تحرك الصفائح ، وانفصلت عن إفريقيا قبل نحو ثلاثين مليون سنة، وذلك بسبب حدوث صدع كبير، تكون على امتداده خليج عدن، والبحر الأحمر، وخليج العقبة والسويس، ونجم عن قوة هذا الصدع انفصال منطقة الدرع العربي، التي تقع في غربي الجزيرة العربية، عن الدرع النوبي الذي يقع في شرقي إفريقيا، كما تكونت جبال السروات في غرب الجزيرة العربية. وأخذت الصفيحة العربية بالتحرك، باتجاه الشمال الشرقي، حتى اصطدمت بآسيا والتحمت بها وتكون على امتداد ذلك الاصطدام سلاسل جبال طوروس في الجنوب الشرقي من آسيا الصغرى (تركيا اليوم)، وجبال زاغروس في غربي إيران، وجبال عمان في شرقي الجزيرة العربية، ولم يبق من بحر التيش الضخم إلا الخليج العربي وبحر عمان والبحر الأبيض المتوسط. ولا تزال الصفيحة العربية تتحرك، باتجاه الشمال الشرقي، بزحزة جانبية على امتداد صدوع خليج العقبة والبحر الميت، وصدوع بحر العرب الانزلاقية، بعيداً عن الصفيحة الإفريقية بمعدل سنتيمتر ونصف إلى سنتيمترين سنوياً، ولعل هذا هو تفسير الزلازل التي تضرب غربي إيران وجنوب شرقي تركيا، والهزات الزلزالية التي يشعر بها سكان الساحل الشرقي للبحر الأحمر، والساحل الغربي للخليج العربي بين الحين والآخر الشكل 6-7.

### حدود الصفيحة العربية

### Boundary of Arabic plate

الصفيحة العربية تشمل المنطقة الممتدة من بحر العرب جنوباً، إلى سلاسل جبال طوروس شمالاً، ومن البحر الأحمر غرباً إلى سلاسل جبال زاغروس شرقاً، وهي تمثل وحدة جيولوجية واضحة المعالم والحدود الطبيعية. حيث مرت عليها فترات مطيرة فاكتست أرضها بالغابات الخضر الكثيفة الوارفة الظلال، وأعقبتها فترات جفاف فتصحرت وأجذبت.

### الآثار المترتبة على حركة الصفيحة العربية :

- تكوّن جبال تروودس في قبرص ، وجبال طوروس في تركيا، وجبال زاغروس في إيران و جبال عمان في سلطنة عمان.
- نشأة البحر الأحمر و خليج عدن، وانغلاق بحر التيش و انحساره مكوناً البحر الأبيض المتوسط والخليج العربي.
- حصول كسور وشقوق أرضية في منطقة التباعد (البحر الأحمر).
- حصول نشاطات بركانية نتج عنها تدفقات بازلتية مكونة الحرات التي غطت جزءاً من الدرع العربي، وهزات زلزالية على طول مناطق الاصطدام.





- حدوث طي لطبقات الخليج العربي والمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية التي أصبحت مكاناً مناسباً لتجمع وهجرة النفط والغاز؛ لتصبح المنطقة من أغنى مناطق العالم بالنفط والغاز.

## التكوينات الجيولوجية للصفحة العربية

### Geological formations of Arabic plate

تُقسم الصفحة العربية جيولوجياً إلى كتلتين كبيرتين هما: الدرع العربي والرف العربي، حيث يعد الدرع العربي الأساس الذي ترسبت عليه الطبقات الرسوبية ويبرز في الجزء الغربي من الصفحة العربية، ويتكون بصورة رئيسة من صخور نارية جوفية وصخور متحولة يعود عمرها إلى ما قبل عصر الكامبري.

وتغطيها بعض الهضاب البازلتية التي تكونت في العصر الثلاثي والتي تسمى بالخرات البركانية.

أما الرف العربي فيقع إلى الشرق من الدرع العربي ويشكل ثلثي الصفحة العربية ويشمل جميع التكوينات الرسوبية التي ترسبت في عصر الكامبري وما بعده حتى العصر الحديث بالإضافة إلى الأحواض الرسوبية الحديثة الشكل 12-6 والتكوين rock formation هو طبقات متراسة من الصخور الرسوبية لها نفس العمر تقريباً.

وستنطلق إلى بعض التكوينات التي تشكل الرف العربي :

#### 1. تكوين الساق:

سمي تكوين الساق بهذا الاسم نسبة إلى جبل ساق الذي يبرز فوق منكشف ساق غربي الشحيحة بمنطقة القصيم ويعود العمر الجيولوجي له لعصر الكامبري وبداية عصر الأردو فيشي الشكل 13-6، والمنكشف outcrop هو المقطع المثالي لصخور التكوين الظاهرة على سطح الأرض.

يبلغ سمكه في المقطع المثالي أكثر من 600 متراً ويتكون من الحجر الرملي الأحمر والبنّي الفاتح ومن الحجر الرملي ذو التطبق المتقاطع وبه نطاقاً يتألف من عدد من الطبقات الرقيقة من الطفل.

#### 2. تكوين خف:

سمي بهذا الاسم نسبة إلى عين خف التي تقع شمال غرب مدينة الرياض على طريق الرياض - القصيم القديم. ويعود عمر صخوره إلى عصر البرمي ويتركب أساساً من حجر الجير في الأجزاء العلوية والسفلية وفي جزئه الأوسط يتكون من الطفل المختلط بأملاح الجبس والأنهيدريت ويبلغ سمكه في المقطع النموذجي 292 متراً.



الشكل 13-6 جبل الساق.



### 3. تكوين المنجور:

سمي نسبة إلى تلة خشم المنجور والتي تقع غرب مدينة الرياض ويعود عمر صخوره إلى أواخر عصر الترياسي ويتكون من الحجر الرملي والطفل والكونجلوميرايت ويبلغ سمكه في المقطع النموذجي 315 مترًا.

### 4. تكوين ضرما:

يسمى بهذا الاسم نسبة إلى مدينة ضرما التي تقع شمال غرب مدينة الرياض وتعود عمر صخوره إلى العصر الجوراسي المتوسط ويتكون من حجر الجير والطفل مع وجود طبقات من الجبس أحياناً، ويبلغ سمكه في المقطع المثالي 375 مترًا.

### 5. تكوين اليمامة:

ينسب هذا التكوين لليمامة بالخرج ويعود عمر صخوره للعصر الكريتاسي الأسفل ويبلغ سمكه نحو 46 مترًا ويتكون من الصخور الجيرية ولا يكون هذا التكوين حافات نتيجة تعرضه للتعرية ولا يشاهد سوى تلالاً ورفوفاً بسيطة الارتفاع عدا منطقة المنكشف التي هي على شكل شبه حافة في جبال البويب الواقعة في مقدمة حافة العرمة.

### 6. تكوين عرب:

يعود عمر صخوره لعصر الجوراسي الأعلى ويتكون من تعاقب صخور جيرية وأملاح الأنهدريت ويقسم إلى أربعة أجزاء هي عرب (أ) وعرب (ب) وعرب (ج) وعرب (د) مرتبة من الأعلى إلى الأسفل، ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي 124 مترًا، ويتميز هذا التكوين بوجود مخزون كبير من النفط.

### 7. تكوين أم رضة:

ينسب هذا التكوين إلى آبار أم رضة والتي تقع بالقرب من مدينة حفر الباطن ويظهر على أرضية هضبة الصمان حتى يصل إلى منطقة شمال الربع الخالي يعود العمر الجيولوجي لهذا التكوين بين الباليوسين والأيوسين المبكر من دهر الحياة الحديثة وتتركب طبقاته من سلسلة متكررة من الحجر الجيري والدلوميت وحجر الجير الدلومايتي، يبلغ سمكه في المقطع المثالي حوالي 241 مترًا وفي مواقع أخرى قد يصل إلى 490 مترًا.

### 8. تكوين الدمام:

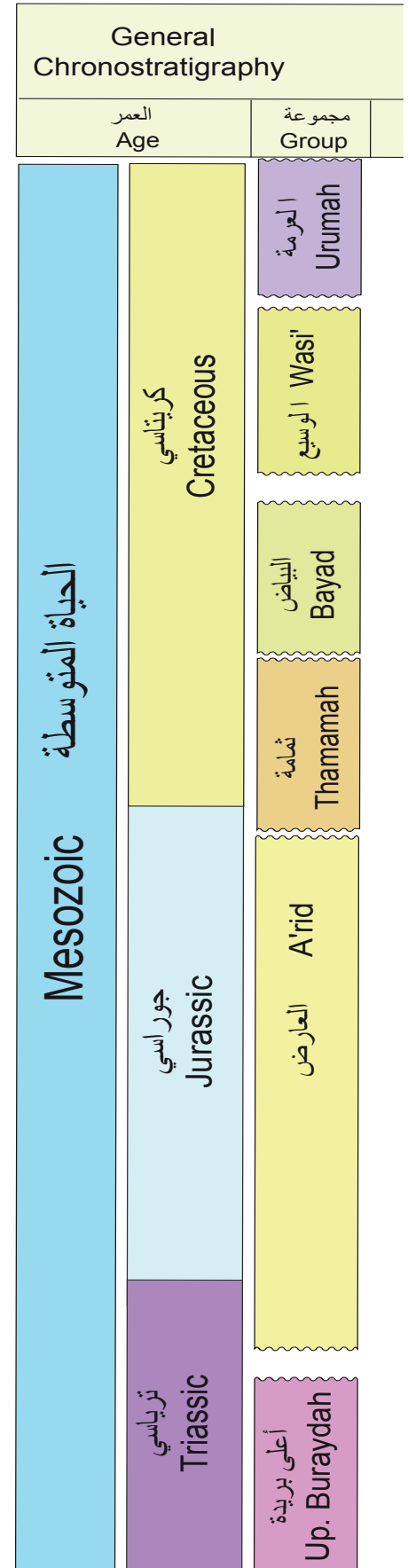
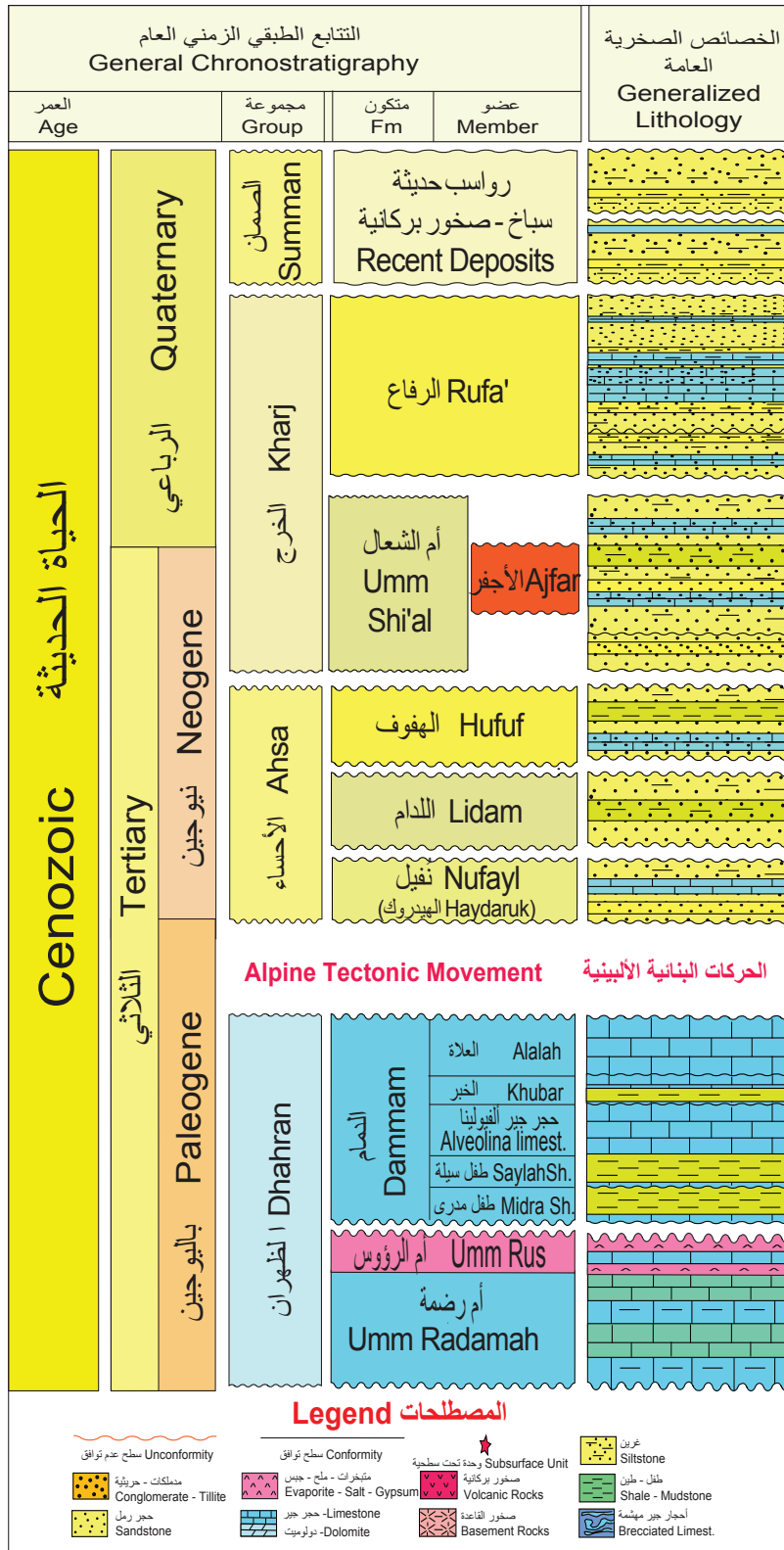
يسمى بهذا الاسم نسبة إلى قبة الدمام الملحية التي تظهر كامل التابع الجيولوجي لهذا التكوين ويتراوح العمر الجيولوجي لصخوره بين الأيوسين المبكر والمتوسط صخوره عبارة عن مزيج من الحجر الجيري والمارل والطفل ويقسم إلى خمسة أعضاء، ويبلغ السمك الكلي له عند منكشفه حوالي 33 مترًا.



الشكل 12-6 التتابع الطبقي الصخري لتكوينات المملكة العربية السعودية.

التتابع الطبقي الزمني العام		الخصائص الصخرية العامية Generalized Lithology
متكون Fm	عضو Member	
لينه Linah		
حقاقة Hiqaqah		
خنصر Khansir		
مالحة Maliyah		
قبة Qibah		
مجمع Majm'a		
هريسان Huraysan		
الصلعة Sal'ah		
الدغم Dughum		
البويب Buwayb		
اليمامة Yamamah		
السلي Sulayy		
هيت Heet		
العرب Arab		
الجبيلة Jubaylah		
حنيقة Hanifah	علية Ulayyah حرة Hawtah	
طويق Tuwayq		
دورما Duruma	حسيان Hisyan العطاش Utash	
ذبي Dhibi		
بلعوم Bil'um		
مرات Marat	حذبة Hadbah قراين Qarain شقراء Shaqra	
المنجور Manjur	الرخمان Rukhman الأدغم Adgham	
الجله Jilah	أم سدره Umm Sidrah الدويرة Duwayhirah	
سدبر Sudayr		
خف Khuff	خرطم Khartam	

التتابع الطبقي الزمني العام General Chronostratigraphy				الخصائص الصخرية العامية Generalized Lithology
العمر Age	مجموعة Group	متكون Fm	عضو Member	
الحياة القديمة Paleozoic	برمي Permian	أسفل بريدة Lower Buraydah	خف Khuff	
			خرطم Khartam	
			المتب Midhnab	
			دحسان Duhaysan	
			هيجل Higeel	
	كربوني Carbon	Max. Hercynian Movement	عذرة Unayzah	
			الصفراء Safra	
	ديفوني Devonian	Early Hercynian Movement	أبا الرواث aba Ruwath	
			الجوبة Jawbah	
			أعلى Upper	
			أوسط Middle	
			أسفل Lower	
الحركة البنائية الهيرسينية	سيلوري Silurian	Acadian Tectonic Movement	المرير Murayr	
			الحماميات Hamamiyat	
			صبة الوادي Sabbat	
			القصر Qasr	
			الشعبة Shu'aibah	
	أوردوفيشي Ordovician	Taconic Tectonic Movement	الطويل Tawil	
			الجرانيات Juraniyat	
			الطغمة Tufayyah	
			الغوار Ghuwar	
			سمراء Samra	
الحركة البنائية الأكادية	كامبري Cambrian	Assynitic Tectonic Movement	زبليات Zubliyat	
			نيال Nayyal	
			الخانافية Khanafriyah	
			جریش Jarish	
			قصبيا Qusayba	
الحركة البنائية التاكونية	ما قبل الكامبري Precambrian		بقعاء Baq'a	
			هوبان Hawban	
			صاره Sagiyah	
			القسم Qassim	
			القواراة Quwarah	
الحركة البنائية الأسنتية			القصفيم Qassim	
			الكهفة Kahfah	
			الحنادر Hanadir	
			ساجر Sajir	
			تيس-كروزيانا Tays-Cruziana shale	
			ساق Saq	
			الرشاء Risha	
			ألا Ula	
			فروان Farwan	
			شقري Shiqri	
			شق Shiq	





## التقويم 2-6

### الخلاصة

- كانت الصفيحة العربية جزءاً من الصفيحة الإفريقية حيث يطلق عليها الدرع العربي النوبي.
- تكون فالق البحر الأحمر منذ 30 مليون سنة تقريباً.
- المملكة العربية السعودية تقع كاملة على الصفيحة العربية.
- تكونت جبال طوروس وجبال زاغروس وجبال عمان بسبب حركة الصفيحة العربية.
- يتكون الرف العربي من تكوينات رسوبية ذات خصائص مختلفة.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. وضح سبب انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية.
2. فسر سبب الزلازل في الجزء الغربي من إيران والجزء الجنوبي من تركيا.
3. رتب التكوينات الآتية من الأقدم إلى الأحدث ( تكوين المنجور - تكوين الدمام - تكوين عرب - تكوين الساق - تكوين اليمامة ).

### التفكير الناقد

4. استنتج ماذا يمكن أن يحدث للبحر الأحمر بعد مئات الملايين من السنين، وكذلك الخليج العربي.
5. اربط بين حركة الصفيحة العربية ، وتكون خزانات ضخمة من النفط في الجزء الشرقي من المملكة العربية السعودية.
6. فسر هذه العبارة (( يعد الدرع العربي الأساس الذي ترسبت عليه الطبقات الرسوبية )).

### الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب تقريراً حول تأثير بحر التيثس القديم في تكوين الطبقات الرسوبية العديدة في الرف العربي، موضحاً كيفية انحسار و زوال هذا البحر الكبير.





# 6-3

## الأهداف

- تتعرف المياه الجوفية.
- تبين طريقة تكون المياه الجوفية.
- تذكر أنواع الطبقات الحاملة للمياه.
- توضح أهم التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.
- تعدد مصادر المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية.
- تلخص أهم مصادر تلوث المياه الجوفية.

## المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية Groundwater in Saudi Arabia

**الفكرة الرئيسية** المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية.

**الربط مع الحياة** هل لاحظت تدفق مياه الينابيع لمدة طويلة دون وجود أمطار؟ مع العلم أن مياه الأمطار تسهم في تدفق مياه الينابيع لكن المصدر الأكبر لهذه المياه يأتي من تحت سطح الأرض.

### ما المياه الجوفية ؟ What is Groundwater?

هي إحدى أشكال الغلاف المائي في الأرض. وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور. وتعد مياه الأمطار هي المصدر الرئيس للمياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة. حيث تتسرب المياه من سطح الأرض إلى داخلها. وتعتمد عملية تسرب المياه إلى الطبقات تحت السطحية على نوع التربة الموجودة على سطح الأرض فكلما كانت ذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت على التسرب الأفضل للمياه، وبالتالي الحصول على مخزون مياه جوفية جيد بمرور الزمن الشكل 14-6 .

وتعرف المسامية بأنها نسبة حجم الفراغ في الصخر إلى حجم الصخر الكلي. بينما النفاذية هي قدرة الصخر على تسرب السوائل من خلاله إلى باطن الأرض.

### مراجعة المفردات

**المياه الجوفية:** هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور.

### المفردات الجديدة

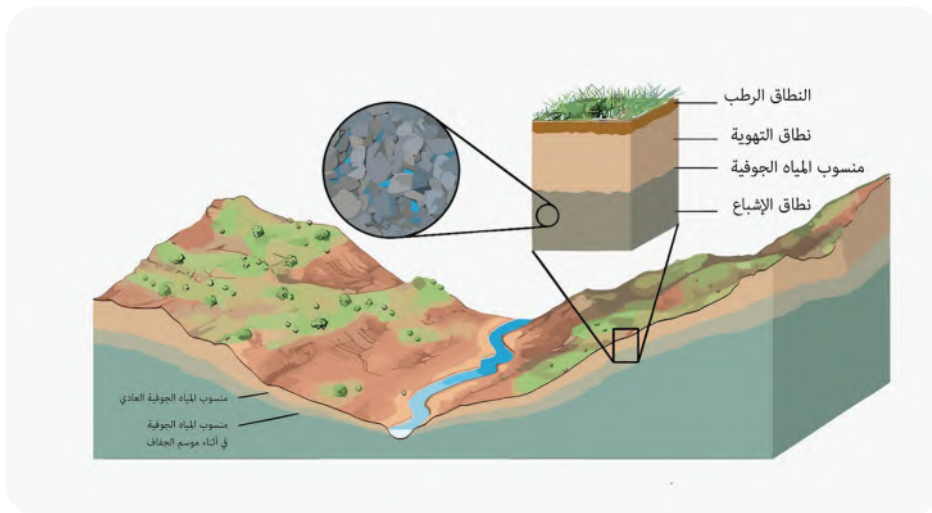
الطبقة المحصورة

الطبقة غير المحصورة

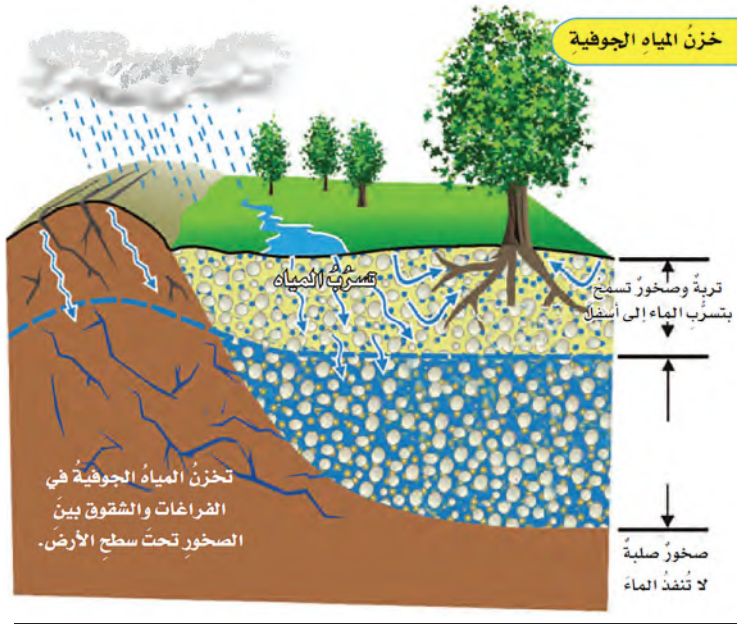
الطبقة المعلقة

الماء الاحفوري

الماء الصهاري



الشكل 14-6 المياه الجوفية.



الشكل 15-6 تخزين المياه الجوفية.

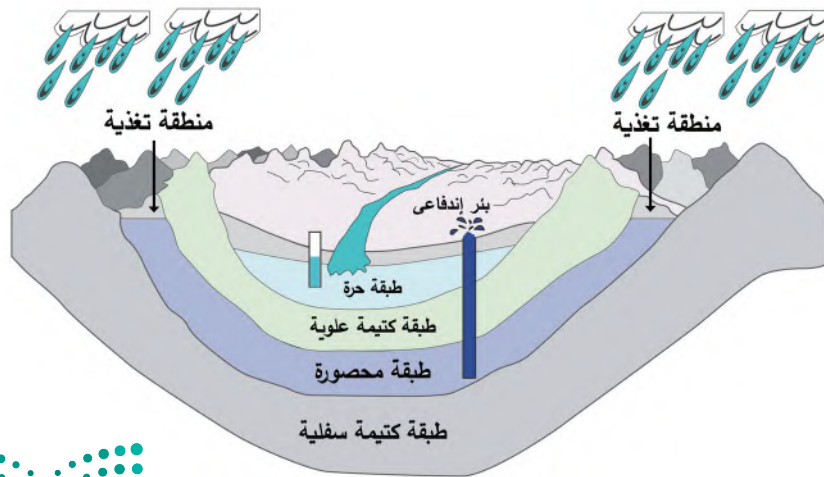
### طريقة تكون المياه الجوفية

#### Groundwater formation method

عندما تتسرب المياه بشكل عام إلى الطبقات تحت السطحية تصل إلى المنطقة غير المشبعة التي تقع تحت السطح مباشرة، وتحتوي على المياه والهواء ويكون الضغط بها أقل من الضغط الجوي وبالتالي يمنع الماء من الخروج منها وهي طبقة مختلفة السمك.

تقع تحتها مباشرة المنطقة المشبعة التي تحتوي على طبقات حاملة للمياه، تكون كل الفراغات المتصلة ببعضها مملوءة بالماء، ويكون الضغط بها أكبر من الضغط الجوي مما يسمح للماء بالخروج منها إلى البئر أو العيون الشكل 15-6.

✓ ماذا قرأت؟ كيف تتكون المياه الجوفية؟



الشكل 16-6 الطبقة المحصورة.



الشكل 17-6 طبقة غير محصورة.

## أنواع الطبقات الحاملة للمياه Aquifer kinds

- **الطبقات المحصورة confined aquifer**: وهي طبقة (خزان) محصورة من الأعلى ومن الأسفل بطبقة صماء غير منفذة حيث يوجد الماء بين هاتين الطبقتين ويكون تحت ضغط مرتفع الشكل 16-6.
- **الطبقات غير المحصورة Unconfined aquifer**: وفي هذا النوع من الخزانات تكون المياه محصورة بطبقة صماء غير منفذة من الأسفل فقط الشكل 17-6.
- **الطبقات المعلقة suspended zone**: وهي طبقات معلقة في التربة لمسافات معينة تجتمع في مساماتها المياه.

### استخراج المياه الجوفية

يعتقد الكثير من الناس أن المياه الجوفية يمكن الحصول عليها بالحفر في أي مكان لكن المياه الجوفية لا توجد إلا في ظروف جيولوجية ومناخية ملائمة. ويمكن الاستفادة من المياه الجوفية عبر حفر الآبار wells العادية أو الآبار الارتوازية وصولاً إلى الخزان المائي الجوفي. وكذلك من خلال الينابيع (العيون) Springs والتي تعد منطقة اتصال الخزان المائي الجوفي مع الطبقة العازلة وبالتالي يحدث تصريف للمياه الجوفية عند سطح الأرض في منطقة التماس بينهما.

### مصادر المياه الجوفية

- **الماء الجوفي**: المكون من الدورة المائية في الطبيعة هو المصدر الرئيس للمياه الجوفية.
- **الماء الأحفوري fossil water**: هو الماء المحفوظ أو المحبوس في الصخور الرسوبية أثناء تكونها وتصلبها في قيعان البحار والمحيطات، وهي مياه معدنية أو مالحة.
- **الماء الصهاري Magmatic water**: هو الماء المشتق أثناء تبلور وانفصال الصخور النارية.





## التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في المملكة Water-bearing geological formations in the Kingdom

تعد المياه الجوفية من أهم الموارد الطبيعية في المملكة العربية السعودية وما تزال هي المصدر الرئيس للمياه في المملكة، مع أنها تخلط بمياه التحلية من البحر الأحمر أو الخليج العربي . حيث تمثل 90٪ من إجمالي مصادر مياه التحلية. ومن الناحية الجيولوجية تقسم المملكة العربية السعودية إلى كتلتين كبيرتين هما الدرع العربي والرف العربي وصخور الدرع العربي غالبيتها صخور نارية ومتحولة، بها مخازن محدودة للمياه الجوفية. أما الرف العربي فصخوره عبارة عن صخور رسوبية تحوي كميات كبيرة من المياه.

وعند تتبع مصادر تكون المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية يتضح لنا أن السبب الرئيس لوجود التكوينات الحاملة للمياه ليس الأمطار التي نشهدها اليوم بمعدلاتها المتدنية وإنما هناك فترات ذات أمطار غزيرة مرت على المملكة عرفت بالعصور المطيرة أدت إلى تخزين كميات ضخمة من المياه الجوفية في طبقات الصخور الرسوبية المتمثلة في الرف العربي الذي يغطي ما يعادل 70٪ من مساحة المملكة. وسيتم التطرق إلى التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.

### أولاً: التكوينات الرئيسة الحاملة للمياه:

- تشمل 9 تكوينات هي (الساق، تبوك، الوجيد، المنجور، الوسيح، البياض، أم رضة، الدمام، النيوجين).
- التكوينات الست الأولى تعود لحقبة الحياة القديمة والمتوسطة. وهي ذات منكشفات واسعة وسماكة كبيرة وتحوي كميات كبيرة من المياه.
- التكوينات الثلاث الأخرى ذات صخور كربونية تعود لحقبة الحياة الحديثة.

#### 1. تكوين الساق Saq formation

تبلغ مساحة منكشفه حوالي 65000 كم<sup>2</sup> وسمكه 600 م ويتكون من الحجر الرملي التابع لعصر الكامبري ويتميز حجر رمل الساق بأنه متماسك إلى جانب وفرة مائه وعذوبته وهو من أهم خزانات المياه الجوفية بالمملكة العربية السعودية . تغذي مياه الساق مناطق تبوك والقصيم وحائل والعللا وتيماء، وتتميز الآبار في الجزء الشرقي من منطقة القصيم بمستوى مرتفع وإنتاجية عالية بينما في تبوك ذات مستوى منخفض وإنتاجية متوسطة.

#### 2. تكوين الوجيد wajid formation

( يبلغ سمكه من 200 م - 1000 م ) ويوجد في وسط وجنوب المملكة ويظهر منكشفه لمسافة 300 كم جنوباً من وادي الدواسر وعرض لا يزيد عن 100 كم، وعمره مماثل لعمر تكوين الساق بالجنوب، ويتكون من الحجر الرملي مع بعض الدولوميت والكونجلوميرات وهو متجانس وذو نفاذية عالية، ويعد من أهم الخزانات الجوفية حيث تستغل مياهه في جنوب المملكة وهي مياه جوفية صالحة للشرب.



### الربط مع الكيمياء

**الزرنخ:** عنصر كيميائي رمزه As وهو من أشباه الفلزات وهو عنصر سام تسبب زيادة تركيزه إلى التسمم ويدخل في صناعة المبيدات .

### 3. تكوين تبوك Tebuk formation

يمتد هذا التكوين من داخل الحدود الأردنية إلى وادي الرمة جنوباً وينكشف على سطح الأرض بمساحة 7700 كم وعمره الجيولوجي أرد وفيثي سفلي - ديفونى سفلي وهو عبارة عن تتابع سميك من الطفل والغرين وحجر الرمل مع بعض الجبس والأحجار الجيرية، ويتكون من ثلاث طبقات من الأحجار الرملية حاملة للمياه وهي:

- تبوك العلوي.
- تبوك الأوسط.
- تبوك السفلي.

يوجد تبوك العلوي في منطقة الجوف فقط، أما تبوك السفلي والأوسط فهما موجودان في مناطق تبوك وحائل والقصيم، ويختلف سمكه من منطقة لأخرى ويبلغ سمكه 1070 م حيث يعد من أغنى التكوينات الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.

### 4. تكوين المنجور Manjur formation

يظهر منكشف هذا التكوين إلى الغرب من جبال طويق غرب مدينة الرياض وتبلغ مساحة منكشفه حوالي 6500 كم وهو من العصر الترياسي العلوي ويبلغ سمكه 400 م نحو الشمال والجنوب، ويتكون من طبقات الحجر الرملي الخشنة ويتخللها طبقات من الجير والطفل.

ويعد تكوين المنجور من الخزانات الجوفية المهمة ذات المياه الغزيرة في المملكة العربية السعودية. وما يقارب 90% من مياه الشرب لمدينة الرياض مستمدة من هذا المصدر وتستغل مياه هذا التكوين في كل من سدير والوشم والخرج.

### 5. تكوين البياض Biyadh formation

يمتد على شكل شريط هلالى من وادي الدواسر جنوباً حتى وادي العتس شمالاً لمسافة 650 كم ويبلغ عرض منكشفه 50 كم في وادي الدواسر. وهو من العصر الطباشيري الأسفل ويتكون من حبيبات الرمل والأحجار الرملية مع طبقات رقيقة من الطفل والمارل والدلوميت أقصى سمك له يبلغ 625 م، نوعية المياه فيه معتدلة في الخرج وردئة جداً في المنطقة الشرقية وجيدة جداً في وادي نساخ، ويستغل في مناطق الخرج ووادي السهباء ووادي نساخ وخريص.

### 6. تكوين الوسيع Wasia formation

يوجد منكشف الوسيع في شكل مقطع كامل في خشم الوسيع شمال وادي السهباء، ويشكل متكون البياض والوسيعة وحدة مائية واحدة. ويعد من خزانات المياه الجوفية الممتازة في المملكة وهو من العصر الطباشيري الأوسط ويتكون من حبيبات رملية غير متماسكة متوسطة إلى خشنة الحبيبات. وتتميز آباره بإنتاجية عالية يغذي تكوين الوسيعة مع تكوين البياض منطقة الرياض وحفر الباطن.

✓ **ماذا قرأت؟** ما المدن التي يغذيها تكوين الوسيعة وتكوين البياض بالمياه؟



## 7. تكوين أم رضمة umm- Radmah formation

سمي بهذا الاسم نظراً لوجود جزئه العلوي في آبار أم رضمة الواقعة على بعد 65 كم شمال شرق الأوطاوية. تتكون طبقاته من صخور حجر الجير والدلوميت، وعمره يتراوح ما بين الباليوسين والأيوسين السفلي من دهر الحياة الحديثة ويختلف سمكه من مكان لآخر ويبلغ حوالي 490م في المنطقة الشرقية. وهو من أهم الخزانات الجوفية العذبة في المملكة العربية السعودية. يستغل تكوين أم رضمة في مدينة الظهران وفي حرض للري.

## 8. تكوين الدمام Dammam formation

يظهر حول قبة الدمام ويمتد 180 كم. تبلغ مساحة منكشفه 2000 كم وهو من عصر الأيوسين الأوسط. يتكون من خمس طبقات. اثنتان منها تحمل الماء وهي طبقة العلاء (العليا) وطبقة الخبر (السفلى). يبلغ أقصى سمك للمتكون في مدينة الدمام 235م.

تتكون طبقة العلاء من الحجر الجيري الدلوميت المسامي بينما تتكون طبقة الخبر من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي. ويستفاد من هذا التكوين في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية ومملكة البحرين لأغراض الشرب والزراعة.

## 9. تكوين النيوجين Neogene formation

يعود عمره إلى الميوسين والباليوسين. ويوجد في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. وينقسم إلى أربعة تكوينات يزداد سمكها في المنطقة الشرقية ويقل كلما اتجهنا نحو الغرب. وتعد من التكوينات الهامة في منطقة الهفوف حيث يخزن كميات كبيرة من المياه، ومعظم مياه العيون والآبار في الأحساء تأتي من تكوين النيوجين.

### ثانياً: التكوينات الثانوية الحاملة للمياه

وتعد مصدراً هاماً للمياه على النطاق المحلي على الرغم من عدم جودة مياهها وكمياتها القليلة.

ومنها تكوينات (الجوف، أبو رواث، الخف، الجلة، ضرما، سكاكا، العرمة).

### ثالثاً: التكوينات المائية في الصخور البركانية

يحتوي الجزء الغربي من الجزيرة العربية على عدة حقول من اللابات البركانية والتي تسمى الحرات.

وتعد الحرات تكوينات مائية جيدة؛ حيث تخزن المياه في المسام والفراغات الموجودة في الصخور والفواصل والشقوق إضافة إلى السطوح الفاصلة بين اللابات والرواسب الموجودة بينها، وتختلف نوعية الطبقات المائية بها، فهناك الطبقة المحصورة والطبقة غير المحصورة والطبقة شبه المحصورة.

### رابعاً: التكوينات المائية في رواسب الوديان



يوجد في صخور الدرع العربي العديد من الأودية المكونة من عدد كبير من الشبكات



والأودية الفرعية.

توجد مناطق تغذية الأودية عادة في مناطق مرتفعة في جبال السراوات وتصب مياه الأودية إما في البحر الأحمر غرباً أو في نفود ورمال الصحاري وسط المملكة.

ومن أهم الأودية في الدرع العربي التي تصب في البحر الأحمر وادي فاطمة وخليص، ونعمان والليث وجيزان.

أما الأودية التي تصب شرقاً فأهمها وادي الرمة والدواسر ورنية، والأودية الموجودة في وسط المملكة منها وادي حنيفة ووادي السهباء ووادي نساح.

وتضخ المياه الجوفية بها عن طريق حفر الآبار يدوياً، أو بواسطة آلات الحفر كما توجد بعض العيون مثل عين الزبياء.

## المحافظة على المياه الجوفية

### Groundwater conservation

تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ لأنها عنصر أساسي في الحياة ويعتمد عليها الإنسان بصورة كبيرة ولها استعمالات متعددة مثل الزراعة والصناعة.

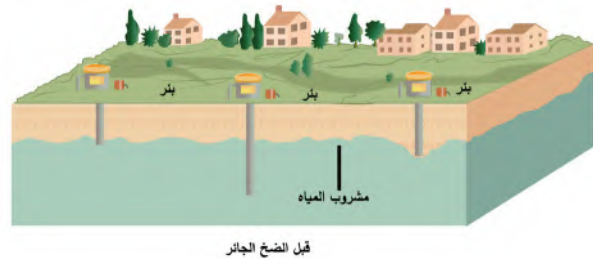
👉 **ماذا قرأت؟ لماذا المياه العذبة من أثمن الموارد الطبيعية؟**

وهناك بعض التغيرات التي تحدث لموارد المياه الجوفية فتؤدي إلى ظهور قضايا بيئية منها انخفاض مستوى المياه، والخسف والتلوث وزيادة نسبة الأملاح بها.

حيث يستنزف الاستعمال الجائر موارد المياه؛ مما يؤدي إلى انخفاض مستواها. كما ينتج عن الضخ الجائر للمياه الجوفية حدوث الخسف (هبوط اليابسة) فوق سطح الخزان الشكل 18-6. ومن أكثر الأخطار التي تهدد المياه الجوفية: تلوثها وخاصة الخزانات غير المحصورة أما الخزانات المحصورة فلا تتأثر كثيراً بالتلوث المحلي؛ لأنها محمية بطبقة عازلة، ومن مصادر تلوث المياه الجوفية: مياه الصرف الصحي والمزارع ومكبات النفايات الأخرى. وأيضاً من المواد الكيميائية مثل عنصر الزرنيخ وكذلك التلوث بالأملاح أحد المخاطر الرئيسة التي تهدد مصادر المياه الجوفية وخصوصاً في المناطق الشاطئية؛ حيث تختلط المياه المالحة مع المياه العذبة ويحدث التلوث.

الشكل 18-6 تأثير الضخ الجائر على المياه الجوفية.

👉 **ماذا قرأت؟ أي الخزانات المائية أكثر عرضة للتلوث؟**





## التقويم 3-6

### الخلاصة

- المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور.
- تتكون المياه الجوفية عندما تتسرب المياه بشكل عام إلى الطبقات تحت السطحية.
- تخزن المياه الجوفية في عدة أنواع من الطبقات.
- تستخرج المياه الجوفية بعدة طرق، منها: حفر الآبار العادية والآبار الارتوازية.
- هناك عدة تكوينات جيولوجية حاملة للمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية.
- يعد التلوث من أكثر الأخطار التي تهدد المياه الجوفية.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. وضح طريقة تكون المياه الجوفية.
2. اذكر أنواع الطبقات الحاملة للمياه.
3. بين مصادر المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية.
4. عدد أهم التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.
5. ارسم شكلاً يبين كلاً من الطبقات المحصورة والطبقات غير المحصورة.

### التفكير الناقد

6. صف التركيب الجيولوجي للطبقات المحصورة.
7. وضح التركيب الصخري لتكوين الواسع.
8. قوم الجملة الآتية: (90% من مياه الشرب لمدينة الرياض مستمدة من تكوين الساق).

### الكتابة في الجيولوجيا

9. اكتب تقريراً يوضح طرق المحافظة على المياه الجوفية من التلوث.



# جبال طويق

## (معلم جيولوجي وترفيهي)

تمتد العديد من الوديان الضيقة على جانب الجبل وأحد أهم هذه الأودية هو وادي حنيفة، وتقع مجموعة من المدن في الجزء الأوسط منه، بما في ذلك العاصمة السعودية الرياض كما وجدت العديد من المدن تاريخياً على جانبيها، مثل سدير والوشم وقد ورد ذكر جبل طويق في موسوعة ياقوت الجغرافية للقرن الثالث عشر تحت اسم "العارض".

ويعتبر مشروع القدية الذي سيقام في منطقة جبال طويق وجهة عالمية مميزة تضم أكثر التجارب ابتكاراً وإثارة وتنوعاً في مجالات الترفيه والرياضة والفنون.

سيتمكن الزوار من الاستمتاع بمجموعة متنوعة من الأنشطة عبر خمس ركائز أساسية مما يجعل من مشروع القدية عاصمة الترفيه والرياضة في المملكة.

سيضم مشروع القدية العديد من المتنزهات الترفيهية والمرافق الرياضية التي ستضيف المسابقات الدولية وأكاديميات الرياضة والفنون ومضمار سباق لعشاق رياضة السيارات بالإضافة إلى الأنشطة الخارجية لمحبي المغامرة كما ستشمل القدية مجموعة متنوعة من الخيارات العقارية والخدمات المجتمعية.

وستصبح القدية وجهة شباب المملكة ومزاراً يمكنهم فيه الاستمتاع بمواهبهم وهواياتهم وإمكانياتهم لبناء مجتمع أكثر ازدهاراً وتقدماً.



أحدى الحواف المطلّة لجبال طويق والتي تكون مقصداً للزوار.

جبال طويق هي إحدى أشهر السلاسل الجبلية في المملكة العربية السعودية وتمتد لما يقارب من 800 كم تقع جبال طويق في منطقة نجد من الزلفي شمالاً وحتى مشارف وادي الدواسر والربع الخالي جنوباً على شكل قوس وأغلبه يتكون من الحجر الجيري كما تُعرف بأنها مطل حافة العالم وتشبه تلك الموجودة في ولاية أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية.

تاريخياً كان العرب يطلقون على جبل طويق اسم جبل العارض أو عارض اليمامة وبقي معروفاً إلى اليوم كما ذكره كثير من الشعراء في قصائدهم مثل الشاعر الجاهلي عمرو بن كلثوم حين قال:

فأعرضت اليمامة واشمخرت كأسياف بأيدي مصلتينا

تشكل سلسلة جبال طويق أبرز المعالم الطبوغرافية في الجزيرة العربية، تسهل رؤيتها من الفضاء الخارجي. وقد استوطنت القبائل قديماً على جانبي جبل طويق وثمة دلائل على وجود نشاط بشري فيها يعود إلى ما قبل التاريخ. ويقع القسم الأوسط من هذه السلسلة الجبلية على بعد 50 كيلو متراً غربي الرياض.



أحدى الحواف العالية لجبال طويق.

يعتبر جبل طويق من أقدم الآثار في نجد منذ زمن طويل فالحفريات الأثرية العالمية الجارية اليوم تغوص عميقاً لتكشف عن الكثير من التفاصيل المثيرة التي تتعلق بالهجرات الإنسانية القديمة وتؤكد وجود قرى قديمة على امتداد هذه الجبال يوجد أعلى قمم حافة طويق؛ قمة (فريدة الشَّطِيّة) الواقعة شمال غرب مدينة الحريق في منطقة الرياض ويبلغ ارتفاعها نحو 1200 متراً.

## مختبر الجيولوجيا

### نموذج محاكاة الطبقات المنفذة والغير منفذة

#### خلفية علمية

الطبقات المنفذة وهي التي تسمح بمرور السوائل من خلالها (ماء - نفط)، أما الطبقات الغير منفذة فلا تسمح بمرور السوائل من خلالها وتساعد في احتجازها أيضًا، ولهما أهمية كبيرة في تكون مكامن النفط وكذلك خزانات المياه.

#### الأدوات

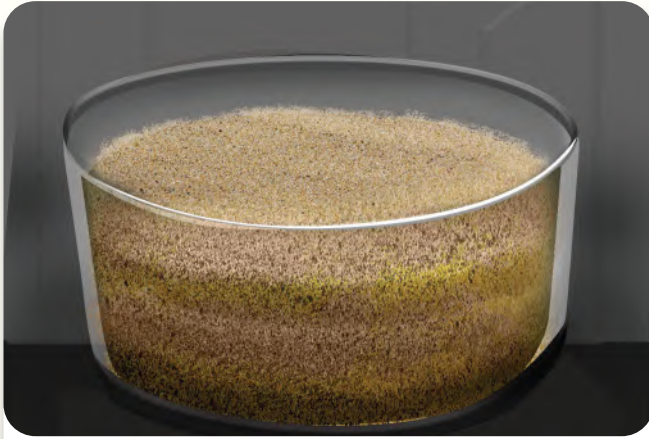
- حوض زجاجي كبير بعمق 25 سم تقريباً - كميات متساوية من الطين و الرمل الناعم و الرمل الخشن.
- والحصى - 500 ملليم من المياه.

#### خطوات العمل

1. ضع طبقة من الطين في قاع الحوض الزجاجي بسماكة 2,5 سم تقريباً وقم بضغطها حتى تتساوى.
2. ضع طبقة من الرمل الخشن فوق الطين بسماكة 5 سم تقريباً وقم بضغطه حتى يتساوى تماماً.
3. ضع طبقة من الطين فوق الرمل الخشن بسماكة 2,5 سم تقريباً وقم بضغطه برفق.
4. ضع طبقة من الرمل الناعم فوق الطين بسماكة 5 سم وقم بضغطها برفق.
5. أخيراً ضع الحصى فوق الرمل الناعم بشكل متساوي حتى يمتلئ الحوض.
6. قم بسكب 500 ملليم من المياه بشكل متساوي على كامل الحوض الزجاجي، أنتظر 3 دقائق، ولاحظ تسرب المياه خلال الطبقات.

#### التحليل والاستنتاج

1. لاحظ أي الطبقات أسرع في تسرب المياه من خلالها؟
2. حدد الطبقة المنفذة للمياه والطبقة الغير منفذة؟
3. استنتج ماذا حدث للمياه فوق الطبقة الطينية؟
4. فسر وضع الطبقات بعد ساعة من إجراء التجربة؟ كيف تفسر ذلك؟



حوض زجاجي يظهر تتابع الطبقات المنفذة والغير منفذة.

#### الكتابة في الجيولوجيا

اكتب مقالا عن أهمية الطبقات الغير منفذة في تخزين النفط والمياه.





# دليل مراجعة الفصل

6

الفصل

**الفكرة العامة** تقع المملكة العربية السعودية ضمن الصفيحة العربية التي تضم كلاً من الدرع العربي، والرف العربي الذي يحتوي على مخزون كبير من النفط والمياه.

المفردات	المفاهيم الرئيسية
الدرع العربي الرف العربي الحرات الكثبان الرملية السياخ	<p><b>6-1</b> صخور المملكة العربية السعودية</p> <p><b>الفكرة الرئيسية</b> تقسم صخور المملكة العربية السعودية حسب نشأتها إلى عدة أقاليم من أكبرها: الدرع العربي والرف العربي.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>تقسم صخور المملكة العربية السعودية إلى ستة أقاليم.</li> <li>يغطي الرف العربي ثلثي مساحة الجزيرة العربية.</li> <li>يتكون الدرع العربي من صخور نارية ومتحولة ورسوبية قديمة.</li> <li>يتكون إقليم البحر الأحمر من عدد من أحواض الترسيب، وصخوره عبارة عن صخور رملية والطفل والصخور الجيرية.</li> <li>تغطي الحرات حوالي 90 ألف كيلومتر، حيث تمثل نسبة 4.6% من مساحة المملكة.</li> <li>تقسم السياخ إلى نوعين: ساحلية قريبة من البحر، وداخلية في فوهات البراكين والكثبان الرملية.</li> </ul>
بحر التيش تكوين منكشف	<p><b>6-2</b> الصفيحة العربية وتكويناتها</p> <p><b>الفكرة الرئيسية</b> كانت الصفيحة العربية متصلة بالصفيحة الإفريقية، ثم حدث فالق البحر الأحمر والذي أدى إلى انفصال الدرع العربي عن الدرع النوبي، ومن ثم ترسبت التكوينات الرسوبية على الدرع العربي.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>كانت الصفيحة العربية جزءاً من الصفيحة الإفريقية حيث يطلق عليها الدرع العربي النوبي.</li> <li>تكون فالق البحر الأحمر منذ 30 مليون سنة تقريباً.</li> <li>المملكة العربية السعودية تقع كاملة على الصفيحة العربية.</li> <li>تكونت جبال طوروس وجبال زاغروس وجبال عمان بسبب حركة الصفيحة العربية.</li> <li>يتكون الرف العربي من تكوينات رسوبية ذات خصائص مختلفة.</li> </ul>
الطبقة المحصورة الطبقة غير المحصورة الطبقة المعلقة الماء الاحفوري الماء الصهاري	<p><b>6-3</b> المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية</p> <p><b>الفكرة الرئيسية</b> المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور.</li> <li>تتكون المياه الجوفية عندما تتسرب المياه بشكل عام إلى الطبقات تحت السطحية.</li> <li>تحتزن المياه الجوفية في عدة أنواع من الطبقات.</li> <li>تستخرج المياه الجوفية بعدة طرق، منها: حفر الآبار العادية والآبار الارتوازية.</li> <li>هناك عدة تكوينات جيولوجية حاملة للمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية.</li> <li>يعد التلوث من أكثر الأخطار التي تهدد المياه الجوفية.</li> </ul>



## مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يأتي:

1. الصفحة الأفريقية تشمل المنطقة الممتدة من بحر العرب جنوباً، إلى سلاسل جبال طوروس شمالاً، ومن البحر الأحمر غرباً إلى سلاسل جبال زاغروس شرقاً.
2. يقع إقليم الرف العربي أغلبه في غربي المملكة العربية السعودية، وهو ضيق الاتساع في الشمال والجنوب.
3. المياه السطحية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور.
4. الطبقات غير المحصورة هي الطبقات المحاطة من الأعلى ومن الأسفل بطبقة صماء غير منفذة.
5. تعود أعمار صخور تكوين اليمامة لعصر الجوراسي، ويتكون من تعاقب صخور جيرية وأملاح الأنهدريت، ويتميز هذا التكوين بوجود مخزون كبير من النفط.
6. أصغر الأقاليم في الدرع العربي مساحة هو إقليم عسير، ويقع في الطرف الشرقي للدرع.
7. يستفاد من مياه تكوين الساق في جنوب المملكة العربية السعودية.

## تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. انفصلت الصفحة العربية عن الصفحة الأفريقية منذ ما يقارب:
  - a. 10 ملايين سنة.
  - b. 20 مليون سنة.
  - c. 30 مليون سنة.
  - d. 40 مليون سنة.
9. ما زالت الصفحة العربية تتحرك ناحية:
  - a. الشمال الشرقي.
  - b. الشمال الغربي.
  - c. الجنوب الشرقي.
  - d. الجنوب الغربي.

10. طبقة العلا تتبع تكوين:

- a. أم رضة.
- b. البياض.
- c. الدمام.
- d. المنجور.

11. من أكثر العناصر الكيميائية التي تهدد المياه الجوفية

بالتلوث عنصر:

- a. الحديد.
- b. المغنيسيوم.
- c. البوتاسيوم.
- d. الزرنيخ.

12. ينسب تكوين أم رضة إلى آبار تقع بالقرب من

مدينة:

- a. الرياض.
- b. حفر الباطن.
- c. حائل.
- d. الخفجي.

13. طفوح بازلتي تكونت من حمم الصخور البركانية

المنصهرة، التي تدفقت من باطن الأرض إلى سطحها

تعرف بـ:

- a. الصحارة.
- b. الحرات.
- c. الماجما.
- d. الرماد.

14. يعود عمر صخور تكوين خف إلى العصر:

- a. البرمي.
- b. الكريتاسي.
- c. الكامبري.
- d. الجوراسي.



15. تعرف جيولوجيًا، بأنها حبيبات يتراوح قطرها بين 0.06 من المليمتر ومليمترين، بغض النظر عن مكوناتها أو ألوانها:

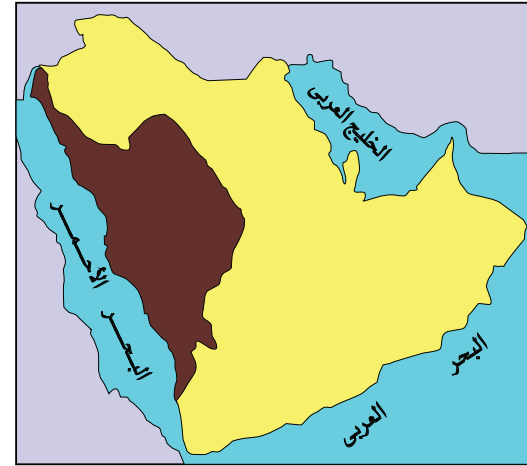
- a. الجير.
- b. الطين.
- c. الرمل.
- d. الكونجلوميرات.

#### أسئلة بنائية

16. فسر وجود السبخا قريية من البحار ومحاذية لها.
17. وضح طريقة تكون المياه الجوفية.
18. قارن بين الطبقات المحصورة والطبقات غير المحصورة من حيث طريقة التكوين.

#### التفكير الناقد

استعمل الخريطة الآتية للإجابة عن السؤالين 19-20.



19. استنتج حدود الصفيحة العربية من جهة الغرب ومن جهة الجنوب.
20. فكر: هل يبقى شكل الصفيحة العربية وحجمها ثابتًا مع مرور ملايين السنين؟ وضح إجابتك.

استعمل الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 21.



21. الصورة التي أمامك تبين بعض السبخا في المملكة العربية السعودية، تعرف على اسم السبخا المشار لها بالأرقام 1-2.

#### خريطة مفاهيمية

22. استعمل المصطلحات الآتية في عمل خريطة مفاهيم تبين العلاقات بين التكوينات المائية والمواقع التي تغذيها: (المنجور، الوسيع، الدمام، النيجين، أم رزمة، الرياض، حفر الباطن، الظهران، المنامة، الأحساء، الخرج، حرض).

#### سؤال تحفيز

23. تحتوي تكوينات الرف العربي على كميات متفاوتة من المياه الجوفية، بينما تقل نسبة وجودها كثيرًا في صخور الدرع العربي، فسر ذلك.
24. علل عدم وجود الصخور النارية والصخور المتحولة ضمن صخور الرف العربي.



# اختبار مقنن

## اختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. الماء المحفوظ أو المحبوس في الصخور الرسوبية أثناء تكونها وتصلبها في قيعان البحار والمحيطات، يسمى الماء:

- a. الصهاري.
- b. الأحفوري.
- c. الجوفي.
- d. المتحول.

2. يقع إقليم الدرع العربي أغلبه في المملكة العربية السعودية في الجهة:

- c. الغربية.
- d. الجنوبية.
- e. الشرقية.
- f. الشمالية.

3. أوضح منطقة للتماس بين صخور الدرع العربي والرف العربي تقع عند مدينة:

- a. القويعة.
- b. الرياض.
- c. حفر الباطن.
- d. الخفجي.

4. تنتشر معظم الحرات في الجزء الغربي من المملكة، ويتكون معظمها من صخور:

- a. الجرانيت.
- b. البازلت.
- c. الرايوليت.
- d. الأنديزيت.

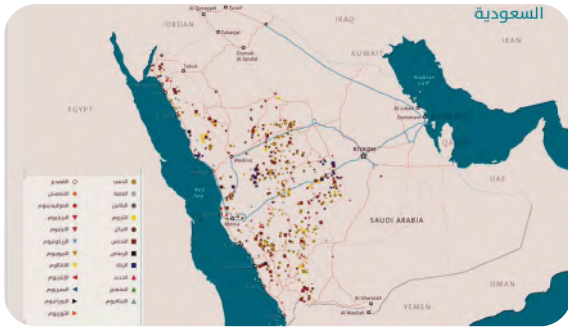
5. تعد أكبر السباخ في المملكة العربية السعودية، وتقع جنوب شرقي الربع الخالي:

- a. أم السميم.
- b. مطي.
- c. حضوضاء.
- d. قاع القصيباء.

## أسئلة الإجابات القصيرة

6. بين كيف نشأ البحر الأحمر وخليج عدن.  
7. قارن بين الساق وخف من حيث التكوين والعمر الجيولوجي وسمك الطبقات.

تمعن في الخريطة الآتية وأجب عن السؤال 8.



8. أمامك على الخريطة مواقع المعادن الفلزية المتنوعة في الدرع العربي، فسر سبب غنى الدرع العربي بهذه الثروات الطبيعية.

9. لخص أثر التلوث على سلامة المياه الجوفية.

10. وضح الأهمية الاقتصادية لتكوين عرب.



# اختبار مقنن

وتعد المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مؤسسة حكومية سعودية تعنى بتحلية مياه البحر وإنتاج الطاقة الكهربائية، وإيصال المياه المحلاة المنتجة لمختلف مناطق المملكة العربية السعودية، وتباشر أعمالها بإنشاء محطات لإنتاج المياه المحلاة.

وقد بلغ عدد منظومات المؤسسة 32 محطة موزعة على الساحلين الشرقي والغربي من المملكة، تنتج هذه المحطات 5,9 مليون متر مكعب يوميًا، ويمثل إنتاج المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أكثر من 74.6% من إنتاج المياه التحلية في المملكة، والبقية تنتج من خلال محطات القطاع الخاص، ويبلغ إنتاج المملكة من المياه المحلاة أكثر من 7.9 مليون متر مكعب يوميًا، وهذه الكمية تمثل ما نسبته 55% خليجيًا، كما تبلغ نسبة إنتاج المملكة من المياه المحلاة عالميًا 22.2% وبهذه الإنجازات تكون المملكة رائدة هذا المجال عربيًا وعالميًا.

12. أكثر الدول إنتاجًا للمياه المحلاة هي:

- المملكة العربية السعودية.
- سنغافورة.
- أمريكا.
- ليبيا.

13. يبلغ عدد محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية:

- 29
- 30
- 31
- 32

14. أنشئت أول محطة لتحلية المياه في المملكة العربية السعودية عام:

- 1928
- 1929
- 1930
- 1931

استعن بالخريطة الآتية للإجابة عن السؤال 11.



11. تعرف من خلال خريطة أقاليم الدرع العربي على الأقاليم المشار إليها بالأرقام من 1-4.

## القراءة والاستيعاب

اقرأ النص الآتي ثم أجب عن الأسئلة:

تحلية المياه في المملكة العربية السعودية

حظي قطاع المياه في المملكة العربية السعودية باهتمام بالغ، إذ شهدت صناعة التحلية الكثير من الإنجازات على كافة الأصعدة، فاحتلت موقع الصدارة والريادة، فقد عرفت المملكة تحلية المياه منذ حوالي 100 عام من خلال عملية التكتيف لتقطير مياه البحر، وذلك بالتحديد عام 1928 عندما تم إنشاء وحدتي تكتيف لتقطير مياه البحر الأحمر لإمداد مدينة جدة بالمزيد من مياه الشرب، ثم أنشئت المراحل الأولى للتحلية في كل من محافظتي الوجه وضباء الواقعتين على ساحل البحر الأحمر، وتلتها محطة التحلية في محافظة جدة المرحلة الأولى. وتواصلت جهود التوسع والتطور في صناعة تحلية المياه المالحة بعد صدور المرسوم الملكي بإنشاء المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة عام 1974.





# مجموعات الخطيب



وزارة التعليم  
Ministry of Education  
2023 - 1445

## قائمة المحتويات

### Reference Tables

الجداول المرجعية:

- Minerals with Metallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الفلزي
- Minerals with Nonmetallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الالافلزي
- Properties of Rocks - خواص الصخور
- Geological Time Scale - سلم الزمن الجيولوجي

### Reference Maps

الخرائط المرجعية:

- Metallic Minerals in the Kingdom of Saudi Arabia - المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية
- Oceanic Ridge Map - خريطة ظهور المحيطات
- Plate Boundaries - حدود الصفائح
- Geology of the Arabian Peninsula - جيولوجية شبه الجزيرة العربية

### Reference Geological Features

المعالم الجيولوجية المرجعية:

- Harrats in Kingdom of Saudi Arabia - الحرات في المملكة العربية السعودية

### Glossary

المصطلحات:



# مرجعيات الطالب

جدول مرجعية

## صفات المعادن ذات البريق الفلزي

### الجدول 1-

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
البورنيت Bornite $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	برونزي باهت إلى أزرق غامق أرجواني	رمادي-أسود	3	4.9–5.4	هرم رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	مصدر للنحاس ويسمى خام الطاووس بسبب اللون الأرجواني اللامع.
الكالكوبيريت Chalcopyrite $\text{CuFeS}_2$	أصفر إلى أصفر ذهبي	أسود مخضر	3.5–4	4.2	رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	الخام الرئيس للنحاس.
الكرومايت Chromite $\text{FeCr}_2\text{O}_4$	أسود أو بني	بني إلى أسود	5.5	4.6	مكعب	مكسر غير منتظم	خام الكروم، غير القابل للصدأ، صلب يستعمل لصناعة السبائك.
النحاس Copper $\text{Cu}$	نحاسي أحمر	نحاسي أحمر	3	8.5–9	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صناعة العملات المعدنية والأنابيب والمزاريب، والأسلاك، وأواني الطبخ، والمجوهرات، طباعة لوحات الديكور.
الجالينا Galena $\text{PbS}$	رمادي	رمادي إلى أسود	2.5	7.5	مكعب	الانقسام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة الأنابيب، الدروع لأشعة إكس، وصيد الأسماك ومعدات الغطاسين.
الذهب Gold $\text{Au}$	أصفر ذهبي	أصفر	2.5–3	19.3	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في المجوهرات والنقود، رقائق الذهب، حشوات للأسنان، والأدوية؛ لا يصدأ.
الجرافيت Graphite $\text{C}$	أسود إلى رمادي	أسود إلى رمادي	1–2	2.3	سداسي	سطح انقسام واحد	يستعمل في أقلام الرصاص ومواد التشحيم، قضبان للسيطرة على بعض المفاعلات النووية الصغيرة، أقطاب البطارية.
الهيماتيت Hematite $\text{Fe}_2\text{O}_3$	أسود أو بني محمر	أحمر أو بني محمر	6	5.3	سداسي	مكسر غير منتظم	خام الحديد، يصهر في الأفران مع الفحم لإنتاج الفولاذ الصلب.
الماجنتيت Magnetite $\text{Fe}_3\text{O}_4$	أسود	أسود	6	5.2	مكعب	مكسر محاري	خام الحديد، مغناطيس طبيعي. ويسمى حجر المغناطيس.
البيريت Pyrite $\text{FeS}_2$	أصفر نحاسي فاتح	أسود مخضر	6.5	5.0	مكعب	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	غني بالحديد، يسمى ذهب المجانين لأن مظهره يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونيت.
البيرروتيت Pyrrhotite $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ * يزيد الكبريت على الحديد بذرة واحدة	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مستنة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطاً.
الفضة Silver $\text{Ag}$	أبيض فضي بدون بريق إلى أسود	رمادي فاتح إلى فضي	2.5	10–12	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صك النقود، حشوات الأسنان، ورقائق الفضة، الأسلاك، والموصلات.

## جداول مرجعية

### صفات المعادن ذات البريق الأفلزي

### الجدول 2-

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانقسام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
الأوجيت Augite (Ca, Na) (Mg, Fe, Al) (Al, Si) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانقسام في اتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني.
الكوروندم Corundum Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستو	يستعمل لشحذ القطع أكثر حدة؛ والملون منه الكوروندم الأحمر حجر كريم (الياقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار البوتاسي Feldspar (orthoclase) KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستويان من الانقسام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويان من الانقسام يميلان ويتقابلان بزاوية 86°	يستعمل في صناعة الخزف.
الفلورايت Fluorite CaF <sub>2</sub>	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3-3.2	مكعب	تظهر مستويات انقسام	يستعمل في صناعة الأجهزة البصرية، يتوهج تحت الأشعة فوق البنفسجية.
الجارنت Garnet (Mg, Fe, Ca, Mn) <sub>3</sub> (Al, Fe, Cr) <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	أصفر غامق، أحمر، أخضر، أسود	شفاف	7.5	3.5	مكعب	مكسر محاري	يستعمل كمادة صاقلة، ويستعمل في صناعة المجوهرات.
الهورنبلند Hornblende (Ca, Na) (Mg, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>4</sub> (Al, Fe <sup>3+</sup> , Ti) <sub>3</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (O, OH) <sub>2</sub>	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5-6	3.4	أحادي الميل	انقسام في اتجاهين	ينكسر الضوء عن حوافه الرقيقة، مقطع بلوراته من 6 أضلاع.
الليمونايت Limonite (أكسيد الحديد المائي)	أصفر، بني، أسود	أصفر، بني	5.5	2.7-4.3	غير محدد	مكسر محاري	مصدر للحديد، سهل التجوية والتفتت، مادة ملونة للتربة.
الأوليفين Olivine (Mg, Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	أخضر زيتوني	شفاف	6.5	3.5	معيني	مكسر محاري	حجر كريم، رمل مقاوم للانصهار، يستعمل في تبطين أفران الصهر.
الكوارتز Quartz SiO <sub>2</sub>	شفاف، ألوان مختلفة.	شفاف	7	2.6	سداسي	مكسر محاري	يستعمل في صناعة: الزجاج، الأجهزة الإلكترونية، المذياع، الحواسيب، الساعات، بعض أنواعه معادن نفيسة.
التوباز Topaz Al <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انقسام أساسي	حجر ثمين.



# مرجعيات الطالب

## خواص الصخور

## الجدول 3-

نوع الصخر	اسم الصخر	صفات الصخر
نارية جوفية Igneous (intrusive)	الجرانيت granite	بلورات معدنية كبيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر فاتح عادة.
	الديوريت diorite	بلورات كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات من الكوارتز أقل من الجرانيت، لونها متوسط.
	الجابرو gabbro	بلورات معدنية كبيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق.
نارية سطحية Igneous (extrusive)	الريوليت rhyolite	بلورات معدنية صغيرة من الكوارتز والفلسبار والهورنبلند والمايكا. لون الصخر عادة فاتح.
	الأنديزيت andesite	بلورات صغيرة من معادن الفلسبار والهورنبلند والمايكا وكميات قليلة من الكوارتز أقل من الريوليت، لونها متوسط.
	البازلت basalt	بلورات معدنية صغيرة من الفلسبار والهورنبلند والأوجيت والأوليفين والمايكا ولا يوجد كوارتز، لونها غامق. مع احتمال وجود فقاعات.
	الأوبسيديان obsidian	نسيج زجاجي، لا يمكن رؤية الحبيبات، زجاج بركاني، مكسر محاري، اللون عادة أسود، ويمكن رؤيته باللون الأحمر — بني محمر أو أسود مع بقع بيضاء.
	الخفاف pumice	نسيج رغوي، يطفو على الماء، عادة لونه فاتح.
	الكونجلوميرات conglomerate	حبيباته كبيرة مستديرة، بحجم الحصى أو الجلاميد.
رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الحجر الرملي sandstone	يتراوح حجم حبيباته ما بين 2mm — $\frac{1}{16}$ ، أنواعه متعددة.
	حجر الطمي siltstone	حجم حبيباته أقل من الرمل لكن أكبر من الطين.
	الطُفل shale	أصغر حبيبات ولونه غامق عادة.
	الحجر الجيري limestone	يتكون بشكل رئيس من معدن الكالسيت، وعادة يتكون في البحار والبحيرات والأنهار والكهوف، وغالباً يحتوي على أحافير. ويتفاعل بسهولة مع حامض HCl المخفف.
رسوبية كيميائية وبيوكيميائية Sedimentary chemical (or biochemical)	الفحم coal	يتكون في المستنقعات والبيئات المائية الضحلة، طبقات متماسكة من المواد العضوية، وبشكل رئيس من بقايا النباتات.
	الملح الصخري rock salt	يتكون عادة من تبخر مياه البحر.
	النيس gneiss	تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود أشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان، عادة ينتج عن تحول الجرانيت.
متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic	الشيسست schist	ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رقائق) مثل المايكا. وينتج بشكل رئيس عن تحول الطُفل والفيليت.
	الفيليت phyllite	مظهر لامع أو حريري، يبدو سطح الصخر مجعداً. وينتج عن تحول الطُفل والإردواز.
	الإردواز slate	ينتج عن تحول الطُفل وهو صلب وأثقل وأكثر لمعاناً من الصخر الأصلي.
	الرخام marble	تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدولومايت، وينتج عن تحول الصخور الجيرية.
متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)	الحجر الصابوني soapstone	يتكون بشكل رئيس من معدن التلك، طري، ولمسه دهني أو صابوني.
	الكوارتزيت quartzite	صلب جداً، حبيباته متماسكة ومتلاحمة ببلورات كوارتز، يتحول عن الحجر الرملي.



# جداول مرجعية

## جداول مرجعية

سلم الزمن الجيولوجي									
الدهر	الحقبة	العصر	الحين	الفترة الزمنية (my)	التنوع الجيولوجي والحيوي	الحركات الأرضية والسلاسل الجبلية			
دهر الحياة الظاهرة	حقبة الحياة الحديثة	الرباعي	هولوسين	1.8	الإنسان. ازدهار معظم الثدييات العملاقة ثم انقراضها. عائلات الثدييات الحديثة والطيور والخيول والفيلة. ظهور الحشائش على نحو واضح. الماموث الصوفي، أسلاف الكلاب والذئبة. نمو سريع، وتنوع الثدييات والنباتات الزهرية. تنوع الثدييات (أكالات اللحوم، عجول البحر، ذوات الحوافر، ذوات القرون، والثدييات الكبيرة بحجم الدب وفرس النهر). النباتات.	حركات أرضية بنائية في معظم نصف الكرة الأرضية الشمالي. انفصال الصفيحة العربية عن الإفريقية. الحركات الألبية سلاسل جبال الألب والهملايا و زاجروس وطوروس، واستمرار ارتفاع جبال الأنديز			
			بلايستوسين						
		نيوجين	بليوسين	باليوجين			65.5		
			ميوسين						
		أوليغوسين							
			ايوسين						
	حقبة الحياة المتوسطة	الكريتاسي	علوي	145.5	انقراض الديناصورات والأمنيت ظهور الطيور الحديثة بداية ظهور النباتات الزهرية المغطاة البذور. بداية ظهور الثدييات والقنفاذ الأرضية. ظهور الطيور الأولى سيطرة الديناصورات على القارات وسماؤها. ظهور الرأسمديات ذات الأصداف الملتهمة المعروفة باسم الأمنيت. انقسام بانجيا إلى كتلتين قاريتين، هما: غوندوانا، ولوراسيا ظهور العديد من البرمائيات الضخمة. انتشار النباتات المعراة البذور.	استمرار تكون جبال الأنديز بداية تكون جبال الأنديز بداية الحركة الأنديزية.			
			سفلي						
		الجوراسي	علوي	199.6					
			متوسط						
		سفلي							
			الترياسي	علوي			251		
		متوسط							
		سفلي							
		حقبة الحياة القديمة	البيري	علوي			299	تكون قارة بانجيا انتشار الزواحف الشراعية الظهر. انتشار النباتات البذرية المعراة البذور، انتشار النباتات. انتشار النباتات الوعائية اللازهرية (السرخسيات) المسؤولة عن تكون الفحم الحجري. تطور الأسماك	الحركة الهرسينية أدت إلى تكوّن الجبال الهرسينية والفارسية والإبلاشية.
				متوسط					
				سفلي					
			الكربوني	بنسلفينين			359.2		
ميسيسيبيين									
الديفوني	علوي		416						
	متوسط								
	سفلي								
حقبة الحياة القديمة	السيلوري	علوي	443.7	العقارب المائية. بداية ظهور الأسماك. الجرابنوليت. تنوع اللاقاريات. تشكل قارة غوندوانا. انتشار واسع للحياة البحرية. الترايلوبيت.	الحركة الكاليدونية				
		متوسط							
		سفلي							
	الأردوفيتشي	علوي	488.3						
		متوسط							
		سفلي							
	الكامبري	هورونجيان	542						
		سلسلة 3							
		سلسلة 2							
		تريينوفيان							
دهر الحياة الخافية (ما قبل الكامبري)				4560	طحالب خضراء وحيوانات ذوات هياكل طرية. تكون أساس القارات (الدروع القارية). بكتيريا لاهوائية. تشكل كوكب الأرض البدائي، تكون أغلفة الأرض الرئيسة، سقوط النيازك، النشاط البركاني.	الحركة المورانية			

## المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

تصاحب العديد من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعاً محددة من الصخور. فالذهب مثلاً يتواجد عادةً في عروق الكوارتز المصاحبة لصخور الجرانيت أو لصخور الديورايت والجرانوديورايت، ويوجد كذلك في الصخور البركانية الغنية بالسيليكا. بينما تصاحب خامات الكوبالت والنيكل والتيتانيوم الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسرينيتيت.

وتنتشر المعادن الفلزية في مواقع عديدة من المملكة العربية السعودية، ولكنها تتركز في صخور منطقة الدرع العربي، التي تقع في المنطقة الغربية من المملكة على امتداد ساحل البحر الأحمر، ومن أهم المعادن الفلزية التي تتواجد فيها: الذهب، والفضة، والنحاس. ومن المناجم التي يُستخلص منها الذهب: مهد الذهب، والأمار، والصخيرات، ومن المناجم التي تُظهر الدراسات الجدوى الاقتصادية من استغلال الذهب منها: حجر حمضة، وظلم، والدويحي.

وكانت بداية التنقيب عن المعادن الاقتصادية في المملكة عام 1930م، عندما طلب المغفور له الملك عبد العزيز آل سعود من الجيولوجي الأمريكي توثيشل التنقيب عن النفط والمعادن الاقتصادية في أراضي المملكة، وقد أكد هذا الجيولوجي تواجد الذهب في منطقة الحجاز. ومن ثم بدأ التنقيب عن الذهب واستغلاله من منجم مهد الذهب منذ عام 1939م بإشراف نقابة التعدين العربية السعودية. وفي عام 1960م تم إنشاء المديرية العامة للثروة المعدنية، ثم تغير اسمها في عام 1993م إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية؛ وكانت الجهة المنوط بها البحث والتنقيب واستغلال الثروات المعدنية الاقتصادية في المملكة. وفي عام 1999م تم تأسيس هيئة المساحة الجيولوجية السعودية التي أصبحت مسؤولة عن عمليات البحث والتنقيب عن المعادن في المملكة. وتبنى الهيئة سياسات تعتمد على إجراء العديد من الدراسات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، آخذين في الاعتبار النظريات الحديثة حول نشأة المعادن الاقتصادية وتكوّنها؛ من أجل تحديد أماكن المعادن الفلزية وكمياتها، ودراسة الجدوى الاقتصادية من استغلالها.

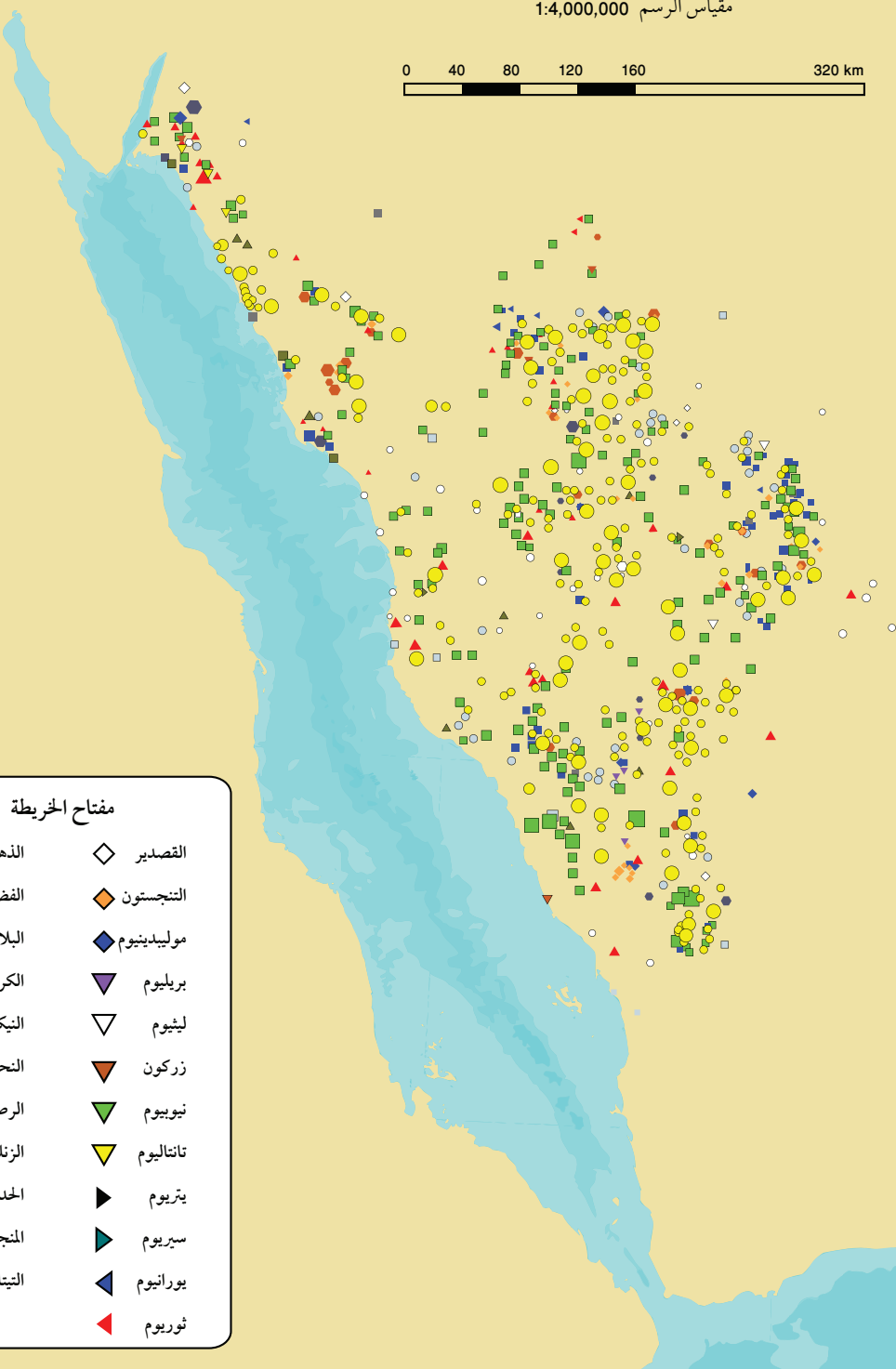


# خرائط مرجعية

المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

مقياس الرسم 1:4,000,000

0 40 80 120 160 320 km



## مفتاح الخريطة

- |            |            |
|------------|------------|
| الذهب      | القصدير    |
| الفضة      | التنجستون  |
| البلاتين   | موليبدينوم |
| الكروم     | بريليوم    |
| النيكل     | ليثيوم     |
| النحاس     | زركون      |
| الرصاص     | نيوبيوم    |
| الزنك      | تانتاليوم  |
| الحديد     | يتريوم     |
| المنجنيز   | سيريوم     |
| التيتانيوم | يورانيوم   |
|            | ثوريوم     |



# مرجعيات الطالب

خريطة ظهور المحيطات

خرائط مرجعية

آسيا

أمريكا  
الشمالية

أستراليا

ظهر المحيط الهادي



وزارة التعليم  
Ministry of Education  
2023 - 1445



ظهر المحيط  
الأطلسي

أوروبا

شبه  
الجزيرة  
العربية

أفريقيا

أمريكا  
الجنوبية

ظهر المحيط  
الهندي

ظهر المحيط  
القطبي الجنوبي

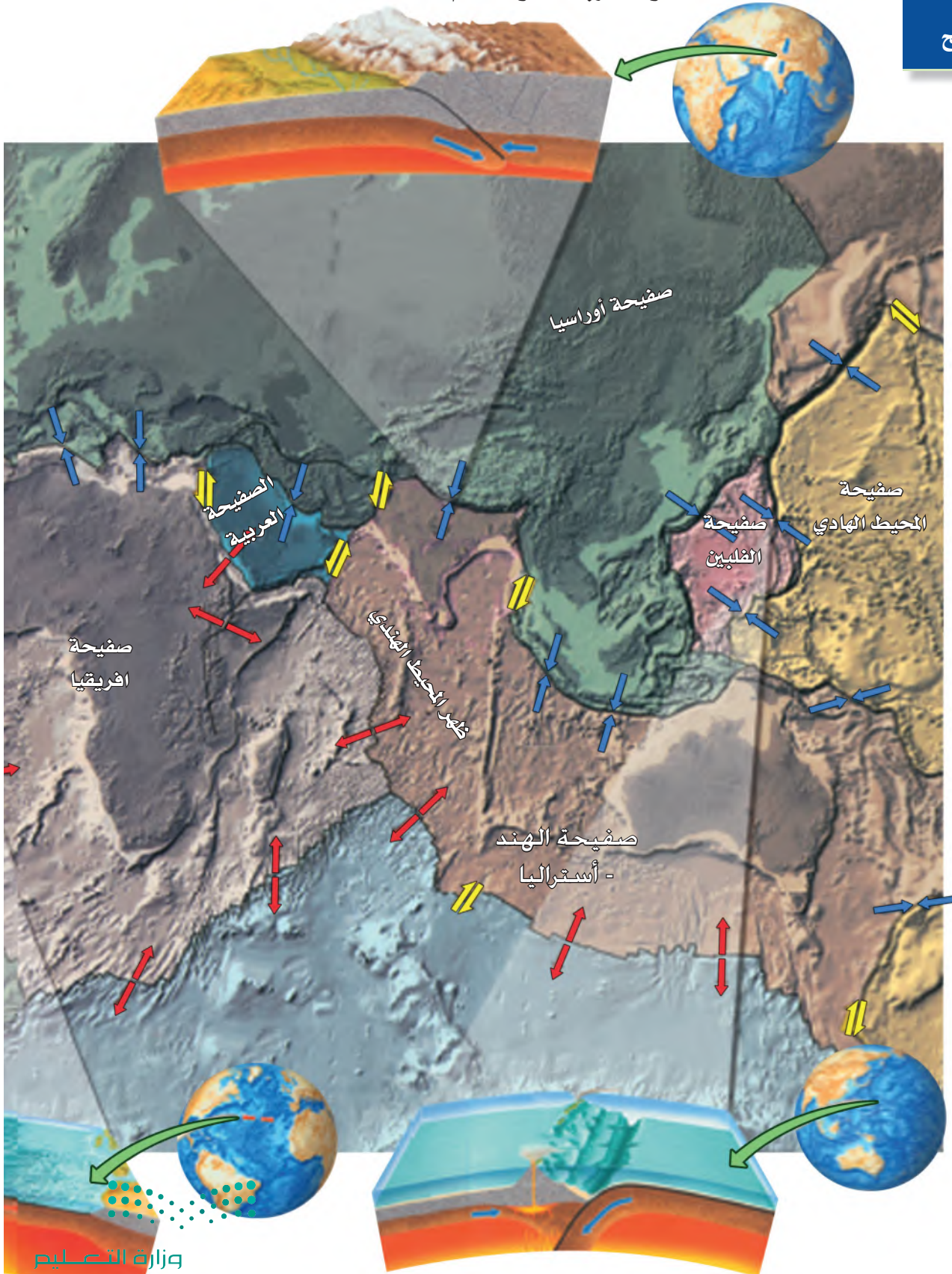


# مرجعيات الطالب

حدود متقاربة (حدود تصادم)

حدود الصفائح

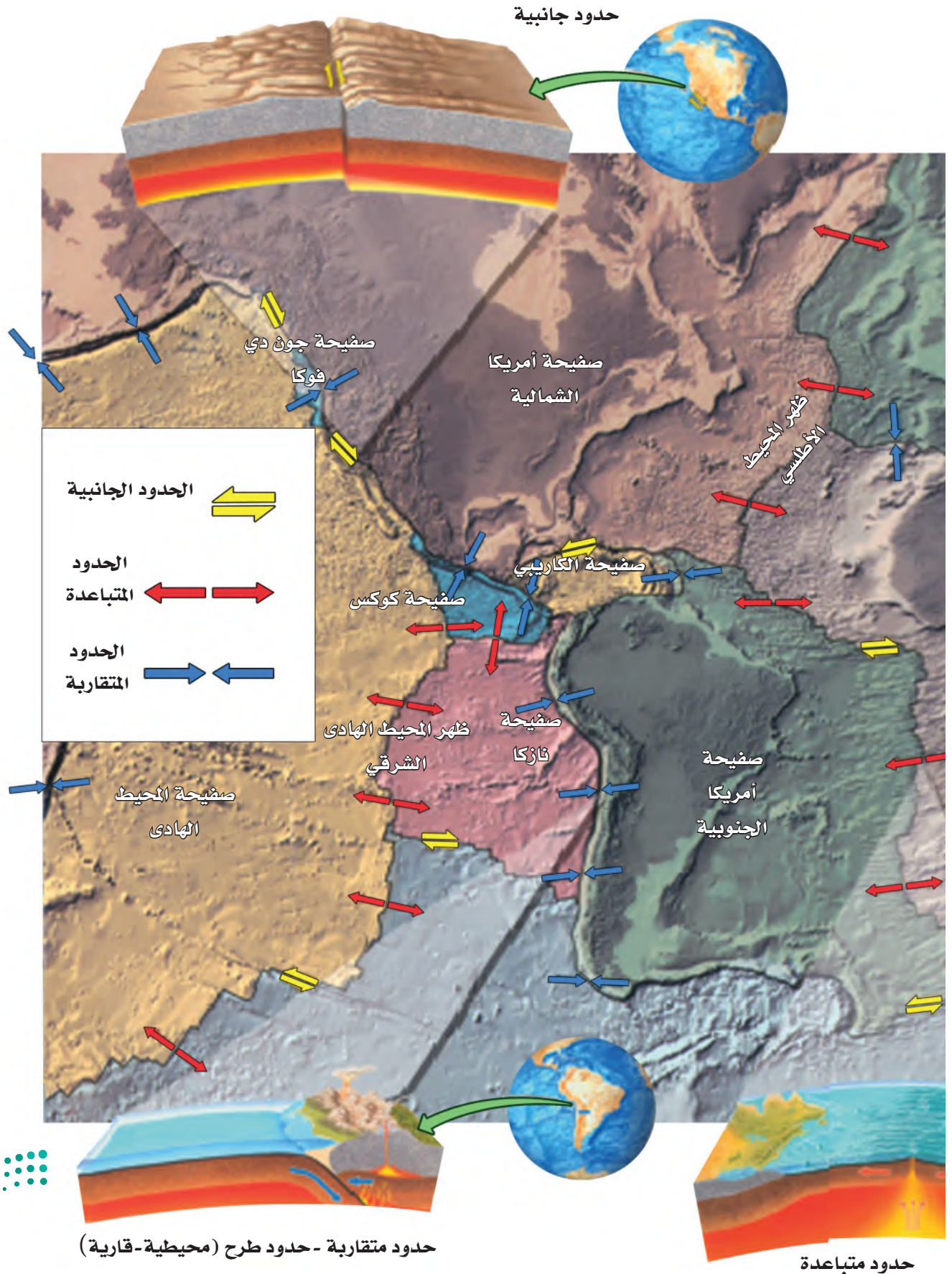
خريطة مرجعية



حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-محيطية)



# خرائط مرجعية





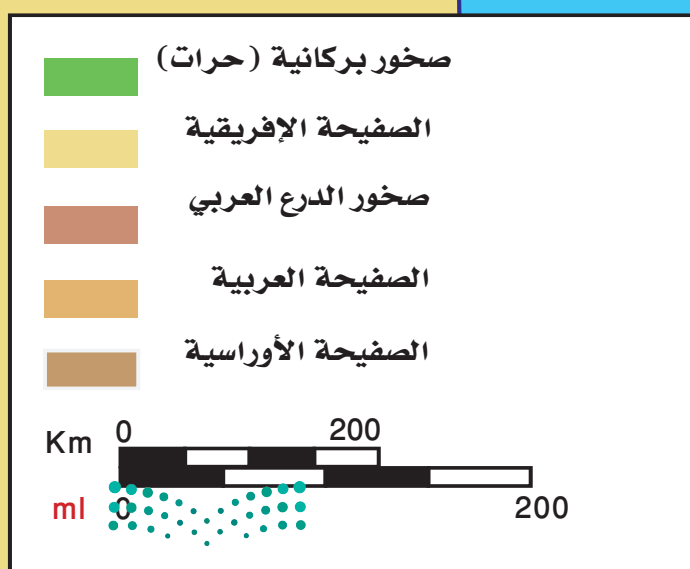
# مرجعات الطالب

جيولوجية شبه الجزيرة العربية

خرائط مرجعية

# خرائط مرجعية

## خرائط مرجعية



## توزيع الحرّات في المملكة العربية السعودية

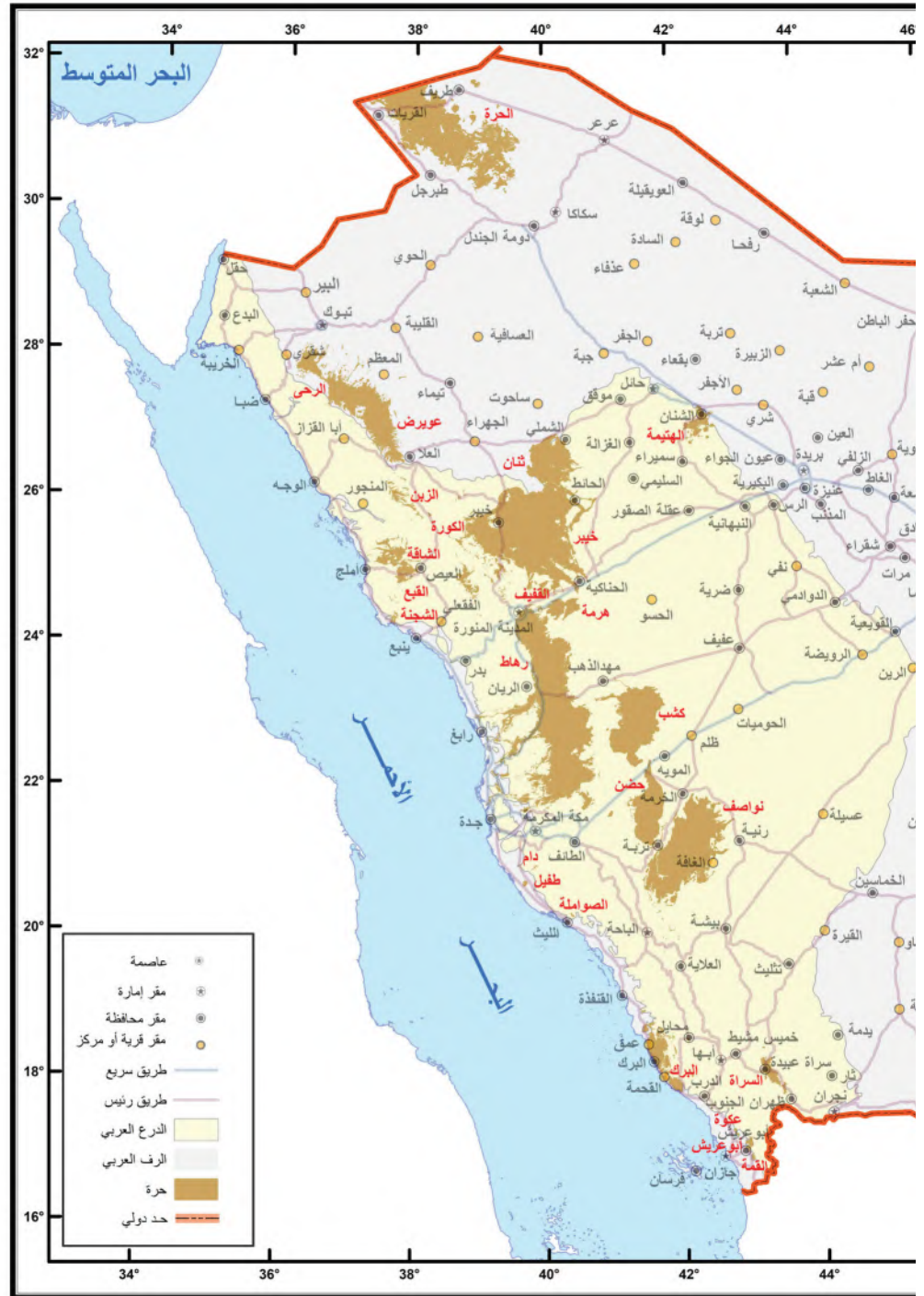


مقام جیو لو جیہ مری جیہ



# معالم جيولوجية مرجعية

## معالم جيولوجية مرجعية



# مرجعيات الطالب

## الحرّات في المملكة العربية السعودية

الحرّات طفوح بازلتية خرجت إلى سطح الأرض عبر الشقوق، وغطت مساحات واسعة منها. وتوجد الحرّات في الجزء الغربي من الجزيرة العربية على شكل حزام متقطع يمتدّ من الشمال إلى الجنوب، ويتكون معظمها من صخور البازلت القلوي الألوفيني. ودلّت الدراسات الجيولوجية على أن تكوّن الحرّات وتوزعها تم عبر مرحلتين: الأولى مع انفتاح البحر الأحمر الذي بدأ في نهاية عهد الأوليجوسين وبداية الميوسين قبل نحو 25 مليون سنة، والثانية بدأت منذ عشرة ملايين سنة حتى حدوث آخر ثوران بركاني في الجزيرة العربية في حرة رهاط في عام 1256م (654هـ).

وقد صنّف العلماء الحرّات الموجودة في الجزيرة العربية إلى نوعين: طفوح من الداسايت والريولايت الشديدة التحوّل وما يصاحبها من الفتات والرماد البركاني المتساقط، وطفوح بازلتية على شكل براكين ومخاريط بازلتية، تنتشر على خط محوري واحد. ومن الحرّات المشهورة في الجزيرة العربية: الرحا، الحرّة، ثنان، هتيمه، خير، رهاط، كشب، نواصف، الشامة.



### حرة رهاط

تمتدّ حرة رهاط من وادي فاطمة شمال مكة حتى جنوب المدينة المنورة، وتغطي مساحة 20000km<sup>2</sup> تقريباً، وهي أكبر الحرّات في المملكة. وتحتوي هذه الحرة على الكثير من البراكين المخروطية المكونة من السكوريا، والبراكين الدرعية والقبب البركانية. ويعد جزؤها الشمالي أكثر أجزائها نشاطاً؛ حيث يقع إلى الجنوب من المدينة المنورة. ومن أشهر براكين هذه الحرة بركان جبل الملسا ذو الشكل المخروطي.

معالم جيولوجية مرجعية

### حرة خير

تبعد حرة خير حوالي 65km شمال شرق المدينة المنورة، وهي من أكبر الحرّات البركانية في المملكة، تغطي حرة خير مساحة تقدر بأكثر من 14000km<sup>2</sup>. وتحتوي الحرة على الكثير من البراكين المخروطية، والبراكين الدرعية، والعديد من القباب البركانية. وتتكون معظم صخورها من البازلت. ومن أشهر جبالها البركانية جبل القدر والجبل الأبيض.





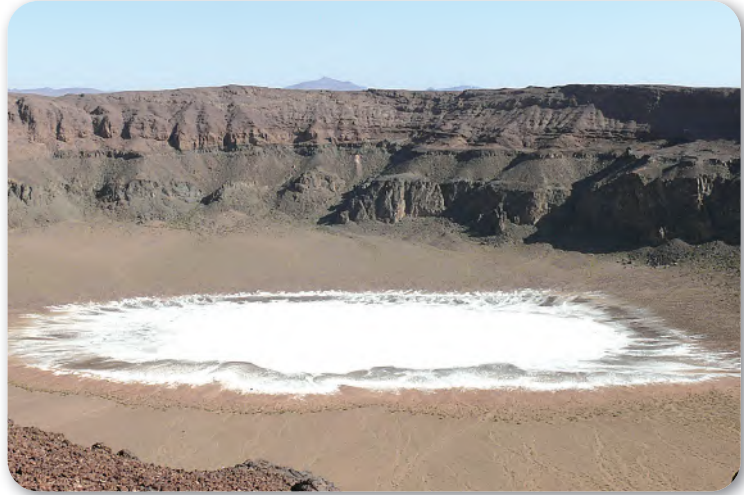
## حرة ثنان

بدأ الثوران البركاني في حرة ثنان قبل حوالي 3 ملايين سنة، وتبلغ مساحتها  $4000\text{km}^2$  تقريباً، وتحتوي على العديد من البراكين الدرعية والبراكين المخروطية التي تتكوّن معظم صخورها من البازلت. وتقع هذه الحرة إلى الشمال من حرة خيبر. وتتميز الحرة بالعديد من الكهوف ومنها كهف الشويمس.



## حرة الهتيمه

تعد حرة الهتيمه من أحدث الحرات؛ حيث لا يتعدى عمر صخورها مليوني سنة. وتبلغ مساحتها حوالي  $900\text{km}^2$ ، لذلك تعد من الحرات الصغيرة بالنسبة إلى باقي الحرات. وتتميز حرة هتيمه بمحتبسات من الستار في صخورها، لذلك فهي مهمة في تعرّف بنية الأرض الداخلية. ومن المعالم البركانية التي تتميز بها هذه الحرة حلقات الفتات والرماد البركاني، والبراكين المخروطية، والفوهات البركانية المنهارة.



## حرة الحرة

تقع حرة الحرة شمالي غرب المملكة بجانب حدود المملكة الأردنية الهاشمية. حيث تغطي مساحة  $15200\text{km}^2$  تقريباً. وتعد هذه الحرة الجزء الجنوبي لحرة الشام، التي تمتد في كل من الجمهورية العربية السورية، والمملكة الأردنية الهاشمية، وشمال المملكة العربية السعودية. وقد بدأ النشاط البركاني في هذه الحرة في عهد الميوسين، وأحدث نشاط بركاني فيها كان في العصر الحديث. وتعد الآن إحدى المحميات الطبيعية التي تحافظ فيها المملكة على التنوع النباتي والحيواني.





## (أ)

**آثار الحفر traces of excavation:** هي الآثار التي تركها بعض الحيوانات في الرواسب الطرية عندما تحفر جحورًا وممرات تمتلئ فيها بعد بالرواسب التي تتصلد وتحفظ كنوع من الأحافير.

**الأحافير fossils:** بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظًا طبيعيًا عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.

**أحافير مرشدة Index fossils:** أحافير لها عمر محدد وامتداد جغرافي واسع.

**الإحلال substitution:** هو عملية إحلال معدن ثانوي (السيليكا-كربونات الكالسيوم -أكاسيد الحديد) إحلالًا كاملاً أو جزئيًا محل المادة الأصلية للمخلوق.

**الإكليل Corona:** هي الطبقة الخارجية الأبعد والأشد حرارة بين طبقات الشمس الخارجية.

**الانجراف القاري Continental drift:** فرضية للعالم فاجنر تنص على أن قارات الأرض كانت متحدة معًا في قارة واحدة تسمى بانجيا تقع بالقرب من القطب الجنوبي، ثم انقسمت قبل 200 مليون سنة إلى أجزاء تباعد بعضها عن بعض ببطء، حتى وصلت إلى مواقعها الحالية.

**الانجستروم Angstrom:** هي وحدة قياس الطول للمسافات القصيرة للغاية، حيث أن 1 ملم يحتوي على 10 ملايين أنجستروم.

**الانحلال الإشعاعي Radioactive decay:** عملية انبعاث الجسيمات المشعة من العنصر، وما ينتج عن ذلك من نظائر للعنصر عبر الزمن.

**الانقراض الجماعي Mass extinction:** اختفاء أعداد كبيرة من المخلوقات الحية من السجل الصخري في فترة زمنية واحدة.

## (ب)

**بحر التيثس Tethys Ocean:** محيط ضخم يحيط بالمملكة من الشمال والشرق، وبسبب تحرك الصفائح وحدوث صدع كبير؛ نجم عنه انفصال منطقة الدرع العربي عن الدرع النوبي وأخذت الصفيحة العربية بالتحرك، ولم يبق من بحر التيثس الضخم إلا الخليج العربي، وبحر عمان والبحر الأبيض المتوسط.

**بقعة ساخنة Hot spot:** منطقة ساخنة بصورة غير عادية في ستار الأرض، يصعد فيها عمود من صهارة ذات درجة حرارة عالية إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض.

**البقع الشمسية Solar Spots:** هي الظاهرة الأكثر وضوحًا في الغلاف الضوئي للشمس، وهي نتوءات تظهر في السطح بسبب التواءات حلقات المجال المغناطيسي.

**البلازما Plasma:** هي غاز ساخن يتكون من الهيدروجين والهليوم المشحون كهربائيًا.

## (ت)

**تأريخ إشعاعي Radiometric dating:** طريقة تستعمل في تحديد العمر المطلق لصخر أو أحفورة بتحديد نسبة النظير المشع إلى النظير الثابت في عينة منه.

**التأريخ بالكربون المشع Radiocarbon dating:** عملية تحديد عمر مادة عضوية حديثة نسبيًا، سواء أكانت المادة العضوية لمخلوق ميت، أو لمادة غير حية مثل كربونات الكالسيوم.

**التأريخ المطلق Absolute age dating:** طريقة تمكن العلماء من تحديد العمر الحقيقي للصخور أو لأجسام أخرى.

**التأريخ النسبي relative-age dating:** طريقة لترتيب الأحداث الجيولوجية بحسب حدوث بعضها نسبة إلى البعض الآخر.



## (خ)

**الخزان الارتوازي** **artesian aquifer**: الخزان المائي الجوفي الذي تقع مياهه تحت الضغط.

**خطوط امتصاص** **Absorption lines**: خطوط تنتج عند مرور طيف مستمر على غازات باردة.

## (د)

**الدرع العربي** **Arabic shield**: هو إقليم يقع في غربي المملكة العربية السعودية، وقد تكونت صخوره بسبب اندفاعات من صخور متنوعة تعرضت لعمليات بنائية معقدة ليتحول بعضها إلى أنواع أخرى من الصخور تعرف بالصخور المتحولة، وتبلغ مساحته ما يزيد على 32٪ من مساحة المملكة العربية السعودية.

**الدوران التراجعي** **Retrograde rotation**: هي حركة مدارية أو دورانية لجسم ما في عكس اتجاه دوران جرمه الأساسي الذي يشكل الجسم المركزي لذا تشرق الشمس في الزهرة من الغرب وتغرب من الشرق.

**الدوران التفاضلي للشمس** **Differential Sun rotation**: اختلاف معدل دوران الشمس في المناطق الاستوائية عن المناطق القطبية.

**دورة النشاط الشمسي** **Solar activity cycle**: هي الدورة التي يمر بها المجال المغناطيسي للشمس كل 11 عامًا تقريباً.

**الدهر** **Eon**: أكبر الوحدات الزمنية في سلم الزمن الجيولوجي.

**ديوتيريوم** **Deuterium**: هي نواة هيدروجين تحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد.

**التفحم** **carbonization**: هو ميل لون المخلوق إلى اللون الأسود بعد موته وترسبه بسبب تركيز الكربون في خلاياه نتيجة زيادة الضغط ودرجة الحرارة العالية والزمن الطويل.

**التكوين** **rock formation**: هوطبقات متراسة من الصخور الرسوبية لها نفس العمر تقريباً.

**التمعدن** **mineralization**: عملية ترسيب الأملاح والمعادن الذائبة في الماء في الفراغات ومسام الأصداف والعظام.

**التوهج الشمسي** **Solar flare**: هو عملية إطلاق الشمس للكثير من الجسيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.

## (ح)

**الحرار** **Alharat**: تمتد بشكل رئيس من جنوب المملكة إلى شمالها، ويتكون معظمها من صخور البازلت، وتكون صخورها فوق صخور الدرع العربي، وتمثل حوالي 4.6٪ من مساحة المملكة.

**الحركة التراجعية** **Retrograde motion**: هي حركة ظاهرية وهمية تحدث عندما يسبق الأرض الكوكب الخارجي فيبدو الأخير وكأنه يتراجع عن الأرض.

**حزام كويبر** **Kuiper Belt**: هي منطقة مليئة بالأجسام الجليدية تقع بعد مدار نبتون.

**الحقبة** **Era**: ثاني أكبر وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي، وتتراوح مدتها بين عشرات إلى مئات ملايين السنين، وتحدد بناء على التغيرات في أشكال الحياة المحفوظة في الصخور.

**الحمل الحراري** **Convection**: نقل الطاقة الحرارية من المواد الساخنة إلى المواد الأقل حرارة.

**الحين** **Epoch**: وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي، وهي أصغر من العصر، وتتراوح مدتها بين مئات آلاف السنين إلى ملايين السنين.

**س** **سلم الزمن الجيولوجي** **Geologic time scale**: سجل لتاريخ الأرض منذ نشأتها قبل 4.6 بليون سنة حتى الآن.

**(ش)**

**الشفق القطبي** **Aurora**: هو عملية اصطدام للجسيمات المشحونة الصادرة من الشمس بالذرات والجزئيات الموجودة في الغلاف الجوي العلوي للأرض مما ينتج عنه إطلاق طاقة على شكل ضوء.

**الشواظ الشمسي** **Solar prominence**: ظاهرة شمسية عادة ما ترافق البقع الشمسية وتظهر بشكل حلقي بسبب تقوسها مع الحقل المغناطيسي بين البقع الشمسية.

**الشهاب** **Meteor**: احتراق النيازك في الغلاف الجوي قبل أن تصل إلى الأرض.

**(ض)**

**الضخ الجائر** **Overpumping**: زيادة معدل سحب المياه من البئر على معدل تعويض المياه فيه بواسطة الأمطار.

**(ط)**

**الطاقة الحيوية** **Bioenergy**: تحويل المواد الخام إلى شكل صالح للاستخدام من الطاقة عن طريق الاحتراق أو العمليات الكيميائية الحرارية.

**الطاقة النووية** **Nuclear Energy**: هي الطاقة المنبعثة من نواة الذرة نتيجة للانحلال أو الاندماج النووي.

**طاقة الهيدروجين** **Hydrogen fuel**: استخدام الهيدروجين لتوفير الوقود للقطاعات ذات الاستخدام الكثيف للطاقة كالصناعات الثقيلة ووسائل النقل الكبيرة.

**الطبوع** **print**: هو الأثر والطبعة التي تتركها المخلوقات الحية على المواد الرسوبية الطرية، وعندما تجف هذه الرواسب يحفظ الطبوع كنوع من **اللاجف**.

**(ر)**

**الرف العربي** **Arabic Basin**: هو إقليم يقع إلى الشرق والشمال والجنوب من الدرع العربي، ويشكل نحو ثلثي مساحة شبه الجزيرة العربية، وقاعدته إقليم الدرع العربي نفسه، وهو تتابع من الصخور الرسوبية التي ترسبت على اليابسة وفي المياه الضحلة.

**(ز)**

**الزيف الكروي** **Spherical aberration**: هو نوع من التشوه يحصل للصورة بسبب أن الأشعة النافذة من أطراف العدسة تكون بؤرتها قريبة من العدسة بعكس الأشعة النافذة بالقرب من مركز العدسة.

**الزيف اللوني** **Chromatic aberration**: هو عيب من عيوب العدسات، وينتج عن تركيز الضوء الأبيض في نقاط مختلفة مما يؤدي لظهور الجسم المرئي محاط بأهداب ملونة.

**الزيف الهالي** **Coma aberration**: هو نوع من التشوه تظهر فيه صورة الأجرام البعيدة عند مركز الرؤية فقط متطاولة وعلى شكل قطرة.

**(س)**

**السبخ** **swampy ground**: جمع سبخة وهي أرض مستوية، عادة ما تقع بين الصحراء والبحر، وهي نوعان؛ ساحلية قريبة من البحر، وداخلية في فوهات البراكين والكثبان الرملية.

**سحابة أورت** **Ort cloud**: هي سحابة كروية هائلة تحيط بالنظام الشمسي تقع وراء نبتون وتبعد عن الشمس 2000 إلى 100 ألف وحدة فلكية.

**سلسلة بروتون** **Proton chain**: سلسلة تفاعلات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم في لب الشمس.



# مسرد المصطلحات

**عمر النصف Half-life:** المدة الزمنية اللازمة لتحلل نصف ذرات النظير المشع، مثل تحلل نصف عدد ذرات نظير الكربون-14 المشع.

(غ)

**الغلاف الضوئي Photosphere:** هي الطبقة التي نراها من الشمس، تحتوي على حبيبات ناتجة عن عمليات الحمل الحراري، وتعد أبرد منطقة من الشمس.

(ق)

**القوالب Templates:** هي الأشكال الناتجة عندما تنطبع الرواسب على شكل المخلوق الخارجي بعد تكون النموذج.

**قوة التفريق Resolution power:** هي القدرة على تفريق وتحليل صور الأجسام البعيدة عن بعضها، وتحدد بأقل زاوية بين نقطتين يمكن تفريقهما عن بعض بوضوح.

(ك)

**الكثبان الرملية Sand dunes:** وحدة جيولوجية وحيو مورفولوجية متميزة في إقليمي الرف العربي والدرع العربي، وهي تغطي نحو 33% من مساحة المملكة، وأكبر بحار الرمال مساحة في المملكة هو الربع الخالي.

**الكواكب الداخلية Inner planets:** هي كواكب صخرية تشابه في التركيب مع كوكب الأرض، وهي: عطارد، الزهرة، الأرض، والمريخ.

**الكواكب الخارجية Outer planets:** هي كواكب غازية عملاقة، وهي: المشتري زحل، أورانوس، ونبتون.

**الطبقة المحصورة confined aquifer:** هي طبقة (خزان) محصورة من الأعلى ومن الأسفل بطبقة صماء غير منفذة حيث يوجد الماء بين هاتين الطبقتين، ويكون تحت ضغط مرتفع.

**الطبقة غير المحصورة Unconfined aquifer:** خزانات تكون المياه محصورة فيها بطبقة صماء غير منفذة من الأسفل فقط.

**الطبقة المرشدة Key bed:** هي طبقة مميزة من الرسوبيات أو الصخور، تُستعمل مؤشراً في السجل الصخري، وتغطي مساحات شاسعة على الأرض، وقد تكون طبقة من الرماد البركاني أو من القطع الناجمة عن سقوط نيزك أو من الفحم الحجري وغيرها.

**الطبقة المعلقة suspended zone:** هي طبقات معلقة في التربة لمسافات معينة تجتمع في مساماتها المياه.

**الطبقة الملونة Chromosphere:** هي الطبقة التي تقع فوق طبقة الغلاف الضوئي، ينبعث منها لون ضارب إلى الحمرة لا يكون مرئياً عادة.

**الطيف المستمر Continuum:** هو الطيف المنبعث من جسم ساخن.

**طيف الانبعاث Emission spectra:** هو الطيف الناتج من غاز ساخن.

(ع)

**العصر Period:** ثالث أكبر وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي، وتعادل عشرات ملايين السنين.

**علم الأحافير paleontology:** العلم الذي يدرس المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي.

**علم البيئة الفضائية Environmental Space Science:** العلم الذي يتعامل مع الظروف المتغيرة مكانياً وزمانياً في النشاط الشمسي والغلاف المغناطيسي الأرضي والأيونوسفير، والتي قد تلحق الضرر بالنظم التكنولوجية في الفضاء وعلى الأرض.



**مبدأ القاطع والمقاطع Cross-cutting relationship:** مبدأ ينص على أن القاطع أحدث من المقطوع. ويعني من ناحية جيولوجية أن الصخور أو الصدوع التي تقطع صخوراً أخرى تكون هي الأحدث، والصخور المقطوعة هي الأقدم.

**مبدأ النسقية Uniformitarianism:** مبدأ ينص على أن العمليات الجيولوجية حدثت وتكررت منذ نشأة الأرض (الحاضر مفتاح الماضي).

**المخدش streak:** لون مسحوق المعدن.

**المنذبات Comets:** هي أجرام سماوية تتكون في الغالب من الجليد.

**المصادر النفطية Oil traps:** هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط أو الغاز بالتجمع فيه بكميات اقتصادية ويحول دون تسربها.

**المضاهاة Correlation:** مطابقة منكشفات صخرية معينة في منطقة ما مع منكشفات صخرية أخرى مشابهة لها في مناطق أخرى.

**المطياف Spectrograph:** جهاز يستخدم في تحليل أشعة النجم الذي تم رصده إلى أطياف؛ وذلك لدراسته بشكل تفصيلي.

**المكسر Fracture:** شكل سطح المعدن الناتج عند كسره، يظهر على شكل قوس (محاري)، أو خشنًا، أو ذا حواف مسننة.

**منطقة الإشعاع Radiation zone:** هي المنطقة التي تلي اللب، وتنقل الطاقة من اللب إلى الطبقات الخارجية عن طريق الإشعاع.

**منطقة الحمل الحراري Thermal convection zone:** المنطقة التي تلي منطقة الإشعاع، ويتم فيها نقل الطاقة إلى الخارج عن طريق الحمل الحراري.

**المنكشف outcrop:** هو المقطع المثالي لصخور التكوين الظاهرة على سطح الأرض.

**الكواكب القزمة Dwarf Planets:** هي أجرام سماوية ذات قطر صغير تدور حول الشمس، ويسبب صغر حجمها وضعف جاذبيتها يشترك مدارها مع أجرام أخرى.

**الكويكبات Astroids:** هي أجرام صخرية صغيرة غير منتظمة الشكل تدور حول الشمس في حزام الكويكبات الواقع بين كوكب المريخ وكوكب المشتري.

## (م)

**الماء الاحفوري fossil water:** مياه معدنية أو مالحة محفوظة أو محبوسة في الصخور الرسوبية أثناء تكونها وتصلبها في قيعان البحار والمحيطات.

**الماء الصهاري Magmatic water:** هو الماء المشتق أثناء تبلور وانفصال الصخور النارية.

**ما قبل الكامبري Precambrian:** أكبر الفترات الزمنية الجيولوجية ويشمل 95٪ تقريبًا من سلم الزمن الجيولوجي، ويتشكل من الدهور الثلاثة: الهيديان، والأركيان، والبروتروزوي.

**مبدأ الاحتواء Principle of medision:** من مبادئ التاريخ النسبي للصخور، وينص على أن القطع الصخرية (المحتبسة) أقدم من الصخور التي تحتويها.

**مبدأ الترسيب الأفقي Original horizontality:** مبدأ ينص على أن الصخور الرسوبية ترسبت في وضع أفقي تقريبًا.

**مبدأ تعاقب الطبقات Superposition:** مبدأ ينص على أنه في أي تعاقب طبقي تكون أقدم الطبقات الصخرية هي السفلى، وأحدث الطبقات هي العليا، وكل طبقة في التعاقب تكون أحدث من التي تقع أسفل منها.

## (هـ)

**الهجرة الأولية Main Oil migration:** انتقال النفط مباشرة من صخر الصدر إلى صخر الخزان.

**الهجرة الثانوية secondary oil migration:** تحرك النفط داخل الخزان نفسه من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط الأقل.

## (ن)

**الانشطار النووي Nuclear fissions:** يحدث عندما تنقسم نواة الذرة إلى نواتين أو أكثر ويصاحب ذلك انبعاث للطاقة.

**النظام النفطي Oiling System:** هو النظام الذي يشمل كل العناصر والعمليات الجيولوجية الأساسية لعملية توليد وإنتاج النفط.

**النظرية الكيميائية Chemistry theory:** تفترض هذه النظرية أن بعض الهيدروكربونات قد تكونت في الزمن القديم باتحاد الهيدروجين بالكربون ثم انتشرت في باطن الأرض وتحولت إلى نفط.

**النظرية المعدنية mineral theory:** تفترض هذه النظرية أن النفط تكون نتيجة لتعرض بعض رواسب كبريدات الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء.

**النظرية العضوية organic theory:** يتكون النفط من بقايا بعض الكائنات الحية والعوالق التي اختلطت بعد موتها بالرواسب وتعرضت لضغط هائل ودرجة حرارة عالية أحدثت نشاطاً كيميائياً نتج عنه تكون النفط.

**النموذج Model:** تحليل المادة الرخوة من جسم المخلوق وامتلاء التجويف الداخلي لها بالرواسب فيتكون النموذج.

**النيازك Meteoroids:** هي أجرام صخرية ذات حجم صغير، يكون مصدرها المذنبات أو الكويكبات، تخترق الغلاف الجوي للكواكب وتسقط على السطح محدثة فوهة.

## (و)

**الوحدة الفلكية Astronomy Unit:** هي متوسط المسافة بين الأرض والشمس وتساوي 150 مليون كم.

