قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

علوم الأرض والفضاء

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثالثة

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة 1447-2025

يوزع مجاناً ولا يباع
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ⓒ المركز الوطني للمناهج ، ١٤٤٦هـ

المركز الوطني للمناهج
علوم الأرض والفضاء - التعليم الثانوي - السنة الثالثة - نظام المسارات
. / المركز الوطني للمناهج .- الرياض ، ١٤٤٦هـ
٤٥٣ ص ؛ ٢٧.٥ X ٢١سم

رقم الإيداع ١٦٨١٨ / ١٤٤٦

ردمك ٩٧٨ - ٦٠٣ - ٨٥٣٣ - ١٨ - ٥؛

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

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

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبب ضررًا 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 جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدببة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحذر مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سوائل ملتسكة، تماس كهربائي، أسلاك معراة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فورًا.
المواد المهيجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق اكسيد 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 جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات الأسيتون، برمنجنات الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا 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 (ضفائر)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.



سلامة العين
يجب دائمًا ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.



وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعًا أو حريقًا للملابس.



سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.



نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.



غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ 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 مُخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

وقد جاء كتاب علوم الأرض والفضاء لنظام المسارات في التعليم الثانوي داعمًا 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 أيضًا مبدأ رؤية 2030 "نتعلّم لنعمل".

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطًا 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 تضمَّن 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 الاستهلالية في كل فصل بوصفهما تقويمًا تمهيديًّا؛ 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 يتضمَّن تذكيرًا 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 اختبارًا مقننًا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

فهرس أقسام الكتاب

الجزء الأول (1-1) 6

الجزء الثاني (2-1) 255

الجزء الأول (1-1)

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء؟ 9

الفصل 1

تطور الكون **12**

1–1: نشأة الكون 14

2–1: 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

الفصل 3

المعادن **74**

1–3: ما المعدن؟ 76

2–3: أنواع المعادن وأهميتها 86

السياحة الجيولوجية 92

مختبر الجيولوجيا 93

دليل مراجعة الفصل 94

تقويم الفصل 95

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









وزارة التربية
Ministry of Education
2025 - 1447

قائمة المحتويات

الفصل 5

الصفائح الأرضية وآثارها 150
5–1: انجراف القارات 152
5–2: توسع قاع المحيط 157
5–3: حدود الصفائح وأسباب حركتها 164
الجيولوجيا والبيئة 172
مختبر الجيولوجيا 173
دليل مراجعة الفصل 174
تقويم الفصل 175
اختبار مقنن 176

الفصل 6

البراكين والزلازل 178
6–1: ما البركان؟ 180
6–2: الثورانات البركانية 189
علم الأرض والتقنية 195
6–3: الأمواج الزلزالية وبنية الأرض 196
6–4: قياس الزلازل وتحديد أماكنها 204
6–5: الزلازل والمجتمع 210
الزلازل والمجتمع 217
مختبر الجيولوجيا 218
دليل مراجعة الفصل 219
تقويم الفصل 221
اختبار مقنن 223

مرجعيات الطالب

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





وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

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

قبـــل أن تقـــرأ

اقرأ كلًا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائه؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.



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

الفكرة الرئيسة تصف الموضوع، وتدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للتصفح

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرَّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل مستخدمًا العناوين الرئيسة 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.


1-1

نشأة الكون

The Origin of the Universe

الأهداف
- يعرف الكون.
- يقترح مراحل نشأة الكون.
- يحسب عمر الكون.

مراجعة المفردات
الكسوف: أية عتامة جزئية صغيرة تقريب الأجسام البعيدة وترضح الظلمة

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

الربط مع الحياة هذا الفلك الذي يرعجنا السماء، تساءلوا مرارًا عن كيفية بداية الكون وعن مآله، ونتيجة لذلك فقد اندفع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يساندهم علماء الفلك والفيزياء الفلكية براديو تسعى إلى تفسير: كيف بدأ الكون وكيف يتغير عبر 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 والنجوم والكواكب بالإضافة إلى الكويكبات والمذنبات و الشهب الشكل 1-1. تفهم نشأة الكون يعمل على توسيع إدراكنا حولنا وخارج كوكبنا فضلاً بمساعدتنا من فهم نشأة الكون وتطوره إلى 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 الناجمة وخسوف القمر وكسوف الشمس ومع مرالتهم للسماء بجوبها اختلفت نظرة المجتمعات البشرية سماوات مختلفة ترتبط بالبيئة المحيطة بهم مثل كوكبة الثور والعقرب والجبار والحمل والدب الأكبر والأصغر والسنتور؛ العلاقة بين فهم هذه المجموعات النجمية والفصول الناجمة وما يرتبط بها من مواسم زراعية وبعض العبادات في الإسلام مرتبطة بظواهر فلكية فأوقات الصلاة التي ترتبط بحركة الشمس الظاهرية فصلاة الفجر يبدأ وقتها من فجر الشفق الأبيض ناحية الشرق إلى شروق الشمس وصلاة الظهر يبدأ وقتها حين تزول الشمس أي تبدأ في الانخفاض بعد أن وصلت أعلى ارتفاع لها في السماء، وكذلك أوقات صلاتي العصاء والفجر مرتبطان بحركة القمر حول الأرض، والسفر في البحار من البشار يعتمد معرفة الاتجاهات والتي تتم بالاهتداء بالنجوم وقال تعالى: ﴿وَعَلَامَاتٍ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ﴾ سورة النحل الآية:16

الشكل 1-1 قد يرى في الكون الكثير من هذه الأجسام السماوية والكواكب والنيازك والشهب.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.


تمدد الكون Expansion of the Universe

أبصر عالم الفلك إدوين هابل في عشرينات القرن الماضي الكشف الذي غيّر بالكون، وذلك باستخدام التلسكوب مرصد جبل ويلسون في توس أنجلوس، حيث أثبت هابل أن الكون ليس ثابتاً وإنما يتمدد الشكل 1-2 بعد ذلك بعقود، وفي عام 1998 رصد التلسكوب هابل الفضائي -أحد النتائج الغريبة- مستعرات عظمى بعيدة supernova، ووجد أن الكون منذ زمن طويل كان يتمدد بشكل أبطأ مما يحصل الآن، وهذا الاكتشاف قاد علماء الفلك وتوقعت نظريات بسبب جاذبية مادة الكون بتباطؤ من تمدده أو حتى تسبب تقاصه. ومن أسباب تمدد الكون الطاقة المظلمة Dark Energy وهي قوة غامضة مجهولة المنشأ تشكل 68% من محتوى الكون. وهذه الطاقة هي واحدة من أكثر مواضيع الفضاء جدلاً في علم الكون، فمثل: ﴿وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ سورة الذاريات الآية:47

ماذا قرأت؟ فسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟

الشكل 1-2 بوالون 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كيف نستفيد من كتاب علوم الأرض والفضاء ؟

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة ؟ وما الفكرة الرئيسة ؟
- 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 بإستخدام المعلومات التي لديك.
- غيّر 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 الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درست.



في نهاية كل فصل أسئلة التقويم، فضلًا عن أسئلة الاختبارات المقننة.

طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد الفكرة العامة .
- اربط الفكرة الرئيسة مع الفكرة العامة .
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

الفصل 1

تطور الكون
Evolution of the Universe



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

1-1 نشأة الكون

الفكرة الرئيسة تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون.

1-2 النجوم والمجرات

الفكرة الرئيسة 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 النيتروني تساوي وزن جبل شاهق على سطح الأرض.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

هل يتمدد الكون كتمدد البالون ؟

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



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.

المطويات
منظمات الأفكار

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



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



الخطوة 2 اثن الورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية.



الخطوة 3 ألصق الجزء الثني من الورقة من الجوانب لعمل ثلاثة جيوب، وعَنونها بأنواع المجرات: البيضاوية، الحلزونية، وغير المنتظمة.

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

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-1

نشأة الكون

The Origin of the Universe

الأهداف

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

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

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

الربط مع الحياة طالما افتتن الناس بروعة السماء و تساءلوا دومًا عن كيفية بداية الكون و عن مآله، و نتيجة لذلك فقد ابتدع العلماء المتخصصين بدراسة الكون يساندهم علماء الفلك و الفيزياء الفلكية نماذج تسعى الى تفسير: كيف بدأ الكون و كيف يتغير بمرور الزمن؟ و ماذا 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 و الشهب **الشكل 1–1**. لفهم نشأة الكون يعمل على توسيع ادراكنا لما حولنا وخارج كوكبنا، فمثلًا 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 ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلنُّجُومَ لِتَهْتَدُوا۟ بِهَا فِى ظُلُمَٰتِ ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ ۗ قَدْ فَصَّلْنَا ٱلْءَايَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴾ سورة الأنعام الآية:97.





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

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.

مهن في علم الفضاء

يركز الفلكي في مجال مهنته على رصد الأجرام السماوية كنحري اهلة الشهور القمرية أو كفني تحليل البيانات في وكالات الفضاء . ويمكن للفلكي أن يمارس مهنته في القبب الفلكية لتثقيف الناس بمجال الفلك والفضاء عبر تقديمه عروضًا محاكيه للسماء.

الجدول 1–1 مقارنة بين العلوم المهتمة بدراسة الكون

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

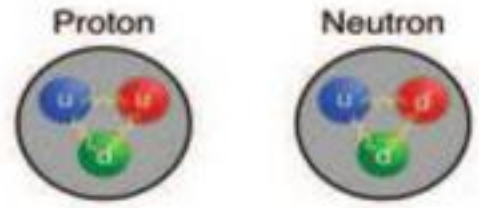
الكون: علم أساسي
Cosmology: The Central science

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 قبولًا 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 الكهرومغناطيسة 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 واللبتونات**) وهي وحدات البناء الأساسية للمادة، تتحرك في درجات حرية مختلفة في مستويات الطاقة. وعندما تمدد الكون و أصبح بحجم المجموعة الشمسية، امتلأ الكون بكل المادة التي يمكن قياسها. وفي هذه المرحلة اندمجت الكواركات وكونت نيوترونات وبروتونات كما هو موضح في **الشكل 2–1**.



الشكل 2–1 يوضح تشكل النيوترونات والبروتونات من الكواركات.

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

الربط مع الفيزياء

إن نقطة الصفر في مقياس كلفن تعرف بأنها الصفر المطلق. ووفقًا لمقياس كلفن فإن نقطة تجمد الماء (0°C) هي 273K تقريبًا، ونقطة غليان الماء هي 373K تقريبًا. 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).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 15×10^{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.

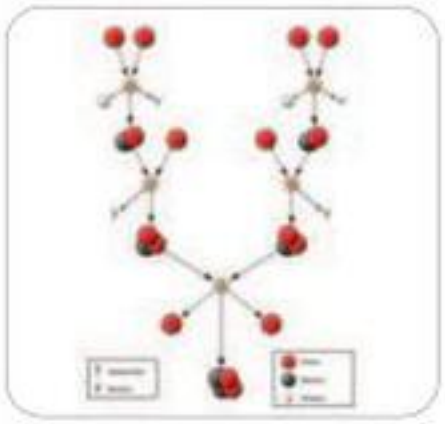
المرحلة الرابعة

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 2–1**.

المرحلة الخامسة

تمدد الكون إلى ألف مرة أكبر من حجم المجموعة الشمسية، ومن ثم اندمجت النيوترونات والبروتونات لتكون نويات ذرات الهيليوم والديوتيريوم (وأحيانًا يسمى «الهيدروجين الثقيل»، وهو الذرة التي تحتوي نواتها على بروتون واحد ونيوترون واحد، وتسمى نواة الديوتريوم) كما هو موضح في **الشكل 3–1**. 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 3–1 اتحاد النيوترونات والبروتونات لتكوين ذرة الهيليوم.



الشكل 4–1 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بسلسلة برتون–برتون.

المرحلة السادسة

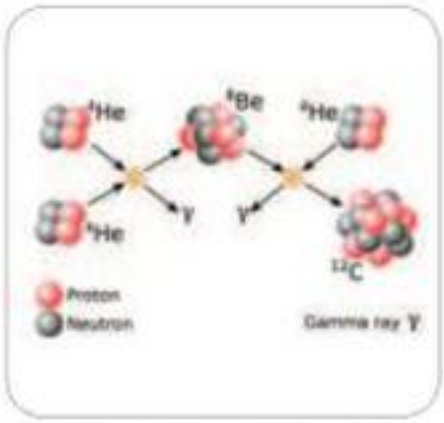
بعد 300 ألف سنة من نشأة الكون ينكمش ألف مرة من حجمه الحالي، ومع انخفاض درجة حرارة الكون أصبحت الظروف مهيأة لتكون الذرات **الشكل 4–1**، ومن ثم تجمعت الذرات مكونة سحب من الغاز والتي تطورت بعد ذلك لتكون النجوم.

المرحلة السابعة

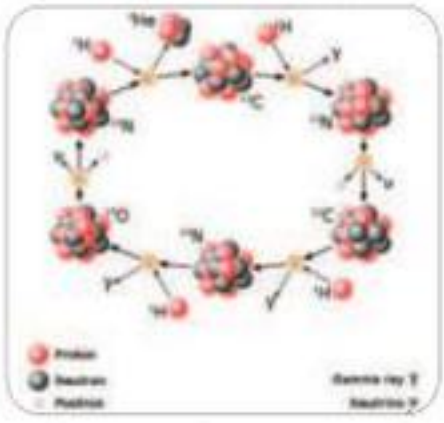
حينما وصل حجم الكون خُمس حجمه الحالي تكونت النجوم وتجمعت في حشود نجمية كروية وتجمعت الحشود النجمية مكونة فيما يمكن أن يسمى مجرات حديثة الولادة.

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 2–1** والأشكال **4–1، 5–1، 6–1**. وقبل خمسة مليار سنة تشكل نظامنا الشمسي، عندما كان حجم الكون ثلثي حجمه الحالي. وبمرور الوقت، استهلك تكوين النجوم إمدادات الغاز في المجرات، وبالتالي تضاءل عدد النجوم من الجيل الأول. ويتوقع أنه بعد خمسة عشر مليار سنة من الآن، ستكون النجوم مثل شمسنا الحالية.



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



الشكل 6–1 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية لتكوين العناصر والتي تعرف بدورة كربون نيتروجين أوكسجين.

الجدول 2–1 يوضح التفاعلات النووية الاندماجية وتكون العناصر ودرجات الحرارة التي يتم عندها الاندماج النووي.

نوع الاندماج	التفاعل الاندماجي	درجة الحرارة (كلفن)
(4–1)سلسلة برتون – برتون	$H \rightarrow {}^{4}He$	$10x10^{6}$
(5–1)عملية ثلاثية ألفا	${}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C$	$100x10^{6}$
(5–1)عملية ثلاثية ألفا	${}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{16}_{8}O$	$600x10^{6}$
(6–1) دورة كربون نيتروجين أوكسجين	${}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{20}_{10}Ne$ ${}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{32}_{16}Si$	$1500x10^{6}$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تمدد الكون Expansion of the Universe

أنجـز عالم الفلـك إدوين هابـل في عشرينيات القـرن الماضي اكتشـافًا ثوريًا يتعلق بالكون، وذلك باسـتخدام تلسـكوب مرصد جبل ويلسـون في لوس أنجلـوس، حيث أثبت هابـل أن الكون ليس ثابتًا وإنما يتمدد **الشـكل 7–1**. بعد ذلك بعقودٍ، وفي عام 1998 رصد التلسـكوب هابل الفضائي –ذو النتائج الغزيرة– مسـتعراتٍ عظمى بعيدةً supernova، ووجـد أن الكون منذ زمنٍ طويـلٍ كان يتمدد بشـكلٍ أبطأ مما يفعـل الآن، وهذا الاكتشـاف كان مفاجِئًا فالمعتقَـد ولوقتٍ طويل بـأن جاذبية مادة الكون سـتُبطِئ من تمـدده أو حتى تسـبب تقلصه. ومن أسـباب تمدد الكـون **الطاقة المظلمـة Dark Energy** وهي قوة خفيه مجهولة المنشـأ تشـكل 65% من محتوى الكـون. وهذه الطاقة هي واحـدة من أكثـر مواضيع النقـاش جدلًا في علـم الكون، قـال تعالى: ﴿ وَٱلسَّمَآءَ بَنَيۡنَٰهَا بِأَيۡيْدٖ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ﴾ سورة الذاريات الآية:47.

ماذا قرأت؟ فسر علاقة الطاقة المظلمة بتمدد الكون؟



الشكل 7–1 يوضح تصور تمدد الكون.

تجربة مسبار الجاذبية : (ناسا)

KACST
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

تمكنت وكالة الفضاء الامريكية 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 آينشتاين أن الزمان والمكان يشكلان نسيجاً واحداً زمكان space–time بدلاً من الصورة السابقة. وقد جاءت النتائج مقاربة 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 جنبا إلى جنب مع الباحثين في ستانفورد.

تجربة عملية
سر الثقوب السوداء
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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.

الربط مع الفيزياء

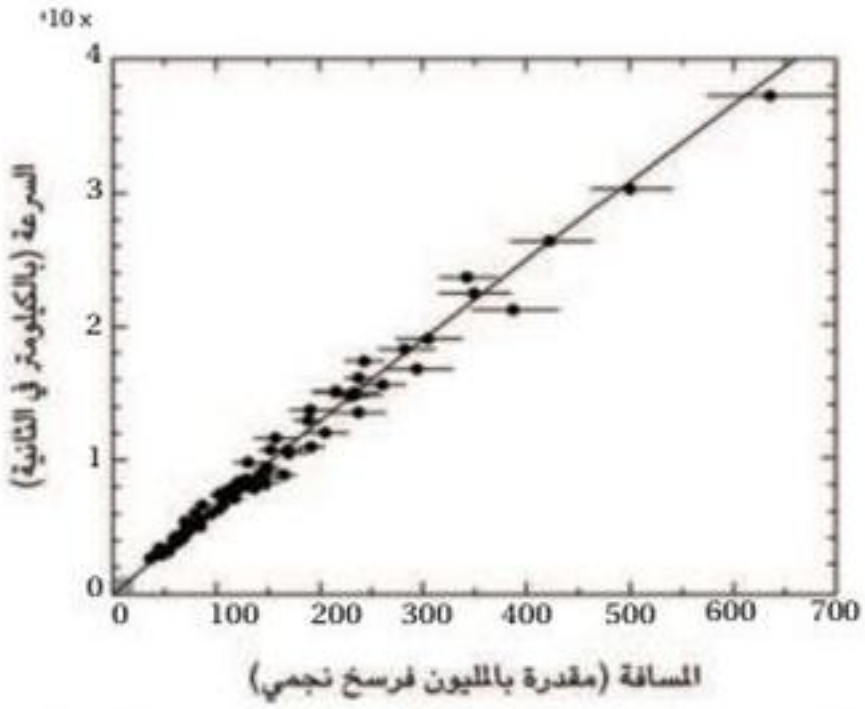
توصل هابل إلى إثبات توسع الكون و حساب عمر الكون عن طريق تأثير دوبلر وهو تغير ظاهري للطول الموجي عندما ترصد من قبل راصد متحرك بالنسبة لمصدر الموجات .

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_o.

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

حيث (H_o) 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 النجمي3.26 سنة ضوئية).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

عمر الكون Age of the Universe

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 نحو13.8 مليار عام.

ميل خط الرسم البياني في **الشكل 8–1**. هو $\frac{V}{D}$ وهو ثابت هابل.

$$H_o = \frac{v}{d} \qquad .1$$

والمسافة مقسومة على السرعة تساوي الزمن أي:

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

من معادلة (1)

$$v = dH_o \qquad .3$$

وباستبدال معادلة 3 في معادلة 2 نحصل على:

$$t = \frac{1}{H_o} \qquad .4$$

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

لذلك: الكيلومتر = 1000 متر والميجا فرسخ = 3.09×10^{22} متر

$$H_o = \frac{71000\ m/s}{3.09\times10^{22}\ m} = 2.29\times10^{-18}\ s^{-1}$$

وبالتعويض عن قيمة ثابت هابل في معادلة 4

$$t = \frac{1}{2.29\times10^{-18}\ s^{-1}} \qquad .5$$

$$t = 4.36\times10^{17}\ s$$

وبتحويل الثواني إلى سنوات نحصل على:

$$t = \frac{4.36\times10^{17}}{60\times60\times24\times365}$$

$$t = 13.8\times10^{9}\ y$$

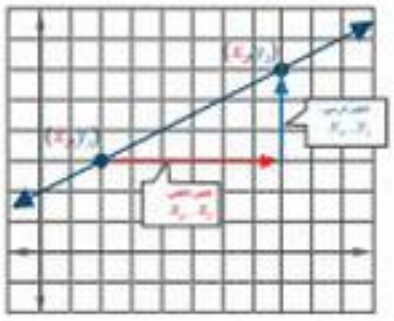
أي أن عمر الكون يصل إلى 13.8 مليار سنة.

الربط مع الرياضيات

في المستوى الإحداثي، ميل المستقيم هو نسبة التغير في الإحداثي x بين أي نقطتين عليه.

ويعطى الميل m لمستقيم يحوي نقطتين إحداثياهما (x_1, y_1) و (x_2, y_2) بالصيغة:

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

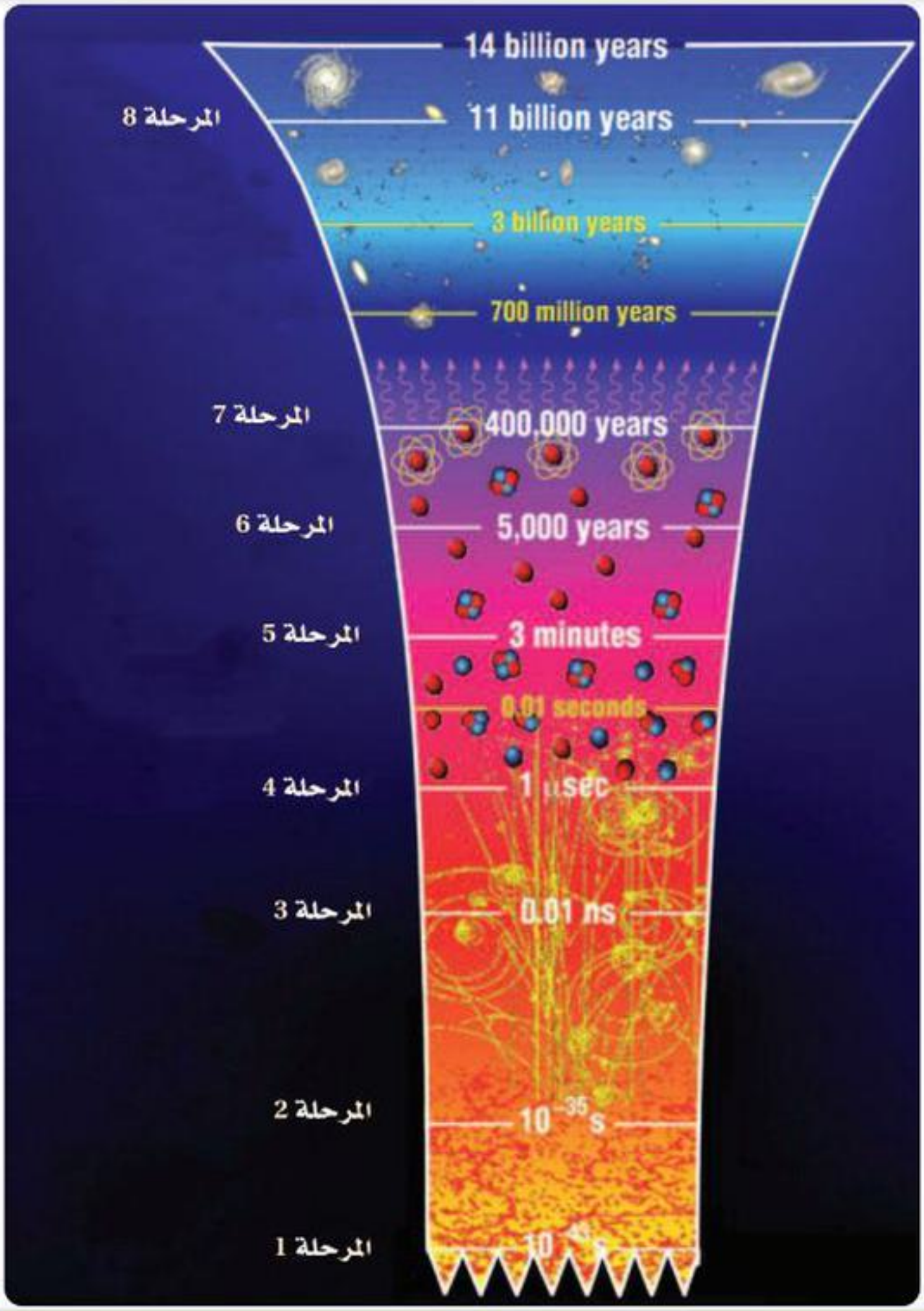




مجسات النجوم المتفجرة

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–.

مخطط يوضح مراحل تطور الكون



الربط مع التقويم:

يعجُّ 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 يَعتقد 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 لتشكل 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 الرئيسة

1. هل يمكن اعتبار التجمع النجمي عبارة عن مجرة وليدة؟ ولماذا؟
2. ما مدى أهمية الفيزياء الفلكية في دراسة نشأة الكون و تطوره؟

التفكير الناقد

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

الرياضيات في الفلك

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

رابط الدرس الرقمي

www.jen.edu.sa

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 النيتروني

ثقب أسود

المجرة

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

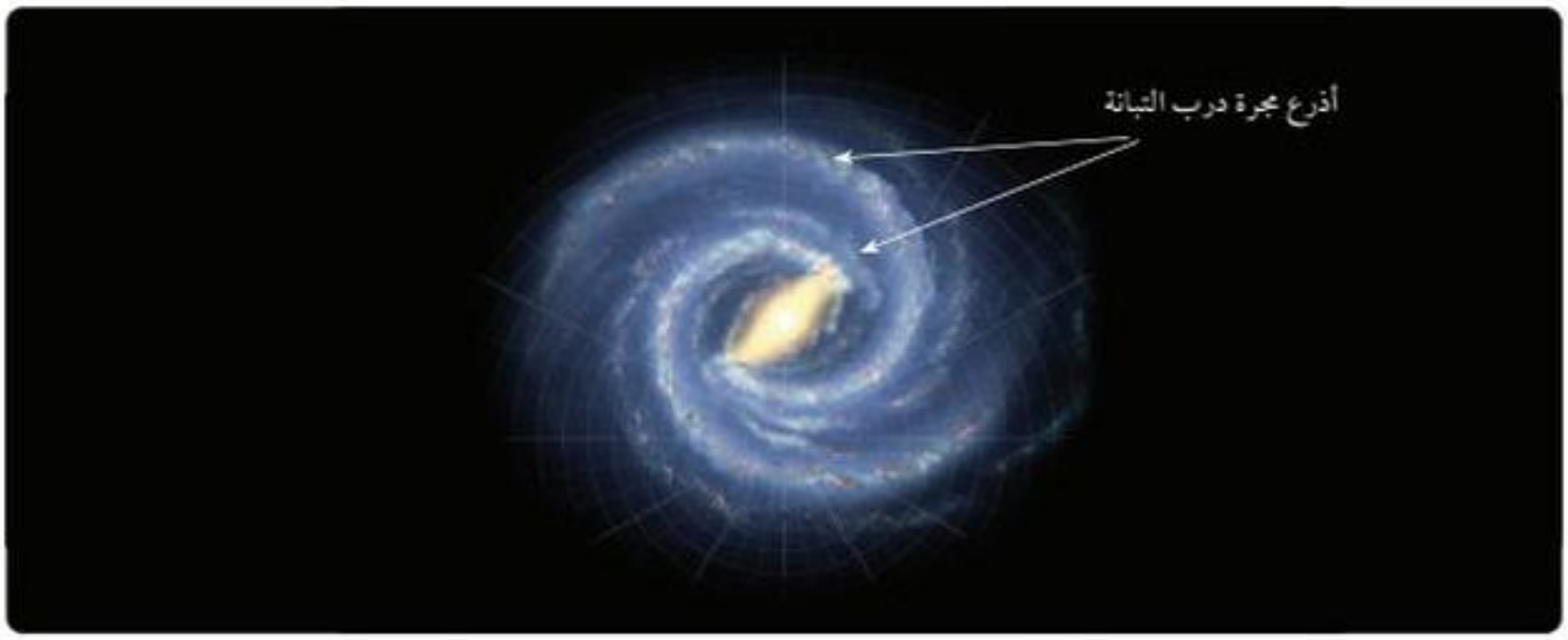
الربط مع الحياة تعد النجوم اللبنة الأساسية للمجرات منذ نشأة الكون وتطوره، وهي من أبرز الأجرام السماوية التي حازت على اهتمام الإنسان منذ القدم، وكانت العرب تستخدمها قديمًا للاستدلال بالاتجاهات وفصول السنة، قال تعالى: ﴿وَهُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلنُّجُومَ لِتَهْتَدُوا۟ بِهَا فِى ظُلُمَٰتِ ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ﴾ 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 جاذبيًا ، يدوران حول بعضهما، و**الحشود النجمية Star Cluster** التي تحتوي على مئات الألوف من النجوم، ويمكن أن يولد النجم مفردًا.

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 وأيضًا 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**.

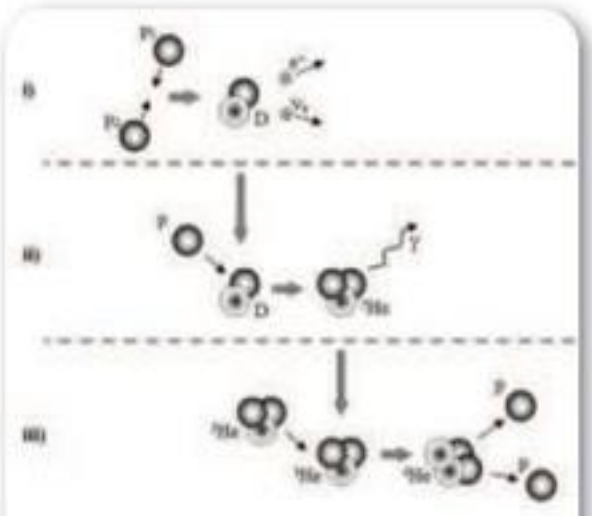
تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل تمتد لملايين السنين، تنكمش السحابة تحت تأثير جاذبيتها ثم يبدأ الغاز والغبار بالتكور ويسمى النجم حينها بالنجم الأولي، ومع زيادة الضغط تبدأ حرارة اللب المنكمش بالارتفاع، وعند ارتفاع درجة الحرارة ما بين 10–15 مليون درجة مئوية تبدأ تفاعلات الاندماج النووي وتحول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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

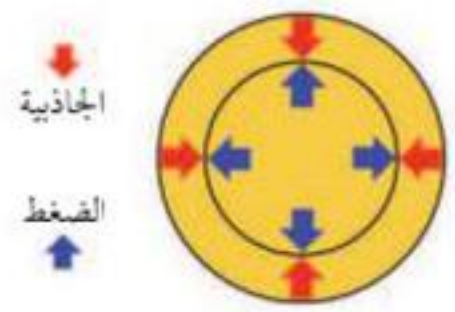


الشكل 9–1 صورة افتراضية لأذرع مجرة درب التبانة.

بعـد تفاعلات الاندماج النـووي وهي تفاعلات يتم فيهـا دمج نواتين خفيفتان لتكوين نواة أثقل مع إطلاق كميات هائلة من الطاقة، ترتفع درجة الحرارة و يتكون ضغط حراري عالي في اللب يدفع الطاقة الى الخارج، ويواجه النجم في المقابل قوة معاكسة وهي قوة الجاذبية التي تدفع الى الداخل، يستقر النجم عنـد موازنة قوة الجاذبية الداخلية بواسـطة قـوة الضغط الخارجية ويسـمى هذا التوازن **بالتوازن الهيدروستاتيكي Hydrostatic Equilibrium** **الشكل 11–1**. تحدد كتلة النجم المولود درجة حرارته وحجمه ولونه حيث أن النجم الأقل سـخونة يكون باللون الأحمر ثم الأصفر ثم الأبيض وأخيرًا عند درجات الحرارة العالية جدًا يكون النجم أزرق.



الشكل 10–1 تفاعـلات الاندماج النووي في النجوم.



الشكل 11–1 التـوازن الهيدروسـتاتيكي في النجوم.

مخطط التتابع الرئيسي
Main sequence diagram

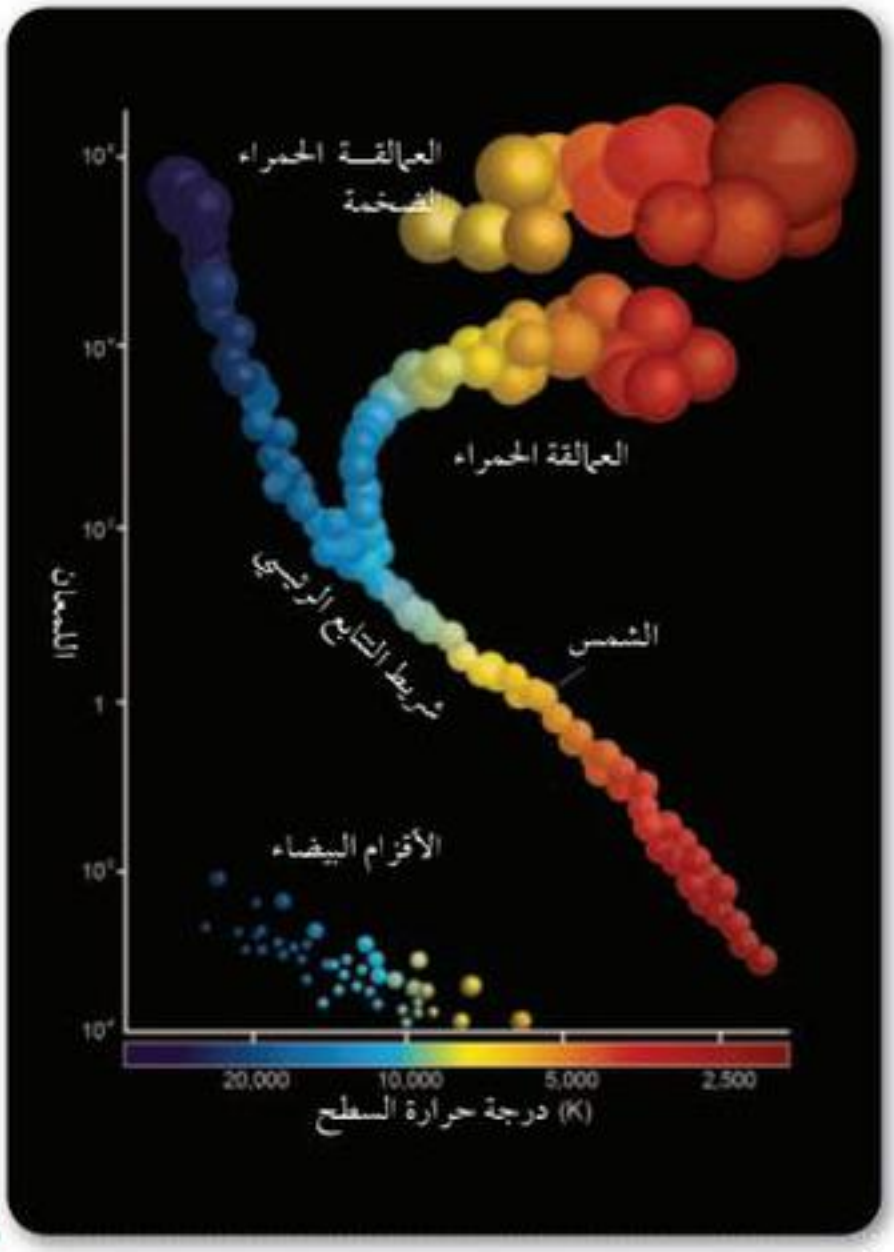
حاول العلماء فهم العلاقة بين درجة حـرارة النجوم ولمعانها والتصنيف الطيفي بعد توفـر بيانات هائلة لهـا، وتوصلوا الى اكتشـاف مخطط التتابع الرئيـسي Hertzsprung–Russell diagram يتيح هـذا المخطط فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط. يوضح **الشكل 12–1** أن المحور الأفقي يمثـل درجة الحرارة، ويمثـل المحور الرأسي اللمعـان، ويعد هذا المخطط من أهم الوسـائل التي تساعد في معرفة بعض المعلومات المهمة عن النجوم. ويمكن تقسيم المخطط إلى عدة مناطق:

منطقة شريط التتابع الرئيسي: لو رسـمنا درجات الحرارة أو اللمعان مع النوع الطيفي للنجـوم لوجدنا أن غالبية النجـوم تنتظم في شريط يمتد من أعلى اليسـار إلى أسـفل اليمين، سـمي هذا الشريط بالتتابع الرئيسي Main Sequence، ونلاحظ أن الشمس تقع عليه، وهي المرحلة الأولى من التطور، يصل النجم إلى التسلسـل الرئيسي بمجرد أن يبدأ الاندماج، وهذا ما يفسر سبب تواجد معظم النجوم على شريط التتابع الرئيسي.

خـــلال هذه المرحلة تتولد طاقة النجم عن طريق عمليات الاندماج التي تحـــول الهيدروجين إلى هيليوم ويقضي النجم90% من حياته في هذه المرحلة. ويحتـــوي الشريط على نجـــوم مختلفة اللون والحرارة والســـطوع، حيث تقع النجوم الحمراء ذات الســـطوع المنخفض والحرارة المنخفضة في أسفل يمين الشريط وتقع النجوم الزرقاء ذات الحرارة العالية والســـطوع العالي في أعلى يسار الشريط.

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

منطقـــة الأقزام البيضاء: أخيرًا، نرى مجموعة مـــن النجوم ذات درجات حرارة شـــديدة ولمعان منخفض وحجم صغير جدًا بقطـــر يتراوح من عدة آلاف إلى 10 آلاف كيلومتر، تقع هذه النجوم في أسفل يسار المخطط وتسمى الأقزام البيضاء.



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

تجربة عملية
نمذجة اختلاف ألوان النجوم
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

بقايا النجوم Star Remnants

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 ويطرد الطبقات الخارجية إلى الخارج مما يسبب تمدد وتوسع النجم إلى أضعاف نصف قطر النجم الأصلي، وهذا التمدد يؤدي إلى تبريد الطبقات الخارجية ويصبح النجم عملاقًا أحمر، هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشاهدتها في السماء ليلًا، مثل: الدبران Aldebarán والسماك الرامح Arcturus وقلب العقرب Antares ومنكب الجوزاء Betelgeuse.

إذا كان النجم ذا كتلة كافية، يصبح اللب المنهار ساخنًا 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 يطرد طبقاته الخارجية إلى الفضاء مشكلًا منظرًا جميلًا مضيئًا 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 **قزمًا أبيض White Dwarf**، وهو نجم شديد الحرارة بسبب الحرارة المتبقية من التفاعلات النووية، وذو كثافة عالية جدًا حيث إن كتلته تساوي كتلة الشمس وحجمه بحجم الأرض.

على مدى عدة مليارات من السنين، ستنخفض درجة حرارة ولمعان القزم الأبيض وينهي 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 نجمًا نيترونيًا أو ثقبًا أسود بحسب كتلة اللب المنهار، إذا كانت كتلة لب النجم ما بين1.5إلى 3 كتل شمسية، يستمر الانهيار حتى تتحد الإلكترونات والبروتونات لتشكل النيترونات وينتج **النجم النيتروني Neutron Stars**، وهي نجوم كثيفة جدًا يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومترًا فقط، وتدور بسرعة حول محورها، عادةً من 20 إلى 50 مرة في الثانية مكونة مجالًا



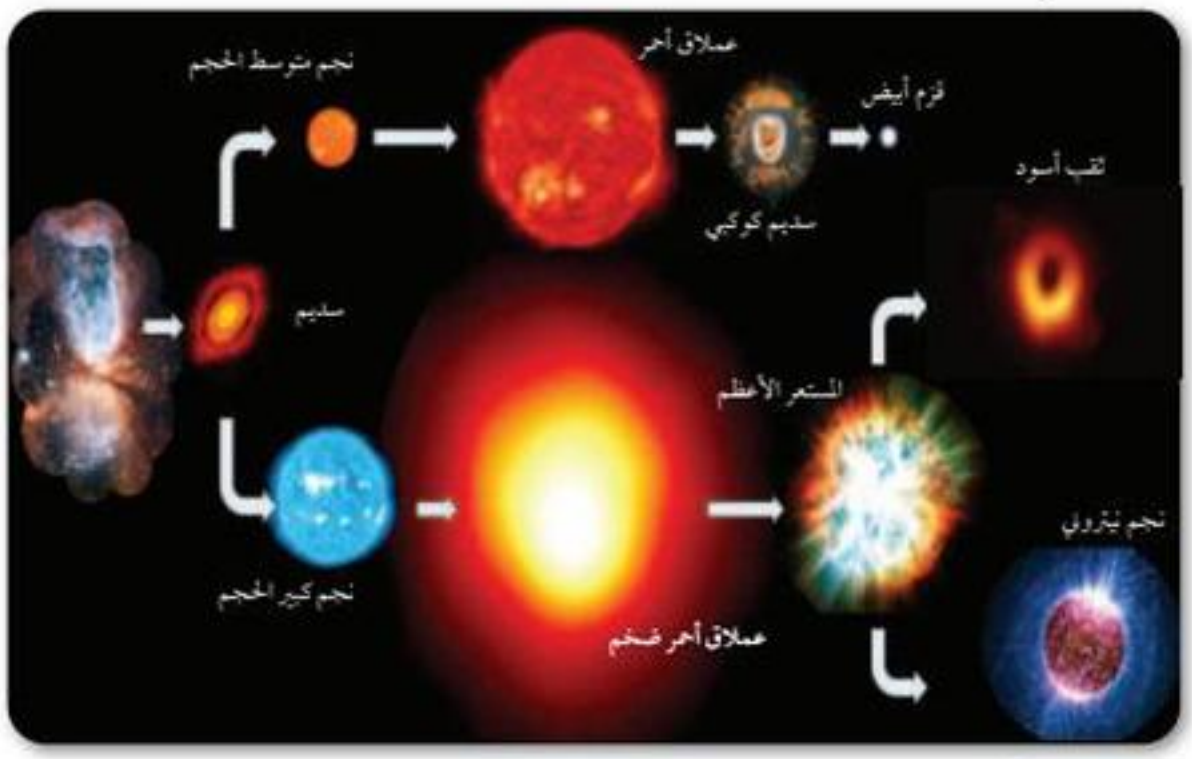
الشكل 13–1 سديم هيليكس الكوكبي.



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

مغناطيسيًا قويًا يسرع الجسيمات الذرية حول الأقطاب المغناطسية 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 تمامًا ليشكل **ثقبًا أسودًا Black Hole**، وهو جسم كثيف بشكل هائل وتكون جاذبيته قوية جدًا 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 يزودها بالعناصر الثقيلة والمركبات الكيميائية الناتجة أثناء الموت النجمي. في النهاية يتم إعادة تدوير هذه المواد، مما يوفر اللبنات الأساسية لجيل جديد من النجوم **الشكل 15–1** يلخص دورة حياة النجوم.



الشكل 15–1 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. أحضِر مصباحًا كهربائيًا آخر.
3. سلط ضوء كلٍ من المصباحين على شاشة بيضاء كلًا 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 دورًا في تغير سطوع المصباحين؟ و هل الأمر ينطبق على النجوم أيضًا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المجرات Galaxies

المجرات Galaxies عبارة عن مجموعات هائلة من النجوم والغاز والغبـــار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية وهي مصدر كل النجوم؛ لأن النجـــوم لا تولد خارج المجرات. ويختلف عـــدد النجوم في المجرات اختلافًا كبيرًا، على سبيل المثال، في بعض المجرات العملاقة، قد يكون هناك أكثر من تريليون نجم وفي المجـــرات القزمة الصغيرة قد يكون هناك بضع مئات من الآلاف فقط.

تـــأتي المجرات في مجموعـــات متنوعة من الأشـــكال والأحجام، ويمكن تصنيف المجرات إلى ثلاث فئات رئيسة:

1. المجرات الحلزونية SpiralGalaxy

هي مجرات تظهر على شكل أقراص مسطحة مع انتفاخات صفراء في مركزهـــا ذات تركيز عالٍ جدًا من النجـــوم. منطقة القرص تكون ممتلئة بالغبار والغـــاز كما هو الحال في درب التبانة. أكثر ما يميزها هو الأذرع الحلزونيـــة، تتميز هذه الأذرع بكثافة أعـــلى من الغاز والغبار وهي مواقع ولادة النجوم وتبدو أكثر ســـطوعًا مقارنةً ببقية القرص بسبب النجوم الساطعة المتكونة حديثًا. المجرات الحلزونية لديها نسبة أعلى بكثير من النجوم الصغيرة بالعمر على عكس المجرات البيضاوية التي تكثـــر فيها النجوم القديمة. وتنتمي مجرتنـــا (مجرة درب التبانة) وأيضًا مجرة المرأة المسلسلة **الشكل 16–1** إلى المجرات الحلزونية.

2. المجرات البيضاوية Elliptical Galaxy

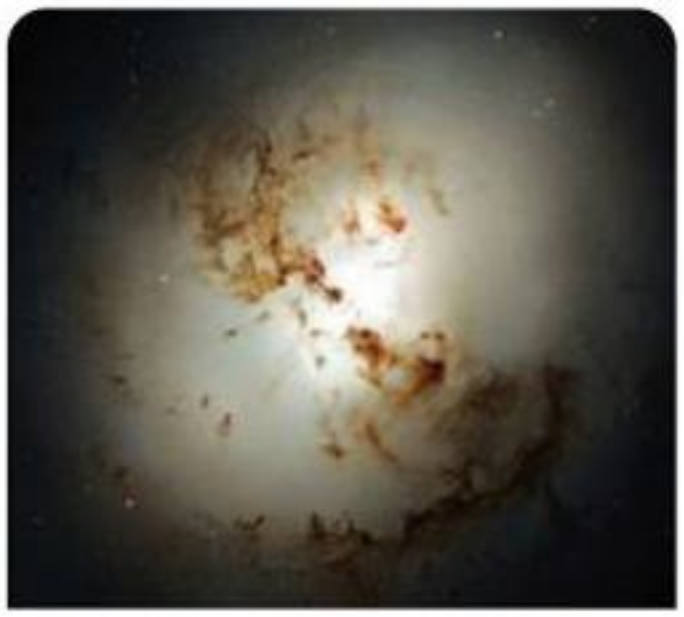
تظهر المجرات البيضاوية على شكل هياكل بيضاوية **الشكل 17–1** مع انخفاض في كثافة النجوم والغاز والغبار، وبالتالي لا يوجد تكوين نجمي جديد. هذه المجرات تكثر فيها النجـــوم القديمة ذات الكتلة المنخفضة واللون الأصفر والأحمر. وتشكل المجرات البيضاوية 10 إلى 15% من المجـــرات. وتميل النجوم في المجرات البيضاوية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

3. المجرات غير المنتظمة Irregular Galaxy

هنـــاك أيضًا فئة من المجرات تعرف بالمجرات غير المنتظمة، والتي ليس لها بنيـــة منتظمة. ويعتقد علماء الفلك أن الأشـــكال المشـــوهة للمجـــرات غير المنتظمة قد تكون ناجمة عن جاذبية المجرات المجاورة مثل ســـحابتي ماجلان Magellanic Clouds، وهما مجرتان قزمتان غـــير منتظمتان، تعد إحـــدى أقرب المجـــرات لمجـــرة درب التبانة **الشكل 18–1**.



الشكل 16–1 مجرة المرأة المسلسلة احدى المجرات الحلزونية.



الشكل 17–1 مجرة NGC 1316 البيضاوية.



الشكل 18–1 مجرة سحابة ماجلان الكبرى غير المنتظمة.

مجرة درب التبانة Milky Way Galaxy

مجرة درب التبانة مجرة حلزونية تحتوي على أكثر من200 مليار نجم، المكونات الرئيسة 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 100ألف سنة ضوئية يحتوي على نجوم صغيرة نسبيًا 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 30سنة ضوئية من مركزها على حافة ذراع الجبار.

2. نواة المجرة Galaxy Bulge

تحتوي منطقة نواة المجرة على كثافة عالية من النجوم وبقايا 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.

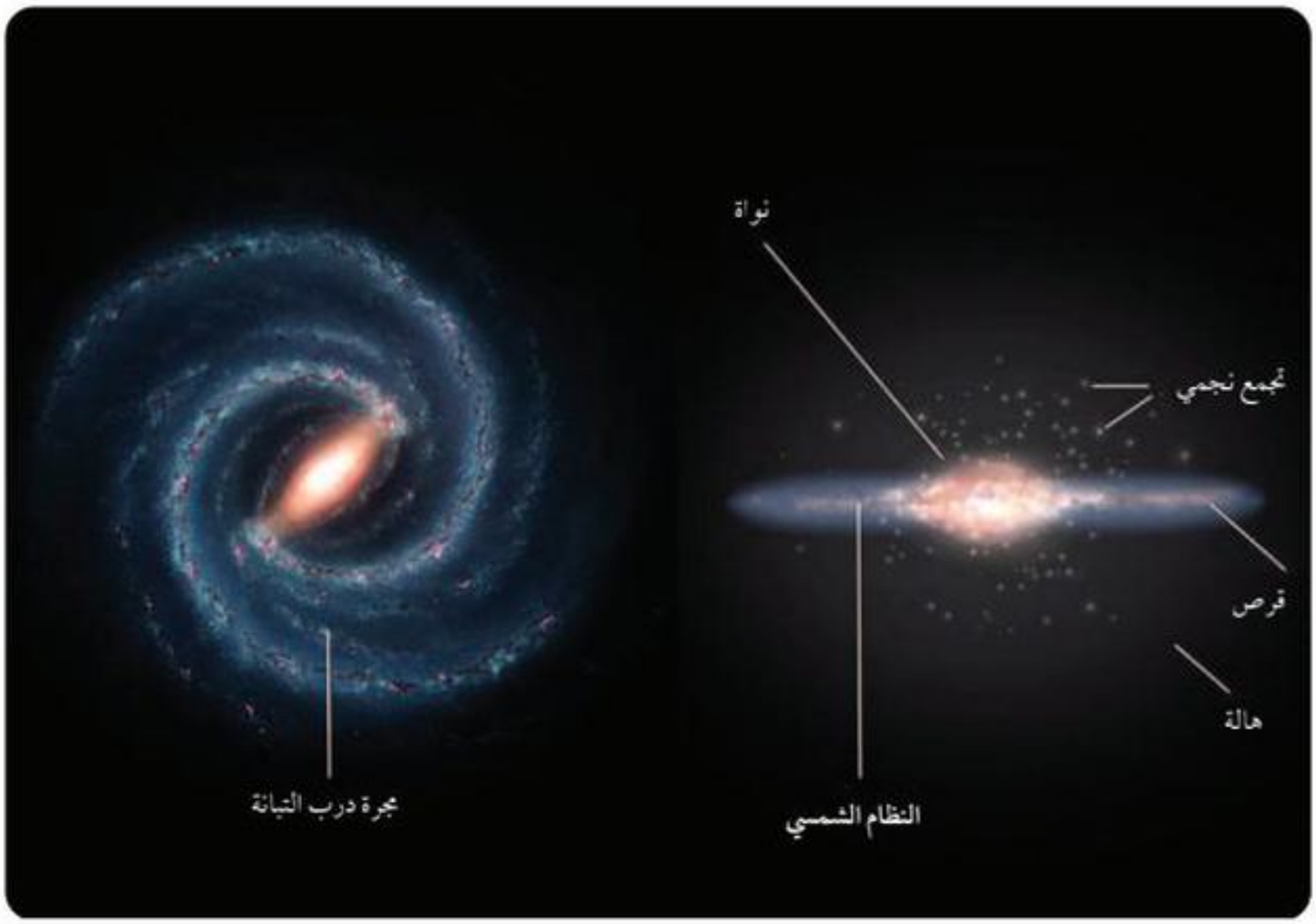
تمكن الروسي راشد سنييف الفائز بجائزة الملك فيصل في العلوم لعام 2009 م من ابتكار نموذج لدراسة كتلة الثقوب السوداء.

الربط مع تاريخ علماء الإسلام



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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440

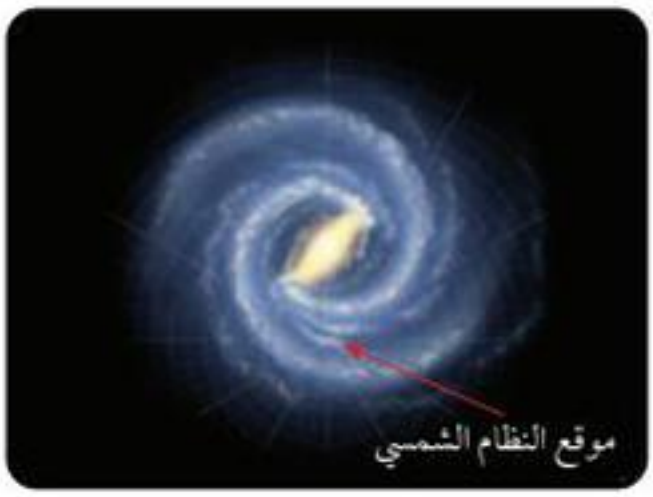


الشكل 19–1 تركيب مجرة درب التبانة.

رؤية 2030 للتقليل من تلوث البيئة

Vision 2030 to reduce light pollution

أفاد مجموعة من علماء البيئة مؤخرًا أن أكثر من ثلث سكان العالم لم يعـودوا قادرين على رؤية نجـوم 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.



الشـكل 20–1 صورة افتراضية لموقع الشـمس في مجرة درب التبانة.

KACST
مدينة الملك عبدالعزيز
للعلـــوم والتقنيـــة

تجربة رحلة صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان لرصد الأشعة السينية في الفضاء

تم ذلك بواسطة المركبة "ســبارتان" التي كانت مهمتها إعداد خارطة توضح مدى انتشار أشعة إكس وتوزيعها، والمنبعثة من مصادر كونية موجــودة في مركز درب التبانة. و كان من ضمن المهمة أيضًا دراســة خصائص الثقب الأســود المتواجد بمركز مجرتنا.



التفكير الناقد

علاقة تمدد الكون بالمجرات

أثبت هابل أن الكون ليس ثابتًا؛ وإنما يتمدد. بعد ذلك بعقودٍ رصد التلســكوب هابــل الفضائي مستعراتٍ عظمى بعيدة (السوبرنوفا) تتباعد عن بعضهــا، ووجد أن الكون منذ زمــنٍ طويلٍ كان يتمدد.

التحليل

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقويم 2-1

الخلاصة

- تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها :
  - التقلص الثاقلي 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، و قرصًا 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 –مستقبلاً – تطوير معداتهم لتصبح قادرة على رصد الثقوب السوداء وتصويرها بسهولة؟

كيف تم تصوير الثقب الأسود؟

كشـف علماء الفلك عام 2019 عن أول صورة حقيقية لثقب أسـود تم التقاطها عبر تلسكوب أفق الحدث **EHT**. وتبدو صـورة النواة المظلمة المحاطة بهالـة برتقالية اللـون من الغاز الأبيض السـاخن والبلازمـا مثل العديـد من الصور الفنيـة التي تم نشرها عـلى مدار الثلاثين عامًا الماضية، لكن في هذه المرة كانت الصورة حقيقية. تعود هذه الصورة لثقبٍ أسودٍ هائل الكتلة تبلغ كتلته 6,5 مليار ضعف كتلة الشـمس، ويقع في قلب مجـرة **M87** التي تبعد عن الأرض مسـافة 50 مليون سـنة ضوئيـة. تركزت معظم التكهنات على المرشـح الآخر المستهدف من قبل تلسـكوب أفق الحدث، وهو الثقب الأسـود الموجـود في مركـز مجرتنـا درب التبانة والمُسـمى ساجيتاريـاس أ* **Sagittarius A**، والذي يبعد عن الأرض مسافة 26000 سنة ضوئية.



تُشـابه صعوبة تصوير الثقب الأسود الهائل الخاص بمجرة **M87** من على بعد هذه المسافة صعوبة تصوير قطعةٍ من الحصاة على القمر، وبدلاً من بناء تلسكوبٍ عملاق من شـأنه أن ينهار تحت ثقلـه الخاص، قام العلماء بدمج العديد من المراصد حول العالم على مدار عدة أيـام في أبريل/ نيسـان 2017، وتم تركيز ثماني تلسـكوبات راديوية في هاواي وأريزونا وإسـبانيا والمكسـيك وتشـيلي والقطب الجنوبي عـلى الثقبين الأسودين ساجيتاريـاس أو**M87**، حيث شكلت هذه التلسكوبات المجتمعة تلسكوبًا افتراضيًا واحدًا بقطر 12000 كيلومـتر، أي بقطـر كوكـب الأرض. في النهايـة، كان **M87** الخيار الأفضـل للتصوير، ولا يرصد التلسكوب الثقب الأسود في حد ذاته، ولكنه يرصد المادة التي يجمعها والتي تشكل قرصًا لامعًا من الغازات السـاخنة والبلازما البيضاء المعروفة باسم قرص التراكم **accretion disk**.

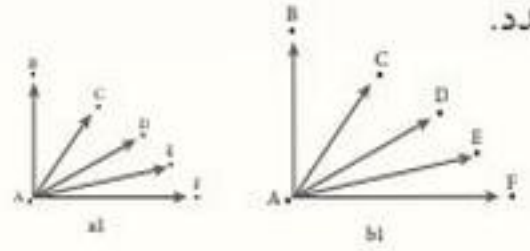


استنتج لماذا كان تصوير الثقب الأسود مهمًا؟

مختبر الفضاء

قانون هابل في الفرن وفي الكون!

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



سؤال كيف يستطع العلماء حساب تمدد الكون والذي يسمى ثابت هابل بإستخدام قانون هابل؟

الأدوات

خليط كيك للخبز . ورق.

عدد من قطع الشوكلاته. أقلام.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. ما مسافة القطعة B عن القطعة A بعد ساعة من خبز الكعك؟ (لا تستخدم المسطرة لقياس المسافة). استخدم الأرقام وعامل التمدد المعطى مسبقاً 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 من C إلى F).
3. قم بحساب سرعة كل قطعة شوكولاتة 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 بيانيا.
5. هل تقع نقاط البيانات الخاصة بك تقريباً 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؟

يمثل معدل تمدد الكعك بميل الخط المستقيم الذي رسمته، ويمكنك حساب الميل من قياسات أي نوعين من القطع على سبيل المثال (القطع B) ،F كالآتي:

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

7. احسب ميل الخط الآن، وسجل إجابتك في ورقة العمل. ونظراً لأن الكعك هو بديل لكوننا، يمكنك اختبار التوسع المنتظم للكون بوسائل مماثلة، 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
الاكليل الشمالي	430	21,600
العواء	770	39,300
الشجاع	1,200	61,200

8. مثل بيانات الجدول السابق لمسافات المجرات وسرعاتها.

التحليل والاستنتاج

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 تظهرعلاقة خط مستقيم، وقد أطلق العلماء على النتيجة اسم قانون هابل $\text{Ho} = \frac{V}{D}$
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.

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة خلق الله سبحانه وتعالى الكون، و ما به من مجرات، و نجوم ،وكواكب. و هو في حالة توسع دائم.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 نشأة الكون	
علم الفلك الفيزياء الفلكية علم الكون علوم الفضاء نظرية الانفجار العظيم الطاقة المظلمة عمر الكون	**الفكرة الرئيسة** تعرف طبيعة الكون ونشأته وعرض طرائق فلكية لتحديد عمر الكون. • يمكن وصف الكون بأنه فضاء شاسع يحتوي على أعداد ضخمة لا حصر لها من الأجرام السماوية. • تعتمد نظرية الانفجار العظيم على أن الكون كان بالماضي في حالة شديد الكثافة والحرارة فتمدد وكان جزءًا واحدًا عند نشأته. • يتم حساب عمر الكون بواسطة: حساب ثابت هابل الذي ينص على أن السرعة التي تبتعد بها مجرة تتناسب طرديًا مع مسافتها عن الأرض: $\mathbf{Ho}=\frac{V}{D}$
2–1 النجوم والمجرات	
النجم النجوم المزدوجة الحشود النجمية الوسط بين النجوم التوازن الهيدروستاتيكي العمالقة الحمراء سديم كوكبي قزم أبيض قزم أسود مستعر أعظم النجم النيتروني ثقب أسود المجرة	**الفكرة الرئيسة** وصف مراحل دورة حياة النجوم، وتحديد موقعنا في مجرة درب التبانة. • تولد النجوم في السحب الجزيئية وتمر بعدة مراحل أهمها : التقلص التثاقلي لسحابة غاز وغبار. ارتفاع درجة الحرارة الداخلية والضغط الداخلي. الاندماج النووي. • يتيح مخطط التتابع الرئيسي فهم دورة حياة النجم عند تحديد موضعه في المخطط. • دورة حياة نجم ما هو تطور يطرأ على النجم بمرور الزمن. • تتكون مجرة درب التبانة من نواة تحوي كثافة نجمية عالية تحيط بها هالة تحوي نجومًا كبيرة وقديمة، وقرص به عدد من النجوم الصغيرة. • تم تقسيم المجرات إلى ثلاثة أنواع بحسب شكلها: حلزونية. بيضاوية. غير منتظمة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

1 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

قارن بين المفردات الآتية:

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

تثبيت المفاهيم الرئيسة

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

5. جرم غازي متألـق تتولد الطاقة في باطنه بواسـطة تفاعلات الاندماج النووي.
   a. النجم. c. الكوكب.
   b. السديم. d. المجرة.

6. سحب تتكون من جزيئات الهيدروجين والهيليوم.
   a. السحب الذرية. c. السحب الجزيئية.
   b. السحب المتأينة. d. السحب الغبارية .

7. نجوم ذات قطـر صغير ودرجات حرارة شـديدة ولمعان منخفض.
   a. الأقزام البيضاء. c. النيترونية.
   b. العمالقة الحمراء. d. المستعر الأعظم.

8. نجوم ذات كثافة عالية يبلغ قطرها المتبقي حوالي 16 كيلومترًا فقط، وتدور بسرعة حول محورها.
   a. النجم النيتروني . c. الأقزام البيضاء.
   b. العمالقة الحمراء. d. الثقوب السوداء.

9. جسم ذو كثافة هائلة وجاذبيته قوية جدًّا، ولا يمكن للمادة أوالإشعاع الهروب منه.
   a. الأقزام البيضاء. c. الثقب الأسود.
   b. العمالقة الحمراء. d. القزم الأسود.

أسئلة بنائية

10. **تتبع** تحول المستعر الأعظم إلى نجم نيتروني.
11. **فسر** كيف يتحـول العملاق الأحمـر إلى نجم قزم أبيض.
12. **وضح** بالرسم تركيب مجرة درب التبانة.
13. **عدد** أنواع المجرات مع ذكر الاختلافات بينهم.

التفكير الناقد

14. دلت القياسات والأرصاد على وجود ثقب أسود في نواة المجرة، وضح كيف تم اكتشاف ذلك؟
15. هناك عدة عمالقة حمراء يمكن مشـاهدتها في السماء ليلًا، مثل: الدبران Aldebarán والسـماك الرامح Arcturus. حسـب ملاحظاتـك لمخطـط H–R هل سـتظل هذه العمالقة على حالها لملايين السـنين القادمة؟ وكيف تفسر رأيك.

تقويم الفصل 1

خريطة مفاهيمية

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

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



سؤال تحفيز

17. ابحث بشــكل 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 الحــرارة العالية واللمعان المنخفض، وماذا تسمى؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

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

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

القراءة والاستيعاب

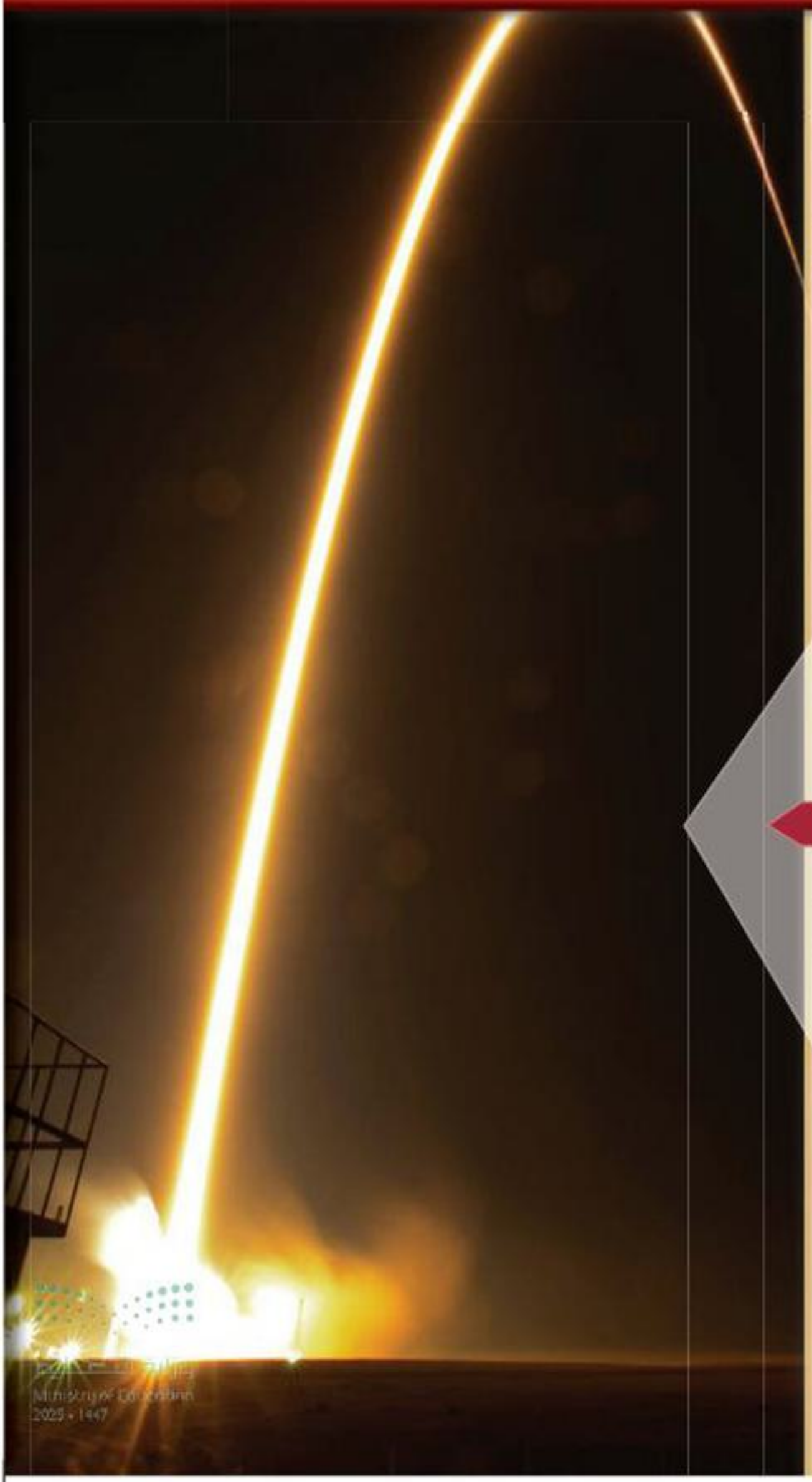
تأثير دوبلر وحركة الاجرام السماوية

في علم الفلك، يُستخدم تأثير دوبلر لقياس سرعة وحركة الأجسام السماوية، بما في ذلك المجرات. عندما تتحرك المجرة بعيدًا عن الأرض، يُلاحظ زيادة في طول موجات الضوء المنبعثة منها، مما يجعلها تبدو أكثر احمرارًا، وهو ما يُعرف بـ "الانزياح الأحمر". وعلى العكس، عندما تتحرك المجرة نحو الأرض، يُلاحظ انضغاط طول موجات الضوء، مما يجعلها تبدو أكثر زرقة، وهذا يُعرف بـ "الانزياح الأزرق". من خلال قياس هذا الانزياح، يمكن لعلماء الفلك حساب سرعة واتجاه حركة المجرة، ومن ثم تقدير المسافات بين المجرات وأبعادها النسبية في الكون. ويمكن للفلكيين باستخدام تأثير دوبلر قياس السرعة الشعاعية للأجرام السماوية (السرعة في اتجاه خط الرؤية). ويستطيع الفلكيون باستخدام تأثير دوبلر أيضًا الكشف عن الكواكب الخارجية بملاحظة التذبذب في حركة النجم الأم. فعندما يدور كوكب حول نجم، فإنه يتسبب في تذبذب النجم بشكل طفيف، ورصد هذا التذبذب من خلال التغيرات في الطيف الضوئي للنجم. باختصار، تأثير دوبلر يلعب دوراً حيوياً في دراسة حركة الأجرام السماوية وفهم ديناميكيات الكون، هذا يساعد في فهم حركة النجوم داخل المجرات وحركة المجرات نفسها داخل الكون.

10. يُستخدم تأثير دوبلر في علم الفلك:
    a. لتحديد كمية الغبار في الفضاء
    b. لتحديد أنواع النجوم المختلفة
    c. لقياس درجات الحرارة في الفضاء
    d. لقياس سرعة واتجاه حركة الأجسام السماوية مثل المجرات
11. يقصد بالانزياح الأزرق
    a. انضغاط في طول موجات الضوء المنبعثة من المجرة التي تتحرك نحو الأرض
    b. زيادة في طول موجات الضوء المنبعثة من المجرة التي تتحرك بعيدًا عن الأرض
    c. تغيير في لون النجوم نتيجة التفاعلات النووية
    d. ظاهرة تحدث عند مغادرة المجرات لمجرتها الأم
12. يمكن لعلماء الفلك استخدام تأثير دوبلر لتقدير المسافات بين المجرات بقياس:
    a. درجة الحرارة الناتجة عن الضوء المنبعث
    b. سرعة واتجاه حركة المجرة بناءً على الانزياح في موجات الضوء
    c. التغيرات في لون المجرة بمرور الوقت
    d. درجة لمعان النجوم المجاورة

الفصل 2

الميكانيكا السماوية
Celestial Mechanics



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

2–1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

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

2–2 التقنية الفضائية

الفكرة الرئيسة استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافيةً لدراستها.

حقائق فلكية

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

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

هل تتحرك جميع الأجسام في نظامنا الشمسي بالسرعة نفسها؟

تتحرك أجرام السماء حول بعضها في مدارات إهليليجية، 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 كلٍ 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 زمني 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؟

المطويات
منظمات الأفكار

اصنع المطوية الآتية لتتعرف على أنواع المركبات الفضائية.



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



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



الخطوة 3: ثبّت أوراق المطوية معًا بالدبابيس، وعنون الألسنة بأنواع المركبات الفضائية: الأقمار الصناعية، المحطات الفضائية، المركبات المأهولة، و المركبات غير المأهولة.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 2–2، لتتعرف على مميزات كل نوع، واعطِ مثالًا على كل نوع مبينًا أهميته.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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.

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

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

الربط مع الحياة حينما تتابع بثًا مباشرًا النهائيات كأس العالم في كرة القدم، فإن هذا الأمر لم يكن ممكناً إلا من خلال وضع أقمارٍ صناعية في المدار الصحيح بدقة حول الأرض، وذلك استنادًا 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: كالخسوف والكسوف **الشكل 1–2**، و شروق و غروب الشمس. وعمل تقاويم لأشهر السنة ولتحديد مواقيت العبادة من حج وصوم وتحديد مواسم الزراعة، وعمل محاكاة حاسوبية لتحديد المواقع واتجاه الحركة **الشكل2–2**. 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.



الشكل 1–2 كسوف شمسي كلي.



الشكل 2–2 تحديد المواقع بواسطة نظام الملاحة العالمي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

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 4–2**.

خصائص القطع الناقص:

يوضح **الشكل 3–2** بعض خصائص القطع الناقص؛ فمثلا 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.

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

للاطلاع

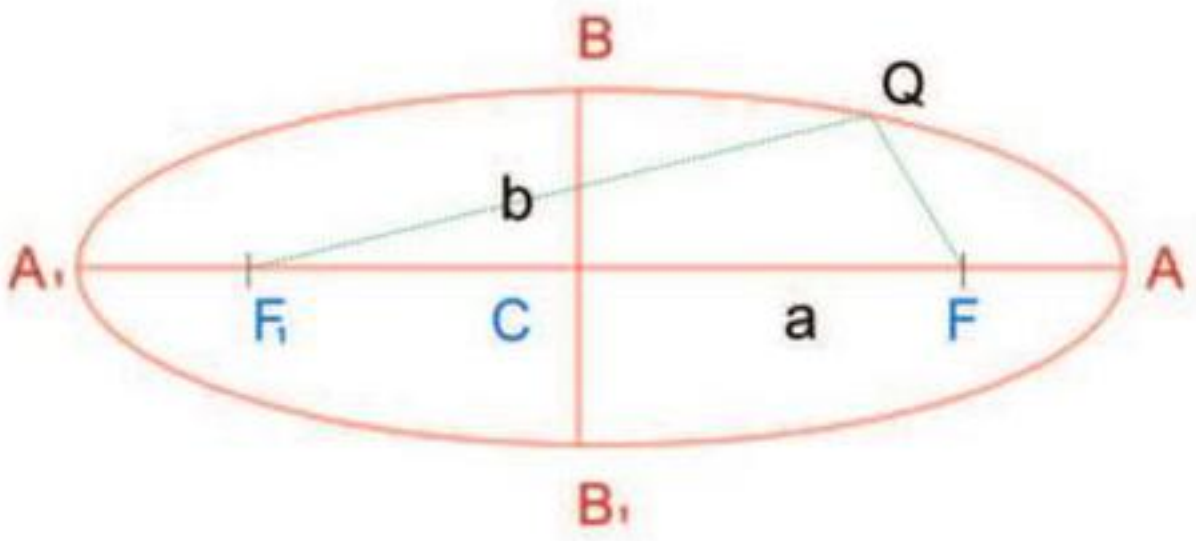
$$e=\frac{CF}{a} \text{ أو } e=\frac{FF_1}{2a}$$

$$CF=ae$$

الربط مع الرياضيات

القطع الناقص هو المحل الهندسي لمجموعة النقاط في المستوى الذي يكون مجموع بعديها عن نقطتين ثابتتين يساوي مقدارًا ثابتًا. تسمى هاتان النقطتان بالبؤرتين.





الشكل 3–2 خصائص القطع الناقص.

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

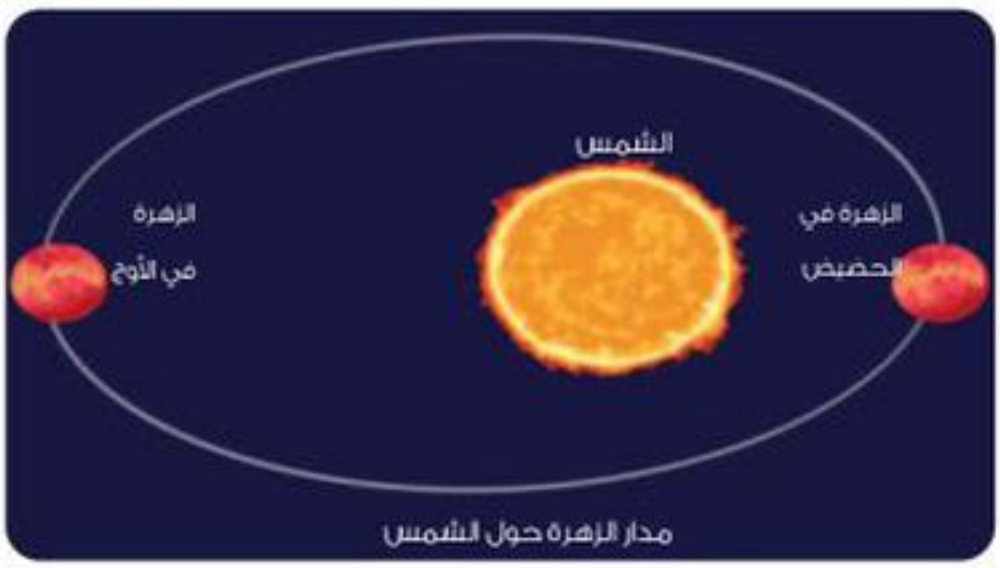
البعد الحضيضي (r_p)

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

و يطلق 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)

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

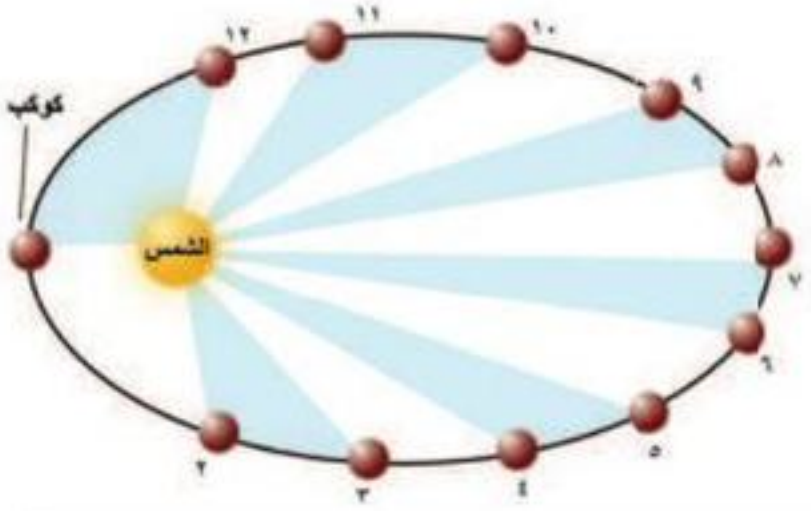


الشكل 4–2 تدور الكواكب حول الشـمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

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 عكسيًا مع بعده عن الشمس، وتصل السرعة أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج كما في **الشكل 5–2**.



الشكل 5–2 تقطع الكواكب مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية أثناء دورانها حول الشمس.

للاطلاع

ولحساب البعد الحضيضي (r_p) وهي المسافة FA

$$r_p = FA$$

$$r_p = CA - CF = a - ae$$

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

وبالمثل: يمكن إيجاد علاقة البعد الأوجي (r_a) وهي المسافة FA_1:

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

تجربة عملية

نمذجة المدار الإهليليجي

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law

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:

$$T^2 \alpha a^3$$

إذا قسنا T بالسنة النجمية (years)، وقسنا 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 قانون كبلر الثالث

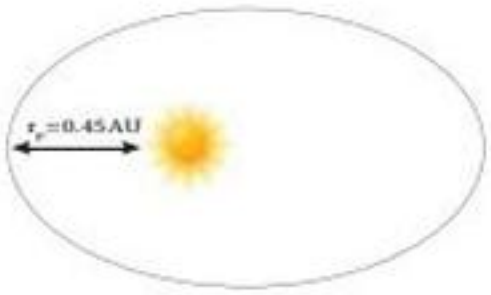
$$T = a\sqrt{a}$$

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.



المعلوم	المجهول
$r_p = 0.45\,AU$ $e = 0.97$	$T = ?$

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون البعد الحضيضي لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر

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

التعويض

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

حساب مدة دوران المذنب حول الشمس بالسنوات

حل قانون كبلر الثالث

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

التعويض

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

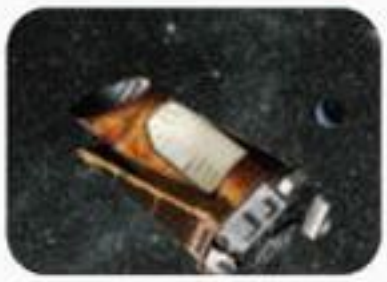
$$T = 58.1\,Year$$

- **تقويم الجواب:**

هل الوحدات صحيحة؟

ستكون وحدة مدة دوران جرم حول الشمس بالسنة.

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.

قانون كبلر الثالث المعدل: Modified 3rd Kepler's law

في عام 1687 قام نيوتـــن بتعديل قانون كبلر الثالث وفقًا لقوانينـــه الخاصة للحركة وقانون الجذب العام.

قانون كبلر الثالث المعدل: $a^3=T^2M$

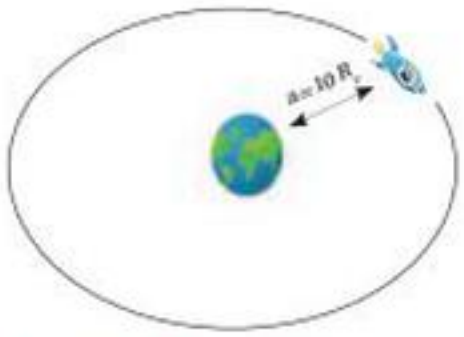
ملاحظة عند حل المسائل:

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

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

مـــثال 2

مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض بـday. علمًا بأن نصف قطر الارض $R_e=6378\,km$ وكتلة الأرض $Me=5.98\times10^{24}\,kg$ وكتلة الشمس $Ms=1.98\times10^{30}kg$.



الحل:

المعلوم	المجهول
$a=10\,R_e$	$T=?$
$a=63780\ km$	
$M_e=6\times10^{24}\ kg$	

إيجاد الكمية المجهولة:

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

$$a=\frac{63780}{15\times10^7}=4.25\times10^{-4}AU$$

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

$$M=\frac{M_e}{M_s}=\frac{5.98\times10^{24}}{1.98\times10^{30}}=3\times10^{-6}M_s$$

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

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

$$T^2=\frac{a^3}{M}=\frac{(4.25\times10^{-4})^3}{3\times10^{-6}}=\frac{7.67\times10^{-11}}{3\times10^{-6}}$$

$$T^2=2.55\times10^{-5}$$

$$T=\sqrt{2.55\times10^{-5}}$$

$$T=5.1\times10^{-3}\,years$$

بالضرب في 365.25 للتحويل إلى days

$$T=5.1\times10^{-3}\times365.25=1.84\,day$$

- تقويم الجواب:

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

للاطلاع:

قانون كبلر الثالث المعدل

من قانون الجذب العـــام لنيوتن يمكن إثبات أن :

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

حيث M كتلة الشمس، m كتلة الجرم.
إذا أخذنا الســـنة وحدة لقياس الزمن، والوحدة الفلكية AU لقياس المســـافة، وكتلـــة الشـــمس لقياس الكتلـــة؛ فإن الثابت يســـاوي واحد $\left(\frac{4\pi}{G}=1\right)$ أي أن:

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

إذا طبقنا هـــذا القانون لجرم يدور حول الشمس فإن:

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

إيجاد كتلة كوكب له تابع:

من الممكن إيجاد كتلة كوكب له تابع إذا عُلِم 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:

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

للكوكب: $(a_1)^3 = (T_1)^2(M+m)$

للتابع $(a_2)^3 = (T_2)^2(m+m_1)$

إذا أهملنا كتلة التابع مقارنة بكتلة الكوكب في البسط أي أن $m_1 = 0$ وكتلة الكوكب مقارنة بكتلة الشمس في المقام $m = 0$ التالي سكون كتلة الكوكب

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

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

مـــثال 3

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

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المعلوم	المجهول
$T_1 = 248\ year$	$m_{بلوتو} = ?$
$T_2 = 6.4\ day$	
$a_1 = 40\ AU$	
$a_2 = 19700\ km$	
$M = 2x10^{30}\ kg$	

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة الفترة المدارية لكارون على 365.25 لتكون بوحدة (year)

$$T_2 = \frac{6.4}{365.25} = 1.75x10^{-2}\ year$$

بقسمة بعد كارون عن بلوتو على $15x10^7$ لتكون بوحدة (الوحدة الفلكية AU)

$$a_2 = \frac{19700}{15x10^7} = 1.3x10^{-4}\ AU$$

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

$$m = 2x10^{30}\left(\frac{1.3x10^{-4}}{40}\right)^3\left(\frac{248}{1.75x10^{-2}}\right)^2$$

$$m = 2x10^{30}x3.4x10^{-17}x2x10^8$$

$$m = 1.3x10^{22}\ kg$$

- 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:

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

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

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

حيث m_e كتلة الأرض

بأخذ النسبة بين g و g_e

$$\frac{g}{g_e} = \frac{Gm}{r^2} \times \frac{r_e^2}{Gm_e}$$

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

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:

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

وزنه على الأرض:

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

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 الارض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وزن الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض يعطى بالعلاقة :

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

مـــثال 4

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

1. احسب جاذبيته مقارنة بجاذبية الأرض.
2. افـــترض أن رائد فضـــاء وزنه على الأرض يســـاوي 100 N هبط على هذا الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المعلوم	المجهول
$W_e = 100\,N$	$W_p = ?$
$m_p = 1.01\,M_e = 2\times10^{28} kg$	

إيجاد الكمية المجهولة:

بحساب كتلة الكوكب بالنسبة لكتلة الأرض

$$m_p = \frac{m_p}{m_e} = \frac{2\times10^{28}}{6\times10^{24}} = 3333 m_e$$

$$g = 3333\, g_e$$

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

$$W = 3333\times100 = 33.3\times10^4\ N$$

- **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 km /sec:

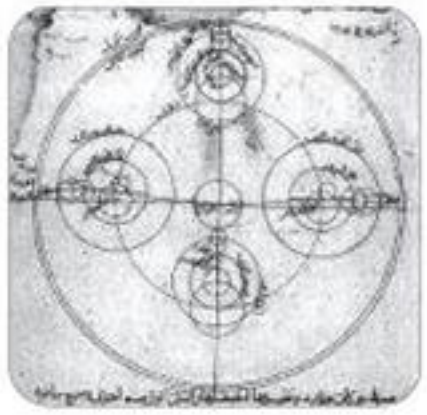
للاطلاع:

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

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

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

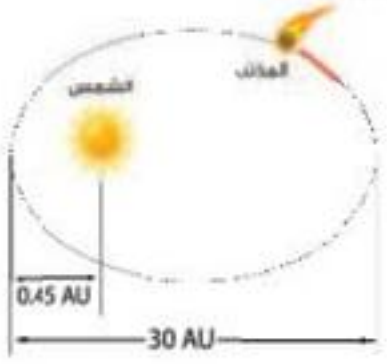
الربط مع إنجازات علماء الإسلام



استحق أن يكون "ابن الشاطر" هو ملهم علماء الفلك لاستنتاج نظرية مركزية الشمس لنظامنا الشمسي بدلًا من الأرض. إنه من المعروف منذ فترة طويلة أن نماذج "كوبرنيكوس" لمركزية الشمس تحمل تشابهًا واضحًا مع نماذج ابن الشاطر، وكان كوبرنيكوس قد استخدمها فقط لحل الحركات غير المنتظمة لمؤشرات الكواكب التي أحدثها بطليموس. ويتضح هنا أن نماذج ابن الشاطر لها في الواقع انحيازًا 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 و رسمها:

ارسم حركة المذنب حول الشمس وحدد أوجه

المعلوم	المجهول
e=0.97 a=15 AU	V=?

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون البعد الأوجي r_a

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

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1442

حل قانون السرعة المدارية لجرم سماوي

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

بالتعويض لايجاد 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.

سرعة الهروب Escape Velocity

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**.

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

مـــثال 6

أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته 7.5×10^{22} kg ونصف قطره 1.5×10^{6} m علمًا بأن ثابت الجذب العام $6.67\times10^{-11}\text{N.m}^2/\text{kg}^2$.

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المعلوم	المجهول
$M=7.5\times10^{22}$ Kg	$V_{esc}=?$
$R=1.5\times10^{6}$ km	

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون سرعة الهروب

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

بالتعويض لإيجاد سرعة الهروب للكوكب

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times7.5\times10^{22}}{1.5\times10^{6}}}$$

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

- **تقويم الجواب:**

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

فكر معنا

كيف تهرب المركبات الفضائية خارج كوكب الأرض؟



الشكل 8–2 سرعة الإفلات لقمر صناعي.

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، واثنِ 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 دحرجة الكرات إلى أن تصل إلى درجة يصعب فيها على المغناطيس جذب كرات الحديد.

◄ التحليل:

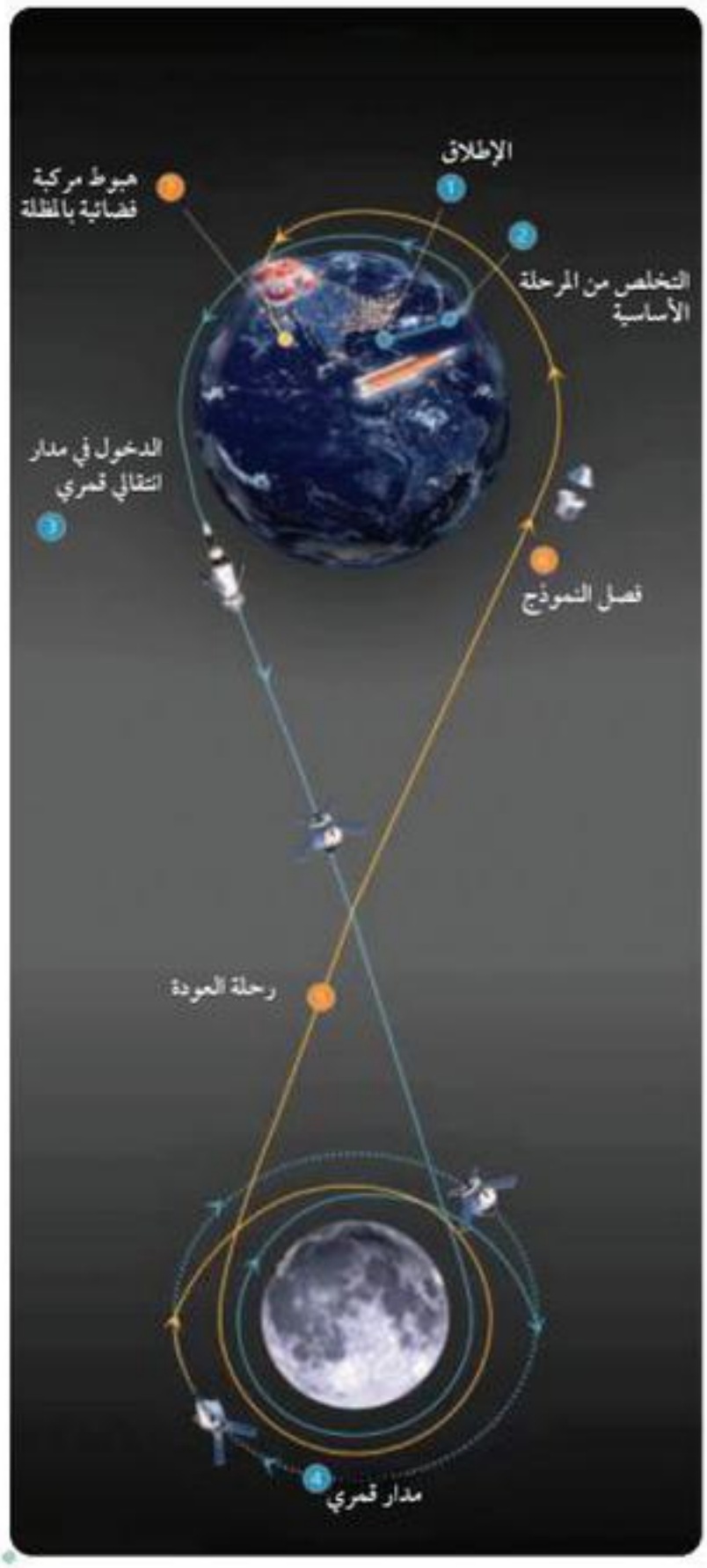
ماذا تلاحظ ؟

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 مساوٍ 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 و يسير بسرعة مدارية تختلف بحسب ارتفاعه عن القمر، وبعد إكمال مهمته ينطلق من مداره حول القمر بسرعة إفلات 2.4 km /s عائدًا نحو الأرض.



الشكل 9–2 رحلة مشروع أرتيمس للقمر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر تحليل البيانات

تفسير البيانات

1. ثمة حوالي 10 آلاف كويكب صغير يدور حول الشمس وبعضًا منها يحوم قريبًا من الأرض، وقد تكون خطيرة على البشر وكل ما هو على سطح الأرض. الجدول التالي يستعرض بعضًا 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

التفكير الناقد

2. **كيف** أهمت 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 خطرا على الأرض في حالة اذا اقترب منها .و لماذا ؟
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 الرئيسة

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 لفيستا 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 $7.35 \times 10^{22}\ kg$ ونصف القطر $1.5 \times 10^{6}\ m$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

المدار: هو مسار منحنٍ لجسم ما حول جسم آخر تحتَ تأثير قوة الجاذبية.

المفردات الجديدة

المركبات الفضائية

القمر الصناعي

محطة الفضاء

مركبة الفضاء المأهولة

مركبة الفضاء غير المأهولة

التقنية الفضائية

Space Technology

الفكرة الرئيسة **استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية من الوصول إلى أجرام لم تكن المناظر الفلكية كافية لدراستها.**

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

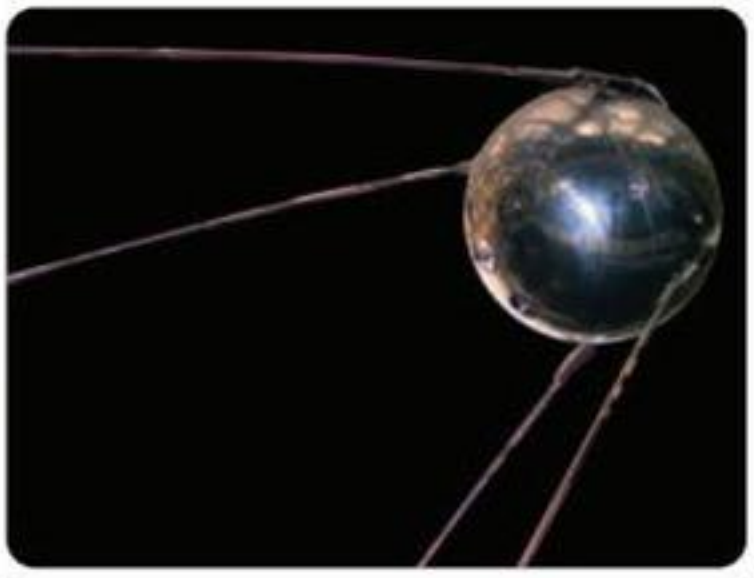
رحلات الفضاء Space flights

بدأت التقنية الفضائية في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي عندما أطلق الاتحاد السوفيتي (روسيا حاليًا) أول قمر صناعي للاتصالات سبوتنيك1 **الشكل 10–2**، ومن ثم بدأ سباق التقنية الفضائية بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي مع إطلاق بعض المركبات الفضائية التي تحمل حيوانات مثل الكلبة لايكا **الشكل 11–2** والقرد 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 أرموسترونج ورفيقاه **الشكل 12–2** عام 1969، واستمر هذا البرنامج إلى 1974 كما أرسلت مركبات فضائية عديدة لاستكشاف كواكب المجموعة



الشكل 10–2 القمر الروسي سبوتنك 1.



الشكل 11–2 الكلبة لايكا في أول رحلة فضاء لمخلوق حي

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.

و يمكن 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 واقعًا في مدار أعلى، تحرك بسرعة أبطأ. ويُطلق القمر الصناعيّ إلى الفضاء بواسطة صاروخ، حيث يدور هذا القمر الصناعيّ حول الأرض عندما تتوازن السرعة من خلال الجاذبيّة الأرضيّة، 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 النسر ومطرقة؛ حيث إنه عندما أسقطهما رائد الفضاء سقطا معًا نتيجة عدم وجود مقاومة من الهواء على سطح القمر، و هذا يؤكد ما أشار إليه العالم غاليليو حول أن الأجسام تسقط بنفس التسارع.

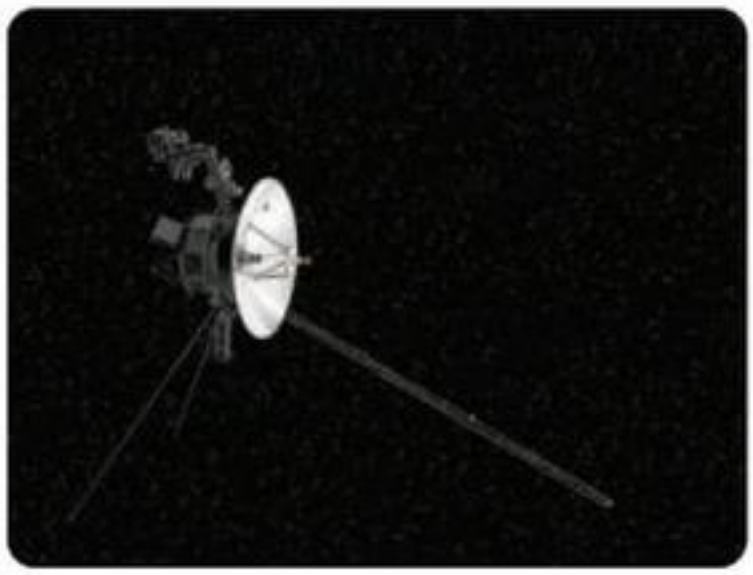
تجربة عملية

عاكس الموجات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 12–2 رحلة أبولو 11 القمرية.



الشكل 13–2 المسبار فويجر 2.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

المدار الأرضي المنخفض Low Earth orbit (LEO)

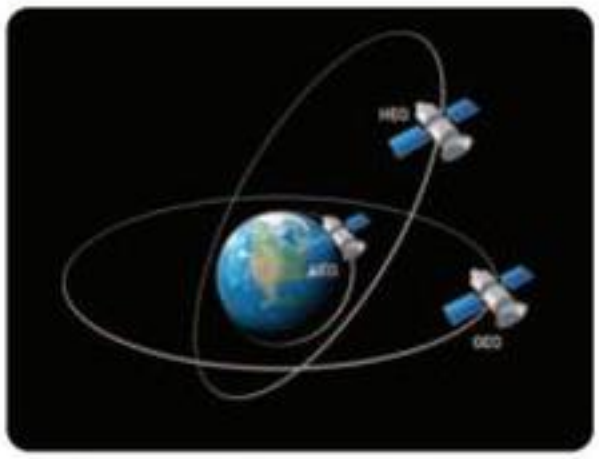
مدار قريب من سطح الأرض، على ارتفاع أقل من 2000 Km، وهو المدار الأكثر استخدامًا للتصوير عن طريق الأقمار الصناعية، حيث إن قربه من السطح يسمح له بالتقاط صور بدقة أعلى. وهو أيضًا المدار المستخدم لمحطة الفضاء الدولية (ISS)، وتتحرك الأقمار الصناعية في هذا المدار بسرعة حوالي 7.8 Km /s، بهذه السرعة يستغرق القمر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

المدار الأرضي المتوسط Medium Earth orbit (MEO)

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 Geostationary orbit (GEO)

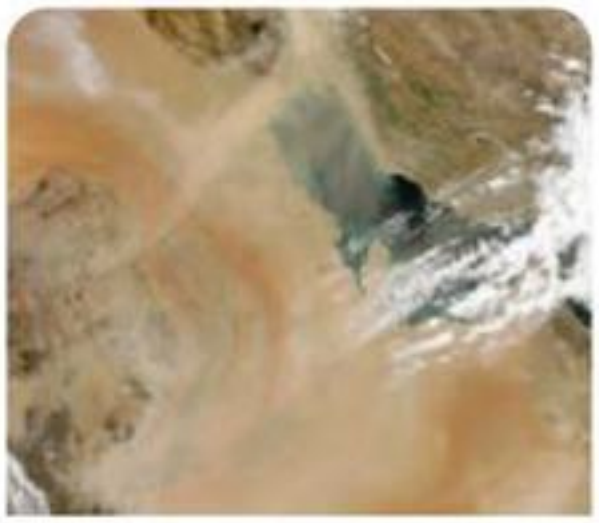
هو مدار دائري يقع مباشرة فوق خط الاستواء على ارتفاع 35786 km من سطح الأرض ،يتحرك الأقمار في هذا المدار في اتجاه دوران الأرض بنفس سرعة دورانها أي أن فترة دورانه مساوية لفترة دوران الأرض؛ لذا هو ثابت لمنطقة معينة ويدور مع هذه المنطقة. الأقمار التي تقع في هذا المدار هي أقمار مراقبة الطقس الشكل 16–2 لأنها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



الشكل 14–2 أنواع مدارات الأقمار الصناعية.



الشكل 15–2 أقمار نظام تحديد المواقع العالمي.



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 مرورًا تقريبًا فوق قطبي الأرض، وهي تقع على ارتفاعات منخفضة بين 200 إلى 1000 km، و يستخدم العلماء سلسلة صور هذه الأقمار للمساعدة في التنبؤ بالطقس أو العواصف وحرائق الغابات **الشكل 17–2** والفيضانات.

ماذا قرأت؟ ما القمر الصناعي المناسب لعمل إنذار مبكر لإعصار؟



الشكل 17–2 حرائق غابات ملتقطة من قمر متخصص برصد ملوثات البيئة.

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) وهي بالتعاون مع خمس وكالات فضائية: الأمريكية، الروسية، الأوروبية، اليابانية، الكندية. والثانية محطة الفضاء الصينية (TSS) **الشكل 18–2**.



الشكل 18–2 محطة الفضاء الصينية



الشكل 19–2 تركيب صاروخ الإطلاق لمركبات الفضاء المأهولة.

مهن مرتبطة

رائد فضاء:

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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 غيرالمأهولة 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 باعثه بها إلى محطات المراقبة الأرضية.

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

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 11×10^6 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.



الشكل 20–2 مركبة ستاردست.



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



الشكل 22–2 مركبة برسفيرنس.

تجربة

العلاقة بين حمولة الصاروخ وسرعة انطلاقه

تستخدم المركبات الفضائية (الصواريخ) 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 بيكربونات الصوديوم بواسطة الملعقة الصغيرة وضعها داخل علبة 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 بيكربونات الصوديوم بواسطة الملعقة الكبيرة .

التحليل

4. أي الحالتين كان الارتفاع الذي وصلت له العلبة كبيرًا ؟
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 أسبوعًا كاملًا من 17 إلى 24 يونيو 1985.

كما حققت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية العديد من الإنجازات بإطلاقها 17 قمرًا صناعيًا سعوديًا بين عامي 2000 و2022 **الشكل 23-2**، 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 24-2**.



الشكل 24-2 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 ابتكارًا وتطلعًا 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 أمانًا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447



الشكل 23–2 تاريخ الأقمار الصناعية السعودية .

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

إنجاز سعودي

تم إطلاق فالكون ٩ (مهمة فلك) في ابريل ٢٠٢٥ كأول مهمة فضائية بحثية تطلق في المدار القطبي لدراسة وتحليل مايكرو بيوم العين في الفضاء.

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 عالميًا، وتهدف هذه المهمة إلى إجراء 14 تجربة علمية وبحثية رائدة في الجاذبية الصغرى تتضمّن ثلاث تجارب تعليمية توعوية لطلاب التعليم العام تسهم نتائجها في تعزيز مكانة المملكة عالميًا 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).







وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر حل المشكلات

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

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

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 قمرك الصناعي فيه وذلك بناء على موقع المهمة و فترتها الزمنية لتستطيع الحصول على البيانات المطلوبة بكل دقة .

التفكير الناقد

2. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن مميزات أخرى لمدارات **GEO** و **LEO** و **MEO** و اضفها 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.

و يمكن 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 الرئيسة

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 مبينًا سبب اختيارك.**

التفكير الناقد

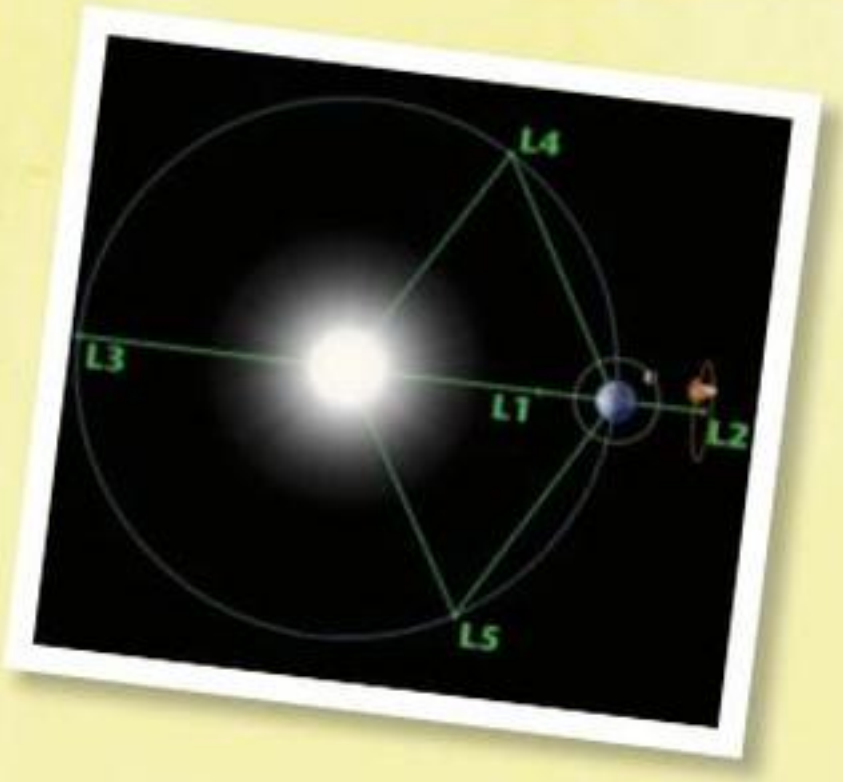
3. يرغب العلماء في الحصول على عينة ترابية من إحدى الكويكبات التي بدأت تقترب من مدار الأرض حول الشمس؛ وذلك لدراسة مكوناته الأولية وعلاقتها ببناء النظام الشمسي.

حدد التقنيات الضرورية للقيام بهذه المهمة مبينًا 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 أومستعمرة مدارية، وعندها ستحتاج القليل من الطاقة أو لا شيء منها للحفاظ على موقعها، و قد وجد علماء الفلك هدفهم المنشود في أماكن مميزة من نظامنا الشمسي أطلق عليها اسم نقاط لاغرانج.



فموقع النقطة L1 من نظام الشمس-الأرض مكان عظيم لتركيز تلسكوب شمسي، حيث إنها أقرب قليلًا إلى الشمس، ولكن موقعها سيسمح لها بإرسال البيانات ثانيةً 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 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 مثاليةً لبدء استعمار النظام الشمسي.

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 العِلم في المملكة العربية السعودية والبلاد العربية والإسلامية. "

كلمة خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود لوكالة الأنباء السعودية في 29 رمضان 1405هـ 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، وتابعنا في المملكة باهتمام بالغ نزول نيل أرمسترونج أول إنسان تطأ قدماه سطح القمر في (20 يوليو 1969)في رحلة أبولو 11" .



* خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان يحي 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 عُمل على كافة الجوانب المتعلقة بالمهمة ومنها كان تشكيل الفريق العملي .

برنامج التدريب

كان برنامج الإعداد لرحلة الفضاء طموحًا 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 كاثي أبوالتين أن تدريب رائد الفضاء كي يصبح أخصائيَ حمولة يحتاج إلى نحو (114) ساعة تدريب؛ أي من ستة أشهر إلى ثمانية عشر شهرًا، كما جرى مع باتريك بودري أخصائي الحمولة الفرنسي مثلًا. ولكن نظرًا إلى ضيق الوقت؛كان من الضروري تكثيف البرنامج جدًا؛ 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

اختير البرنامج العلمي بعناية ليشـــمل 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 أُلغيت التجربة عند تأخر موعد إطلاق المكوك.
- تجربة فصل السوائل التي أُجريت 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.



صورة تذكارية تجمع رائـد الفضاء العربي مـع الفريق العلمي السعودي (نحو 19 عالمًا وباحثًا).

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 مترًا 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.
- شـــهد القمر الصناعي أول تجربة له حينما نقل التلفاز السعودي وقائع صلاتي المغرب والعشاء من مكة المكرمة والمدينة المنورة تباعًا 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(1405هـ) حية على الهواء لملايين المسلمين في ثلاثٍ وعشرين دولة عربية وأوروبية.

* المرجع

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

مختبر الفضاء

قانون كبلر الثالث

خلفية علمية وضع كبلر ثلاث قوانين حملت اسمه، واشتهرت في العصر الحديث بشكل كبير؛ وذلك لإرتباطها الواسع بعلم الفلك والفضاء وهذه القوانين صالحة للتطبيق في حال وجود شرطين غير متوفرين في الواقع، هما:

أن يكون الجرم الذي يدور في المدار لا كتلة له، وأن يكون الجسم وحيداً؛ أي يدور في المدار وحده دون وجود أي جرم آخر. وصفت قوانين كبلر العلاقة بين الشمس والكواكب التي تدور حولها في مدارت خاصة، فبيّنت أن طبيعة مدارات الكواكب إهليلجية، وأن الكواكب لا تسير بسرعة واحدة بل تختلف باختلاف بُعدها عن الشمس، كما أن هنالك علاقة ما بين زمن دوران الكوكب والبعد عن الشمس.

سؤال كيف يمكن اثبات قانون كبلر الثالث من خلال قياس الفترة المدارية وقياس نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب؟

الأدوات

آلة حاسبة.

تلسكوب Microsoft على الويب.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. قم بفتح البرنامج عبر الرابط على الشبكة العنكبوتية، اضغط على أيقونة "انظر إلى" القائمة 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. أوجد قيمة نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب **a** ثم أوجد a^3 وسجلها بالجدول.
5. أعد الخطوات من 2 إلى 4 لكواكب الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري.

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

التحليل والاستنتاج

1. مثل بيانياً a^3 و T^2 مانوع العلاقة.
2. هل تم إثبات قانون كبلر الثالث من الرسم البياني؟ فسر ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر	
قانون كبلر الأول البعد الحضيضي البعد الأوجي قانون كبلر الثاني قانون كبلر الثالث سرعة الهروب	**الفكرة الرئيسة** 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. **البعد الحضيضي** $r_p = a(1-e)$ **البعد الأوجي** $r_a = a(1+e)$ **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. $T^2 = a^3$ **السرعة المدارية لجرم سماوي** $V = 30\sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$ **كتلة كوكب له تابع** $m = M\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ **سرعة إفلات الكوكب** $V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$
2–2 التقنية الفضائية	
المركبات الفضائية. القمر الصناعي. محطة الفضاء. مركبة الفضاء المأهولة. مركبة الفضاء غير المأهولة.	**الفكرة الرئيسة** 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.

تقويم الفصل 2

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.

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

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 بعضًا 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	

تثبيت المفاهيم الرئيسة

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

7. تعاونت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مع إدارة الفضاء الوطنية الصينية في مهمة:

a. تشانج ليونار. c. ديسكفري ج.
b. ارتميس. d. ستاردست.

8. قانون يمكن منه إثبات أن سرعة الكوكب تتناسب عكسيًا مع بعده عن الشمس.

a. كبلر 1. c. كبلر 2.
b. كبلر 3. d. الجذب العام.

9. لاستقبال البث التلفزيوني فإننا نحتاج إلى قمر صناعي.

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

10. المدار المناسب لمحطة الفضاء الدولية.

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

11. المركبة التي بالصورة التالية تمثل:



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

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

a. 5 km /s لا تستطيع الإفلات.
b. 4km/s تستطيع الإفلات.
c. 19 km /s لا تستطيع الإفلات.
d. 1.6 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 km /s:

a. 0.1 km /s.
b. 2 km /s.
c. 0.01 km /s.
d. 6 km /s.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

2 تقويم الفصل

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

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

أسئلة بنائية

مستعينًا بالجدول الآتي أجب عن السؤال:

الكوكب	الفترة المدارية T (year)	نصف المحور a الأكبر 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

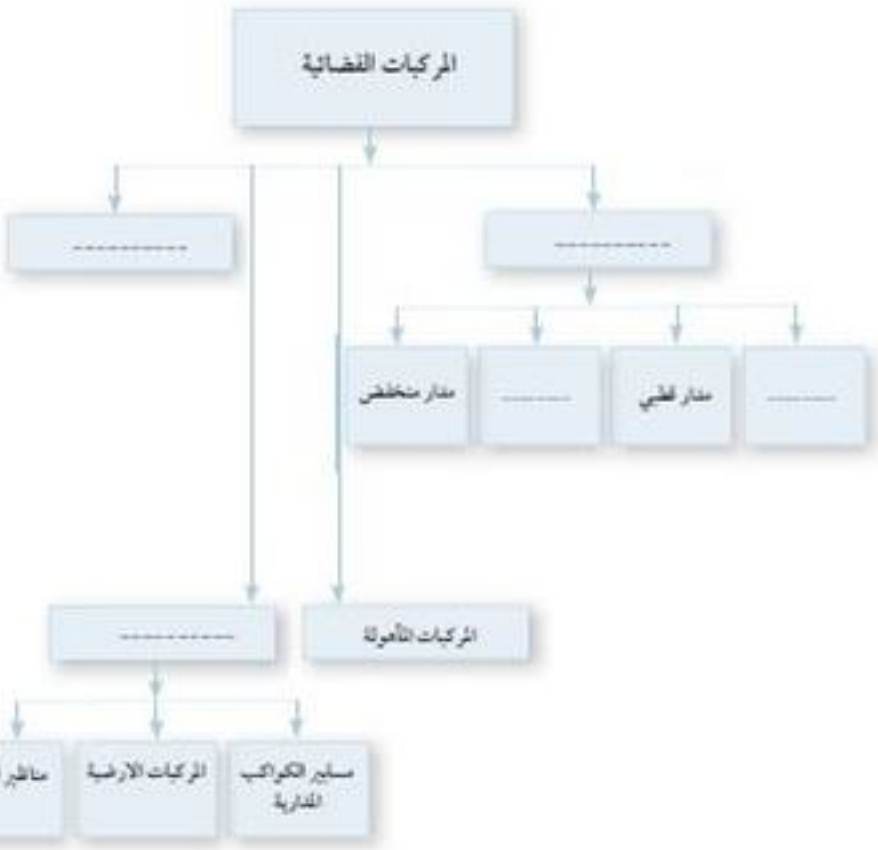
15. **فسر** سبب طول الفترة المدارية لكوكب المشتري؟
16. **اشرح** سـبب عدم إفلات الطائرات الحربية النفاثة من جاذبيـة الأرض (ابحث عن سرعة هـذه الطائرات) وحولها بوحدة km /s.
17. **صف** طريقة توصيل المؤونـة إلى رواد الفضاء بالمحطة الدولية للفضاء مبينًا التقنيات الفضائية المستخدمة.

التفكير الناقد

18. اسـتطاع تلسـكوب جيمس ويب مـن التقاط صورٍ لمذنـب قصير الفترة المدارية، يتحـرك خلال مدارات كواكب النظام الشمسي في مسـار قطع ناقص، مما قد ينتج عنه اصطدامٌ بكوكب الأرض. مسـتعينًا بقوانين كبلر وقانون الجـذب العام، ادرس العوامل التي تؤثر في مساره مما تعطي العلماء أملًا في تجنب الاصطدام به.

خريطة مفاهيمية

19. أكمل خريطة المفاهيم التي توضـح تقنيات المركبات الفضائية:



سؤال تحفيز

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

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 1.22×10^9 m وفترته المدارية 15.95 day. وهايبريون قمر آخر من أقمار زحل يدور حوله بنصف قطر متوسط 1.48×10^9 m. فإن الفترة المدارية لهايبريون بالأيام:
   a. 23 day.
   b. 60 day.
   c. 120 day.
   d. 13 day.
2. يدور كوكب عطارد حول الشمس بمتوسط نصف قطر مداري يبلغ 5.8×10^{10} m. فإذا كانت كتلة الشمس 1.99×10^{30} 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 (1.898×10^{27} 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 آرموسترونج.
   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 تم إثبات حركة قوانين كبلر الثلاثة؟
11. ما العلاقة بين زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس وبعدها عنها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

القراءة والاستيعاب

يهـدف برنامج تطويـر نظام الإطـلاق القابل لإعادة الاستخدام إلى تطوير مجموعة من التقنيات الجديدة لنظام إطلاق مداري يمكن إعادة استخدامه عدة مرات بطريقة مشابهة لقابلية إعادة اسـتخدام المركبات الجوية. وبدأت شركة سـبيس إكس في تطوير هذه التقنيات عبر سنوات عديدة لتسهل وتسرع من إمكانية إعادة استخدام مركبات الإطـلاق للفضاء. تشـمل الأهداف طويلـة الأمد لهذا المشروع على العودة بالمرحلة الأولى من مركبة الإطلاق إلى موقع الإطلاق بعـد دقائق من إطـلاق المركبة، والعودة بالمرحلة الثانية إلى منصة الإطلاق بعد محاذاة المركبة مداريًا مع موقـع الإطلاق ثـم دخول الغلاف الجـوي في مدة أقصاها 24 ساعة. ويعدّ الهدف طويل الأمد لشركة سبيس إكس هو تصميم مرحلتي مركبة الإطلاق المداري بشكل يسمح بإعادة استخدامهما بعد بضع ساعات من العودة.

12. اعتمادًا على النص السـابق، 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.

الفصل 3

المعادن Minerals



الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

3–1 ما المعدن؟

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

3–2 أنواع المعادن وأهميتها

الفكرة الرئيسة تصنف المعادن اعتمادًا 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 قُطر أحد أنواع الهوابط الذي يسمى Soda Straw قَطرة الماء التي تسقط منه بينما قد يتجاوز طوله تسعة أمتار.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما الأشكال التي تتخذها المعادن؟

رغم وجود آلاف المعـادن 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 قليلًا مـن حبيبات **ملـح الطعام** (معدن الهاليت) على **شريحـة المجهر**. ضع الشريحة على منضدة المجهر، أو شـاهد الحبيبات باستخدام **العدسة المكبرة**.
3. ركز على حبيبة واحدة في كل مرة. عُدّ أوجه كل حبيبة، ثم ارسمها.
4. اختبر **بلورة كوارتز** بعد ذلك باستخدام المجهر أو العدسـة المكبرة. عُد جوانـب 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 شاهدتها.

المطويات
منظمات الأفكار

تعرُّف المعادن

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



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

الخطوة 2: اثن الطرف السـفلي لـلأوراق لتكوين سـبعة ألسـنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.



الخطوة 3: ثبـت الأوراق المطوية معًا بالدبابيس من الأعلى كما في الشكل المجاور.

الخطوة 4: اكتب الخواص الفيزيائيـة المسـتعملة في تعـرف المعادن على كل لسان.



استخدم هذه المطوية

في القسـم 1–3، مع قراءتك هـذا الدرس، صف الخـواص الفيزيائيـة والكيميائية للمعادن المستعملة في كل فحص.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-1

ما المعدن؟ What is a mineral?

الأهداف

- **تتعرّف** على المعدن.
- **تصف** طريقة تكون 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 الرئيسة **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.

الخصائص العامة للمعادن Mineral Characteristics

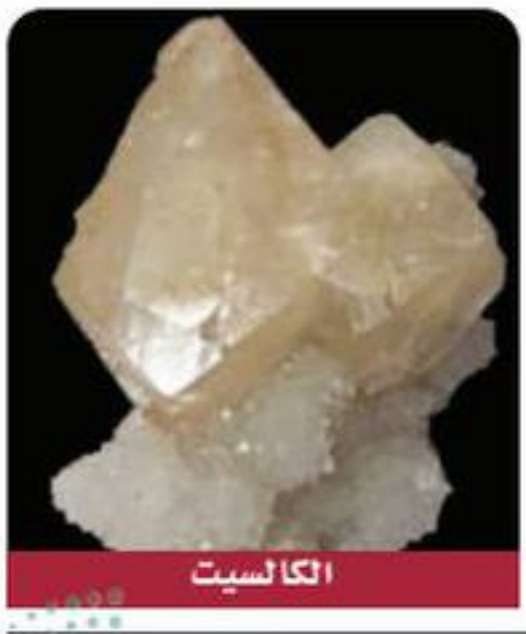
تتكون القشرة الأرضية من 5000 معدن تقريبًا، و**المعدن Mineral** مادة طبيعية، صلبة، غير عضوية، لها مكونات كيميائية معينة، وبناء بلوري محدد، انظر **الشكل 1–3**. وهذه المعادن كونت الصخور وشكلت سطح الأرض. وقد ساعدت بعض المعادن في تشكيل الحضارة الإنسانية؛ فقد حدث تقدم في مرحلة ما قبل التاريخ عندما تمكن الإنسان وقتئذٍ من استخلاص فلز الحديد، واستعماله في صنع أدواته. وقد قال تعالى في محكم آياته: ﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ 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 تعَدُّ معادن.


البيريت


الكالسيت

الشكل 1–3 تعكس أشكال بلورات المعادن الترتيبَ الداخلي لذراتها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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

بنـاء بلوري محدد Definite crystalline structure المعدن له بناء بلوري محدد، وهذا يعنـــي أن الذرات مرتبة في بناء هندسي منتظـــم ومتكرر، وينتج عن هذا البناء البلورة. **والبلورة Crystal** جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر. وغالبًا ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكلَ البلورة نفسها **الشكل 1–3** و**الشكل 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 نـــوع 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 فمكـــون من مركبات؛ فمعدن الكوارتـــز (SiO_2) مثلًا؛ مكون من ذرتين من الأكســـجين وذرة واحدة من الســـيليكون. ورغم وجود معادن أخرى تحتوي على الســـيليكون والأكسجين، إلَّا أن نِسَـــب هذين العنصرين وترتيبهما في الكوارتز خاصيتان ينفرد بهما هذا المعدن.

التغيرات في المكونات الكيميائية Variation in composition قد تختلف المكونات الكيميائية لبعض المعادن قليلًا تبعًا للظروف التي تتكوَّن عندها بلوراتها. فمعادن الفلسبار البلاجيوكليزي مثلًا في **الشكل 4–3** تتفاوت مكوناتها من معدن الألبيـــت الغني بالصوديـــوم الذي يتكون في درجات حـــرارة منخفضة، إلى معدن



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

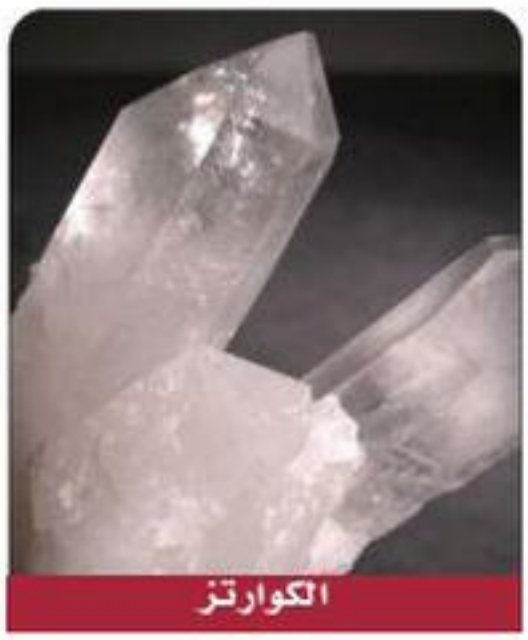
المفردات
مفردات أكاديمية
محصور
حيز صغير محدد







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







الشكل 4–3 مدى التغير في المكونات الكيميائية وما يتبعه من تغير في المظهر الخارجي كافيان لتعرُّف 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 مُنتِجَيْن طبقات متبادلة تسمح للضوء بالانكسار والتشتت، مسبِّبَين ظهور المعدن بألوان متدرجة، كما في معدن اللابرادوريت، انظر **الشكل 4–3**. وينتج عن هذا التغير الطفيف في مكونات المعدن الكيميائية تغيرٌ في مظهره الخارجي.

الصخور تتكون من معادن Rock–Forming minerals

رغم وجود ثلاثة آلاف معدن تقريبًا في القشرة الأرضية، إلَّا أن ثلاثين معدنًا فقط هي الأكثر شيوعًا. وتشكِّل ثمانية إلى عشرة من هذه المعادن معظم صخور القشرة الأرضية. لذا يشار إليها أنها المعادن المكونة للصخور، وهي مكونة من ثمانية عناصر هي الأكثر شيوعًا في القشرة الأرضية وهي الأكسجين والسيلكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم.

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 5–3**. 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

المعادن المتبلورة من المحاليل Minerals from solutions تذوب الأملاح في مياه المحيطات مكونة محلولًا ملحيًّا، وعندما يصبح المحلول مشبعًا بمادة مذابة فلا يمكنه إذابة المزيد منها، فإذا ذابت كمية أكبر يصبح فوق المشبع، وعندئذٍ تتهيأ الظروف لتكوين المعادن؛ حيث ترتبط الذرات المنفردة بعضها مع بعض، وتترسب مكونةً 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 تكوُّن الملح الصخري كما في **الشكل 5–3** بفعل عملية التبخر. ويوضح **الشكل 6–3** تكوُّن المتبخرات الملحية في سبخة القصب في المملكة العربية السعودية.

تعرُّف المعادن Identifying Minerals

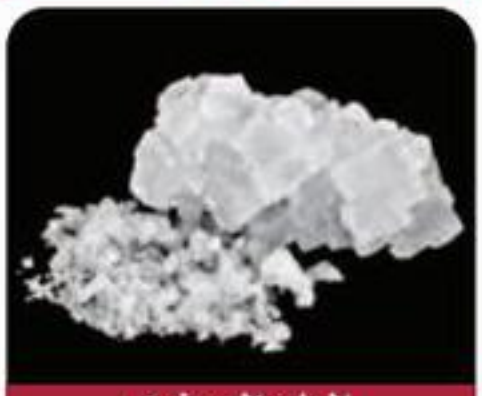
يجري الجيولوجيون كثيرًا من الاختبارات لتعرف المعادن. وتعتمد هذه الاختبارات على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن، ومنها: الشكل البلوري والبريق والقساوة والانفصام والمكسر والمخدش واللون والنسيج والكثافة والوزن النوعي، وبعض الخواص الأخرى.

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

ماذا قرأت؟ صنّف أنواع المعادن المتبلورة من المحاليل ؟



الجرانيت



الملح الصخري

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

تجربة عملية

نمو البلورات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



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

البريق Luster تسمى الكيفية التي يعكس بها المعدنُ الضوءَ الساقط على سطحه **البريق Luster**. ويوجد نوعان من البريق: الفلزي واللافلزي. فالفضة والذهب والنحاس والجالينا لها سطوح لامعة تعكس الضوء، كما تعكس قطع السيارة المصنوعة من الكروم الضوء الساقط عليها، لذا يقال إن لهذه المعادن بريقًا فلزيًّا. 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؟ عرِّف مصطلح البريق.

القساوة Hardness أكثر الاختبارات مصداقية واستخدامًا في تعرُّف المعادن هو **القساوة Hardness** وهو مقياس لقابلية المعدن للخدش. وقد طور الجيولوجي الألماني فريدريك موهس مقياسًا لتعرف قساوة المعادن المجهولة، بمقارنتها بقساوة عشرة معادن معلومة القساوة. والمعادن المختارة في مقياس موهس يمكن تعرُّفها 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 يُخدَش بظفر الإصبع قساوته تعادل 2 أو أقل، والمعدن الذي لا يُخدش بظفر الإصبع ويُخدَش قطعة نحاسية تتراوح قساوته بين 2.5 – 3.5. أما المعدن الذي يخدش قطعة نحاسية فقساوته أكبر من 3.5. ويمكن أن تستخدم مواد أخرى شائعة كتلك المُدوَّنَة في الجدول. ويوضح **الشكل 10–3** معدنين مختلفين في قساوتهما.

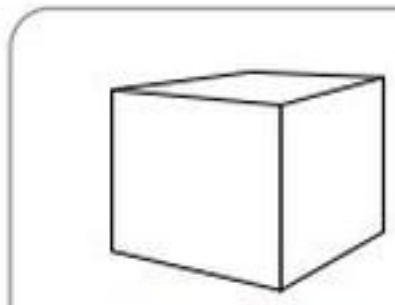


التلك

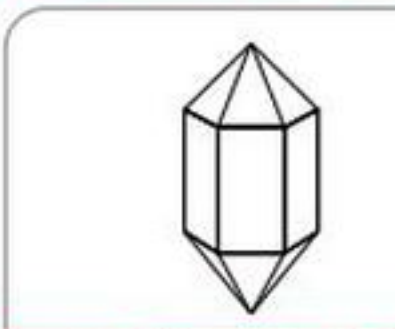


الكاؤولينيت

الشكل 8–3 المظهر الصفيحي اللامع للتلك يكسبه بريقه اللؤلؤي، في حين أن الكاؤولينيت – وهو أيضًا 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 تعرُّفها.

مهن مرتبطة بالمعادن

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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


الألماس


الكورندوم

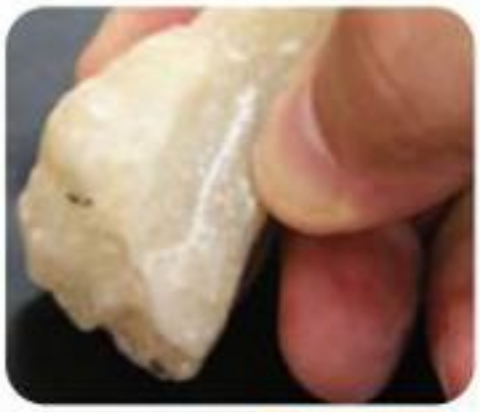
الشكل 9–3 أكثر المعادن قساوة هما معدني الألماس والكورندوم ودرجتا قساوتهما 10 و 9 بالترتيب.

الانفصام والمكسر Cleavage and Fracture يُحَدِّدُ البناء البلوري كيف تنكسر المعادن، فهي تنكسر بسهولة عند المستويات التي تكون الروابط الذرية على طولها ضعيفة. ويقال عن المعدن الذي ينقسم بسهولة وبشكل مستوٍ في اتجاه واحد أو أكثر أن له **انفصامًا Cleavage**. ولتعرف المعدن حسب انفصامه يقوم الجيولوجيون بِعدِّ مستويات الانفصام، ودراسة الزوايا بينها. فعلى سبيل المثال، لمعدن المايكا انفصام بمستوى واحد إذ ينفصم إلى رقائق بسبب ضعف الروابط الذرية له.

الشكل 11–3 يوضح انفصام مكعب تام لمعدن الهاليت؛ بمعنى أنه ينفصل 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 المجهري البلورات) تظهر مكسرًا فريدًا بأشكال قوسية تشبه زخارف أصداف المحار، ويسمى هذا المكسر مكسرًا محاريًا.

المخدش Streak يترك المعدن الذي يُخدَش بقطعة البورسلان مسحوقًا ملونًا على سطحها. و**المخدش Streak** هو لون مسحوق المعدن، ويكون مخدش المعادن اللافلزية في العادة أبيض اللون، لذا يكون المخدش مفيدًا جدًّا في تعرُّف 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 صدئًا، وبريقه أرضيًّا، بينما الهيماتيت الذي تكوَّن من الصهارة لونه فضي، ومظهره فلزي، أما مخدشهما فأحمر إلى بني. ولا يمكن أن نستخدم المخدش إلَّا مع المعادن الأطرى من قطعة الخزف، وهذا سبب آخر يجعل استعمال المخدش في تعرُّف المعادن محدودًا.





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؟


الهاليت


الكوارتز


الصوان

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 تعرُّفه باستعمال المخدش؟

اللـون Color من أهم الخصائص الملاحظة في المعــدن، ولكنه أقل الخصائص في تعرُّف المعادن. وينتــج اللون أحيانًا من وجود بعض العنــاصر النادرة أو المركبات داخل المعدن. فعلى ســبيل المثال، يكون الكوارتز أبيض اللون كما في **الشــكل 2–3**

تجربة

تعرُّف الانفصام والمكسر

كيــف يســتخدم الانفصام في تعــرف المعــادن؟ يتكون الانفصــام عندما ينكسر المعــدن في مســتويات الروابط الضعيفة، وإن لم يكن للمعدن انفصام يظهر مكسرًا. وتعد طريقة تعرف وجود انفصــام 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. احصــل على عيِّنات لخمس معــادن من معلمك، وصنفهــا في مجموعتــين: الأولى المعــادن التي لها انفصام، والأخرى المعادن التي لا انفصام لها.
3. رتِّب المعــادن التي لها انفصام إلى مســتويات من الانفصام الأقل إلى الأكثر. ما عدد المستويات التي تُظهرها كل عينة؟ عرِّف هذه المعادن إن استطعت.
4. اختبر المعادن التي لا انفصام لها، وَصِفْ سطوحها، وتعرَّفْها إن استطعت.

الجزء الثاني

5. احصل عــلى عينتين إضافيتين مــن معلمك. هل للمعادن الجديدة انفصام أم مكسر؟ صنِّفها.
6. اســتعمل **المنقلة** لقيــاس الزوايا بين مســتويات الانفصام للمعادن الإضافية، وسجِّل قياساتك.

التحليل

1. **سجِّل** 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. **توقَّع** نتيجة ما يحصــل لكل معدن منها لو ضرب بمطرقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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، إلَّا أن كليهما مختلفان بسبب اختلاف كثافتيهما. فإذا كان لديك عينتان من الذهب والبيريت لهما الحجم نفسه، فسوف تكون كتلة الذهب أكبر؛ لأن كثافته أكبر. والكثافة انعكاس للكتلة الذرية وبنائية المعدن، فكثافة البيريت $5.2\ g/cm^3$، وكثافة الذهب $19.3\ g/cm^3$. ويمكن حساب الكثافة من خلال العلاقة: $D = \frac{M}{V}$ حيث D الكثافة، M الكتلة، وV الحجم. ولأن الكثافة لا تعتمد على شكل أو حجم المعدن فإنها وسيلة ناجحة لتعرُّف المعادن. ويسمى مقياس الكثافة الأكثر استخدامًا من قِبَل الجيولوجيين **الوزن النوعي Specific gravity**، وهو النسبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة $4°C$. فمثلًا، 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. فمثلًا، نسيج الفلوريت في **الشكل 14–3** ناعم، بينما نسيج التلك في **الشكل 8–3** شحمي.

ماذا قرأت؟ فسر العلاقة بين الوزن النوعي والكثافة.



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

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



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 استعمالها في تعرف المعادن، ومنها: المغناطيسية، والانكسار المزدوج وتصاعد الفقاعات الغازية عند تفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك والفلورة، كما في **الجدول 2–3**.

الجدول 2–3 صفات خاصة ببعض المعادن

الخاصية	الانكسار المزدوج يحدث عندما يمر شعاع ضوئي عبر معدن وينقسم إلى شعاعين.	الفوران يحدث عندما يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع الكالسيت فتتصاعد الفقاعات محدثة صوتًا للفوران.	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.
المعدن	سبار أيسلند (كالسيت شفاف).	الكالسيت	الماجنيتيت البيروتيت	لابرادورايت	الفلوريت الكالسيت
مثال					

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1442

التقويم 1–3

الخلاصة

- المعدن مادة صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة، ولها مكونات كيميائية محددة، وترتيب ذريٌ داخلي منتظم.
- البلورة مادة صلبة، تترتب الذرات فيها وفق ترتيب معين بصورة متكررة.
- تتكون المعادن من الصهارة أو من محاليل فوق مشبعة.
- يتم تعرف المعادن اعتمادًا 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 معدنًا.
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 $19.3\ g/cm^3$.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-2

أنواع المعادن وأهميتها
Types and importance of Minerals

الأهداف

- **تتعرف** مجموعات المعادن المختلفة.
- **توضح** مجسم السيليكا الرباعي الأوجه.
- **تناقش** استعمالات المعادن.

مراجعة المفردات

رابطة كيميائية: القوة التي تربط ذرتين إحداهما بالأخرى.

المفردات الجديدة

السيليكات

الهرم الرباعي الأوجه

الخام

الأحجار الكريمة

الفكرة الرئيسة تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

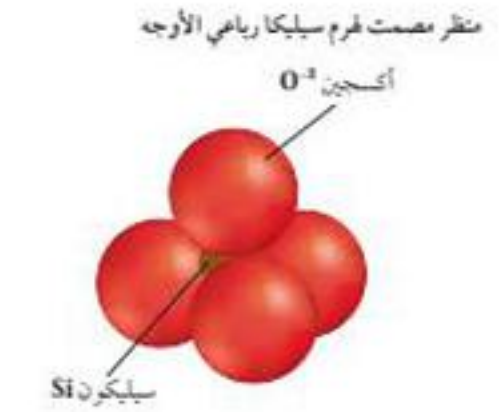
الربط مع الحياة. يُصنف كل شيء في العالم إلى مجموعات مختلفة، فالطعام والحيوانات والنباتات وغيرها تُصنف في مجموعات اعتمادًا على بعض صفاتها أو خصائصها. ولا تختلف المعادن في ذلك؛ حيث تُصنف هي أيضًا في مجموعات.

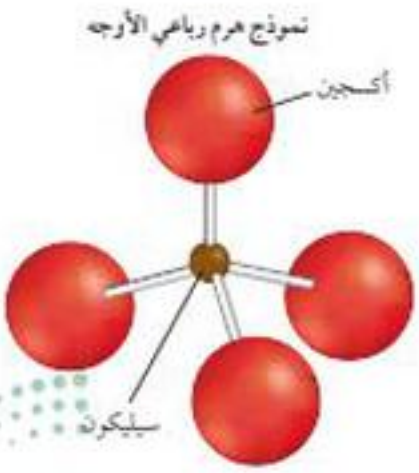
مجموعات المعادن Minerals Groups

ترتبط العناصر بعضها مع بعض بطرائق وأشكال ونسب مختلفة، وينتج عن ذلك تكوُّن آلاف المعادن. ولتسهيل دراسة المعادن وفهم خواصها صَنَّفَها 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 سيليكا الهرم الرباعي الأوجه المبين في **الشكل 15–3**. **والهرم الرباعي الأوجه Tetrahedron** جسم صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم، لذا يمكن تسميته هرم السيليكا. 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 السيليكا بتراكيب متنوعة، وخصائص مختلفة. كما في **الشكل 16–3** و**الشكل 17–3**.





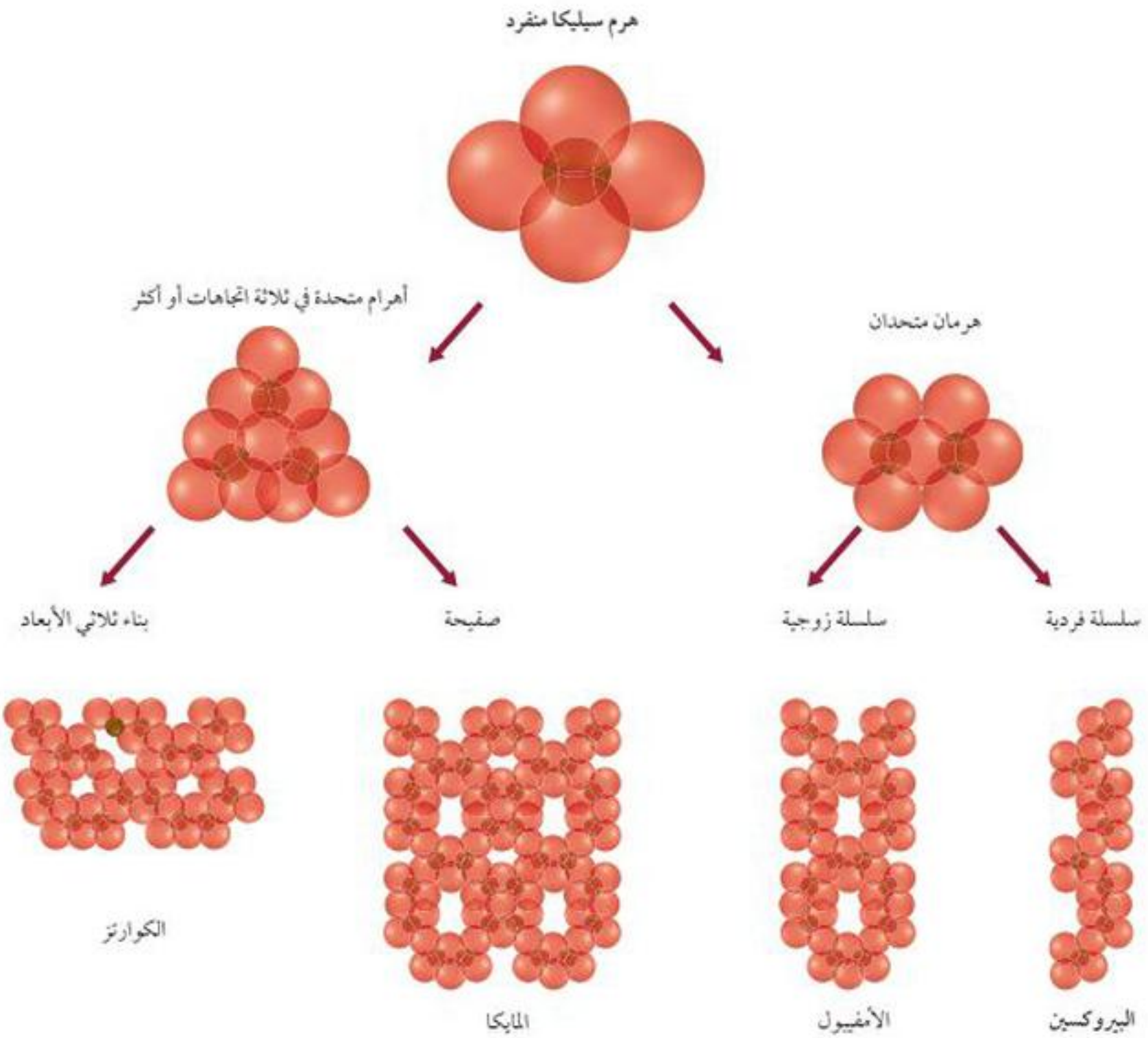
الشكل 15–3 يشكل أيون السيليكا SiO_4^{-4} ما يسمى سيليكا رباعي الأوجه (هرم السيليكا)؛ حيث توجد ذرة السيليكون في مركزه الذي يرتبط برابطة تساهمية مع أيونات الأكسجين.

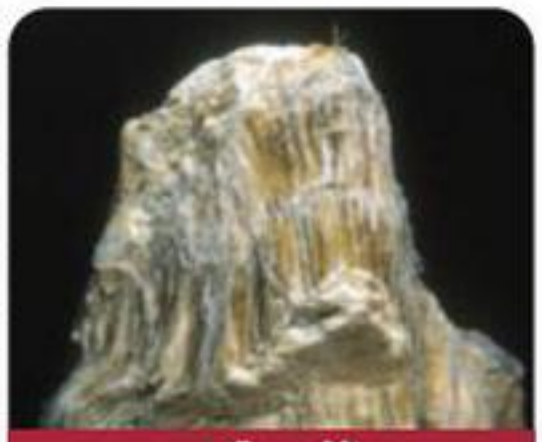
حدد عدد الذرات في الهرم الواحد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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.





الإسبستوس



المايكا

الشكل 17–3 بعض المعادن السيليكاتية.

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 تقريبًا مكونًا مجموعات معدنية منها الكربونات. والكربونات معادن مكونة من أيونات فلز أو أكثر موجبة الشحنة متحدة مع أيون الكربونات CO_3^{-2} سالب الشحنة.

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

الأكاسيد Oxides مركبات تتألف من أكسجين وفلز. وتعد معادن الهيماتيت Fe_2O_3 والماجنيتيت Fe_3O_4 أكاسيد حديد شائعة، ومصدرًا جيدًا للحديد. ومعدن اليورانينيت UO_2 معدن قيم؛ لأنه يشكل المصدر الرئيس لليورانيوم المستخدم في إنتاج الطاقة النووية.

الفوسفات Phosphate معادن تحتوي على أيون الفوسفات $(PO_4)^{-3}$ ضمن تركيبها الكيميائي. ومن أشهر معادن هذه المجموعة الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$، وتستخدم الفوسفات في صناعة الأسمدة وإنتاج حامض الفوسفوريك.

المجموعات الأخرى Other groups هناك مجموعات معدنية رئيسة أخرى، ومنها الكبريتات والكبريتيدات والهاليدات والعناصر الحرة (الأصلية). فالكبريتيدات – ومنها البيريت FeS_2 – مركبات تتألف من الكبريت وعنصر واحد أو أكثر. أما الكبريتات – ومنها الأنهيدريت $CaSO_4$ – فهي مركبات لعناصر متحدة مع أيون الكبريتات SO_4^{2-}. وتتكون الهاليدات – ومنها معدن الهاليت NaCl – من أيونات الكلوريد أو الفلوريد متحدة مع كالسيوم أو صوديوم أو

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



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

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

10000 قبل الميلاد — 3000 قبل الميلاد — 500 قبل الميلاد

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



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



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

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

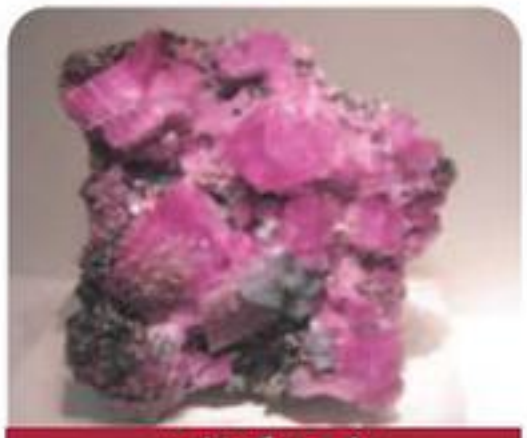
المعادن الاقتصادية Economic Minerals

تستعمل المعادن في صناعة الحواسيب والسيارات والتلفزيونات والمكاتب والطرق والبنايات والمجوهرات والدهانات وأدوات الرياضة والأدوية، وفي صناعات أخرى كثيرة. وتتضح الاستعمالات المختلفة للمعادن عبر التاريخ بدراستك المخطط الزمني في **الشكل 19–3**.

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، والدراجة النارية في **الشكل 20–3** مصنوعة من فلز التيتانيوم الذي يستخرج من معدن الإلمنيت.

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.



الرودوكروزيت



الكالسيت

الشكل 18–3 من الأمثلة عن الكربونات الرودوكروزيت والكالسيت.

تجربة عملية

رحلة ميدانية جيولوجية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



500 م مع بداية

800–900 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.

500 ميلادية | **1500 ميلادية** | **2000 ميلادية**

400–200 م مكنت أدوات الزراعة والأسلحة الحديدية الناس من الهجرة عبر إفريقيا لاستصلاح الأراضي وإقامة المستوطنات والحلول محل مجتمعات الصيد.



1927 م حققت أول ساعة كوارتز نجاحًا في الحفاظ على دقة الوقت، وقد ساهمت خصائص الكوارتز في تطوير صناعة المذياع والرادار والحاسوب.

يلخص الجدول 3–3 مجموعات المعادن واستعمالاتها الرئيسة.

الجدول 3–3 مجموعات المعادن الرئيسة

المجموعة	الأمثلة	الاستعمالات الاقتصادية
السيليكات	المايكا (بيوتيت) أوليفين Mg_2SiO_4 الكوارتز SiO_2 الفيرميكيوليت	نوافذ الأفران الأحجار الكريمة (بيرودوت) صناعة الزجاج يضاف لتربة الأصص
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 جلخ، مجوهرات (الياقوت، زفير) مصدر لليورانيوم مصدر للتيتانيوم، صبغة، يستعاض به عن الرصاص في الدهانات مصدر للكروم، وصلات سباكة، إضافات للسيارات.
الكبريتات	الجبس $CaSO_4 . 2H_2O$ الأنهيدريت $CaSO_4$	أعمال المسح، مثبط 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 $Ca_5(PO_4)_6(OH,F,Cl)_2$	صناعة الأسمدة
الكربونات	الكالسيت $CaCO_3$ الدولوميت $CaMg(Co_3)_2$	صناعة الأسمنت والجير والطباشير صناعة الأسمنت والجير، مصدر للكالسيوم والماغنسيوم 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

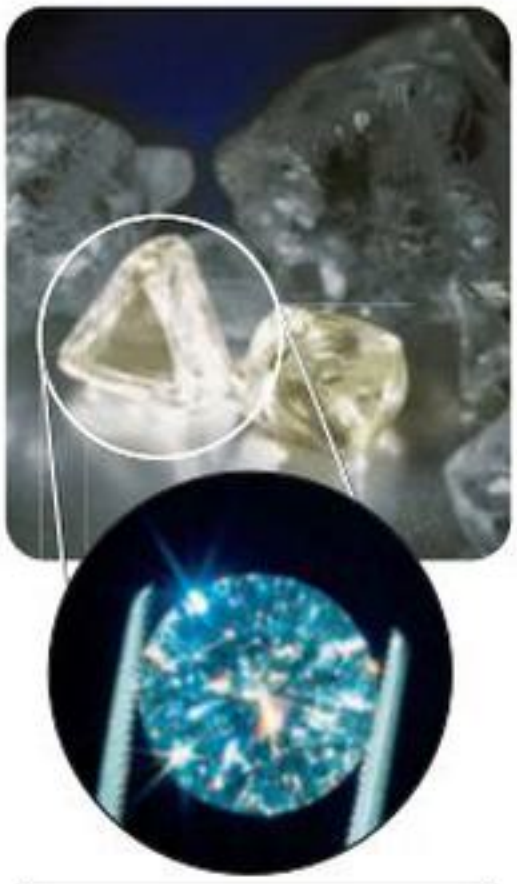


الشكل 20–3 أجزاء من هذه الدراجة مصنوعة من التيتانيوم؛ لخفة وزنه ومتانته الجيدة، مما يجعله فلزًا مثاليًا للاستخدام.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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

يؤدي وجود بعض الشوائب أحيانًا في أحد المعادن إلى جعله ذا لون مختلف، وأغلى ثمنًا من المعدن النقي نفسه. فالجمشت حجر كريم من الكوارتز حيث يحتوي على كمية من الحديد الذي يجعل لونه بنفسجيًا، ومعدن الكورونـدم الذي يستعمل في جعل أدوات القطع أكثر حدةً يوجد أيضًا 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 وصقلها.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: كنوز تاج.

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 مُجْدٍ اقتصاديًا.
- الأحجار الكريمة معادن قيمة لندرتها وجمالها.

فهم الأفكار الرئيسة

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

التفكير الناقد

3. **كوِّن فرضية** تفسر لماذا لا يعد الأوبال معدنًا.
4. **قوِّم** 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. صمِّم إعلانًا لبيع معدن من اختيارك. يمكنك اختيار أحجار كريمة أو معدن مهم صناعيًا، وضمِّن الإعلان أي معلومات تظن أنها تساعدك على بيع المعدن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

السياحة الجيولوجية

الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
• من أهداف الرؤية: ١.٣.٢ الحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعريف به

في الميدان

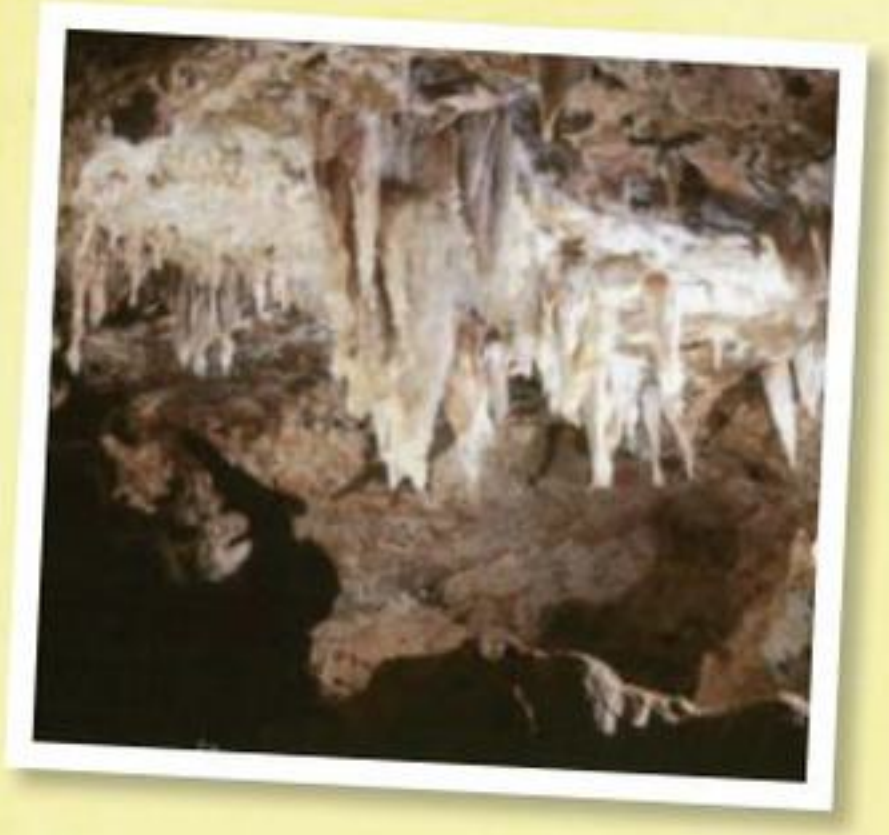
الدحول في المملكة العربية السعودية

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 ـ مفردها دحل ـ فتحات في الأرض، أشبه بالأنفاق، يصل قُطر فوّهة 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 الكالسيت 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 تكونها 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 سُلطان 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 عُمق 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 الكالسيت على شكل هوابط وصواعد وأعمدة في غرفتي الثريا والأنياب.

الكتابة في الجيولوجيا

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

وزارة التعليم
Ministry of Education

مختبر الجيولوجيا

خصائص المعادن

خلفية علمية: المعادن مواد صلبة غير عضوية توجد في الطبيعة لها مكونات كيميائية وشكل بلوري محدد، وهي المكونة للصخور والقشرة الأرضية. وللتعرف على المعادن تجرى اختبارات تعتمد على الخواص الفيزيائية والكيميائية لها، وبعض الخواص يمكن ملاحظتها بالحواس المجردة مثل: الشكل البلوري، البريق، القساوة، الانفصام والمكسر، المخدش، النسيج.

سؤال: ما خصائص المعادن؟

الأدوات

عينات معادن	عدسة مكبرة
ملح صخري	ورق
جير	مفك صغير
جرانيت	مطرقة
كوارتز	قطعة بورسلان

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. حضّر الجدول المقابل لتسجيل البيانات.
3. لاحظ كل عينة وسجل ملاحظاتك في الجدول.
4. ضع رأس المفك على العينة واطرق مقبض المفك من الأعلى طرقًا متوسطًا.
5. اخدش بقطعة البورسلان كل عينة..

التحليل والاستنتاج

1. **صف** العينات من حيث الشكل البلوري والبريق.
2. **قارن** قساوة كل عينة مع مقياس موهس للقساوة (**جدول 3–1**).
3. **صف** حدوث الانفصام ومشاهدتك في حال كسر العينة.
4. **وضح** إمكانية خدش كل العينات ولون المخدش.
5. **صف** ملمس ونسيج العينة.
6. **قوِم** الخصائص التي حققتها كل عينة.

المعدن	الملح الصخري	الجير	الجرانيت	الكوارتز
الشكل البلوري				
البريق	○ فلزي ○ لا فلزي	○ فلزي ○ لا فلزي	○ فلزي ○ لا فلزي	○ فلزي ○ لا فلزي
القساوة				
الانفصام والمكسر	○ له انفصام ○ ليس له انفصام	○ له انفصام ○ ليس له انفصام	○ له انفصام ○ ليس له انفصام	○ له انفصام ○ ليس له انفصام
المخدش				
النسيج				


ملح صخري


جير


جرانيت


كوارتز

شارك ببياناتك

راجع مع **أقرانك** ناقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على وصف القساوة والمخدش والنسيج.

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة المعادن جزء ضروري في حياتنا اليومية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 ما المعدن؟	
المعدن البلورة البريق القساوة الانفصام المكسر المخدش الوزن النوعي	**الفكرة الرئيسة** 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. • لتميز المعادن بطريقة صحيحة لا بد من اختبار أكثر من خاصية.
3–2 أنواع المعادن وأهميتها	
سيليكات هرم رباعي الأوجه الخام الأحجار الكريمة	**الفكرة الرئيسة** تُصنف المعادن اعتمادًا على خواصها الكيميائية والفيزيائية. • تحاط ذرة السيليكون في مجموعة السيليكات بأربع ذرات أكسجين لتشكل هرم السيليكا. • مجموعات المعادن الرئيسة هي: السيليكات والكربونات والأكاسيد والفوسفات والكبريتيدات والكبريتات والهاليدات والعناصر الحرة. • الخام يحتوي على مواد قيِّمة يمكن تعدينها بحيث تكون مُجدية اقتصاديًّا. • يمكن تصنيف المعادن اعتمادًا على صفاتها الكيميائية وخصائصها الفيزيائية. • الأحجار الكريمة معادن ثمينة ونادرة وجميلة، فضلًا عن قساوتها ومقاومتها للخدش.





وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

الفصل 3 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

لتحديد المصطلح الـذي يصف كلًّا من العبـارات الآتية استعن بما ورد في دليل مراجعة الفصل:

1. العنصر أو المركب غير العضوي الصلب الذي يوجد في الطبيعة.
2. الأشـكال الهندسـية المتظمة والمرتبة بنمط متكرر في المعادن.
3. مجموعة المعادن المحتوية على السيليكون والأكسجين.

وضِّح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

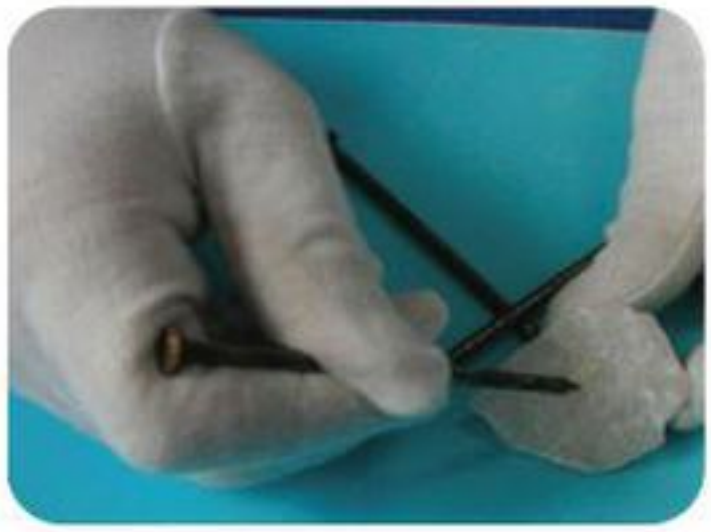
4. خام، حجر كريم.
5. سيليكات، هرم رباعي الأوجه.

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

6. تُظهر المعادن التي تنكسر عشوائيًا .....
7. فحص الـ ..... يحدد المواد التي يخدشها المعدن.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن سؤال 8.



8. ما الخاصية المعدنية التي يتم فحصها؟

a. النسيج c. الانفصام

b. المكسر d. القساوة

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

a. الكثافة c. القساوة

b. البناء البلوري d. البريق

10. مـا الخاصيـة المسـتعملة في تصنيف المعـادن 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 $50\ cm^3$. ما كثافته؟

a. $5000\ g/cm^3$ c. $5\ g/cm^3$

b. $2\ g/cm^3$ d. $150\ g/cm^3$

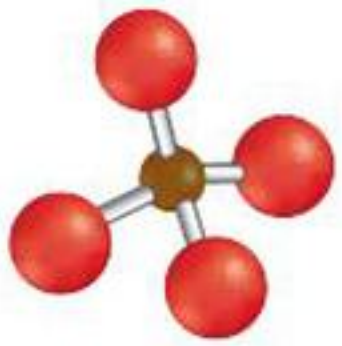
12. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لهرم السيليكا؟

a. SiO_2 c. SiO_4^{-4}

b. $Si_2O_2^{+4}$ d. Si_2O_2

تقويم الفصل 3

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 أيِّ ذرة أكسجين.

c. عند ذرة الأكسجين العلوية فقط.

d. عند ذرات الأكسجين السفلية فقط.

14. أيُّ مجموعات المعادن الآتية تتكون بشكل رئيس من شكل رباعي الأوجه؟

a. السيليكات c. الكربونات

b. الأكاسيد d. الكبريتات

15. أيُّ المعادن الآتية لا يمكن تحديد مخدشه باستعمال صفيحة البورسلان؟

a. الهيماتيت c. الفلسبار

b. الذهب d. الماجنيتيت

16. أيُّ من العناصر الآتية أكثر شيوعًا في القشرة الأرضية؟

a. الصوديوم c. الحديد

b. السيليكون d. الكربون

17. المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسيت. فإلى أيِّ مجموعة معدنية ينتمي؟

a. السيليكات c. الأكاسيد

b. الكربونات d. الكبريتات

18. أيُّ 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. الانفصام

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 اقتصاديًّا.

أسئلة بنائية

21. **فسِّر** لماذا يختلف لون حجر الياقوت عن لون الزفير رغم أنهما 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. **لخِّص** عملية تكون بلورات سكر في كأس من الشاي الساخن محلى بالسكر.

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

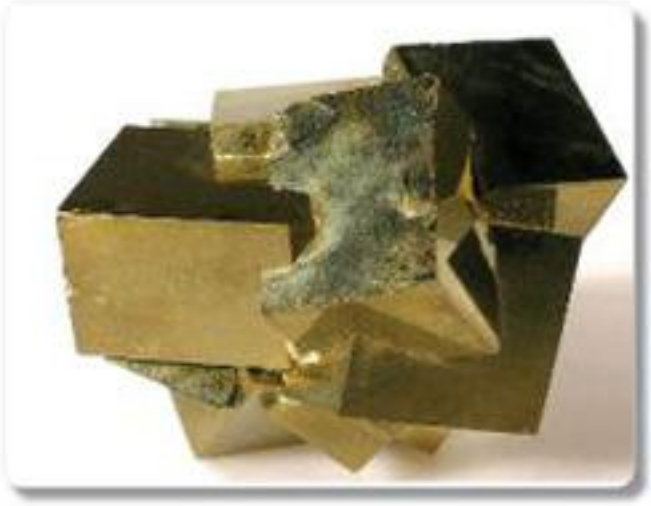
25. **قارن** للألماس والجرافيت المكونات الكيميائية نفسها. ما أوجه الشبه والاختلاف بين هذين المعدنين؟ ولماذا يعد الألماس حجرًا كريمًا بخلاف الجرافيت؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

3 تقويم الفصل

التفكير الناقد

استعمل الصورة أدناه في الإجابة عن السؤال 26.



26. **ارسم** كيف يكون التركيب الذري لبلورة هذا المعدن إذا كان شكل البلورة انعكاسًا خارجيًّا له؟

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

28. **قرِّر** أيّ المواد الآتية ليست معادن؟ النفط، الخشب، الفحم، الفولاذ، الأسمنت، الزجاج. ولماذا؟

29. **استدل** كيف استعمل المنقبون الأوائل في المناجم الكثافة في تحديد إذا كان المعدن الذي وجدوه بيريتًا أم ذهبًا؟

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

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 31 و32 :



31. **استنتج** المايكا معادن سيليكاتية صفائحية 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.

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. أي العنـاصر الآتية ترتيبه الثـاني من حيث وفرته في القشرة الأرضية؟

a. النيتروجين　　c. السيليكون

b. الأكسجين　　d. 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 نقيًا

2. أيّ المعادن الآتية أكثر قساوة؟

a. الفلسبار　　c. الجالينا

b. الفلوريت　　d. الكوارتز

3. أيّ المعادن الآتية ذات لمعان فلزي؟

a. الفلسبار　　c. الجالينا

b. الفلوريت　　d. الكوارتز

4. أيّ الخصائص الآتية أكثر مصداقية لتعرف المعادن؟

a. اللون　　c. القساوة

b. المخدش　　d. البريق

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 تصـف الألماس من واقـع البيانـات الواردة في الجدول؟

a. المعدن الأثقل.

b. المعدن الأبطأ في التكون.

c. الأكثر انتظامًا في البناء البلوري.

d. لا يمكن خدشه بأيّ معدن آخر.

6. أيُّ معدن يخدش الفلسبار ولا يخدش التوباز؟

a. الكوارتز　　c. الأباتيت

b. الكالسيت　　d. الألماس

7. التخطيط الجيد لإجراء تجربة لا يشـترط بالضرورة وجود واحد من العناصر الآتية:

a. التقنية.

b. تحديد المتغيرات.

c. صياغة الفرضيات.

d. جمع البيانات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل معامل التحويل والجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 10–8:

1.0 قيراط = 0.2g

الماس	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
مجمل إنتاج غرب أستراليا من الألماس في العام 2001 م	21,679,930	؟

8. رتّب الماسات الثلاث من الأصغر إلى الأكبر حسب أوزانها بالقيراط وسجّل وزن كل منها.
9. كم كيلو جرامًا من الألماس أنتجت غرب أستراليا في العام 2001 م؟
10. لماذا يحول منقبو الألماس قياساتهم من القيراط إلى الجرام؟
11. لماذا يعاد تصنيف بعض المعادن من خام اقتصادي إلى معدن غير اقتصادي؟
12. **عرّف البريق**، وبيّن لماذا يصعب استعمال البريق في تعرف المعادن؟
13. لماذا تصنف بعض المعادن خامات، ولا تصنف معادن أخرى كذلك؟

القراءة والاستيعاب

السيليكون

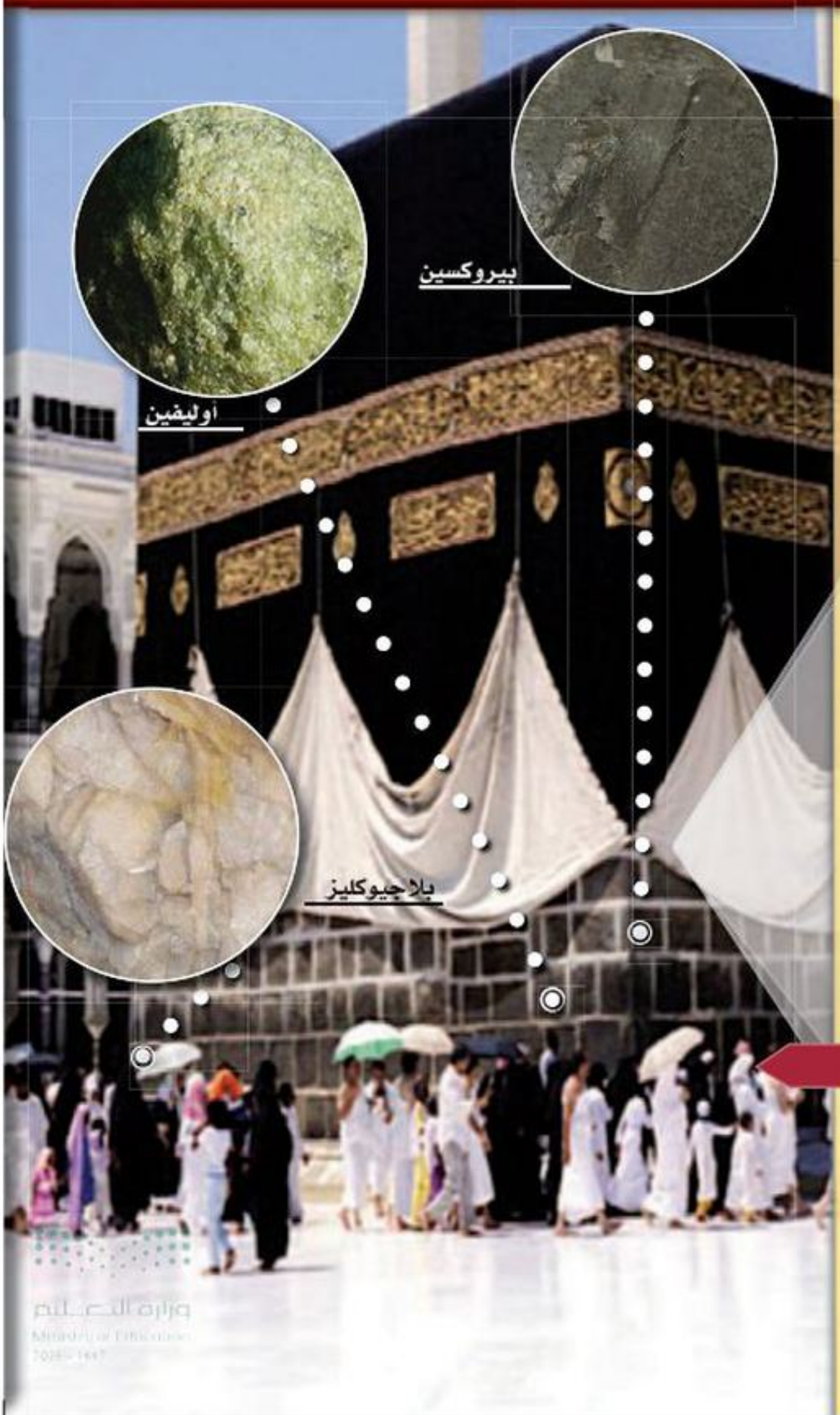
السيليكون Si ثاني أكثر العناصر انتشارًا في القشرة الأرضية. إلا أن الاهتمام به زاد بشكل واسع بعد استعماله في صناعة الأجهزة الإلكترونية، ويوجد السيليكون في الطبيعة بأشكال متعددة؛ فهو موجود في الكثير من الصخور، وأحيانًا في المياه، وفي الهواء على شكل دقائق غبار، وفي هياكل بعض المخلوقات الحية، ويوجد أيضًا في الكواكب والنجوم.

لا يوجد السيليكون منفردًا في الطبيعة، بخلاف الذهب أو الفضة، بل يوجد دائمًا متحدًا مع عناصر؛ منها الأكسجين O والألومنيوم Al والماغنسيوم Mg والكالسيوم Ca والصوديوم Na والبوتاسيوم K والحديد Fe، وغيرها من العناصر، ويكوّن مجموعة السيليكات، وهي أكبر المجموعات الكيميائية، وأكثرها تعقيدًا.

لون السيليكون رمادي باهت، ووزنه النوعي 2.42، وتكافؤه مثل تكافؤ الكربون، وقد دخل السيليكون في مجموعة من الصناعات الكيميائية، منها كربيد 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. اعتمادًا على النص السابق؛ أيُّ خصائص السيليكون الآتية تشكل تحديًا لاستخدامه؟
    a. يحيط به هالة من الإلكترونات.
    b. لونه رمادي باهت.
    c. لا يوجد منفردًا في الطبيعة.
    d. واسع الانتشار في أماكن عديدة.
15. أيُّ الصناعات الآتية لا تعتمد على الحالة الكيميائية للسيليكون؟
    a. مطاط السيليكون والسدادات.
    b. كربيد السيليكون والحجارة التي تشحذ أدوات القطع.
    c. الرقائق الإلكترونية.
    d. الزيوت والدهانات.
16. لماذا لم يكن السيليكون معروفًا بشكل واسع قبل انتشار الأجهزة الإلكترونية؟

الفصل 4 الصخور Rocks



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

4–1 ما الصخور النارية؟

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

4–2 تصنيف الصخور النارية

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

4–3 تشكل الصخور الرسوبية

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

4–4 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسة تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

4–5 الصخور المتحولة

الفكرة الرئيسة 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 تقريبًا $145\ m^2$، وارتفاعها 14 m.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

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 عيِّنة من الجرانيت بالعين المجردة، وسجِّل ملاحظاتك من خلال المجهر المستقطب.
3. استعمل عدسة مكبرة أو مجهرًا مستقطب لمشاهدة عيِّنة الجرانيت، وسجِّل ملاحظاتك.
4. استعمل مجهراً مستقطباً لمشاهدة شرائح رقيقة من عينة الجرانيت وتعرف على المحتوى المعدني.



التحليل

1. وضِّح ما شاهدته من خلال العدسة المكبرة أو المجهر المستقطب. ضمِّن رسمك مقياسًا للرسم توضِّح من خلاله النسبة بين حجم البلورات في العينة وحجمها على الرسم.
2. عدِّد أنواع المعادن التي شاهدتها في عيِّنتك.
3. صف أشكال بلورات المعادن وحجومها.
4. اكتب أي دليل يفيد أن هذه البلورات تكوّنت من صخر مصهور.

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.

المطويات
منظمات الأفكار

أنواع الصخور

اصنع المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع الصخور الثلاثة.



الخطوة 1 اثنِ الطرف السفلي للورقة طوليًا بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثنِ 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 مستعملًا ثلث ورقة تكتب فيها ملخصًا عن كيفية تكوّن كل نوع من الصخور مع إعطاء أمثلة.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-1

ما الصخور النارية؟
What are Igneous Rocks?

الأهداف

- **تلخص** تكون الصخور النارية.
- **تصف** مكونات الصهارة.
- **تتعرف** 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

اللابة

الصخور النارية

الانصهار الجزئي

التبلور الجزئي

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

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

تكوُّن 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 **اللابة Lava** فهي صهارة تتدفق على سطح الأرض. تتكون **الصخور النارية Igneous Rock** عندما تبرد الصهارة أو اللابة وتتبلور المعادن.

تمكَّن العلماء من صهر معظم أنواع الصخور في المختبر بتسخينها إلى درجات حرارة تتراوح بين 800° C و 1200° 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 الرئيسة في القشرة الأرضية: الأكسجين O، والسيليكون Si، والألومنيوم Al، والحديد Fe، والكالسيوم Ca، والصوديوم Na، والبوتاسيوم K، والماغنيسيوم Mg. ومن بين جميع المركبات الموجودة في الصهارة، تعد السيليكا من أكثرها شيوعًا وتأثيرًا في خصائصها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الجدول 1– 4	أنواع الصهارة	
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 اعتمادًا 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.

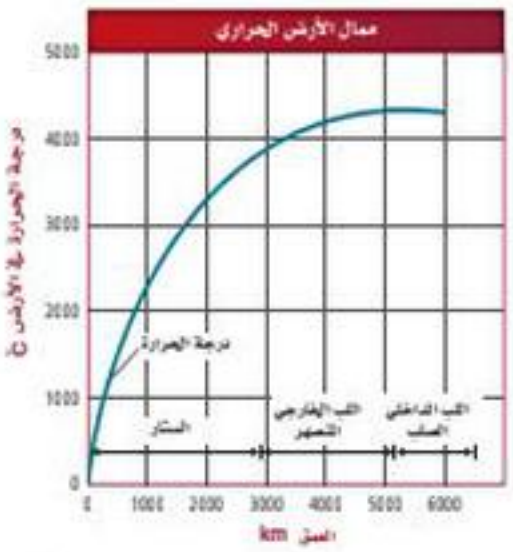
وعندما تتحرر الصهارة من الضغط الواقع عليها من الصخور المحيطة بها تتمكن الغازات الذائبة فيها من الانطلاق إلى الغلاف الجوي. لذا تختلف مكونات اللابة الكيميائية قليلًا عن المكونات الكيميائية للصهارة التي نتجت اللابة عنها.

تكوّن الصهارة Magma formation تتكون الصهارة بانصهار قشرة الأرض، أو مادة الستار. وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في تكوُّن الصهارة، هي: درجة الحرارة، الضغط، المحتوى المائي، المحتوى المعدني لمادة القشرة أو الستار. وتزداد درجة الحرارة عادة كلما تعمَّقنا في القشرة الأرضية، وتسمى هذه الزيادة في درجة الحرارة المماثل الحراري، وهي ممثلة في **الشكل 1– 4**. ولدى حفّاري آبار النفط خبرة مباشرة في المماثل الحراري الأرضي؛ فآلات الحفر –كتلك المبينة في **الشكل 2– 4** يمكن أن تصادف درجات حرارة تزيد على 200°C في أثناء حفر آبار النفط العميقة.

يزداد الضغط أيضًا 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°C على سطح الأرض ينصهر عند درجة 1400°C على عمق 100 km.

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

ماذا قرأت؟ عدِّد العوامل الرئيسة المؤثرة في تكون الصهارة.



الشكل 1– 4 متوسط المماثل الحراري في القشرة الأرضية 25°C/km تقريبًا، ويعتقد العلماء أنها تهبط بشدة إلى 1°C/km في الستار.



الشكل 2– 4 تصادف آلة الحفر عند عمق 3Km صخورا درجة حرارتها قريبة من درجة غليان الماء، وتزداد درجة حرارة الجزء العلوي من القشرة مع زيادة العمق 30°c/Km تقريبا.



الشكل 3– 4 تبدأ المعادن في الانصهار في منطقة ما عندما تبدأ درجة الحرارة بالإرتفاع.

حدد ماذا تتوقع أن تكون درجة انصهار الكوارتز اعتمادًا على هذا الشكل؟

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، ولمعادنه درجات انصهار أقل.

وعمومًا 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 شمعًا منصهرًا 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 غالبًا مزيجًا 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.

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



الشكل 4– 4 صخور نارية قديمة مكونة من جرانيت وديوريت وجابر في جنوب محافظة العلا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

التبلور الجزئي Fractional Crystallization

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

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 غنيَّة بالسيليكا.

تجربة عملية
مقارنة صخور القمر بصخور الأرض
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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

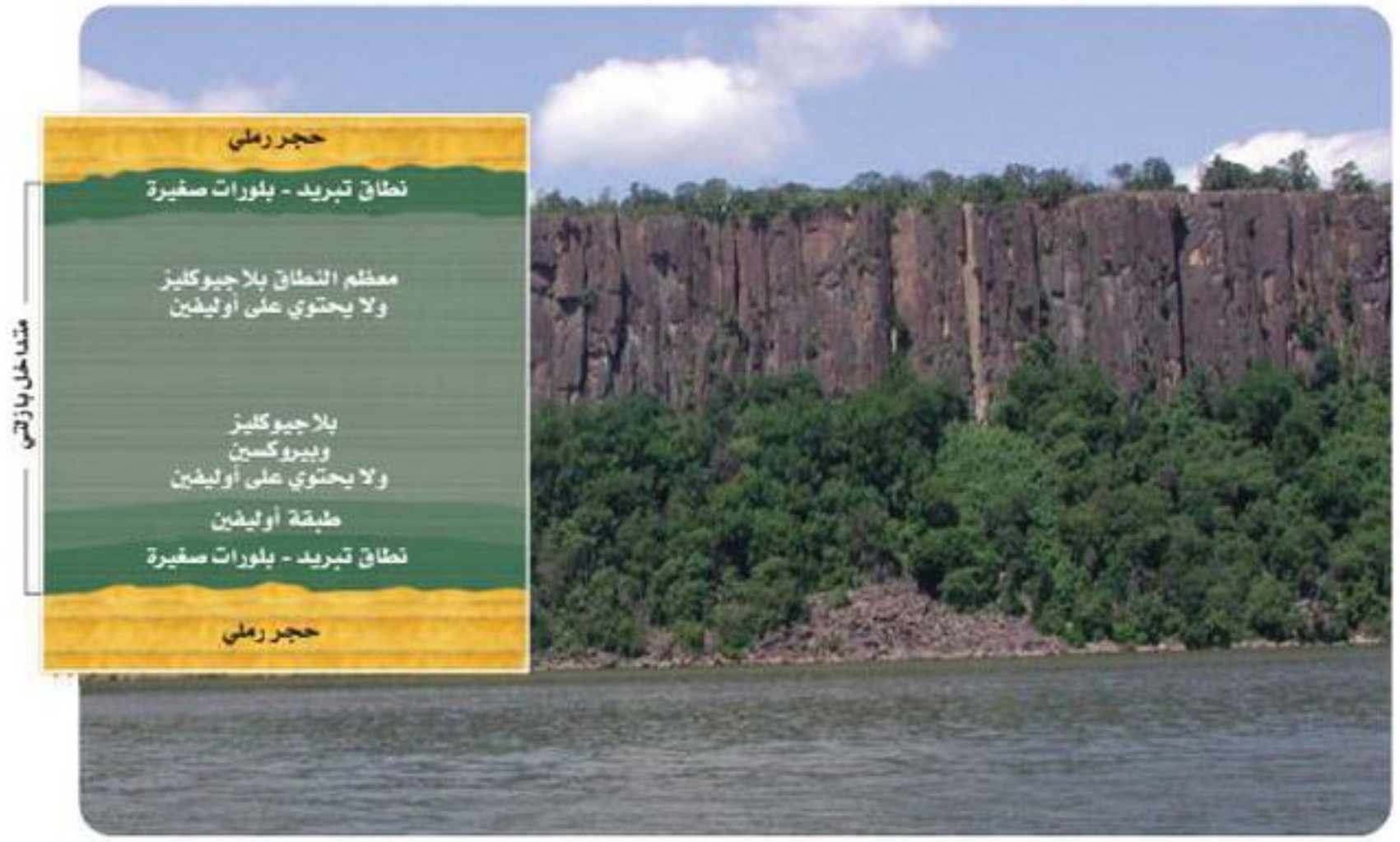
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر الموجود في دليل التجارب العملية، واملأه.
2. احصل على مجموعة من عينات صخرية نارية من معلمك.
3. لاحظ الخصائص الآتية لكل صخر: مجمل اللون، حجم البلورات، والمكونات المعدنية (إن أمكن).
4. صمّم جدول بيانات لتدوين ملاحظاتك.

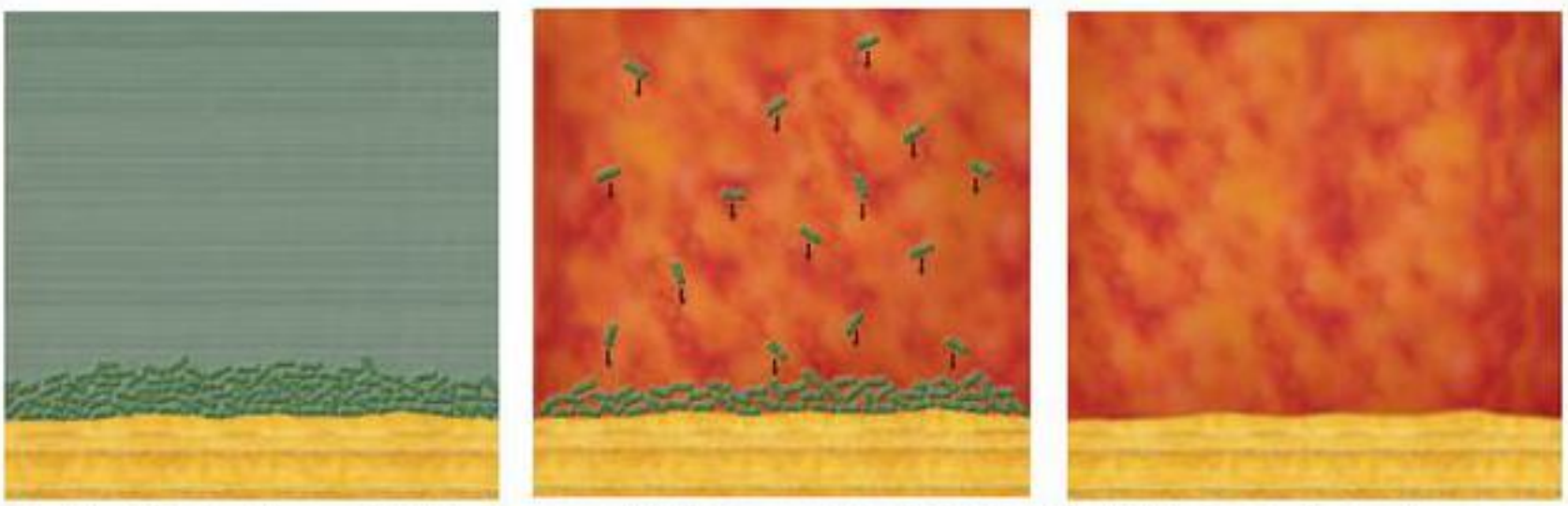
التحليل

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

التبلـور الجـزئـي وتـرسـب البـلـورات
Fractional Crystallization and Crystal Settling

الشـكل 5– 4 تعد عتبة باليسيد (Palisade Sill) في وادي نهر هدسـون (Hudson) في نيويورك ونيوجيرسي مثالًا على عملية التبلور الجزئي وترسـيب البلورات. ففي العتبة البازلتية تكونت بلورات صغيرة في نطاق التبريد؛ لأن الأجزاء الخارجية من هذا الجسم البازلتي بردت بسرعة أكبر من الأجزاء الداخلية.





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

آلية التبلور الجزئي Mechanism of partial crystallizaion

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 ناريّان مختلفان في مكوناتهما. ويوضح **الشكل 5–4** هذه العملية، كما يوضح مفهوم التبلور الجزئي من خلال عرض مثال عتبة باليسيد، 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 شيوعًا في القشرة الأرضية، بينما تحتوي العروق على الكوارتز غالبًا كما في **الشكل 6– 4**؛ لأنه يتبلور في أثناء اندفاع الجزء السائل المتبقي من الصهارة في الشقوق الصخرية.



الشكل 6– 4 تمثل عروق الكوارتز هذه آخر ما برد وتبلور من الجسم الصهاري المتبقي.

التقويم 1–4

الخلاصة

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

فهم الأفكار الرئيسة

1. **توقّع** 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 الرئيسة الموجودة في معظم أنواع الصهارة. أضف الرمز الكيميائي لكل عنصر.
3. **لخّص** العوامل التي تؤثر في تكوين الصهارة.
4. **قارن** بين الصهارة واللابة.

التفكير الناقد

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

الكتابة في الجيولوجيا

7. ادّعى أحد هواة جمع الصخور أنه وجد أول مثال على البيروكسين والفلسبار الغني بالصوديوم في الصخر نفسه. اكتب تعليقًا على هذا الادعاء.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-2

الأهداف

- **تصنف** الصخور النارية وفق مكوناتها المعدنية وأنسجتها.
- **تتعرف** أثر معدَّلات التبريد في حجوم البلورات في الصخور النارية.
- **تصف** بعض استخدامات الصخور النارية.

مراجعة المفردات

التبلور الجزئي

عملية متعاقبة يتم في أثنائها 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 البورفيري
النسيج الفقاعي
البيجماتيت
الكمبرليت

تصنيف الصخور النارية
Classification of Igneous Rocks

الفكرة الرئيسة **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 وتتبلور تحت سطح الأرض تتكوَّن **الصخور الجوفية Intrusive Rocks**، وتكون بلورات الصخور الجوفية كبيرة عادة، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وتشكل الصهارة التي تبرد وتتبلور على سطح الأرض **صخورًا سطحية Extrusive Rocks**، ويشار إليها أحيانًا بالحرات أو الطفوح البازلتية مثل حرة الحرة. والبلورات التي تتكون في هذه الصخور صغيرة ويصعب رؤيتها بالعين المجردة، ويُصنَّف الجيولوجيون هذه الصخور حسب مكوناتها المعدنية، بالإضافة إلى الخصائص الفيزيائية ومنها حجم البلورات والنسيج وهذا يمثل مؤشرًا لتعرف أنواع الصخور النارية المتنوعة.

تُصنَّفُ الصخور النارية حسب مكوناتها المعدنية؛ **فالصخور البازلتية Basultic 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 7– 4** أمثلة على الأنواع الثلاثة من الصخور النارية.


الديوريت

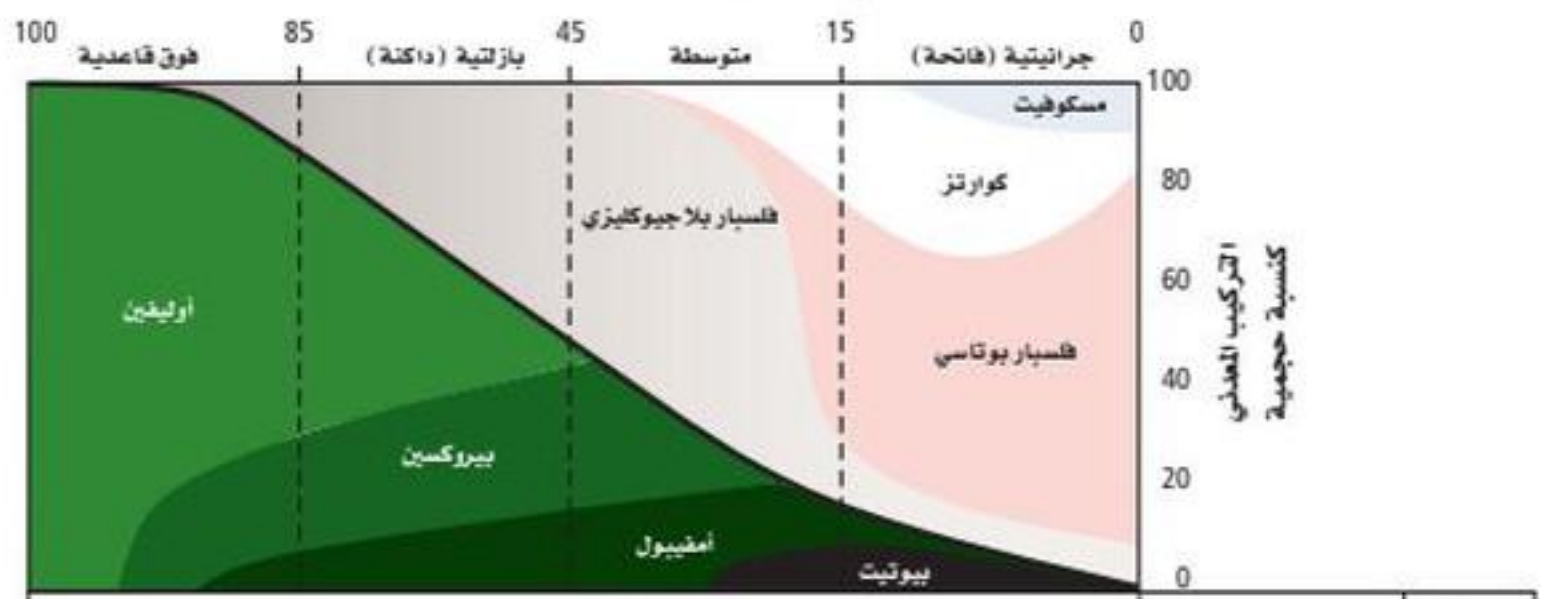

الجرانيت


الجابرو

الشكل 7– 4 يمكن ملاحظة الفروق في مكونات الصهارة في الصخور التي تتكون عندما تبرد الصهارة وتتبلور.
لاحظ. صف الفروق التي تشاهدها في هذه الصخور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

تعرف الصخور النارية



المنشأ	النسيج	اسم الصخر			
جوفية	خشن البلورات	جرانيت	ديوريت	جابرو	بيرودوتيت
سطحية	بورفيري	ريولايت - جرانيت	أنديزيت - ديوريت	بازلت أو جابرو بورفيري	
	ناعم البلورات	ريولايت	أنديزيت	بازلت	
	زجاجي	أوبسيديان			
	فقاعي	الخفاف (بيومس)		سكوريا (بازلت فقاعي)	

وهنـاك مجموعة رابعة مـن الصخور تدعى **فـوق القاعديـة Ultrabasic**، منها صخر البيرودوتيـت، وتحتوي هـذه الصخور فقط على معـادن غنية بالحديـد مثل الأوليفين والبيروكسين، وهي دائمًا داكنة اللون. ويلخص **الشكل 8– 4** آلية تعرُّف الصخور النارية.

الشـكل 8– 4 أنـواع الصخـور النارية يمكن تعرُّفها من خلال نسب المعادن فيها.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

النسيج Texture

كـما تختلف الصخور النارية في مكوناتها المعدنية، وتختلف أيضًا في حجوم بلوراتها، ويشـير **النسيج Texture** إلى حجم البلورات التي يتكون منها الصخر، وإلى شكلها وتوزيعها. فعلى سـبيل المثال يمكن وصف نسيج الريولايت المبين في **الشكل 9– 4** بأنه ناعم البلورات، أما الجرانيت فيوصف بأنه خشن البلورات، ويرجع الاختلاف في حجم البلورات إلى أن أحدهما صخر سطحي، والآخر صخر جوفي (متداخل).


الأوبسيديان


الجرانيت


الريولايت

الشكل 9– 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 تتهيأ الفرصة لتشكل بلورات كبيرة، فَتُنتِجُ صخورًا نارية سطحية كالريولايت المبين في **الشكل 9– 4**. بلوراتها صغيرة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأحيانًا يحدث التبريد بسرعة كبيرة جدًّا، بحيث لا تتهيأ الفرص لتكوُّن البلورات، وينتج زجاج بركاني يسمى أوبسيديان كما في **الشكل 9– 4**. وفي مقابل ذلك يمكن للصخور الجوفية –ومنها الجرانيت والديوريت والجابرو– التي تبرد ببطء أن تكون بلوراتها بحجم أكبر من 1 cm.

النسيج البورفيري Porphyritic texture انظر إلى أنسجة الصخور في **الشكل 10– 4**. توضح الصورة العلوية صخرًا يحتوي على بلورات بحجمين مختلفين، ويظهر هذا الصخر **نسيجًا بورفيريًّا 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 وكلتاهما في صخر واحد؟ تدل الأنسجة البورفيرية أن جزءًا 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 ثقوبًا في الصخر تسمى فقاعات، ويبدو الصخر إسفنجيًّا، ويسمى هذا المظهر الإسفنجي **نسيجًا فقاعيًّا Vesicularت Texture**. ويعد كل من الخفاف والبازلت الفقاعي أمثلة على ذلك. انظر **الشكل 10– 4**

ماذا قرأت؟ فسّر سبب تكون الثقوب في الصخور النارية.



أنديزيت (النسيج البورفيري)



بازلت فقاعي



الخفاف (بيومس)

الشكل 10– 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447



الشكل 11– 4 يمكن تعرُّف المعادن المكونة للجرانيت باستعمال شرائح رقيقة تحت المجهر المستقطب.

الشرائح الرقيقة Thin Sections

لتعرُّف الصخر يفحص الجيولوجيون بلورات المعادن في العيِّنات الصخرية في صورة شرائح رقيقة تحت أنواع خاصة من المجاهر (المجهر المستقطب). والشريحة الرقيقة قطعة من الصخر سمكها 0.03 mm تقريبًا، مثبتة على قطعة زجاجية بحيث تسمح بنفاذ الضوء خلالها. ويوضح **الشكل 11– 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 تتبلور فيها، ويمكن أن يستخلص منها العديد من العناصر المفيدة ومنها الليثيوم وغيره مما يدخل في مجالات عديدة في حياتنا، وتستخدم الصخور النارية أيضًا في المباني. وتوضح الفقرات الآتية بعض هذه الاستخدامات:

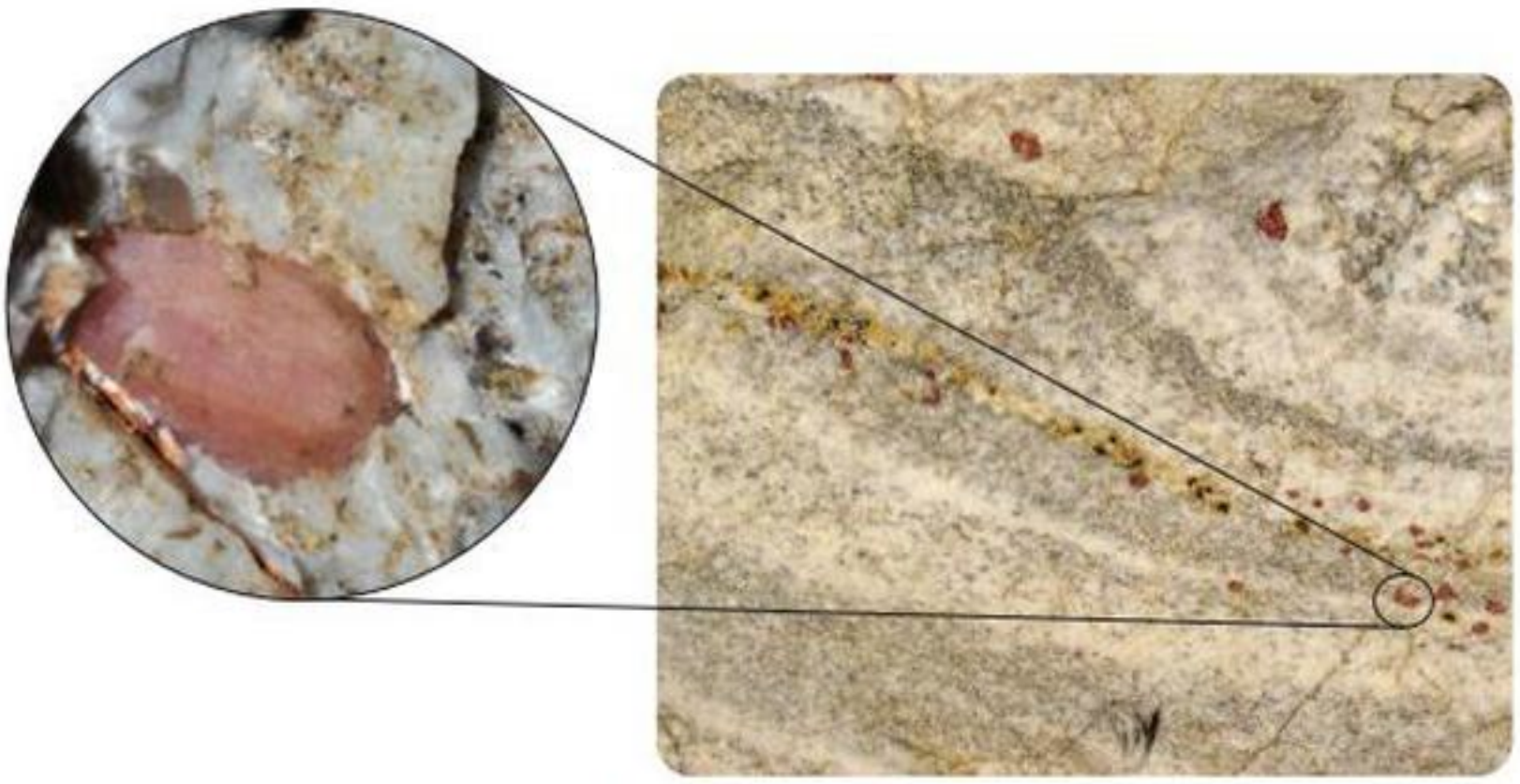
العروق Viens تحتوي الموائع المتبقيَّة من تبلور الصهارة على تراكيز عالية من السيليكا والماء، كما تحتوي على شوائب أو بقايا من عناصر لم تصنف ضمن الصخور النارية؛ فالذهب والفضة والرصاص والنحاس من الفلزات التي لم تتضمنها المعادن الشائعة. وتتحرر هذه العناصر من السيليكا المذابة في نهاية عملية تبلور الصهارة، على هيئة موائع ساخنة غنيَّة بالعناصر، تملأ الشقوق والفراغات في الصخور المجاورة. وتتصلب هذه الموائع مكوِّنة عروقًا غنيَّة بمعادن أو فلزات ذات قيمة اقتصادية، ومنها عروق الكوارتز الحاملة للذهب في مهد الذهب في المملكة العربية السعودية. ويبين **الشكل 12– 4** ذهبًا متكونًا في عروق الكوارتز.

ماذا قرأت؟ وضِّح لماذا تحتوي العروق على كميات كبيرة من الكوارتز؟



الشكل 12– 4 يستخرج الذهب والكوارتز معًا من المناجم، ثم يفصلان لاحقًا.

استدل ما الذي يمكنك تحديده من هذه الصورة عن درجة انصهار الذهب؟



الشكل 13– 4 عرق بيجماتيت يخترق صخور الجرانيت، وفيه بلورات جميلة.

البيجماتيت Pegmatites تسمى الصخور التي تتكون من بلورات خشنة جدًا **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، فضلًا عن احتوائها على بلورات جميلة كما يتضح في **الشكل 13– 4**. 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 قيِّم، نادر الوجود، يوجد في الصخور فوق القاعدية المسماة **كمبرليت Kimberlite**، نسبة إلى مدينة كيمبرلي في جنوب إفريقيا، وتُعد 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 إلَّا تحت ضغط عال جدًا.

وقد وضع الجيولوجيون فرضية مفادها أن صهارة الكمبرليت قد حُقنت بسرعة إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض، مشكّلةً تراكيب طويلة ضيِّقة 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 14– 4**.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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 ثباتًا ومقاومة للتجوية، ولعلك شاهدت الكثير منه يستخدم بلاطًا 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.



الشكل 14- 4 يستخرج الألماس من الكمبرليت في منجم في جنوب إفريقيا.

تجربة عملية

الصخور النارية: الحمضية والقاعدية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 الكيمبرليت.
- تستخدم بعض الصخور النارية كمواد بناء؛ بسبب متانتها وجمالها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **استنتج** لماذا التركيب الكيميائي للأوبسيديان الأسود أو الأحمر تركيبًا جرانيتيًا؟
2. **صف** مجموعات الصخور النارية الثلاث الرئيسة.
3. **طبّق** ما تعرفه عن معدلات التبريد في توضيح الاختلاف في حجوم البلورات.
4. **ميّز** بين الأنديزيت والديوريت من خلال خاصيتين فيزيائيتين من خصائص الصخور النارية.

التفكير الناقد

5. **حدّد** أيهما أكثر قابلية لتكوين بلورات مكتملة الأوجه في الصخور النارية: الكوارتز أم فلسبار البلاجيوكليز؟ وضح إجابتك.

الجيولوجيا والبيئة

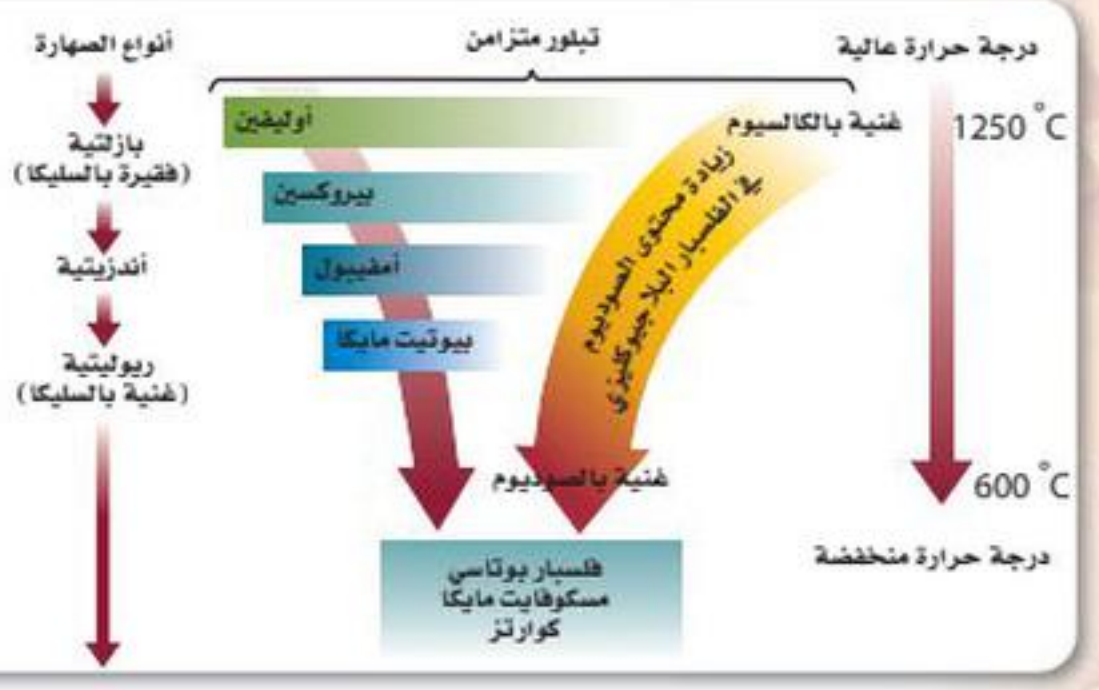
قام الجيولوجي الكندي باون في مطلع القرن العشرين بتوضيح كيف تبرد الصهارة وتتبلور المعادن فيها، بترتيب منتظم في عملية تعرف الآن **بسلاسل تفاعلات باون Bowen's Reaction Series**. ويوضح **الشكل 15– 4** العلاقة بين درجة حرارة الصهارة في أثناء تبريدها والمعادن السيليكاتية التي تشكل الصخور النارية. وقد اكتشف 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 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 غنيًّا بالصوديوم، وفي بعض الحالات عندما يتم التبريد سريعًا تصبح أنوية الفلسبار الغنيَّة بالكالسيوم غير قادرة على التفاعل تمامًا مع الصهارة، فتكون النتيجة هي تكون بلورة ذات نطاقات غنية بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم كما في **الشكل 16– 4**.



الشكل 16– 4 عندما تبرد الصهارة بسرعة قد لا تجد بلورة الفلسبار الوقت الكافي للتفاعل تمامًا مع الصهارة فتبقي على أنوية غنية بالكالسيوم. والنتيجة تكون بلورات بنطاقات تتميز بغناها بالكالسيوم وأخرى بالصوديوم.

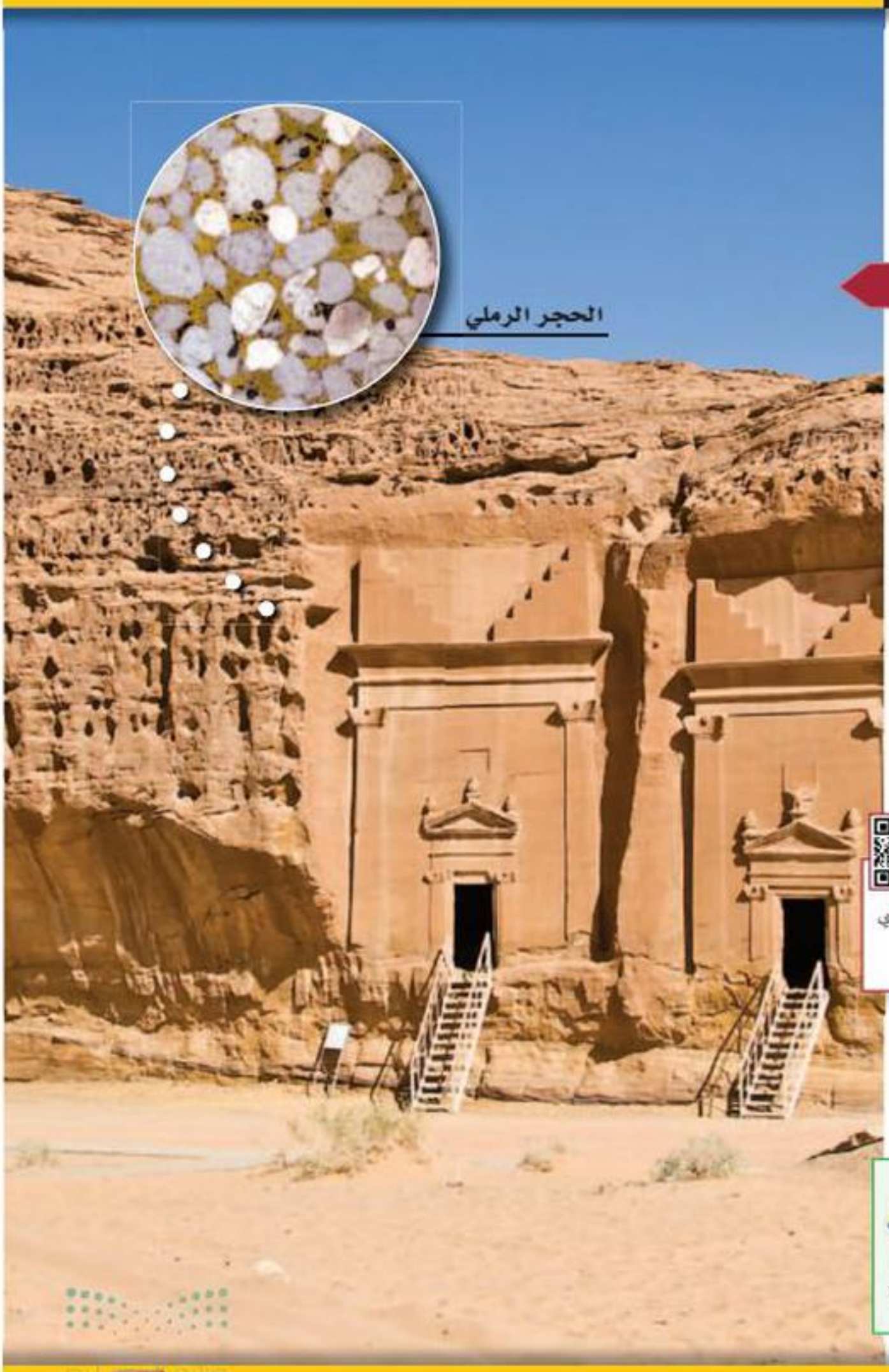


الشكل 15– 4 في الطرف الأيسر من سلاسل تفاعلات باون، تتغير المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم بشكل مفاجئ مع انخفاض درجة حرارة الصهارة.

قارن كيف يمكن مقارنة ذلك مع الفلسبار في الطرف الأيمن من الشكل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مدائن صالح



حقائق جيولوجية

مدائن صالح

- تقع مدائن صالح أو ما يُعرف بالحِجْر على بعد 22 km شمال شرق مدينة العُلا 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.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للقيام: بزيارة تخيلية لمدائن صالح.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030

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

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-3

تشكّل الصخور الرسوبية

Formation of Sedimentary Rocks

الأهداف

- تتبّع تشكُّل الصخور الرسوبية.
- توضح عملية التصخّر.
- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

المفردات الجديدة

الرسوبيات
التصّخر
الترآص
السمنتة
مادة لاحمة
التطّبق
التطّبق المتدّرج
التطّبق المتقاطع

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

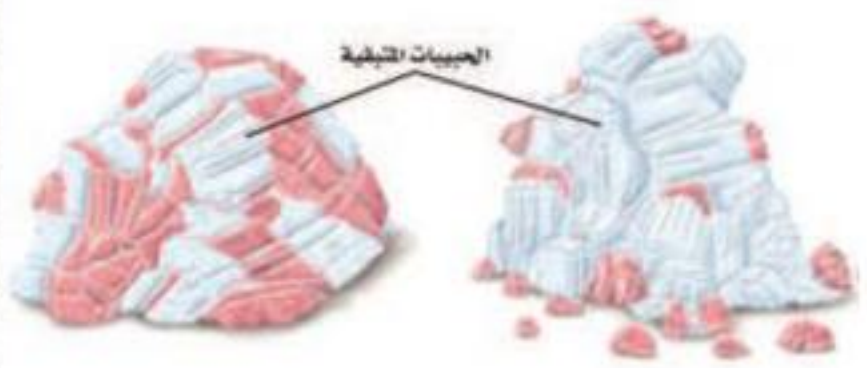
الربط مع الحياة. قد ترى كمية من الرمل والتربة أو قطعًا مكسرة من الصخر على الأرض. ما الذي حدث لهذه المواد؟ وماذا سيحدث لها مستقبلاً؟

التجوية والتعرية Weathering and Erosion

الرسوبيات Sediment قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسّبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجاذبية. وتتسبب مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية، إضافة إلى التجوية والتعرية، في تفتيت الصخور المتكشّفة فوق سطح الأرض إلى قطع أصغر فأصغر، تتحرك مع التيارات المائية، ومع مرور الوقت تتراكم وتترسب وتلتحم معًا وتتصلّب فتكوّن صخورًا رسوبية.

التجوية Weathering تُنتج التجوية فتاتًا 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 استقرارًا كيميائيًا. وتجوية فيزيائية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغير كيميائيًا. ويوضح الشكل 16–4 صخرًا تجوّى كيميائيًا وفيزيائيًا. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟





الشكل 16–4 عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية يتفتت في النهاية، ويمكن أن يتحلل، كما تشاهده في الشكل المجاور.

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التعرية Erosion تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها التعرية. ويوضح الشكل **17–4** عوامل التعرية الأربعة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية والجليديات. وتعد الرياح أكثر عوامل التعرية تأثيرًا 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 أيضًا 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 غالبًا إلى اماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد وتنتقل دائمًا نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الجليديات أيضًا 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.


الرياح


المياه الجارية


الجاذبية


الجليديات

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

تجربة

نموذج لتطبّق الرسوبيات

كيف تتشكّل الطبقات في الصخور الرسوبية؟

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

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على $100\ cm^3$ من الرسوبيات من مكان يحدده معلمك.
3. ضع الرسوبيات في قنينة لها غطاء سعتها 200 mL.
4. ضع ماءً في القنينة إلى ثلاثة أرباعها.
5. أحكم إغلاق القنينة بالغطاء.
6. احمل القنينة بكلتا يديك واقلبها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معًا، ودع القنينة مقلوبةً قبل أن تضعها معتدلةً على سطحٍ مستوٍ، ثم اتركها مدة 5 دقائق تقريبًا.
7. لاحظ عملية الترسيب.

التحليل

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

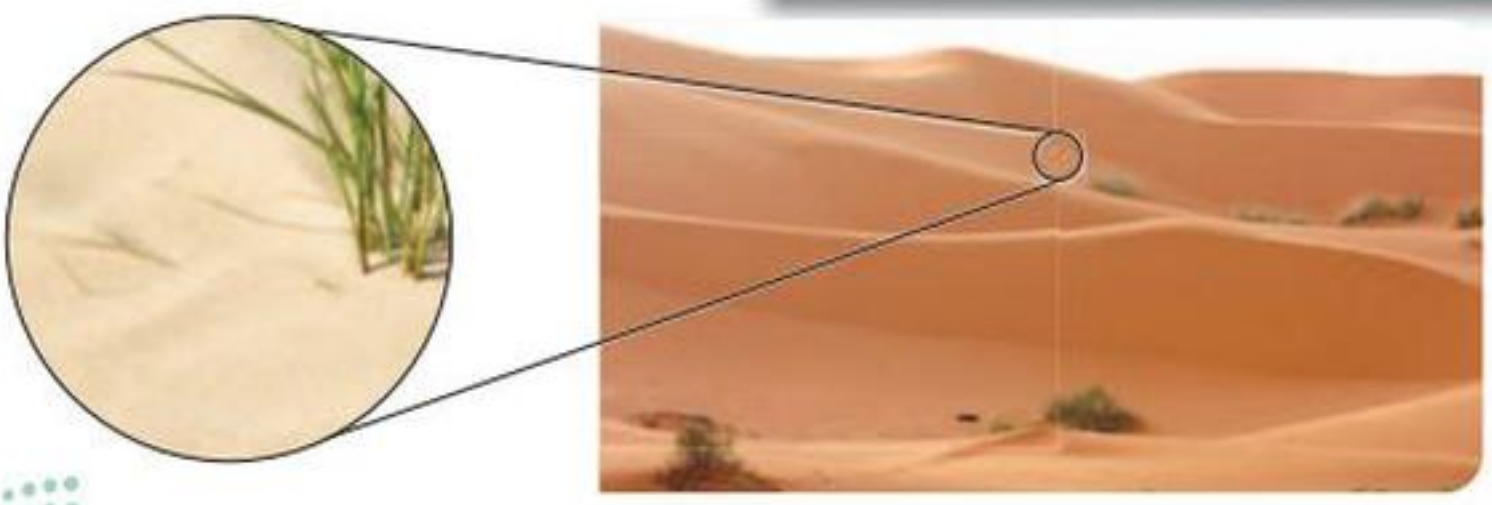
الترسيب Deposition يحدث الترسيب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى فوقها. وبالمثل، تترسب الرسوبيات 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 أولًا الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجوم 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 مثلًا تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛فتحمل الصخورَ الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر الجليديات فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

التصخّر 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. و**التصخر Lithification** عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكوُّن صخر رسوبي.



الشكل 18–4 تشكّلت هذه الكثبان من الرمل الذي عصفت به الريح، فنقلته وأعادت ترسيبه. لاحظ أن حبيبات الرمل متساوية في الحجم تقريبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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

التراصّ Compaction تشمل عملية التصخر مجموعة من العمليات تبدأ بعملية **التراص 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 تقريبًا. 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 للتشوُّه تحت ظروف الدفن العادية.

يشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها بعضًا هيكلًا داعمًا يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، حيث توجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في هذه الفراغات في الصخور الرسوبية.

السمنتة Cementation لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات معًا. حيث تحدث **السمنتة Cementation** وهي عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كانت مذابة ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبية مما يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معًا مشكلةً صخرًا صلبًا. ويحدث هذا عندما تترسب **مواد لاحمة Cementingmateril** ومنها: معدن الكالسيت $CaCO_3$ أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي تترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح الشكل **20–4** كيف تحدث هذه العملية.

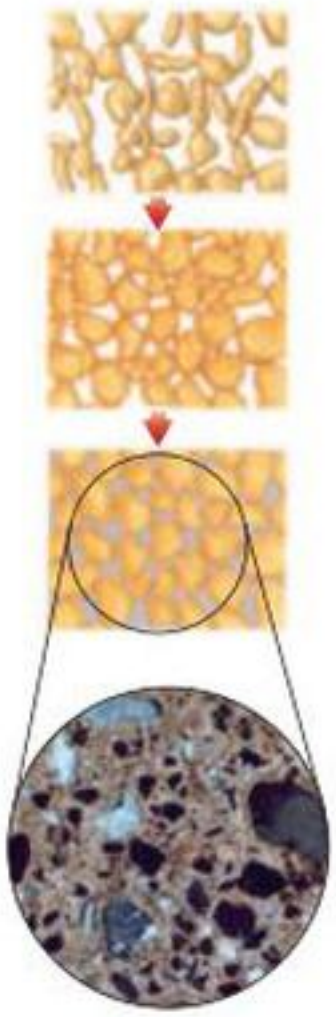
معالم الصخور الرسوبية Sedimentary Features

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

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



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



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 المكوِّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

التطبّق المتدرّج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجمًا كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبقَ المتدرج Graded bedding**. وغالبا ما يلاحظ التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية فعندما تقل سرعة التيارات البحرية تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فترسب المواد الأثقل والأكبر حجمًا أولًا، ثم ترسب بعدها بالتدريج المواد الأصغر. ويوضح الشكل **21–4** مثالًا على التطبق المتدرج.

التطبق المتقاطع Cross – bedding مظهر آخر مميز للصخور الرسوبية. ينشأ **التطبق المتقاطع Cross bedding**، كالذي يظهر في الشكل **22–4**، عندما ترسب 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 ترسب الرسوبيات في تموجات صغيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طُمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.



الشكل 22–4 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثبان قديمة تشكّلت بالرياح.

المهن في علم الأرض

عالم الرسوبيات: مهنة عالم الرسوبيات هي دراسة أصل الرسوبيات وترسيبها وتحولها إلى صخور رسوبية. وغالبا ما ينشغل علماء الرسوبيات في البحث عن البترول والغاز الطبيعي والمعادن المهمة اقتصاديًا والحصول عليها.

هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
SAUDI GEOLOGICAL SURVEY

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

التطبق المتقاطع وعلامات النيم
Cross-Bedding and Ripple Marks

الشكل 23–4 ينتج عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكوّن تراكيب رسوبية كالتطبق المتقاطع وعلامات النيم.

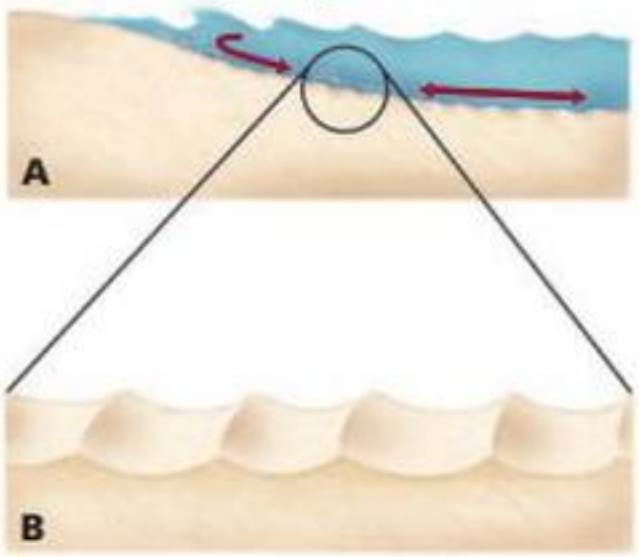


يســتقر الرمل الذي تحمله الريح على جانب الكثيب البعيد عن اتجاه الريــح، وعندما تغير الريح اتجاهها يتكون التطبق المتقاطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.



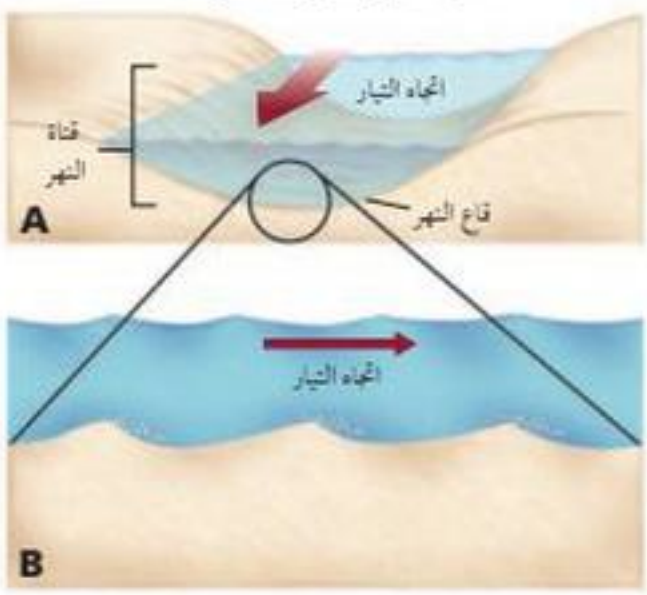
تُدفع رســوبيات قاع النهر بفعل حركة التيارات مشــكلةً تلالًا صغيرة وتموجات، فإذا تلاها استقرار رسوبيات أخرى بزاوية معينة فوق الجانب المائل لهذه التلال في اتجاه التيار فعندئذ يتشــكل التطبق المتقاطع. وفي النهاية تستوي المنطقة أو تتشكّل تلال جديدة، وتبدأ العملية من جديد.

علامات نيم متناظرة



تؤدي حركة الأمواج على الشــاطئ ذهابًا وإيابًا إلى دفع رمل القاع، فتشــكل علامات نيــم متناظرة؛ إذ تتوزع حبيبات الرمل على جانبي قمم التلال بانتظام.

علامات نيم غير متناظرة



تقوم التيارات التي تجري في اتجاه واحد – كتلك التي في الأنهار – بدفع رســوبيات القاع لتشكيل علامات نيم غير متناظرة؛ حيث يكون الجانب المعاكس لاتجاه التيار أكثر انحدارًا، ويحوي الرســوبيات الأخشــن. لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.

هيئة المساحة الجيولوجية السعودية


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.

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 يتكسّر الصخر يكون لشكل حواف القطع في بادئ الأمر زوايا حادة. وفي أثناء عملية النقل تصطدم الحبيبات معًا، فتتكسر الحواف الحادة، ومع الزمن تستدير حوافّ القطع الصخرية. وتتأثر درجة الاستدارة بمسافة نقل الرسوبيات وقساوة معادن الصخر؛ فكلما كان المعدن أكثر قساوة زادت فرصة استدارته قبل أن يتكسّر 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 طبعات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. فعندما يموت مخلوق حي ويُدفن قبل أن يتحلل قد يحفظ على شكل أحفورة حفظًا كاملاً دون تغير في تركيبه الكيميائي، وقد تحلّ معادن ذائبة في أثناء تكون الأحفورة محل الهيكل الصلب، فتغيّر تركيبه الكيميائي دون تغيير شكله الأصلي، ومنها تغير الأصداف المكونة من الكالسيت إلى سيليكا. 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.

التقويم 3–4

الخلاصة

- تتشكّل الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخّر.
- تصبح الرسوبيات – بعمليتي التراصّ والسمنتة – صخورًا.
- الأحافير بقايا أو آثار مخلوقات حية كانت تعيش في الزمن الماضي، وتكون محفوظة – في الغالب – في الصخور الرسوبية.
- قد تحوي الصخور الرسوبية معالم مميزة، ومنها التطبّق المتدرج، والتطبّق المتقاطع، وعلامات النيم، واستدارة الحبيبات، واحتواؤها على الأحافير.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **صف** كيف تَنتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. **ارسم مخططًا** لتوضيح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. **وضح** كيف يتشكّل 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 أسفله، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدببًا أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

الكتابة في الجيولوجيا

7. تخيل أنك تصمم عرضًا لمتحف يتضمن صخورًا رسوبية تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفًا مرافقًا للصورة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-4

أنواع الصخور الرسوبية
Types of Sedimentary Rocks

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

الفكرة الرئيسة تُصنّف الصخور الرسوبية بناء 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 **فتاتي Clastic** مأخوذة من كلمة klastos اليونانية بمعنى مكسّرة. وتُصنّف هذه الصخور بناء على حجم حبيباتها. انظر إلى الجدول 3–1 في الصفحة الآتية، الذي يلخص تصنيف الصخور الرسوبية بناء على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنية.

الصخور الرسوبية الخشنة الحبيبات Coarse – grained rocks

تصنف الصخور الرسوبية المكونة من فتات الصخر والمعادن التي بحجم الحصباء على أنها صخور خشنة الحبيبات، كما في الشكل **25–4**. وبسبب كتلتها الكبيرة نسبيًا تُنقل الحصباء 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 لحصباء الشواطئ والأنهار وهذا يدل – كما ذكر سابقًا– على زيادة مسافة النقل. وتحوّل عملية التصخر هذه الرسوبياتِ إلى صخر يسمى الكونجلوميرات.

وعلى نقيض الكونجلوميرات، تتكون البريشيا من حبيبات مدببة الحواف في حجم الحصباء. 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**.



الكونجلوميرات



البريشيا

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.

الجدول 2-4 تصنيف الصخور الرسوبية

التصنيف	النسيج / حجم الحبيبات	المكونات	اسم الصخر
الفتاتية	خشن (2 mm <)	قطع من أي صخر – كوارتز وصوّان وكوارتزيت هي الشائعة.	كونجلوميرات (مستديرة) بريشيا (مدببة الحواف)
	متوسطة ($\frac{1}{16}$ mm – 2mm)	كوارتز وقطع صخرية كوارتز وفلسبار بوتاسي وقطع صخر	حجر رملي حجر رملي أركوزي
	ناعمة ($\frac{1}{16}$ mm – $\frac{1}{256}$ mm)	كوارتز وطين	حجر الطمي
	ناعمة جدًا (<$\frac{1}{256}$ mm)	كوارتز وطين	الطَّفَل
الكيميائية	ناعمة إلى خشنة التبلور	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري متبلور
	ناعمة إلى خشنة التبلور	دولوميت $(Ca, Mg)\ CO_3$ (يتفاعل مع الحمض إذا كان مسحوقًا)	دولوميت
	ناعمة التبلور جدًا	كوارتز SiO_2 بلونيه الفاتح والغامق	صوّان
	ناعمة إلى خشنة التبلور	جبس $CaSO_4 . 2H_2O$	الجبس الصخري
	ناعمة إلى خشنة التبلور	هاليت NaCl	الملح الصخري
الكيميائية الحيوية	بلورات دقيقة مع تشققات محارية	كالسيت $CaCO_3$	مِكرايت
	أحافير كثيرة في أرضية من المِكرايت	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري أحفوري
	أووليت (كرات صغيرة من كربونات الكالسيوم)	كالسيت $CaCO_3$	حجر جيري أووليتي
	أصداف وأصداف مكسّرة مفككة	كالسيت $CaCO_3$	كوكينا
	أصداف مجهرية وصلصال	كالسيت $CaCO_3$	طباشير
	قطع مختلفة الحجوم	بقايا نبات متفحمة مع بعض الأحافير النباتية	فحم

المفردات

مفردات أكاديمية

خزّان جوفي

هو طبقات من الصخور تحت السطحية، بها قدر كاف من المسامية تسمح بتراكم كمية من النفط أو الغاز الطبيعي أو الماء. ومن الامثلة على الخزانات الجوفية في السعودية خزان الساق الذي يتكون من الحجر الرملي.

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 2–4. وتحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. فمثلاً تشير علامات النيم والتطبق المتقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لعمل خرائط للجداول المائية القديمة وقنوات الأنهار.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

من خصائص الصخور الرملية المهمة أن مساميتها عالية نسبيًّا. والمسامية Porosiy 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 غالبًا إلى وجود مسامية قد تصل نسبتها إلى 30%.

وعندما تكون المسام بعضها متصلًا 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 والطَّفل. وتمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وتترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الطَّفل 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 والبترول.



الشكل 26–4 ترسبت الرسوبيات الناعمة جدًّا في مياه هادئة وشكلت طبقات رقيقة من الطين.

ماذا قرأت؟ وضح أنواع البيئات التي تتشكّل فيها الصخور الناعمة الحبيبات.

الصخور الرسوبية الكيميائية والكيميائية الحيوية
Chemical and Biochemical Sedimentary Rocks

يتطلّب تشكّل الصخور الكيميائية والكيميائية الحيوية اشتراك عمليتي التبخّر وترسيب المعادن. ففي أثناء عملية التجوية تذوب المعادن وتُحمل إلى البحيرات والمحيطات. وعندما تتبخّر 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 مسطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكّل طبقات من **الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks** تسمَّى **المتبخرات Evaporites**. تتشكّل 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 مرتفعًا. 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.

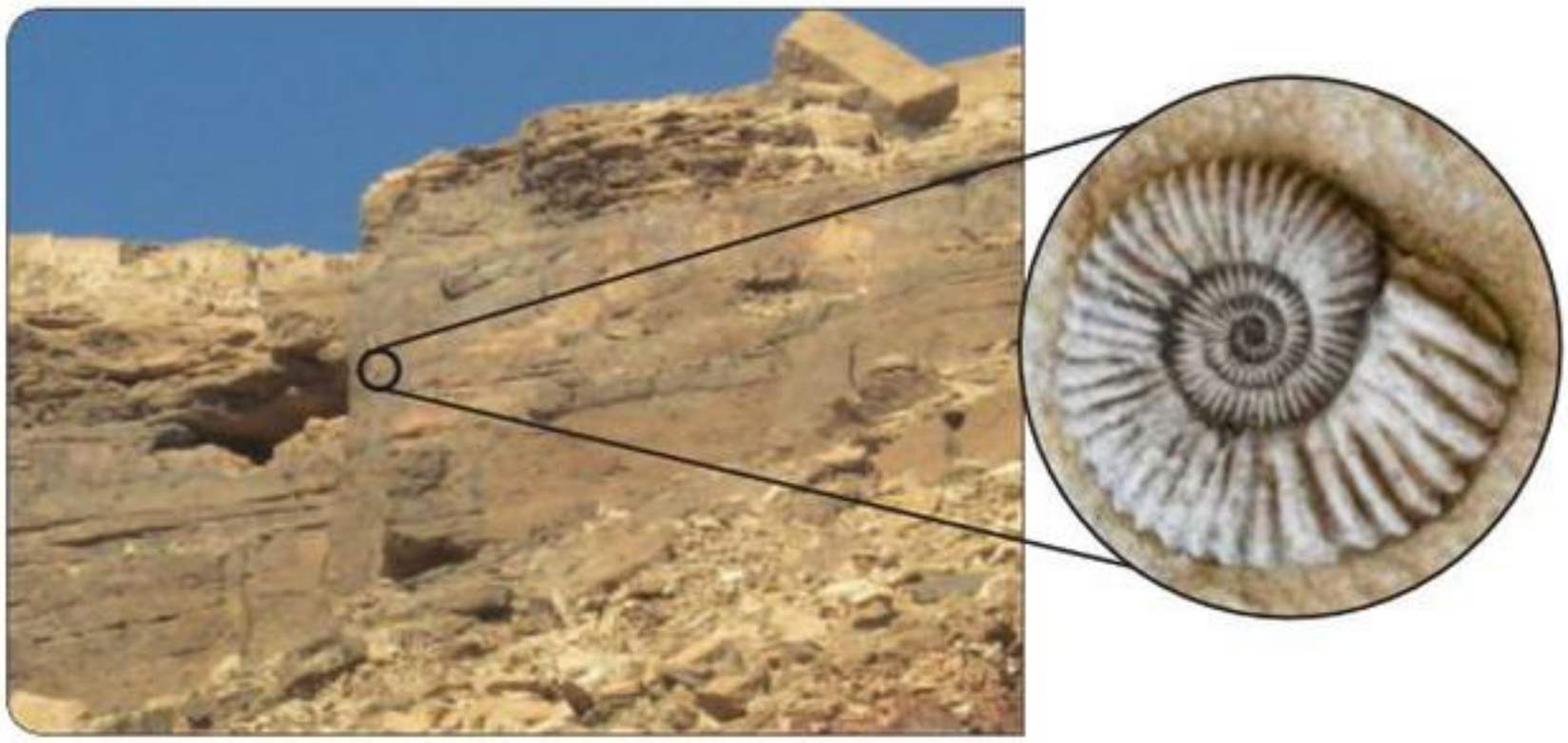
تجربة عملية

مقارنة بين الصخور الرسوبية الكيميائية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 شيوعًا هو الحجر الجيري المكون أساسًا من معدن الكالسيت. وتَستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط كربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكّل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتصخر تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتتبلور بين الأصداف وتشكّل الحجر الجيري.



الشكل 28–4 يمكن لصخر الحجر الجيري أن يحوي أنواعًا كثيرة ومختلفة من الأحافير. ويستطيع الجيولوجيون أن يفسروا أين ومتى تشكّل الحجر الجيري من دراسة الأحافير الموجودة فيه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الشكل **29–4**.

يكثر وجود الحجر الجيري في البيئات البحرية الضحلة، ومن ذلك الشعاب المرجانية التي تنتشر بطول البحر الأحمر في مياه عمقها بين 15 m – 20 غير بعيدة عن الشاطئ. و تتراكم هياكل وأصداف المخلوقات الميتة مكونة حجرًا جيريًّا. 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 أساسًا 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 الرئيسة

1. اذكر نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
2. وضح لماذا يعد الحجر الجيري صخرًا رسوبيًّا كيميائيًّا حيويًّا؟
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، علمًا 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 التطبق المتقاطع أو علامات النيم.

الرياضيات في الجيولوجيا

6. افترض أن طبقة من الطين سينقص حجمها بمقدار 35% في أثناء الترسيب والتراصّ، فإذا كان السمك الأصلي للطبقة هو 30 cm، فكم يصبح سمكها بعد عملية التراص؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-5

الصخور المتحولة

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 تشكّلت من صهارة بردت وتبلورت ببطء تحت سطح الأرض.

المفردات الجديدة

متورقة (صفائحية)

غير متورقة (غير صفائحية)

التحول الإقليمي

التحول بالتماس

التحول الحراري المائي

دورة الصخر

Metamorphic Rocks

الفكرة الرئيسة **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 كليًا.

تعرُّف الصخور المتحوّلة

Recognizing Metamorphic Rocks

يوضح الشكل **30–4** صخورًا تحوّلت. كيف عرف الجيولوجيون حدوث ذلك؟ تزداد درجة الحرارة والضغط كلما تعمقنا في باطن الأرض، وعندما ترتفعان بقدر كافٍ تنصهر الصخور لتشكّل 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 يتشكّل الصخر المتحوّل. وكلمة تحول بالإنجليزية metamorphism مشتقة من الكلمة اليونانية meta بمعنى تغيّر، وكلمة morphe ومعناها شكل؛ إذ يتغير شكل الصخر في أثناء التحول، لكنه يبقى صلبًا.

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 أيضًا، أو من التضاغط الناتج في أثناء عملية تكوّن الجبال.



الشكل 30–4 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة.

كوِّن فرضية للتغيرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الستوروليت



المايكا



الجارنت



التلك

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 درستَ سابقًا، تتبلور المعادن من صهارة، وتبقى مستقرة ضمن مدى من درجات الحرارة المختلفة، وينطبق هذا المدى أيضًا على المعادن المكونة للصخور المتحوّلة، 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 لتعرّف الظروف التي تؤدّي إلى تكوّن معادن جديدة تكرر ظهورها في الصخور المتحولة؛ وذلك لتفسير ما الذي يؤدي إلى تحوّل هذه الصخورداخل القشرة الأرضية. ويوضح الشكل **31–4** بعض المعادن المتحولة الشائعة.

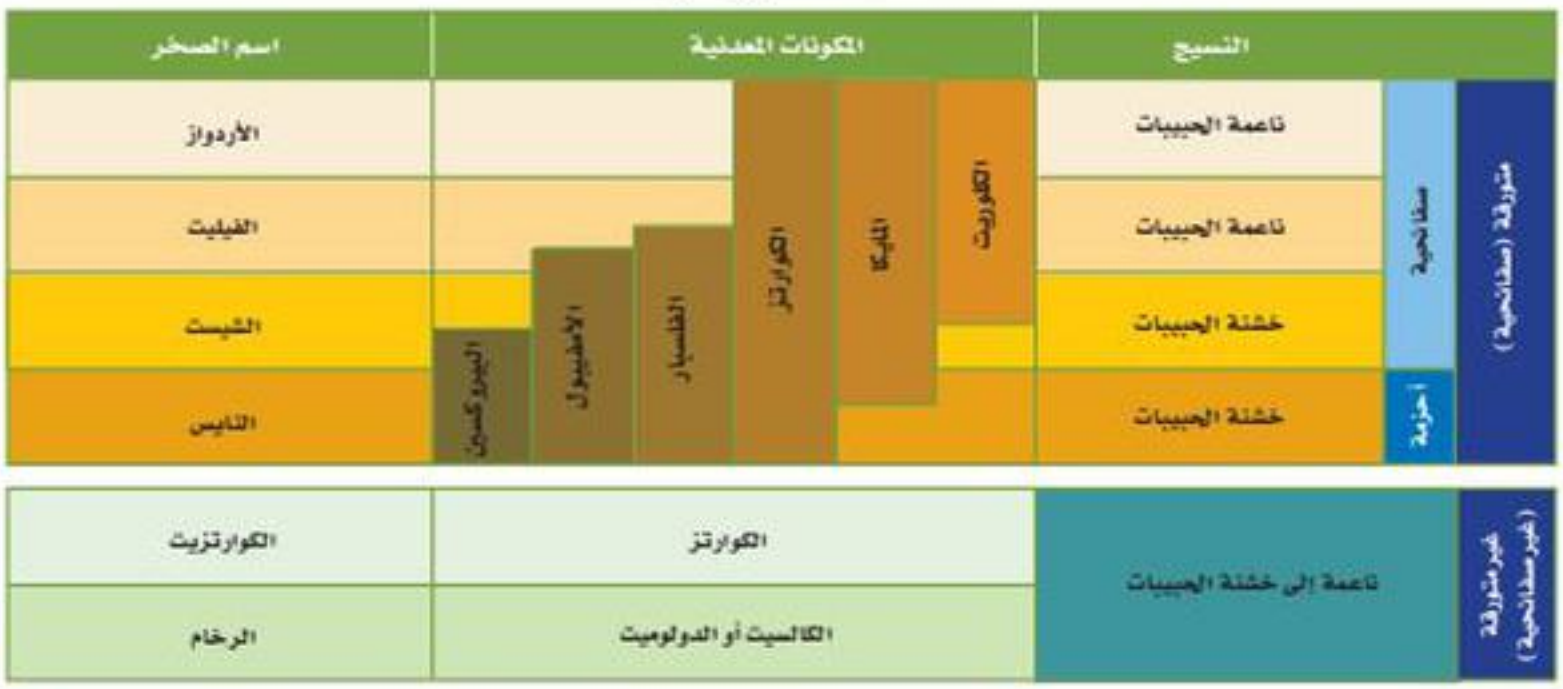
ماذا قرأت؟ وضح ما المعادن المتحولة؟

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 صفّ المعادن الصفائحية أو الإبرية الشكل، بحيث يكون محورها الطويل متعامدًا 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



الشكل 32–4 توازي الزيادة في حجم الحبيبات التغير في المكونات وتطور التورّق. ولا يعد حجم الحبيبات عاملًا في تصنيف الصخور غير المتورقة.



الشكل 33–4 يتطور التورق عندما يؤثر الضغط في اتجاهين متضادين، ويكون التورق متعامدًا 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، وغالبًا ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادرا ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالبًا 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 جدًا في البيجماتيت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلًا 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.


الرخام


الكوارتزيت


بلورات كبيرة من الجارنت

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 أزالت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائمًا إلى تدمير التطبق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

درجات التحول Grades of Metamorphism

تـــؤدي توافقات مختلفة من درجات الحرارة والضغـــط إلى حدوث درجات تحول مختلفـــة. يقترن التحول المنخفض الدرجة بدرجـــات الحرارة والضغط المنخفضين وبمجموعـــة محددة من المعادن والأنســـجة، بينـــما يقترن التحـــول العالي الدرجة بدرجـــات حرارة وضغط مرتفعين وبمجموعة مختلفة من المعادن والأنســـجة. أما التحول المتوسط الدرجة فيقع بين التحولين منخفض الدرجة وعالي الدرجة.

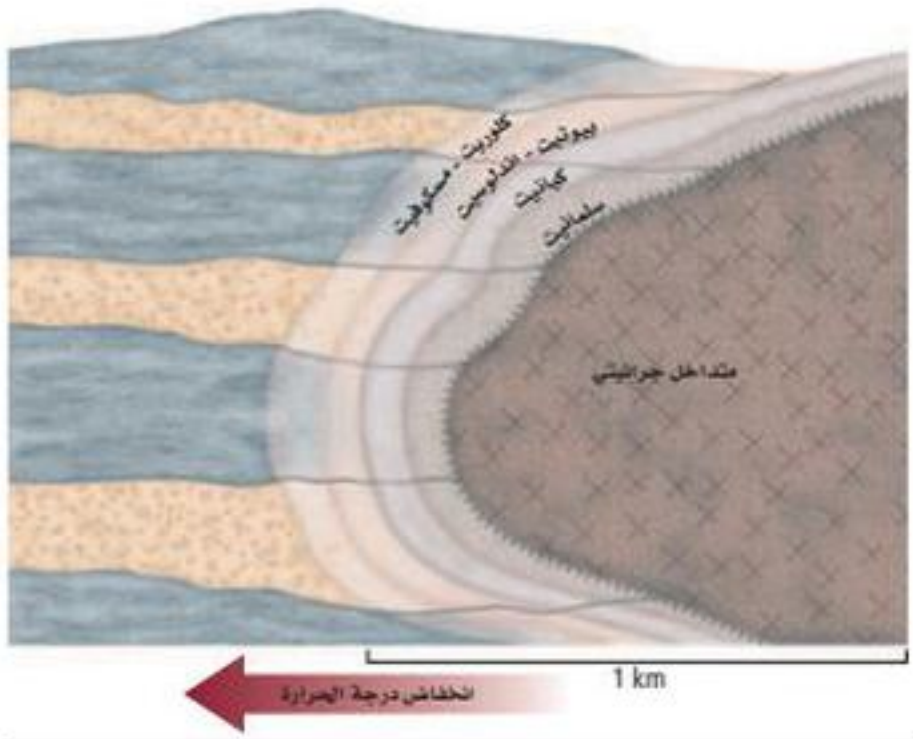
تجربة عملية

تعرف الصخور المتحولة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

أنواع التحول Types of Metamorphism

يمكـــن أن تنتج آثار التحول عـــن التحول بالتماس والتحـــول الإقليمي والتحول الحراري المائي، وتزودنا المعادن التي تشـــكّلت ودرجة التغير التي حدثت للصخر بمعلومات عن نوع التحول ودرجته.



الشكل 35–4 قد يسبب التحول بالتماس الناتج عن حقن (المتداخل الجرانيتي) تشكّلَ أحزمة (نطق) من المعادن المتحولة.

وظّف ما تعلمته عن التحول بالتماس لتحديد نوع الصخر الموجود الآن على حافة الجسم الناري الجوفي.

التحـول الإقليمـي Regional metamorphism ينشـأ **التحـول الإقليمي regional metamorphism** عندما تتعرض مناطق واسعة من القشرة الأرضية لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، وتـــتراوح 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 **35–4** نطق معادن مختلفة تحيط بالجسم الناري الجوفي. ولأن درجة الحرارة تنخفض عند الابتعاد عن الجسم الناري الجوفي فإن تأثيرات التحول تنخفض أيضًا مع المسافة. لذا فإن تأثير التحول بالتماس الناتج عن الصخور النارية البركانية يكون محدودًا.

التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism يحدث **التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism** عندما تتفاعل مياه ساخنة جدًا 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. وغالبًا ما تتوضّع خامات اقتصادية بهذه الطريقة كالذهب والنحاس والخارصين 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

أدّى نمط الحياة الحديث إلى ازدياد استخراج واستخدام موارد الأرض الطبيعية. فنحن مثلًا 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 المتحوّلة في البناء. وينتج الكثير من هذه الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحوّل، 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الربط مع رؤية ٢٠٣٠



• من أهداف الرؤية: تعظيم القيمة المتحققة من قطاع التعدين والاستفادة منها.

موارد المعادن الفلزية Metallic mineral resources توجد الموارد الفلزية غالبًا على شكل خامات معدنية فلزية، وعلى الرغم من اكتشاف توضّعات فلزية نقية أحيانًا، فإن الكثير من التوضّعات غير النقية تترسّب من المحاليل الحرارية المائية، متركزة على هيئةعروق، أو منتشرة في كتلة الصخر. ويكثر وجود توضّعات الذهب والفضة والنحاس في العروق الحرارية المائية للكوارتز بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم التوضّعات الفلزية الحرارية المائية على شكل كبريتيدات، ومنها: الجالينا (PbS)، والبيريت (FeS_2)، أو على شكل أكاسيد ومنها خاما الحديد (الماجنتيت والهيماتيت)؛ وهما معدنان تشكّلا بالتوضُّع من محاليل حرارية مائيةحاملة للحديد. وفي المملكة العربية السعودية الكثير من المعادن التي توضّعت 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، ومُشحِّمًا، كما يدخل في صناعة الدهانات. أما الإسبستوس فلأنه غير قابل للانفجار، وموصليته الحرارية والكهربائية منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضادًّا 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 تَنتج عن التحوّل معدن الجرافيت، وهو المكوّن الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.



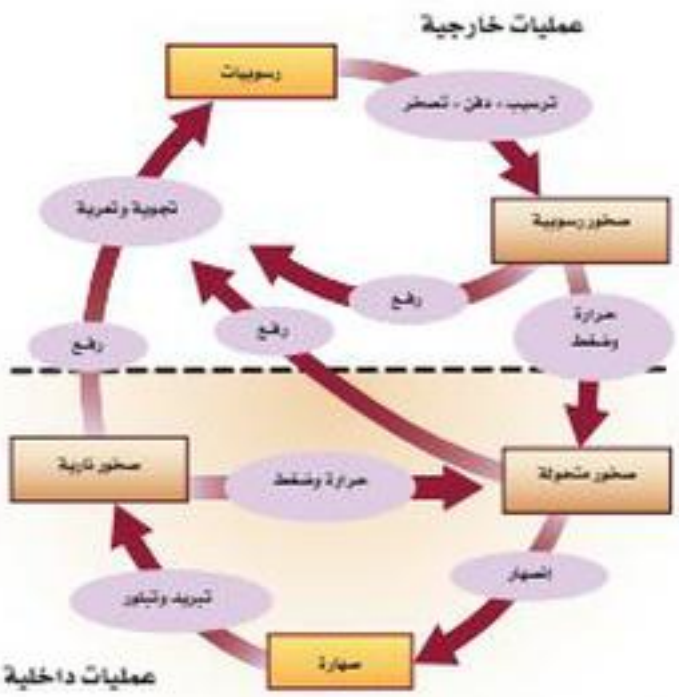


الشكل 4–73 الرخام والأردواز صخران متحولان استعملا في البناء منذ قرون.

دورة الصخر Rock Cycle

قد يتغـير أي صخـر إلى صخـر آخر، وتسـمى عمليـة التغير وإعادة التشكّل المسـتمرتان **دورة الصخر rock cycle**. ويلخص الشكل 38–4 دورة الصخر، حيث تمثل الأسهم العمليات المختلفة التي تغير صخرًا إلى نوع آخر. وتصنـف أنواع الصخور الثلاثة– النارية والرسوبية والمتحولة – في مجموعات حسب طريقة تشكّلها. فالصخور النارية تتبلور من الصهارة، والصخور الرسوبية تتشكّل من رسوبيات ملتحمة أو مفككة، والصخور المتحولة تتكون عندما تتعرض الصخور الى حرارة وضغط.

وبعد أن يتشـكّل الصخر، هل يحافظ عـلى خصائصه ونوعه؟ قد يحدث ذلك، غـير أن الاحتمال الأكبر هو ألا يحافظ على خصائصه ونوعه بعد التشكل؛ بل تغير الحرارة والضغط الصخور النارية إلى صخور متحولـة، وقد يتغير صخر متحول إلى صخر متحول آخر أو ينصهر، ومن ثم يكوّن صخرًا ناريًا. وبدلًا من ذلك قد يتجوّى الصخر المتحول وتصيبه التعرية، ويصبح رسوبيات، وتلتحم هذه الرسوبيات وتكون صخرًا رسوبيًا.



الشكل 38–4 تتغـير الصخور باسـتمرار فوق سـطح الأرض وتحتـه. توضـح دورة الصخر بعض سلاسـل التغيرات التي تمر بها الصخور.

التقويم 5–4

الخلاصة

- أنواع التحول الثلاثة الرئيسـة هي التحول الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي.
- يمكـن أن يكون نسـيج الصخور المتحولة متورقًا أو غير متورق.
- في أثناء عملية التحول تتشكّل معادن جديدة تكون مسـتقرة تحت درجة الحرارة المرتفعة والضغط.
- مجمـوع العمليات التي تتغير خلالها الصخور بشكل مستمر من نوع إلى آخر تسمى دورة الصخر.

فهم الأفكار الرئيسة

1. لخّص كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحوّل؟
2. لخص أسباب تشكّل النسيج المتحول المتورق.
3. طبق مفهـوم دورة الصخر لتفـسر كيفية تصنيف الأنـواع الصخرية الرئيسة الثلاثة.
4. قارن بين العوامل التي تسبب أنواع التحول الرئيسة الثلاثة.
5. استنتج خطوات تكون صخر الرخام من الحجر الجيري.

التفكير الناقد

6. توقع موقع جسـم ناري جوفي بناء على المعلومات المعدنية الآتية: جُمع معدنا الكلوريت والمسـكوفيت من الجزء الشمالي من منطقة الدراسة؛ وجُمع الجارنت والستورولیت من الجزء الجنوبي من المنطقة.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. تتشـكّل غالبًا الأحجار الكريمة في صـورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولـة. وتوصف الأحجار الكريمـة بوحدة القيراط. يساوي القيراط 0.2 g أو 200 mg. اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويـورك عام 1885 كتلتها 4.4 kg وقطرهـا 15 cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

السياحة الجيولوجية

في الميدان

الجزيرة العربية عبر العصور

يسافر بعض الناس إلى أماكن قاصية من العالم ليروا أنواعًا مختلفة من الصخور. ولا شك أن جزيرتنا العربية تتمتع 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

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 أوربا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردوفيشي 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.

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 من 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.**

الكتابة في الجيولوجيا

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.

الريادة مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
• من أهداف الرؤية ٢. ٣. ١ المحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعريف به

مختبر الجيولوجيا (1)

تفسير التغيرات في الصخور

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، الطَّفل، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينة والماء.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. حضر جدولًا لتسجيل البيانات كالجدول المجاور.
3. لاحظ كل عينة وسجل ملاحظاتك في الجدول.
4. تذكر أن الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$. ضع مخططًا لقياس كل من الحجم والكتلة لكل عينة.
5. احسب كثافة كل عينة، وسجلها في الجدول.

التحليل والاستنتاج

1. **قارن** بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.



جدول معلومات العينات

رقم العينة	1	2	3	4	5	6
اسم الصخر ونوعه						
الخصائص المميزة						
الكتلة						
الحجم						
الكثافة						

2. **صف** كيف تتغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
3. **صف** اختلاف النسيج الذي تراه بين الطَّفل 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. **قوِّم** التغير في الكثافة بين كل من الطَّفل والأردواز، الحجر الرملي والكوارتزيت، الحجر الجيري والرخام. هل حدث تغير في جميع العينات؟ فسر نتائجك.

شارك بياناتك

راجع مع **أقرانك**. ناقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على المتغيرات: الكتلة والحجم والكثافة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

مختبر الجيولوجيا (2)

صمم بنفسك

نموذج تكون البلورات

خلفية علمية: يعتمد حجم بلورات الصخور النارية على معدل تبريد الصهارة، ومن الصعب مشاهدة تبلور الصهارة؛ لأنها ساخنة جدًّا، 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
محلول الشب المشبع
كأس زجاجية سعة 200 mL
عدسة مكبرة
ورق مقوى أسود
مقياس حرارة
مناشف ورقية
ماء
مصدر حراري

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. خطِّط مع زملائك في المجموعة كيف تغيرون معدل تبريد محلول الشب الساخن في أطباق بتري، كل عضو في المجموعة سيختار طبق بتري في مكان محدَّد مسبقًا لمراقبته في أثناء الاستقصاء. تأكد من موافقة معلمك على الخطة المقترحة للعمل.
3. ضع ورقة مقواة سوداء على سطح مستوٍ، وتأكد أنك وضعتها في المكان المحدد مسبقًا، وضع أطباق بتري فوق الورقة.
4. استعمل كأسًا زجاجية للحصول على حوالى 150 mL من محلول الشب فوق المشبع من معلمك. درجة حرارة المحلول دون درجة الغليان؛ أي حوالي 95°C– 98°C.



5. املأ 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، وسجِّل 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 حجومها متساوية؟ وهل هي متشابهة في الشكل؟
3. **ارسم** شكل البلورات الأكثر شيوعًا، وقارن بين رسمك ورسوم المجموعات الأخرى. صف أيَّ 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.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

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

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 ما الصخور النارية؟	
اللابة الصخور النارية الانصهار الجزئي التبلور الجزئي	**الفكرة الرئيسة** 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 وتتبلور عند درجات حرارة مختلفة. 
4–2 تصنيف الصخور النارية	
الصخور الجوفية الصخور السطحية الصخر البازلتي الصخر الجرانيتي الصخور المتوسطة الصخور فوق القاعدية النسيج النسيج البورفيري النسيج الفقاعي البيجماتيت الكمبرليت	**الفكرة الرئيسة** 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 الكيمبرليت. • تستخدم بعض أنواع الصخور النارية في البناء؛ لصلابتها، وتحملها الضغط، ولجمالها. 

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4-3 تشكل الصخور الرسوبية	
الرسوبيات التصّخر التراص السمنتة مادة لاحمة التطبّق التطبّق المتدرّج التطبّق المتقاطع	الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية. • تتظافر عمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبية. • تتصخر الرسوبيات بعمليتي التراص والسمنتة. • الأحافير هي كل ما يحفظ من بقايا أو طبعات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. • تحتوي الصخور الرسوبية على معالم مميزة كالتطبق المتدرج والتطبق المتقاطع وعلامات النيم.
4-4 أنواع الصخور الرسوبية	
الصخور الرسوبية الفتاتية الفتاتي المسامية الصخور الرسوبية الكيميائية (المتبخرات) الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية	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 حجوم 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.
4-5 الصخور المتحولة	
متورقة (صفائحية) غير المتورقة (غير صفائحية) التحول الإقليمي التحول بالتماس التحول الحراري المائي دورة الصخر	الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية. • الأنواع الرئيسة للتحول هي التحول الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي. • نسيجا الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة. • في أثناء عملية التحول 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.

الفصل 4

تقويم الفصل

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 تترسب مائلة على السطح الأفقي .....

ضع المصطلح الصحيح بدلًا من الكلمة التي تحتها خط:

6. 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 السيليكا.
9. تتكون اللابة في الأعماق تحت القشرة الأرضية.
10. تحدث السمنتة 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، التطبّق
14. فتاتي، المتبخرات

تثبيت المفاهيم الرئيسة

15. ما أول المعادن التي تتكون عندما تبرد الصهارة؟

a. الكوارتز
c. الفلسبار البوتاسي
b. المايكا
d. الأوليفين

استعمل الصورتين أدناه في الإجابة عن السؤال 16.





16. ما العملية التي حدثت؟

a. الانفصال الجزئي
c التبلور الجزئي
b. الفصل البلوري
d. الانصهار الجزئي

17. أيُّ أنواع الصهارة تحتوي كمية أكبر من السيليكا؟

a. البازلتية
c. الريولايتية
b. الأندزيتية
d. البيردويتية

18. أيُّ العوامل الآتية لا يؤثر في تكون الصهارة؟

a. الحجم
c. الضغط
b. درجة الحرارة
d. المكونات المعدنية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

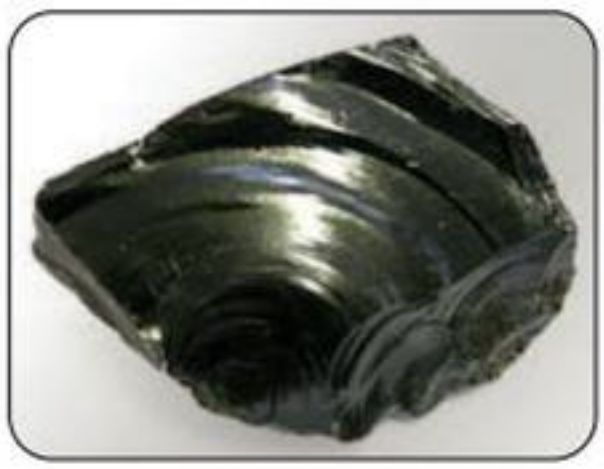
4 تقويم الفصل

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 جدًّا

b. تبريد سريع d. تبريد بطيء ثم سريع

21. أيُّ أنـواع الصخور فوق القاعدية تحتوي أحيانًا على الألماس؟

a. البيجماتيت c. الجرانيت

b. الكمبرليت d. الريولايت

22. لمعدلات التبريد السريعـة أثر في حجم البلورات في الصخور النارية، حيث تكوّن:

a. بلورات صغيرة c. بلورات فاتحة

b. بلورات كبيرة d. بلورات داكنة

23. ما المصطلح الذي يصف الصخور النارية التي تتبلور داخل الأرض؟

a. الصهار c. اللابة

b. الجوفية d. السطحية

24. أيُّ المعدنين أكثر شيوعًا في الجرانيت؟

a. الكوارتز والفلسبار

b. الأوليفين والبيروكسين

c. الفلسبار البلاجيوكليزي وأمفيبول

d. الكوارتز والأوليفين

25. ما الراسـب الفتاتي الذي حجـم حبيباته أصغر فيما يأتي؟

a. الرمل c. الحصى

b. الطين d. حجر الطمي

26. ما الصخر الفتاتي الخشـن الحبيبات الذي يحوي قطعًا 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

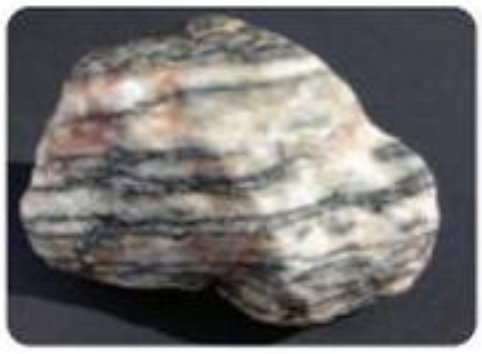
28. أيٌّ مما يأتي ليس من عوامل التحول ؟

a. التصخر c. الحرارة

b. المحاليل الحرارية المائية d. الضغط.

تقويم الفصل 4

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. النايس
d. الكوارتزيت

32. أيّ عوامل التعرية ينقل عادة فتاتًا بحجم حبيبات الرمل 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. السمنتة

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 مخططا انسيابيًّا لتوثيق عملية تكون الثقوب في عينّة البازلت الفقاعي.

37. فكر في الأسباب التي تجعل عينّة الخفاف (البيومس) 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

4 تقويم الفصل

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 40 و 41.

مكونات الصخر				
المعدن	النسبة المئوية للمعدن في الصخر			
	الصخر 1	الصخر 2	الصخر 3	الصخر 4
كوارتز	5	35	0	0
فلسبار بوتاسي	0	15	0	0
فلسبار بلاجيوكليزي	55	25	0	55
بيوتيت	15	15	0	10
أمفيبول	25	10	0	30
بيروكسين	0	0	40	5
أوليفين	0	0	60	0

40. حلل البيانات في الجدول وفسّر أيَّ 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.

43. خصص الفرق الرئيس بين صخر الكوكينا والحجر الجيري الأحفوري.

44. **احسب** كتلة من الحجر الرملي حجمها $1m^3$، ومساميتها 30%. كم لترًا من الماء يمكن أن تستوعب هذه الكتلة؟

45. **وضح** بالرسم الشرطين الضروريين لتشكّل الصخور المتحولة المتورقة.

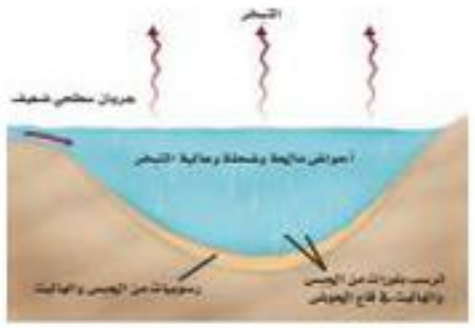
46. قارن بين طرائق تصخر الرمل والطين.

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 الكالسيت أو أكسيد الحديد في الرسوبيات الفتاتية.

49. **قارن** بين الكونجلوميرات والبريشيا من حيث خصائصها وطرائق تشكّلها.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال **50**.



50. قوّم تأثير انفتاح هذه البيئة على المحيط.

تقويم الفصل 4

التفكير الناقد

51. قارن بين الأوبسيديان والجرانيت لتوضيح سهولة نحت الجرانيت لعمل لوحات فنيَّة.
52. قوّم هذه العبارة: من الممكن أن يكون محتوى الصهارة من السيليكا كبيرًا، مقارنة بالصخر الذي تكون منها.
53. طبق ما تعرفه عن قساوة المعادن لتفسير عدم خدش سكاكين الفولاذ غير القابل للصدأ شفرة قطع الجرانيت.
54. استدل تُعد صخور الكيمبيرليت مصدر معظم الألماس. لماذا يدرس العلماء صخور الكيمبيرليت 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. استدل. لماذا تكون الصخور المكونة من المعادن التي تتبلور أولًا حسب سلاسل تفاعلات باون غير مستقرة وتتحلل بسرعة على سطح الأرض؟
57. كوِّن فرضية كيف تبدو عتبة باليسيد إذا كان تركيب الصهارة جرانيتيًّا؟
58. اربط ما تعلمته عن أشكال البلورات لتفسير عدم تكون التورق في الرخام، رغم أنه تشكَّل تحت ضغط عالٍ.
59. **مهنة الجيولوجي** يعمل بعض علماء الرسوبيات في أماكن استخراج الرمل والحصباء، حيث يحللون هذه المواد لتقرير أفضل الأمكنة، وكيف يستعملونها. استدل على أهمية فهم علماء الرسوبيات لما يحدث لمسامية الرمل إذا اختلطت به رسوبيات ناعمة الحبيبات.
60. وضح بالرسم خزانًا بتروليًّا مكونًا من طبقات من الرمل والطَّفل. حدد مكان البترول في الصخور.
61. قوّم ما إذا كانت علامات النيم وآثار أقدام حيوان تعد من الأحافير. فسر 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. استدل 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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

4 تقويم الفصل

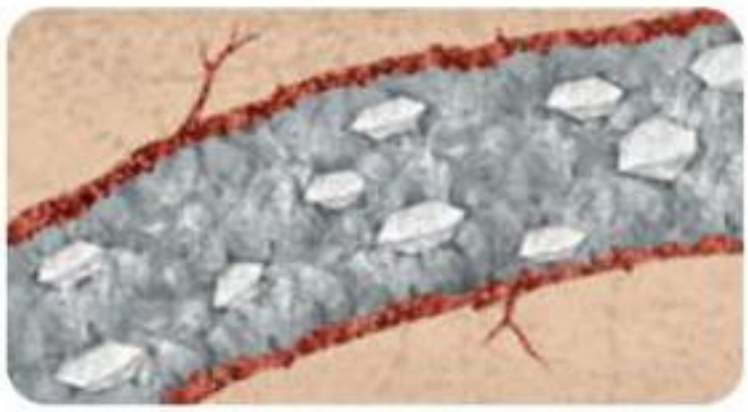
خريطة مفاهيمية

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، أوبسيديان، 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 مقطعًا عرضيًّا لعرق في صخر ناري. ما مراحل تكوُّن هذا العرق الصخري؟

68. كوِّن فرضية. تُستنفد الكربونات على عمق 4000 m تقريبًا من سطح مياه المحيط. وتحت هذا العمق لا تترسب الكربونات، ولا تتراكم الأصداف على قاع المحيط. كوِّن فرضية تفسِّر فيها سبب وجود هذا الشرط في المحيط.

اختبار مقنن

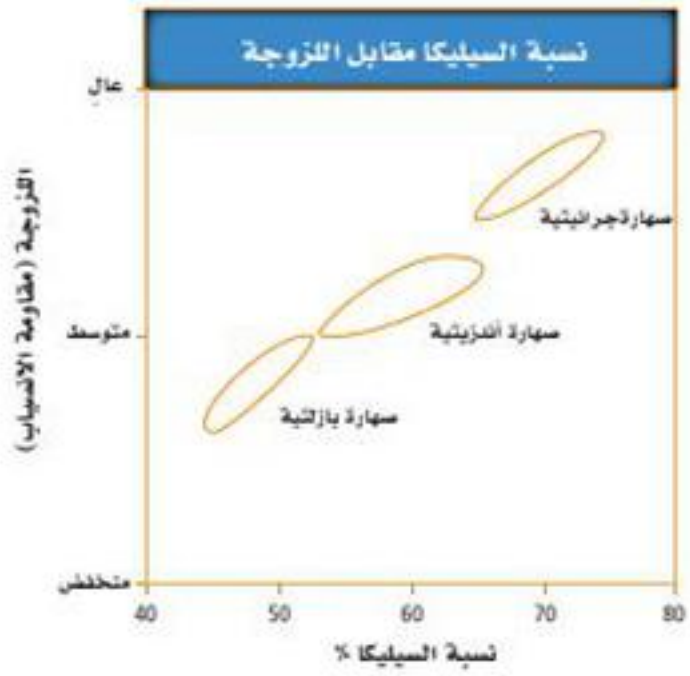
اختيار من متعدد

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2

خصائص الصخور			
	اللون	محتوى السيليكا	المكونات
الصخر A	فاتح	مرتفع	كوارتز وفلسبار
الصخر B	غامق	منخفض	أوليفين وبلاجيوكليز

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_2
4. ما العملية التي تصف انتقال بلورات المعادن وانفصالها عن الصهارة؟
   a. الانصهار الجزئي
   b. التبلور الجزئي
   c. المهال الحراري
   d. الانفصال الجزئي
5. أيُّ الخصائص الآتية لا تُستعمل في تعرُّف المعادن؟
   a. القساوة
   b. اللون
   c. الكثافة
   d. الحجم

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و7.

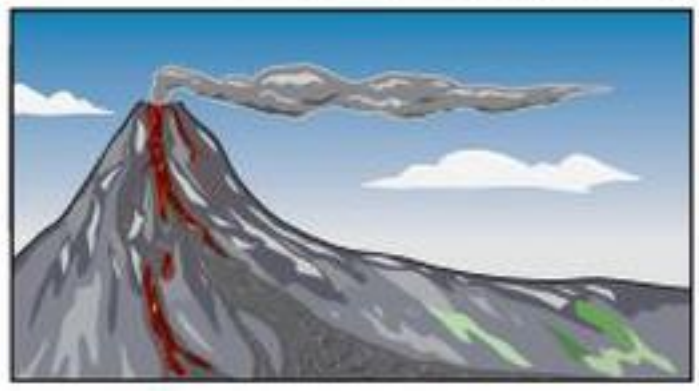


6. ما العلاقة التي يمكن استخلاصها من الرسم البياني؟
   a. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أكثر تكون أعلى لزوجة.
   b. الصهارة التي تحتوي على سيليكا أقل تكون أعلى لزوجة.
   c. لزوجة الصهارة منخفضة دائمًا.
   d. لا توجد علاقة بين محتوى السيليكا واللزوجة.
7. ما العبارة الصحيحة حول الصهارة الجرانيتية؟
   a. 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و9.



8. ما الصخور الأكثر احتمالًا أن تتحول بسبب انسيابات اللابة؟

a. الصخور التي في فوهة البركان؛ حيث تكون اللابة أسخن.

b. الصخور التي في الفوهة والصخور الواقعة على طول الجزء العلوي من الجبل.

c. جميع الصخور التي على الجبل.

d. جميع الصخور التي يصلها انسياب اللابة.

9. ما نوع الصخر الذي يتشكّل، بعد أن تبرد اللابة وتتبلور؟

a. الرسوبي
c. الناري السطحي
b. المتحول
d. الناري الجوفي

10. ما الاسم الشائع لـ NaCl؟

a. ملح الطعام
c. ماء
b. سكر
d. كلور طبيعي

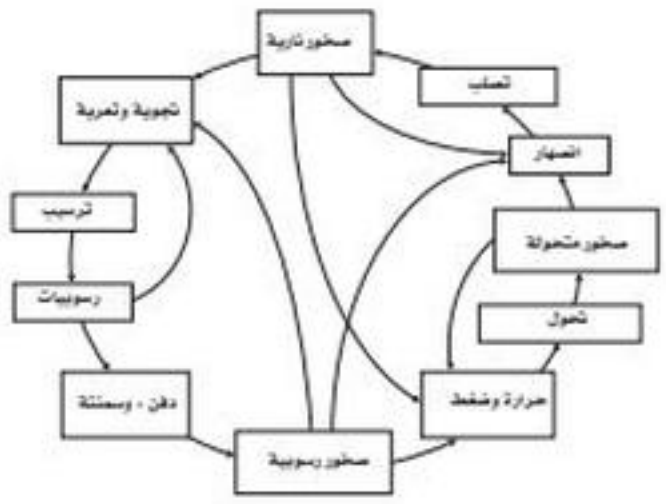
11. ما الخطوة الأولى التي تبدأ بها عملية تغير الرسوبيات إلى صخور رسوبية؟

a. التطبق
c. السمنتة
b. الدفن
d. التراصّ

12. ما الصخور المتحولة المكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل؟

a. المتورقة
c. النايس
b. غير المتورقة
d. الشيست

استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 13 و14.



13. بناء على المخطط أعلاه، كيف تتكون الصخور النارية؟

a. ارتفاع في درجات الحرارة والضغط لصخور موجودة، دون حدوث انصهار لها.

b. انصهار لصخور موجودة، ثم تصلبها.

c. دفن وسمنتة للرسوبيات، ثم تصلبها.

d. تجوية وتعرية للصخور، ثم تصلبها.

14. اعتمادا على دورة الصخر الموضحة أعلاه، ما الاحتمال الذي تتوقع حدوثه أكثر، بعد توضع الرسوبيات؟

a. تشكّل التجوية المزيد من الرسوبيات.

b. تبرُّد الصهارة وتشكّل صخورًا نارية.

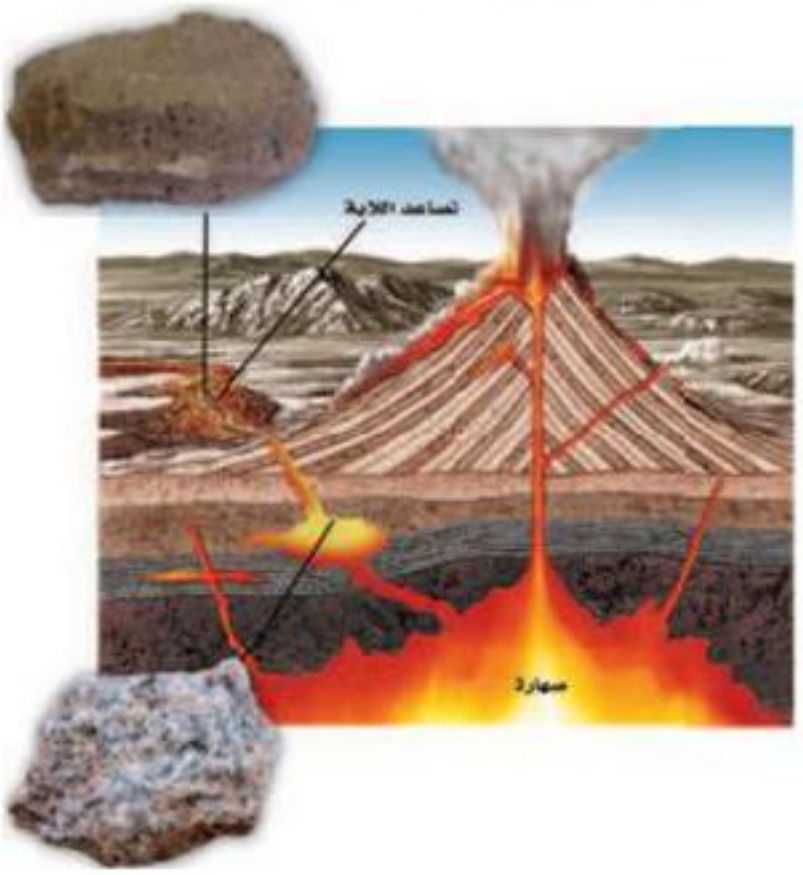
c. تتسبب الحرارة والضغط في صهر الرسوبيات

d. تحدث السمنتة وتُشكّل الصخور الرسوبية.

اختبار مقنن

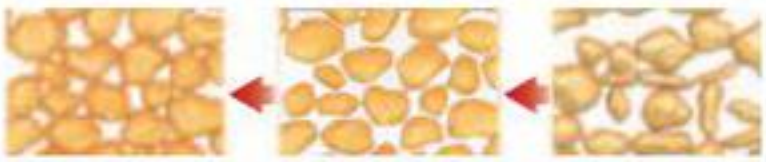
أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 15 و 16



15. ما نوع الصخر المبيَّن أسفل الصورة؟ أعط مثالًا على صخر شائع من هذا النوع، ووضح كيف يتكون هذا النوع.
16. ما نوع الصخر المبيَّن أعلى الصورة؟ أعط مثالًا 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 طبيعيًّا، 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 التراصّ أم السمنتة؟ صف الفرق بين العمليتين.
22. كيف تُساعد دراسة طبقات الصخور الرسوبية وفهم كيفية تشكّلها علماءَ الأحافير في تعرُّف تاريخ الأرض؟

القراءة و الاستيعاب

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 تمَّ تصويره مؤخرًا تحت سطح الماء غرب المحيط الهادي.

المناظر 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 تدريجيًّا حتى تصل فوق سطح الماء، وتشكل الجزر البركانية. لقد مكَّنت التقنيات الحديثة العلماءَ من دراسة النشاط البركاني عند أقواس الجزر البركانية عن قرب، مما مكَّنهم 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 إلَّا أن ذلك لا يعني أنه كان نشطًا خلال العصور الماضية. وهذا يساعد العلماء على تصور الآلية التي تتكون بها هذه الجزيرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

اختبار مقنن

بعد قراءتك للنص أجب عن الأسئلة الآتية:

23. ما أهمية الدراسات الحديثة لجزيرة ماريانا؟

a. تعطـي العلـماء فرصة لإلقـاء نظـرة واقعية على العمليات التي تشكل الجزر البركانية.

b. تكشـف أن البراكين يمكن أن تسـتمر في الثوران عقودًا 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.

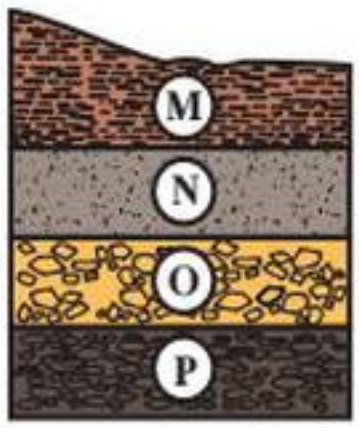
c. الروبيان يأكل الأسماك الميتة فقط.

d. هناك نشاط بركاني في مواقع مختلفة تحت سطح الماء.

طبقات الصخور الرسوبية

يرغب علماء الأحافير في دراسـة طبقات الصخور الرسوبية ومكوناتها في منطقة معينة. ويوضح الشكل أدناه مقطعًا طوليًا لطبقات صخور مدروسـة. أما الجـدول فيوضح المعلومات التي استطاع العلماء جمعها.

استعن بالشكل والجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 25و 26



عمر طبقات الصخور الرسوبية

الطبقة	المكونات	العمر المقدر (بالسنوات)	العمق (بالأمتار)
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 نوعًـا من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتينM و N فماذا تستنتج؟

a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.

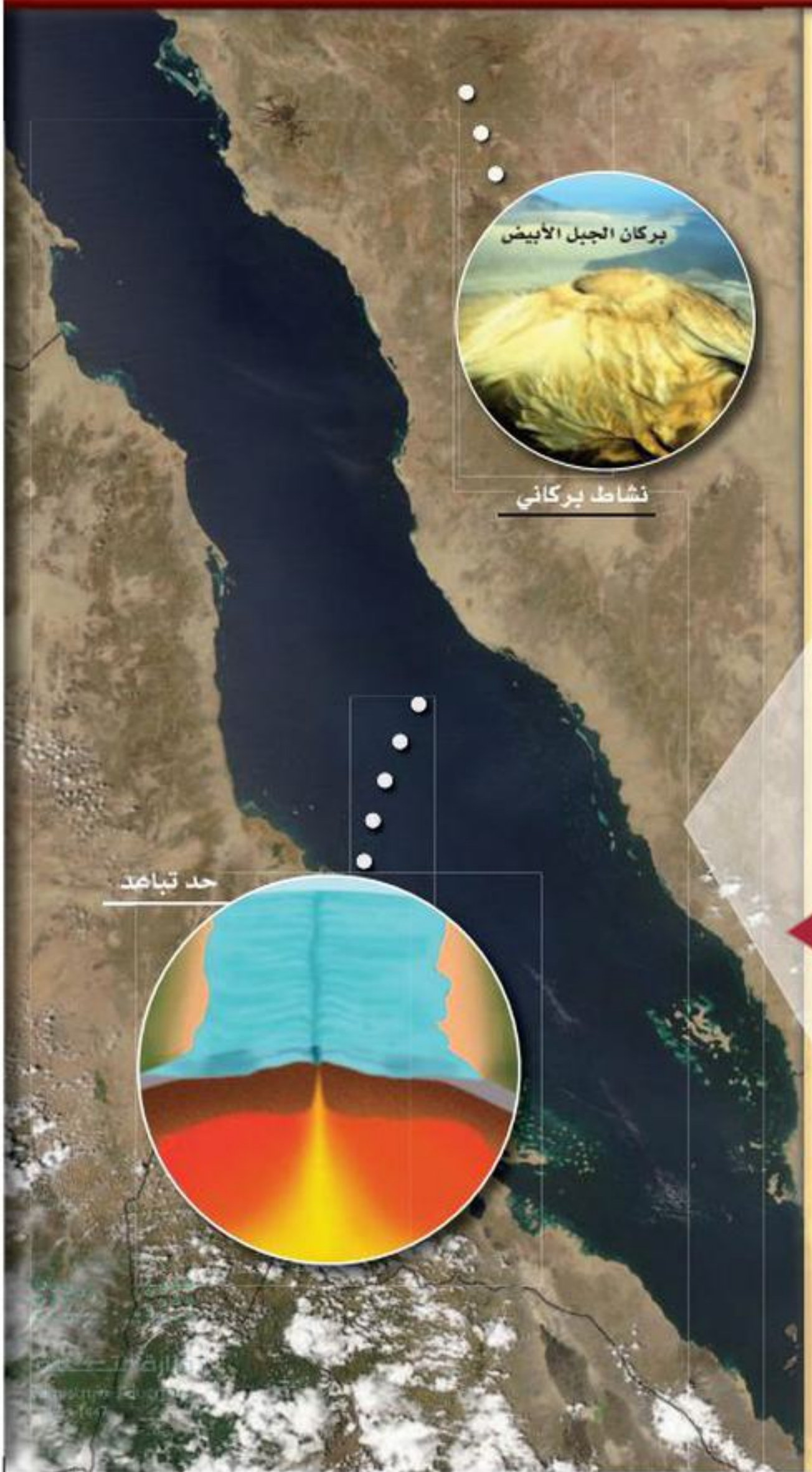
b. اختفى وساد نوع آخر بدلاً عنه

c. لقـد انقرض النوع قبـل أقل من 100,000 سـنة مضت.

d. لقـد اختفى النـوع من المنطقة قبل 6 ملايين سـنة تقريبًا.

الفصل 5

الصفائح الأرضية وآثارها
Earth's Plates and their effects



الفكرة العامة تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض. وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

5–1 انجراف القارات

الفكرة الرئيسة تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما.

5–2 توسع قاع المحيط

الفكرة الرئيسة تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءًا من قاعه.

5–3 حدود الصفائح وأسباب حركتها

الفكرة الرئيسة 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 تقريبًا.
- أظهرت نتائج صور الأقمار الاصطناعية أن قاع البحر الأحمر يتوسع بمعدل 2 cm سنويًا تقريبًا، لذا يطلق الجيولوجيون عليه المحيط الصغير، ويتوقع أن يصبح قاعه محيطًا حقيقيًا في المستقبل.
- توجد الصفيحة العربية – وتظهر جزء منها في هذه الصورة – عن يمين البحر الأحمر، وصفيحة إفريقيا على يساره.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

هل تتحرك مدينة جدة؟

كانت الجزيرة العربية جزءًا 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 وخليجَا 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.

المطويات
منظمات الأفكار

حدود الصفائح

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع حدود الصفائح والمعالم الجيولوجية المرتبطة معها.



الخطوة 1 اثنِ الطرف السفلي للورقة طوليًا بمقدار 3 cm، ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثنِ 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.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5-1

انجراف القارات

Drifting Continents

الأهداف

- **تتعرّف** الأدلـة التي جعلت العـالم فاجنـر يقـترح أن القارات قد تحركت.
- **تناقش** كيـف دعـم دليـل المناخ القديـم فرضية انجراف القارات.
- **توضـح** لماذا لم تحـظ فرضية انجراف القارات بالقبول في البداية.

مراجعة المفردات

الفرضيـة: تفسـير لموقفٍ ما قابل للاختبار.

المفردات الجديدة

الانجراف القاري

بانجيا

الفكرة الرئيسة **تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما.**

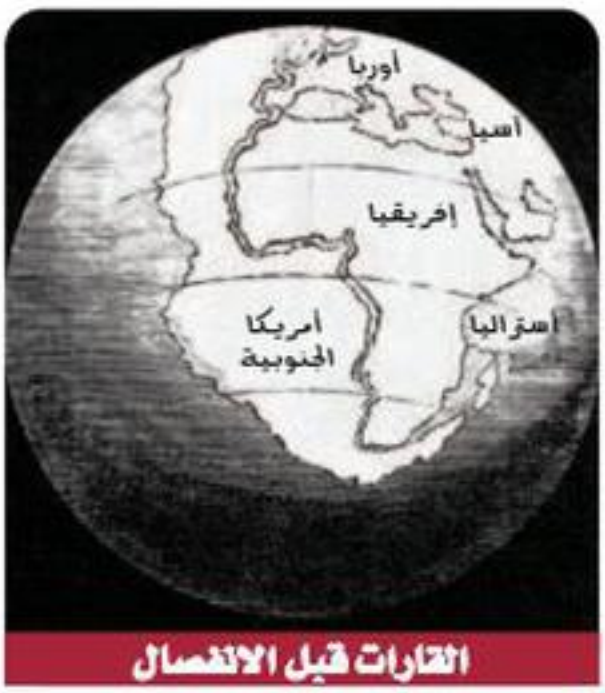
الربـط مع الحياة ما خصائص القطع التي تسـتعملها في لعبة تركيب القطع (البازل)؟ يستعمل العلماء خصائص – منها الشكل والموقع – لكي تساعدهم على معرفة لماذا تتشابه حواف القارات وتتطابق على الرغم من تباعدها.

الملاحظات القديمة Early observation

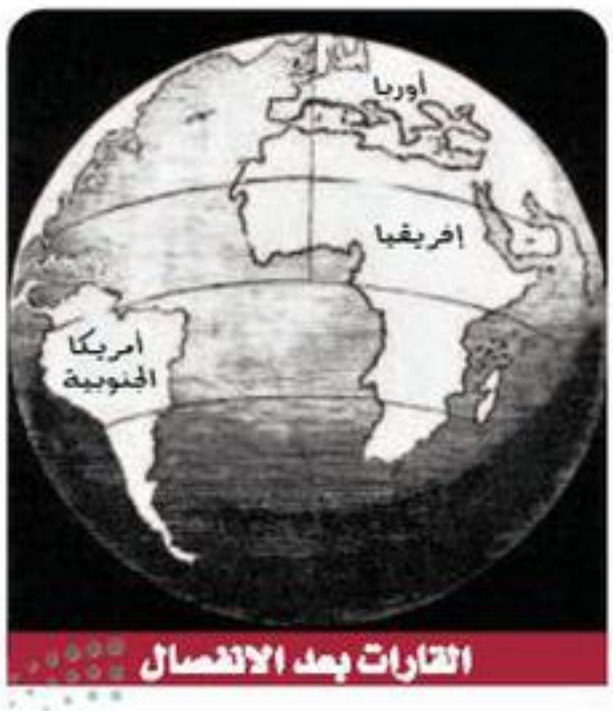
باسـتثناء الأحداث المفاجئة كالزلازل والبراكين والانزلاقات الأرضية، فإن معظم معالم سـطح الأرض لا تظهر تغيراً نسبياً واضحاً في أثناء حياة الإنسان. ومع ذلك فإن الأرض مـرت بتغيرات كثيرة عبر تاريخها الطويل الموثق في سـلم الزمـن الجيولوجي. وأول من اقترح فكرة تغير المعالم الرئيسة للأرض هم رسامو الخرائط. ففي نهاية القرن الخامس عشر لاحظ رسام الخرائط الهولندي إبراهام أورتيليوس تطابقًا بين حافات القارات على جانبي المحيط الأطلسي، فاقترح أن القارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية قد انفصلتا عن قارتي أوروبا وإفريقيا بسـبب الزلازل والفيضانات. وقد لاحظ العديد من العلماء وجود تطابق بين الحوافّ القارية. ويوضح **الشكل 1–5** خريطة أعدّها رسامو الخرائط في القرن التاسع عشر.

وكان أول مـن اقترح فكرة حركة القارات العالم الألماني ألفريد فاجنر Alfred Wegener في فرضيته العلمية التي قدمها عام 1912م إلى الأوساط العلمية آنذاك.

ماذا قرأت؟ اسـتنتج ما الذي جعل رسـامي الخرائط من أوائل الذين اقترحوا أن القارات كانت متصلة معًا يومًا ما؟



القارات قبل الانفصال



القارات بعد الانفصال

الشكل 1–5 خريطتان تظهران التطابق الظاهري بين حوافّ القارات، أعدّهما رسامو الخرائط القدماء عام 1858م، بناءً على ملاحظاتهم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

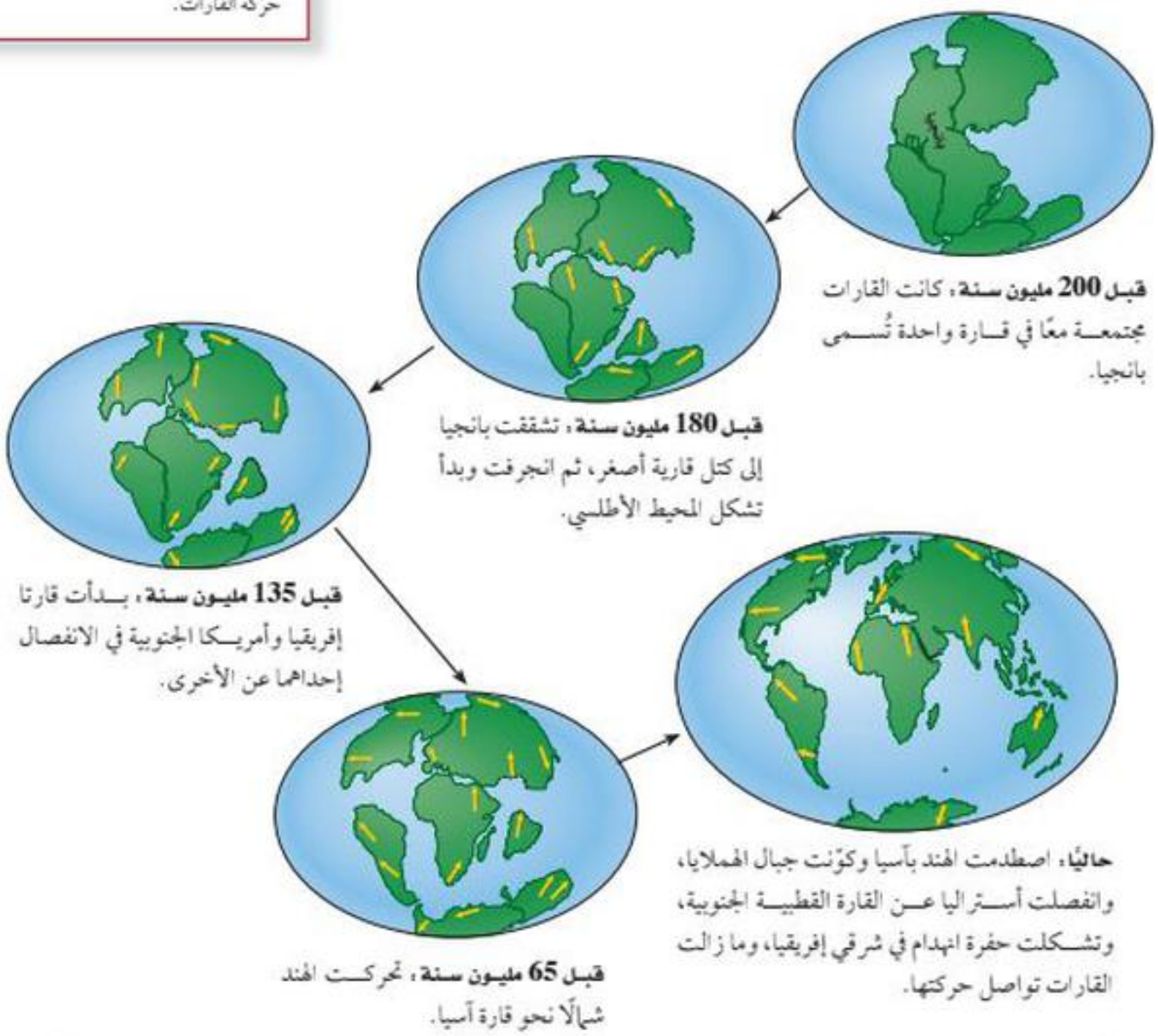
الانجراف القاري Continental Drift

طوّر العالم فاجنر فكرة تُسمى **الانجراف القاري Continental drift**، وفيها أن القارات كانت مجتمعة معًا 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 قدَّم أكثر من دليل على تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي. وقد جمع أدلة، صخرية ومناخية وأحفورية تدعم فكرته.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: فيلم عرض حركة القارات.



الشكل 2–5 تنص فرضية فاجنر على أن القارات كانت مجتمعة معًا 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؟

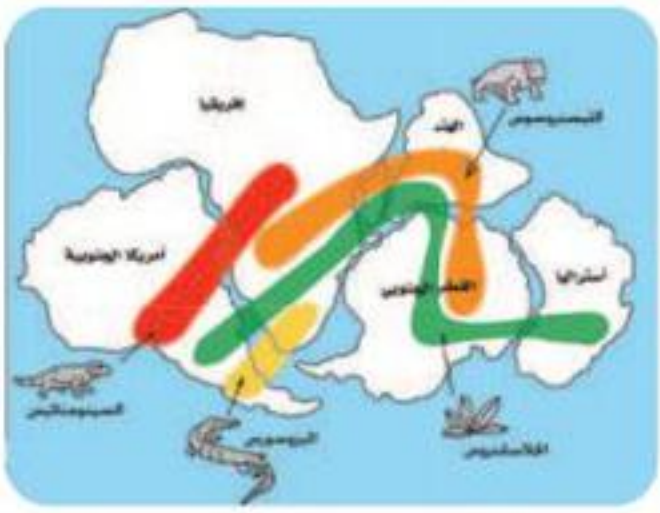


الشكل 3–5 استعمل ألفريد فاجنر التشابه بين أنواع الصخور والأحافير على جانبي المحيط الأطلسي دليلاً على أن القارات كانت مجتمعة معًا يومًا ما.

حدّد المجموعات التي تثبت أن القارات كانت تشكل قارة واحدة يومًا ما.

التكوينات الصخرية Rock formations بيّن 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 لابد من وجود تشابه في أنواع الصخور على جانبي المحيط الأطلسي. وقد لاحظ تشابهًا بين العديد من الطبقات الصخرية التي يزيد عمرها على 200 مليون سنة في جبال الأبلاش في أمريكا الشمالية مع الطبقات الصخرية للجبال في جرينلاند وأوروبا، مما يدعم فكرته أن القارات كانت مجتمعة معًا قبل 200 مليون سنة. ويوضح **الشكل 3-5** المواقع التي تتشابه 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 انتشارًا واسعًا 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 معًا في زمن حياة هذه المخلوقات الحية التي عاشت على بانجيا قبل انقسامها انظر **الشكل 4-5**، ولذلك استطاع أن يبرهن على صحة فرضيته.



الشكل 4–5 كانت القارات متصلة مع بعضها البعض قبل 200 مليون سنة وقد سميت بانجيا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

المناخ القديم Ancient climate

استطاع فاجنر أن يحدد المناخات القديمة من خلال دراسة الأحافير، ومن الأحافير التي استعملت لدعم فرضية انجراف القارات أحفورة جلاسابتروس، وهي أحفورة لنبات سرخسي بذري يشبه الشجيرات الصغيرة؛ وقد عُثر عليها في أماكن متعددة، منها أمريكا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية والهند، انظر **الشكل 3-5**. وقد فسر فاجنر هذا الدليل على النحو الآتي: لأن هذه الأحفورة موجودة في الوقت الحاضر في أماكن منفصلة بعضها عن بعض ومتباعدة جدًّا 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**. ولمّا كان الفحم الحجري قد تكوَّن 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

تُعدُّ الترسبات الجليدية التي وُجدت في أجزاء من إفريقيا والهند وأستراليا وأمريكا الجنوبية، التي يعود عمرها إلى 290 مليون سنة دليلاً مناخيًّا 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 جدًّا أن تتشكل فيها أغطية جليدية، مما يؤكد أنها كانت في موقع قريب من القطب الجنوبي في ذلك الوقت، انظر **الشكل 6-5**. 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 رجَّح فاجنر الاحتمال الثاني،وهو أن القارات هي التي جُرفت بعيداً.



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 تكوَّن في المستنقعات القديمة قد وجد في القارة القطبية الجنوبية؟



الشكل 6–5 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. ويبين اللون الأبيض المنطقة المغطاة بالجليد.

قصور فرضية الإنجراف 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 قيّمة من البيانات، إلا أن فكرة الانجراف القاري لم تُقبل في المجتمع العلمي آنذاك.

وقد واجهت فرضية الانجراف القاري مشكلتين رئيستين منعتا قبولها:

أولاً: لم توضح على نحو مقنع القوة التي يتطلبها 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 بيّنوا أن هذه القوة لا تكفي لتحريك القارات.

ثانيًا: 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 أدّى إعداد الخرائط المتطورة لقيعان المحيطات وفهم المجال المغناطيسي للأرض إلى تقديم أدلة جوهرية حول آلية حركة القارات ومصدر القوى المحرّكة لها.

التقويم 1–5

الخلاصة

- يوحي تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معًا يومًا 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 تفسّر كيفية حركة القارات، وما يسبب حركتها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **ارسم** كيف كانت القارات مجتمعة معًا في قارة بانجيا.
2. **وضّح** كيف تدعم الرسوبيات الجليدية القديمة الموجودة في إفريقيا والهند وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية فكرة الانجراف القاري.
3. **لخص** كيف تزودنا الصخور والأحافير والمناخ القديم بأدلة على الانجراف القاري؟
4. **استنتج** كيف كان مناخ أمريكا الشمالية عندما كانت جزءًا من قارة بانجيا.

التفكير الناقد

5. **فسّر** مستعينًا بالشكل 6–5، اكتشفت ترسبات نفطية في البرازيل عمرها 200 مليون سنة تقريبًا. فأين يمكن أن يعثر الجيولوجيون على ترسبات نفطية لها العمر نفسه؟
6. **قوّم** الجملة الآتية: "موقع المدينة التي أسكنها ثابت لا يتغير".

الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب عن إحدى الرحلات الاستكشافية التي قام بها العالم فاجنر، مع توضيح رأيك العلمي حول ما توصل إليه خلالها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-2

توسع قاع المحيط

Seafloor Spreading

الأهداف

- **تلخص** الأدلة التي أدت إلى اكتشاف توسع قاع المحيط.
- **توضح** أهمية الأنماط المغناطيسية في قاع المحيط.
- **توضح** عملية توسع قاع المحيط.

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

الفكرة الرئيسة **تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط وتصبح جزءًا من قاعه.**

الربط مع الحياة هل قمت يومًا بعدّ الحلقات السنوية في جذع شجرة لمعرفة عمرها؟ يستطيع العلماء تقدير عمر قاع المحيط من خلال دراسة أنماط مشابهة.

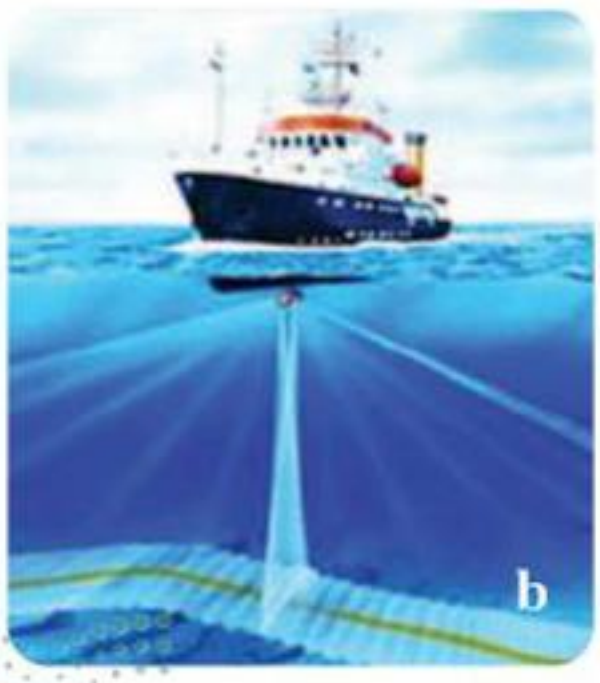
رسم خرائط لقاع المحيط Mapping the Ocean Floor

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. بَيْدَ 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 السونارِ العلماءَ من قياس عمق المياه، ثم رسم خريطة لتضاريس قاع المحيطات.





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 مكبرًا في مرجعيات الطالب في نهاية الكتاب

الشكل 8–5 كشفت البيانات المسجلة بالسونار وجود ظهور المحيطات والأخاديد البحرية العميقة. حيث يكثر 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 تقريبًا، 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 طوليًّا 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 تقريبًا، 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

صخور ورسوبيات المحيطات
Ocean Rocks and Sediments

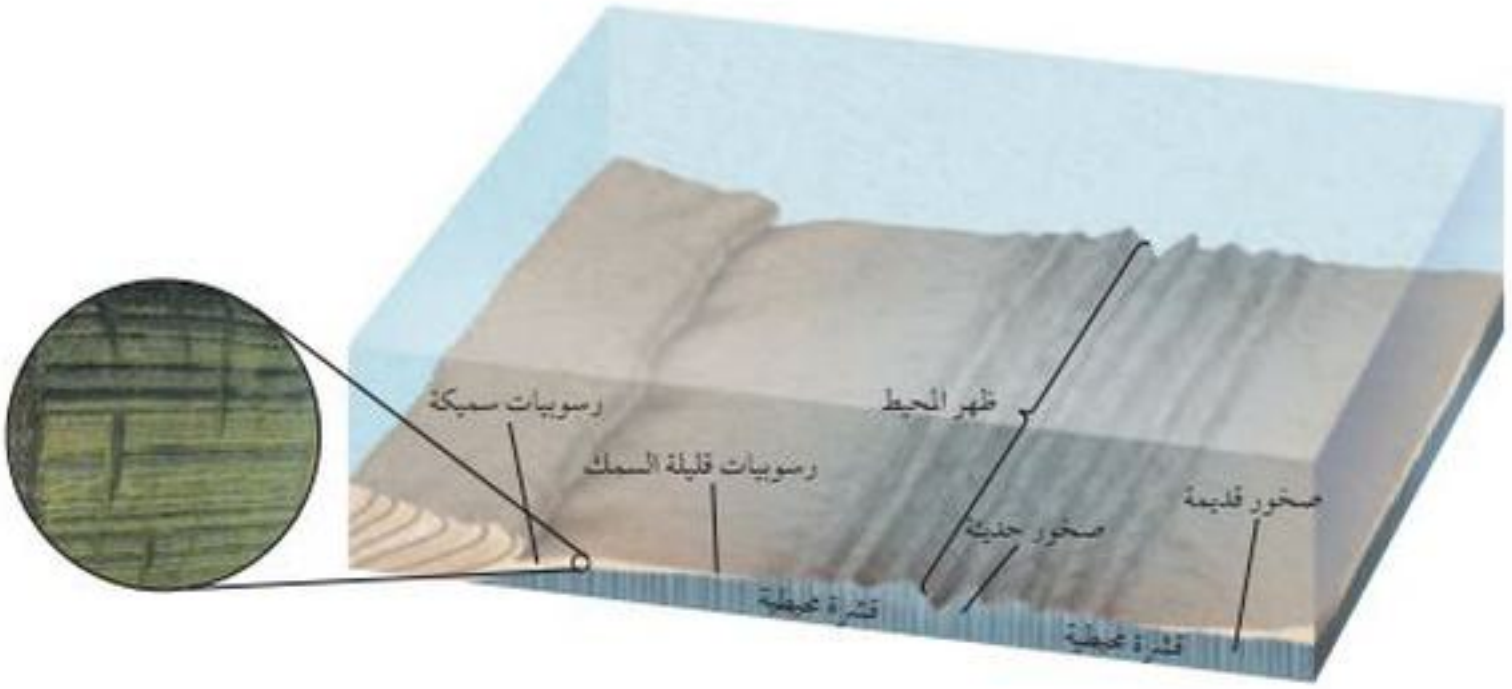
لم يكتفِ العلماء برسم خرائط لقاع المحيط، بل قاموا بجمع عينات من صخور قاع المحيط ورسوبياته وحلّلوها، وتوصلوا إلى اكتشافات مهمة، منها: الاكتشاف الأول: أن اختلاف أعمار الصخور عبر قاع المحيط وفق نمط معين يمكن توقعه؛ حيث تزداد أعمار صخور القشرة المحيطية كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط نحو القارات، وبصورة متناظرة على جانبيه، انظر **الشكل 9–5**. كما اكتشف العلماء أن أقدم صخور قاع المحيط لا يزيد عمرها على 180 مليون سنة تقريبًا، وهو عمر قصير مقارنة بعمر أقدم صخور القشرة القارية الذي لا يقل عن 3.5 مليارات سنة. فلماذا تعد صخور قشرة المحيط أقل عمرًا 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 بضع مئات من الأمتار عادة، بينما يصل سُمك الصخور الرسوبية التي تغطي مساحات واسعة من القارات إلى 20 كيلومترًا. وعلى الرغم من أن العلماء يعرفون أن المحيطات تتعرض لعمليتي الحت والترسيب، إلا أنهم لم يعرفوا لماذا يقل سمك رواسب قاع المحيط عن سمك نظيراتها القارية، فافترضوا أن سمك الرسوبيات مرتبط مع عمر القشرة المحيطية، وهذا ما أيّدته الملاحظات الميدانية؛ إذ يزداد سمك الرواسب مع زيادة البعد عن ظهر المحيط، وبصورة متناظرة على جانبيه، كما في **الشكل 9–5**.

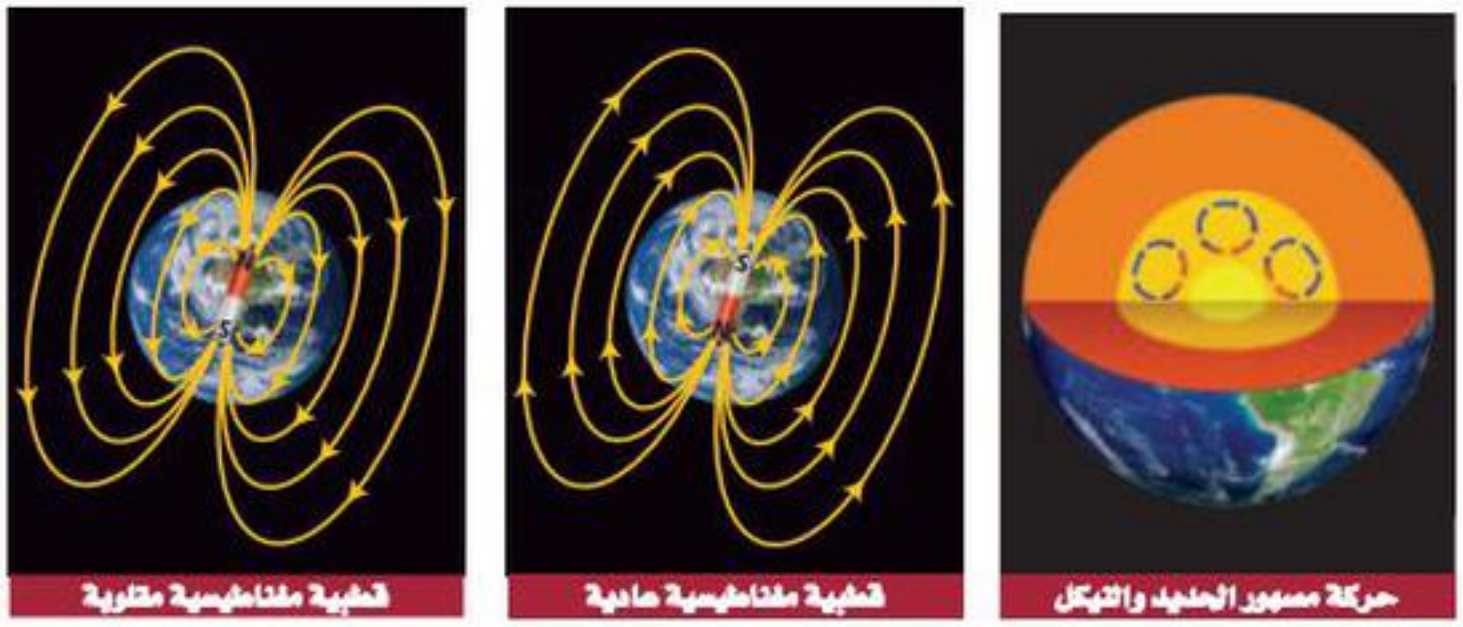
المهن في علم الأرض

الجيولوجيا البحرية

يتم من خلالها دراسة قاع المحيط لفهم العمليات الجيولوجية مثل حركة الصفائح الأرضية.



الشكل 9–5 كلما ابتعدنا عن ظهر المحيط ازداد كل من: عمر صخور قشرة المحيط، وسُمْك الرسوبيات.



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.

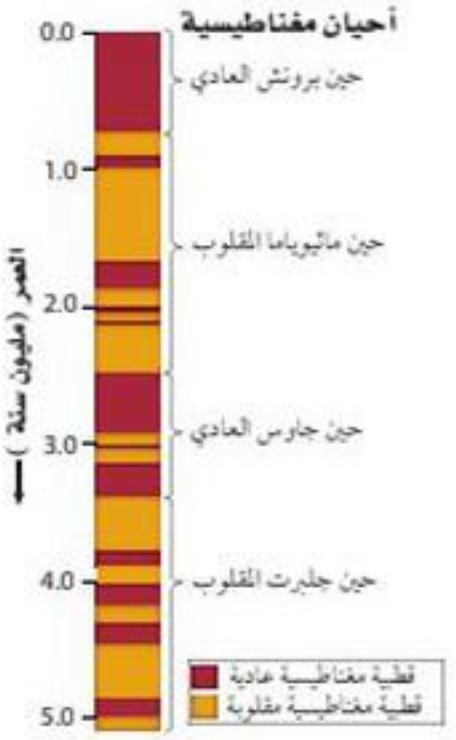
المغناطيسية Magnetism

كما تعلم فإن الأرض تقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسة 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 تيارًا كهربائيًا، ينشأ عنه مجال مغناطيسي للأرض، انظر **الشكل 10–5**. ويؤدي ذلك إلى تكون قطبين مغناطيسيين: شمالي وجنوبي. ويسمى اتجاه قطبي المجال المغناطيسي القطبيةَ المغناطيسيةَ العادية عندما يكون اتجاه القطبين في اتجاه قطبَي 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 قطبيةً مغناطيسيةً مقلوبةً، 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.

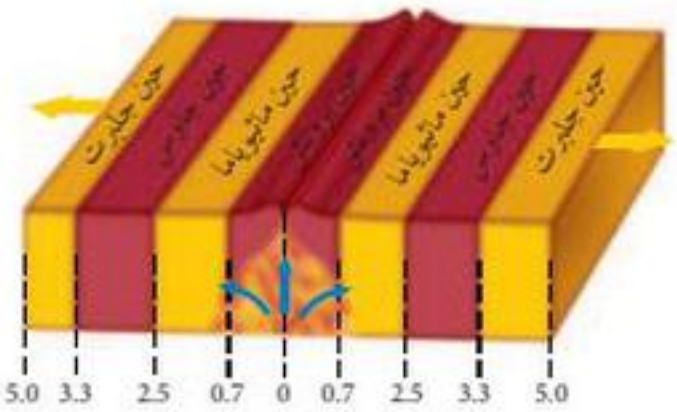
السلم الزمني للقطبية المغناطيسية Magnetic polarity time scale **المغناطيسية القديمة Paleomagnetism** هي دراسة لتاريخ المجال المغناطيسي للأرض. فعندما تتبلور المعادن الحاملة للحديد في اللابة– مثل تبلور معدن الماجنتيت – فإنها تتصرف في أثناء تبلورها مثل البوصلات الصغيرة، فيتخذ مجالها المغناطيسي اتجاه المجال المغناطيسي للأرض. ومن خلال بيانات المغناطيسية القديمة التي جمعت من دراسات اللابة القارية استطاع العلماء بناء السلم الزمني المغناطيسي، كما في **الشكل 11–5**.

التماثل 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، وحصلوا



الشكل 11–5 تتعاقب فترات القطبية المغناطيسية العادية مع فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة، وتسمى التغيرات الطويلة في المجال المغناطيسي الأرضي (أحيانًا)، ومفردها حين، والتغيرات القصيرة (أحداثًا).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2019 - 1441

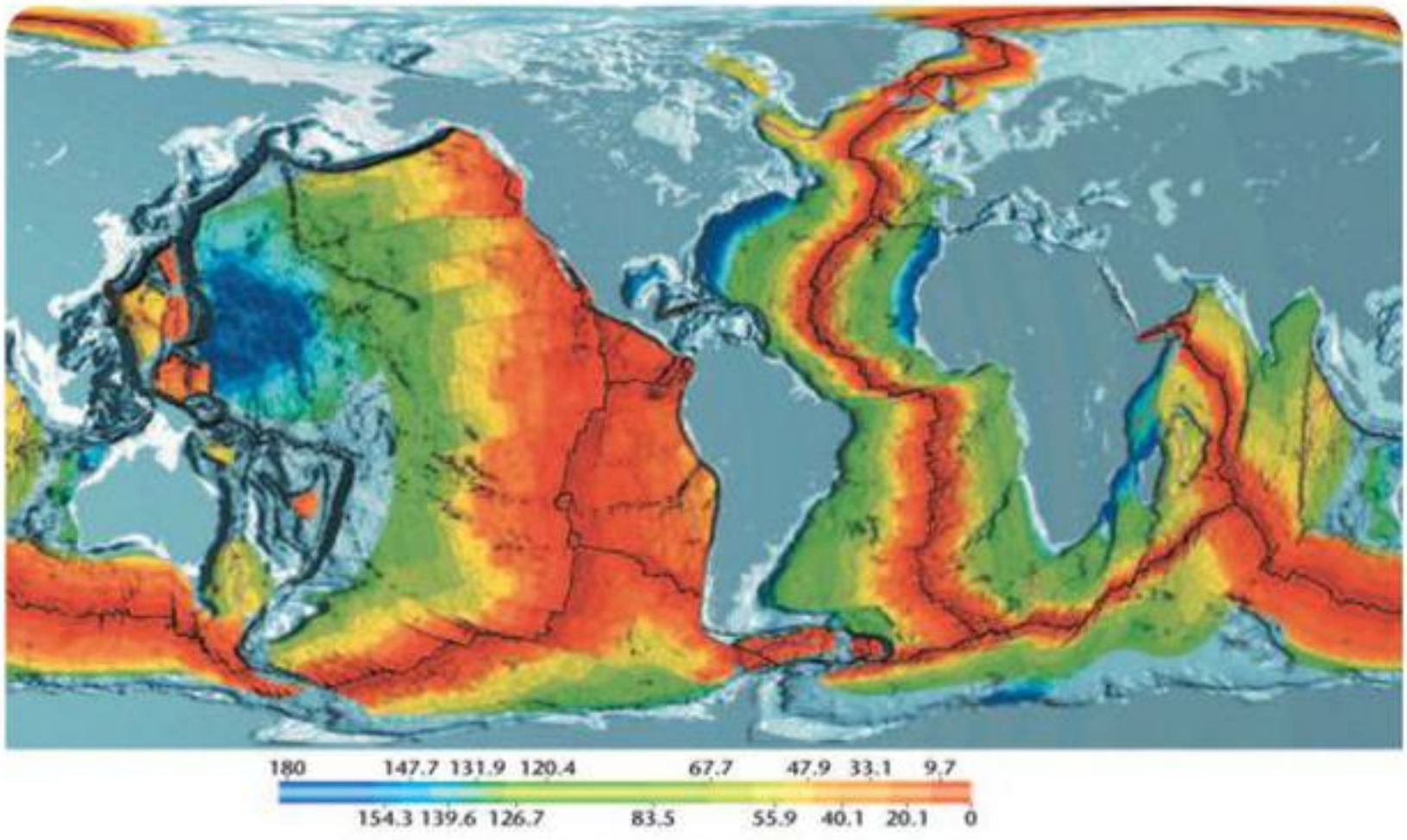


الشكل 12–5 سجلات القطبية العادية والمقلوبة للمجال المغناطيسي الأرضي في صخور قاع المحيط.

حدّد قطبية البازلت المتكون حديثًا في ظهر المحيط.

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 12-5**.

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 13-5**. وخط تساوي العمر خط وهمي على الخريطة يصل بين نقاط لها العمر نفسه. لاحظ أيضًا من الشكل أن القشرة المحيطية الحديثة توجد بالقرب من ظهور المحيطات، في حين أن القشرة المحيطية القديمة تكون على طول الأخاديد البحرية.

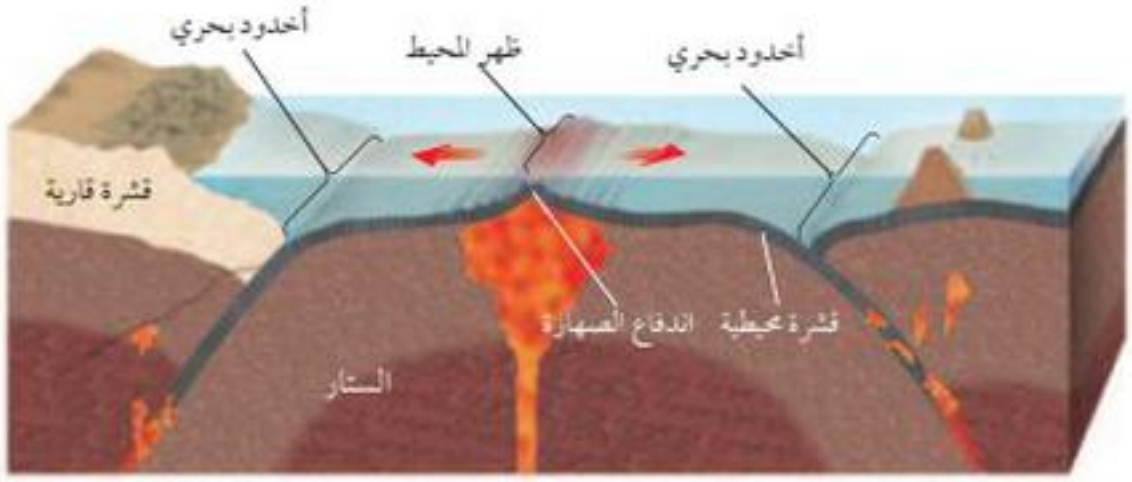


الشكل 13–5 تمثل كل حزمة لونية في خريطة تساوي أعمار قاع المحيط عمر قطاع من قشرة المحيط.

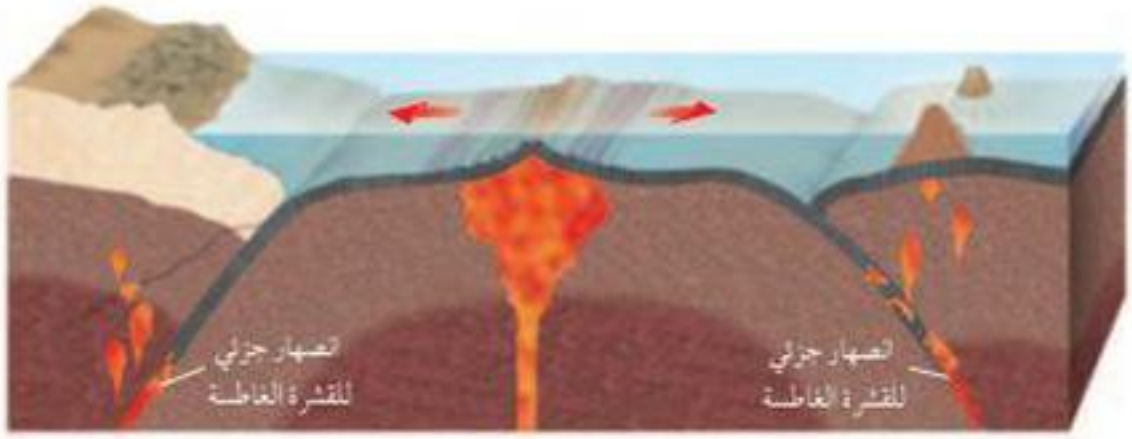
لاحظ. ما النمط الذي تلاحظه في خريطة تساوي العمر؟

توسع قاع المحيط Seafloor Spreading

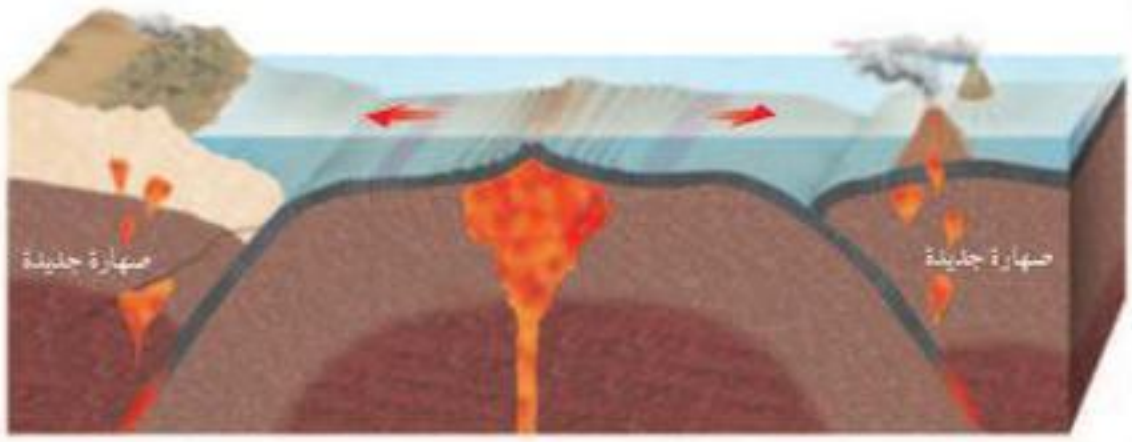
الشكل 14–5 بيانات تضاريس قاع المحيط ورسوبياته ومغناطيسيته القديمة قادت العلماء إلى اقتراح فرضية توسع قاع المحيط. وتوسُّع قاع المحيط عملية تتشكل من خلالها قشرة محيطية جديدة عند ظهور المحيطات، ثم تتحرك هذه القشرة ببطء بعيدًا عن مركز التوسع حتى تُطرح ويعاد تدويرها عند الأخاديد البحرية.



1. تندفع الصهارة إلى قاع المحيط من خلال الفراغات التي تشكلت على امتداد سلسلة ظهر المحيط، وتتصلّب مشكِّلةً 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 للصفيحة تقل درجة الانصهار وتنصهر الصفيحة الغاطسة مكونة صهارة جديدة، ثم ترتفع الصهارة وتتصلّب داخل القشرة أو على السطح وتصبح جزءًا من القشرة القارية.

توسع قاع المحيط Seafloor Spreading

وضعت فرضية **توسع قاع المحيط Seafloor spreading** بناء 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 14–5** 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 غالبًا 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 سابقًا 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 نموذجه عن انجراف القارات؛ فالقارات لم تندفع فوق قشرة المحيط كما اقترح فاجنر، بل تتحرك القشرة المحيطية ببطء مبتعدًا 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.



الشكل 15–5 تقع جزيرة أيسلندا بأكملها على مركز توسع ظهر المحيط الأطلسي؛ لذا يزداد حجمها باستمرار، فمثلاً تدفق أكثر من $12\ km^3$ من اللابة البركانية عام 1783م. وفي عام 2011م حدث ثوران لبركان في جنوب شرق أيسلندا، كان سببًا في تعطيل الملاحة الجوية في أوروبا.

تجربة عملية

المغناطيسية وظهور المحيطات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 الرئيسة

1. **صف** لماذا تشبه عملية توسع قاع المحيط حركةَ الحزام الناقل (المتحرك)؟
2. **وضح** كيف توفر كل من صخور قاع المحيط ورسوبياته أدلة على توسع قاع المحيط؟
3. **ميّز** بين مصطلحي: القطبية المغناطيسية العادية، والقطبية المغناطيسية المقلوبة.
4. **صف** تضاريس قاع المحيط.

التفكير الناقد

5. **وضّح** كيف تدعم خريطة تساوي العمر لقاع المحيط فرضية توسع قاع المحيط؟
6. **حلّل** لماذا يكون عرض الأشرطة المغناطيسية في شرق المحيط الهادي أكبر من نظائرها في المحيط الأطلسي؟

الرياضيات في الجيولوجيا

7. **حلّل الشكل 11–5**، ما نسبة فترات القطبية المغناطيسية المقلوبة في آخر خمسة ملايين سنة

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

حدود الصفائح وأسباب حركتها

Plate Boundaries and Causes For motion

الأهداف

- **تصف** كيف تتشكل معالم الأرض بفعل حركة الصفائح الأرضية.
- **تقارن** بين أنواع حدود الصفائح الأرضية الثلاث والمعالم 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 للصفيحة.

مراجعة المفردات

ظهر المحيط: معلم رئيس يمتد على طول قاع المحيط ويرتفع عن القاع 3 km تقريبًا، ويوجد في وسطه واد عميق.

المفردات الجديدة

الصفيحة الأرضية
الحدود المتباعدة
حفرة الاندهام
الحدود المتقاربة
الطرح
الحدود التحويلية
الدفع عند ظهر المحيط
سحب الصفيحة

الفكرة الرئيسة **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، فستنثني هذه الطبقة وتتشقق. 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 الرئيسة ومجموعة من الصفائح الصغيرة. وتتحرك الصفائح الأرضية حركة بطيئة جدًا (بضعة سنتمترات 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 معًا عند حدودها، مما يؤدي إلى تكوين معالم جيولوجية مختلفة بحسب نوع حدود الصفائح، فتقترب الصفائح الأرضية بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويبتعد بعضها عن بعض



الشكل 16–5 تتكون الصفائح الأرضية من القشرة الأرضية وأعلى الستار الصلب، وتتفاعل هذه الصفائح معًا عند حدودهما.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

عنـد الحدود المتباعدة، وتتحـرك أفقيًّا متحاذية عند الحـدود التحويلية (الانزلاقية).

الحدود متباعدة Divergent boundaries تسمى المناطـق التي تبتعد عندها الصفائح بعضها عـن بعض **الحدود المتباعدة Divergent boundaries**. وتوجد معظم الحـدود المتباعدة على امتداد قاع المحيط في **حفر الانهدام Rift valleys** التي تقع في وسط ظهر المحيط. وهي منخفض طولي ضيـق يتكون نتيجة تباعـد الصفائح بعضها عن بعض، وتبدأ في هذا المكان عملية توسـع قاع المحيط. وتتشكل القشرة المحيطيـة الجديدة في معظم الحالات عند الحدود المتباعدة، فضلاً عـن ارتباط هذه الحدود بالـبراكين والزلازل والتـدفق الحـراري الأرضـي المرتفـع نسبيًّا.

ماذا قـرأت؟ **حدّد** 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 تتشـكل حفرة الانهدام، ويوضح **الشـكل 17–5** حفرة الانهدام العظيم التي تتشكل حاليًّا في شرق إفريقيا، وقد تتطور في النهاية إلى حوض محيطي جديد.



الشكل 17–5 الحدود المتباعـدة هي الأماكن التي يحدث عندهـا انفصـال الصفائح؛ ويعـد ظهور المحيطات في قاع المحيط وحفر الانهدام في القارات - ومنها حفـرة الانهدام العظيـم في شرق إفريقيا- مثالاً على حدود التباعد.

تجربة

عمل نموذج لتشكُّل قاع المحيط

كيـف أدت الحـدود المتباعـدة إلى تشـكل جنـوب المحيط الأطلسي؟ أدت حدود التباعد قبل 150 مليون سنة إلى انقسـام قارة كانت موجودة سابقًا، 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. اسـتعمل **خريطة العالم** لإنشاء **نموذجين ورقيين** لقارتي أمريكا الجنوبية وإفريقيا.
3. ضع نموذجـي القارتين في وسـط **ورقة كبيرة**، وطابقهما معًا على طول سواحلهما الأطلسية.
4. خطـط بدقة حـول النموذجين باسـتعمال **قلم الرصاص**، وارسـم شـكل القارتـين، ثم أزل النموذجين واكتب تحتهما 150 مليون سنة.
5. ارسم خريطتين تبين إحداهما مرحلة تطور المحيط الأطلسي قبل 150 مليون سـنة، والأخرى تمثله في الوقـت الحالي. على أن يكون متوسـط معدل التوسع 4 cm /y وبمقياس رسم 1 cm = 500 km.

التحليل

1. **قارن** الخريطة التي رسمتها لتمثل المرحلة الأخيرة بخريطة العالم الحالية. هل عرض جنوب المحيط الأطلسي في الخريطتين 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 معًا فإن الصفيحة الأكبر كثافة تغوص تحت الأقل كثافة. وتُسمى هذه العملية **الطرح Subduction**. وتتكون القشرة المحيطية من معادن غنية بالحديد والماغنسيوم تكوّن الصخور البازلتية، وهي صخور داكنة ذات كثافة كبيرة نسبيًا، انظر **الشكل 18–5**. أما القشرة القارية فيتكون معظمها من الصخور الجرانيتية، وهي صخور فاتحة اللون وقليلة الكثافة نسبيًا 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 أيضًا 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، فتنصهر الصفيحة انصهارًا جزئيًا على أعماق قليلة، وتكون الصهارة الناتجة أقل كثافة من الصخور المحيطة بها، فترتفع إلى أعلى في اتجاه السطح، وتثور مشكّلةً قوسًا 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 أيضًا 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. تذكّر 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 معًا بدلاً من غوصهما في الستار بسبب انخفاض كثافتيهما، مما يؤدي إلى ارتفاع الصخور وطيها في منطقة التصادم، وتتشكل سلسلة جبلية ضخمة على طول منطقة التصادم، مثل جبال الهملايا.



البازلت



الجرانيت

الشكل 18–5 تتكون معظم القشرة المحيطية من البازلت. وتتكون معظم القشرة القارية من الجرانيت مع وجود طبقة رقيقة نسبيًا من الصخور الرسوبية، وكلتاهما أقل كثافة من البازلت.

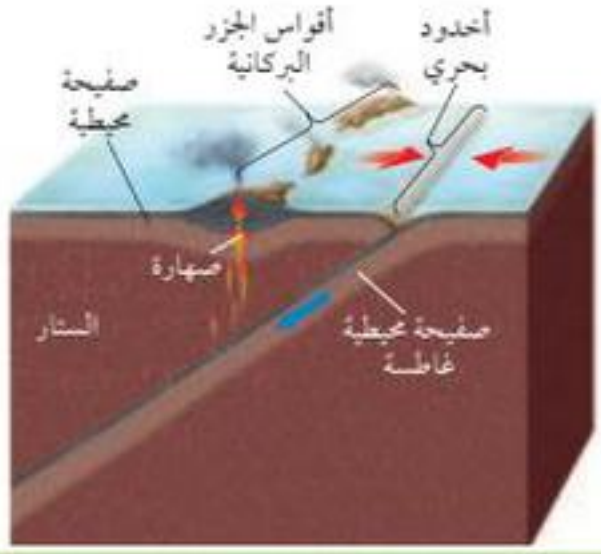
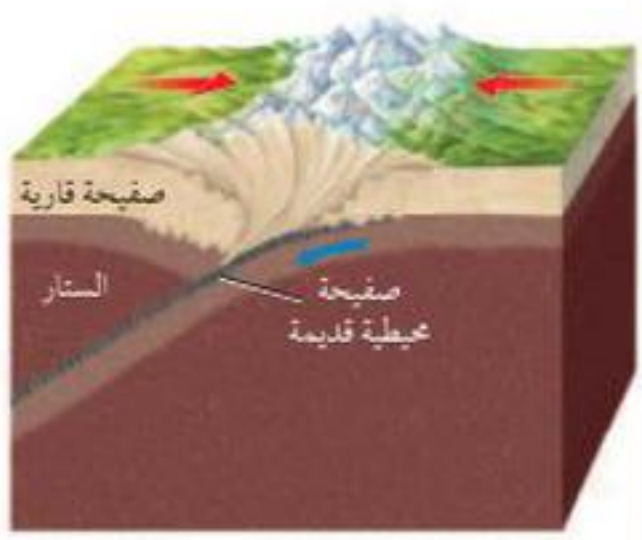
تجربة عملية

الزلازل ونطاق الطرح

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الجدول 1–5 ملخص أنواع الحدود المتقاربة

نوع الحد التقاربي	مثال على منطقة تأثرت بالحدود المتقاربة	مثال على التضاريس
تقارب محيطي ـ محيطي 	 جزر أليوشيان	 جزيرة شاجولاك في ألاسكا
تقارب محيطي ـ قاري 	 سلسلة جبال الأنديز	 بركان أزورتو في تشيلي
تقارب قاري ـ قاري 	 سلسلة جبال الهملايا	 قمة أما ـ دبلان في نيبال

الحدود تحويلية (جانبية) Transform boundaries تسمى المنطقة التي تتحرك عندها صفيحتان أفقيًّا 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 ضحلة 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 قِطع ظهور المحيطات جانبيًّا، 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. ويُحدث هذان الصدعان العديد من الزلازل الضحلة، 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

ضَمّن 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. ميّز 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



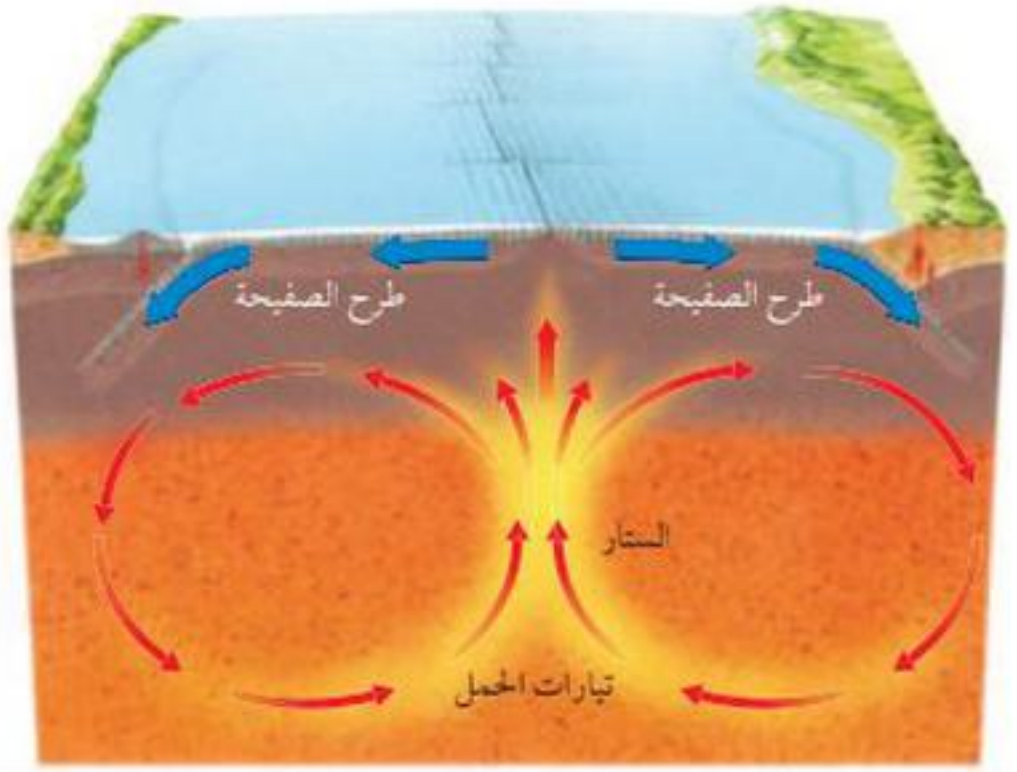
الشكل 19–5 تتحـرك الصفيحتان أفقيًـا متحاذيتين على طـول الحدود التحويلية. الانثناء في السكة الحديدية ناتج عن حركة الصدع التحويلي.

أسباب حركة الصفائح Causes of Plate Motions

وضع العلماء الكثير من الفرضيات لتفسير أسباب حركة الصفائح. ومن هذه الفرضيات:

تيـارات 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 السـتار باردة نسبيًا وأكبر كثافة، وتأتي من أسفل الصفائح الأرضية، حيث تغوص ببطء إلى أسفل.

تؤدي تيارات الحمل المسـتمرة 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 تنشـأ في السـتار إلى حركة الغلاف الصخري (القشرة الأرضية وأعلى السـتار الصلب)، وتنقل الطاقة الحرارية من باطن الأرض إلى سطحها الخارجي.

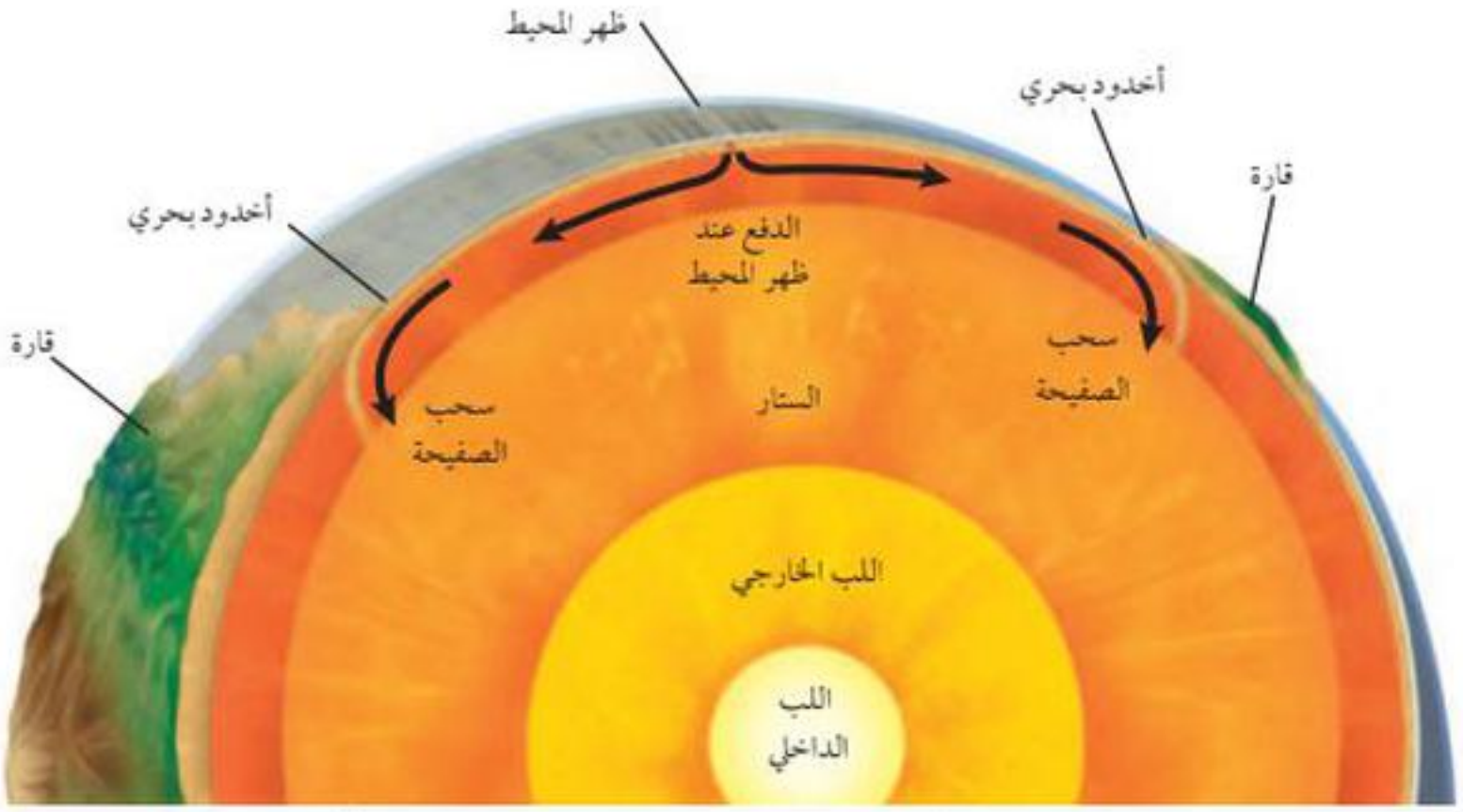
وعـلى الرغـم من أن تيـارات الحمل في السـتار تيـارات ضخمة قـد تمتد آلاف الكيلومترات، إلا أنها تتدفق بمعدلات تصل إلى بضعة سنتمترات في السنة، ويعتقد العلماء أن هذه التيارات تبدأ الحركة بسـبب سـحب الصفيحة الغاطسة إلى أسفل في الستار.

ماذا قـرأت؟ ناقش ما الذي يؤدي إلى تدفق تيـارات الحمل: ارتفاع المواد الساخنة إلى أعلى أم هبوط المواد الباردة إلى أسفل؟

كيـف ترتبط حركات الصفائـح الأرضية المتقاربة والمتباعدة مـع تيارات الحمل في السـتار؟ تنتشر المواد الصاعدة إلى أعلى في تيارات الحمل لدى وصولها إلى الصفيحة الأرضية، لذا ينجم عنها قوى رأسـية وجانبية، مما يؤدي إلى رفع الغلاف الصخري وتشـققه عند الحدود المتباعدة، فترتفع المواد المصهورة من السـتار لتملأ التشققات هناك، ثم تتصلب مكوّنة قشرة محيطية جديدة.

أما الجزء الهابط من تيـار 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 **الشـكل 21–5**، وأن القشرة المحيطية القديمة نسـبيًّا تبرد كلما ابتعدت عن الحدود المتباعدة في مناطق ظهر المحيـط، وتصبح أكثر كثافة مقارنـة بالقشرة المحيطية الحديثـة الأقل كثافة، فتهبط مكونة الجوانب المنحدرة لظهر المحيط، ونتيجة لزيـادة وزن الجزء المرتفع والمنحدر



الشكل 21–5 الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة عمليتان تؤديان إلى تحريك الصفائح الأرضية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 جدًا في اتجاهات مختلفة على سطح الأرض.
- تتباعد 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 الرئيسة

1. **صف** كيف تتشكل معالم الأرض الرئيسة بفعل حركة الصفائح الأرضية وعلاقتها بتيارات الحمل في الستار.
2. **لخّص** عمليات تقارب الصفائح الأرضية التي شكّلت جبال الهملايا.
3. **اعمل** قائمة بالمعالم الجيولوجية المرافقة لكل نوع من حدود الصفائح المتقاربة.
4. **حدّد** المعلم الجيولوجي الذي يوجد به معظم الحدود التحويلية.
5. **أكّد** على العلاقات بين كل من تيارات الحمل ومناطق ظهور المحيطات ونطاقات الطرح.
6. **صمم نموذجاً يوضح العمليات الحركية لكل من الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.**

التفكير الناقد

7. **اختر** أنواع حدود الصفائح الثلاث التي في الشكل 16-5، وتوقع ما يحدث عند كل حد منها بعد مرور فترة من الزمن.
8. **صف** كيف تتحرك قطعتان لقشرة محيطية جديدة بين جزأين من ظهر المحيط تم إزاحتهما بصدوع التحويل؟
9. **قوّم** الجملة الآتية: تحرك تيارات الحمل القشرة المحيطية فقط.
10. **لخّص** كيف تُعَد تيارات الحمل مسؤولة عن ترتيب القارات على سطح الأرض؟

الكتابة في الجيولوجيا

11. اكتب تقريرًا إخباريًا حول تأثر 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 وليد 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 سنويًا، كما يقدر طوله بحوالي 2000 km، وعرضه حوالي 300 km، وأعمق نقطة فيه حوالي 2000 m، وأعلى مد قد يصل تقريبا إلى 1m فقط، والمتوسط الإجمالي لدرجة حرارة مياه البحر الأحمر (22°C) والمتوسط الإجمالي لدرجة ملوحته 40 جزءًا 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.

ونظرًا 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 والنفايات حفاظاً على الموقع لجميع الأجيال، ليصبح مشروع «البحر الأحمر» ضمن أفضل 10 مدن خضراء حول العالم»*.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030

* من أهداف الرؤية: حماية وتهيئة المناطق الطبيعية (مثل الشواطئ والجزر والمحميات الطبيعية)

الكتابة في الجيولوجيا

ابحث في النشاط الجيولوجي الفريد للبحر الأحمر، واكتب مقالاً يصف طبيعة البيئة البحرية للبحر الأحمر، وأصل نشأته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

مختبر الجيولوجيا

عمل نموذج لتشكل قاع المحيط

خلفية علمية: أدت حدود التباعد قبل 150 مليون سنة إلى انقسام قارة كانت موجودة سابقًا، ومع مرور الوقت أضيفت قشرة جديدة على طول الحدود المتباعدة وزاد الاتساع بين إفريقيا وأمريكا الجنوبية.

سؤال: كيف أدّت الحدود المتباعدة إلى تشكّل جنوب المحيط الأطلسي؟

الأدوات

خريطة العالم
قلم رصاص
ورق

إجراءات السلامة

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 معًا على طول سواحلهما الأطلسية.
4. خطط بدقة حول النموذجين باستعمال قلم الرصاص، وارسم شكل القارتين، ثم أزل النموذجين واكتب تحتهما 150 مليون سنة.
5. أرسم خريطتين تبين إحداهما مرحلة تطور المحيط الأطلسي قبل 150 مليون سنة والأخرى تمثله في الوقت الحالي. على أن يكون متوسط معدل التوسع 4cm /y وبمقياس رسم 1cm=500km.

التحليل والاستنتاج

1. **قارن** الخريطتين اللتين رسمتهما لتمثل المرحلة الأخيرة بخريطة العالم الحالية. هل عرض جنوب المحيط الأطلسي في الخريطتين هو نفسه؟
2. **تأمل** إلام تعود الفروق بين العرض الفعلي لجنوب المحيط الأطلسي الحالي وعرضه وفق نموذجك؟.

شارك ببياناتك

راجع مع أقرانك ناقش نتائجك مع المجموعات الأخرى في الصف مع التركيز على وصف الاختلاف بين الخريطتين.

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تحدث معظم الأنشطة الجيولوجية عند حدود الصفائح، وتتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض، وتنتج بعض الزلازل بفعل الحركة على طول الصدوع في القشرة الأرضية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5-1 انجراف القارات	
الانجراف القاري بانجيا	**الفكرة الرئيسة** تدل جيولوجية القارات وأشكالها على أنها كانت متصلة معًا يومًا ما. • يوحي تطابق شواطئ القارات على جانبي المحيط الأطلسي بأن القارات كانت مجتمعة معًا يومًا ما. • الانجراف القاري فكرة وضعت في بداية القرن الماضي، تنص على أن القارات تتحرك على قاع المحيط. • جمع العالم فاجنر أدلة من الصخور والأحافير والمناخات القديمة لدعم نظريته. • لم تقبل فكرة الانجراف القاري؛ لأنها لم تقدم تفسيرًا حول كيفية حركة القارات وما يسبب حركتها.
5-2 توسع قاع المحيط	
جهاز قياس المغناطيسية ظهر المحيط الانقلاب المغناطيسي المغناطيسية القديمة تساوي العمر توسع قاع المحيط الأخاديد البحرية	**الفكرة الرئيسة** تتشكل القشرة المحيطية عند ظهر المحيط، وتصبح جزءاً من قاعه. • توفر الدراسات التي أجريت لقيعان 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 مبتعدة عن ظهر المحيط.
5-3 حدود الصفائح وأسباب حركتها	
الصفيحة الأرضية الحدود المتباعدة حفرة الاندام الحدود المتقاربة الطرح الحدود التحويلية الدفع عند ظهر المحيط سحب الصفيحة	**الفكرة الرئيسة** تتشكل كل من البراكين والجبال والأخاديد البحرية وتحدث الزلازل بين حدود الصفائح، وتؤدي تيارات الحمل في الستار إلى حركة الصفائح الأرضية. • تقسم القشرة الأرضية والجزء العلوي الصلب من الستار العلوي إلى قطع صخرية ضخمة تسمى الصفائح الأرضية. • تتحرك الصفائح الأرضية بسرعات واتجاهات مختلفة على سطح الأرض. • تبتعد الصفائح الأرضية بعضها عن بعض عند الحدود المتباعدة، ويقترب بعضها من بعض عند الحدود المتقاربة، ويتحرك بعضها بمحاذاة بعض عند الحدود التحويلية (الجانبية). • يتميز كل نوع من حدود الصفائح بمعالم جيولوجية محددة. • الحمل الحراري هو نقل الطاقة عبر حركة المواد الساخنة. • ينتج عن تيارات الحمل نقل الطاقة الحرارية في الستار من باطن الأرض الساخن إلى سطحها الخارجي البارد. • تنتج حركة الصفائح الأرضية بفعل عمليتي دفع ظهر المحيط وسحب الصفيحة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الفصل 5 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمات التي تحتها خط:

1. تُسمى عملية غطس الصفائح الأرضية في الستار التباعد.
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 جهاز السونميتر.
5. العملية التي تتشكل فيها قشرة محيطية جديدة من خلال اندفاع الصهارة عند ظهور المحيطات هي حفرة الانهدام.

عرّف المصطلحات الآتية بجمل تامة:

6. الصفيحة الأرضية.

حدّد ما هو مشترك بين كل مصطلحين في الجمل الآتية:

7. الحدود المتباعدة، الحدود التحويلية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 8 و9.



8. ما نوع حدود الصفائح في الشكل أعلاه؟
   a. ظهر المحيط. c. حدود تحويلية.
   b. حدود قارية–قارية. d. حدود قارية–محيطية.
9. ما المعلم الجيولوجي الذي يتكون على طول هذا النوع من حدود الصفائح؟
   a. نطاقات الطرح. c. أقواس الجزر.
   b. أخاديد بحرية. d. جبال مطوية.
10. ما عمر القشرة المحيطية عمومًا؟
   a. لها عمر القشرة القارية نفسه. c. أقدم من القشرة القارية.
   b. أحدث من القشرة القارية. d. لم يحدد العلم عمرها.
11. ما المنطقة التي يحيط بها حزام النار الكبير؟
   a. المحيط الأطلسي. c. البحر المتوسط.
   b. قارة أمريكا الشمالية. d. المحيط الهادي.

أسئلة بنائية

12. **فسّر** ما وجده علماء المحيطات من ازدياد سُمك رسوبيات قاع المحيط بتزايد المسافة بعيدًا عن ظهر المحيط.
13. **ميّز** بين تولّد المجال المغناطيسي في لب الأرض والمغناطيسية المحفوظة في القشرة المحيطية.
14. **حلّل** لماذا توجد فروق بين حدود التقارب القاري –القاري وحدود التقارب المحيطي– المحيطي؟

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 15.



15. **ميّز** ما أقدم جزيرة؟ وما الاتجاه الذي تتحرك فيه الصفيحة؟ فسر إجابتك.

التفكير الناقد

16. **قارن** بين فرضيتي الدفع عند ظهر المحيط وسحب الصفيحة.
17. **فكر** هل يبقى شكل الصفائح الأرضية وحجمها ثابتين مع مرور الزمن؟ وضح إجابتك.
18. **توقع** ماذا يمكن أن يحدث إذا لم يكن هناك صفائح أرضية؟

خريطة مفاهيمية

19. ارسم خريطة مفاهيمية مستعملًا المصطلحات الآتية:

نظرية حركة الصفائح، الحدود متباعدة، الحدود متقاربة، تقارب محيطي– محيطي، تقارب محيطي– قاري، تقارب قاري– قاري، الحدود تحويلية.

سؤال تحفيز

20. **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).

اختبار مقنن

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. c. سحب الصفيحة.

b. الدفع عند ظهر المحيط. 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:

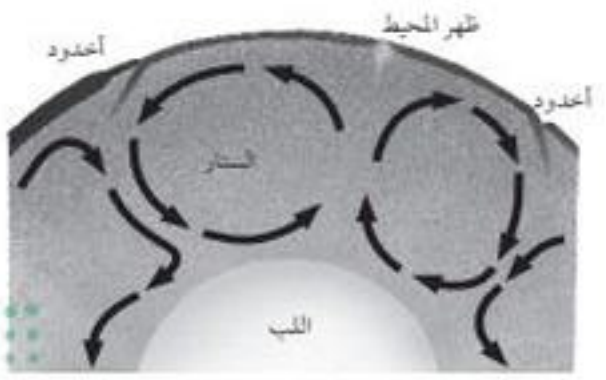
a. أخدود بحري عميق. c. حفرة انهدام.

b. انقلاب مغناطيسي. d. قشرة محيطية جديدة.

أسئلة الإجابات القصيرة

9. كيف تسبب تيارات الحمل حركة الصفائح؟

استعمل الشكل أدناه في الإجابة عن السؤالين10 و11.

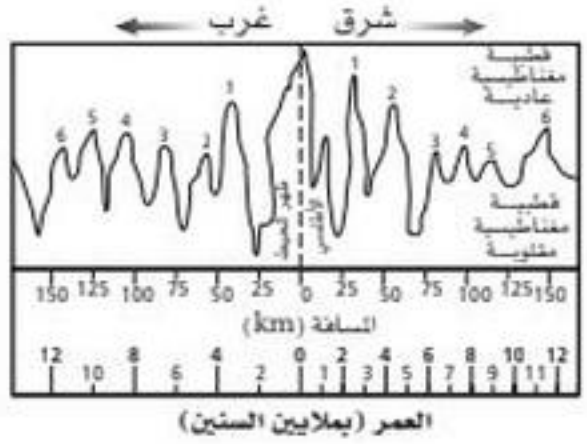


وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

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؟

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؟

القراءة والاستيعاب

تشكيل الجبال

تشكيل الجبال هو عملية جيولوجية تحدث نتيجة لحركة الصفائح التكتونية والضغوط الداخلية في قشرة الأرض. تحدث هذه العملية بطرق مختلفة، حيث يمكن أن تنشأ الجبال نتيجة تصادم الصفائح القارية، مثلما حدث عند تصادم صفيحة الهند مع الصفيحة الأوراسية لتشكيل جبال الهيمالايا. كذلك يمكن أن تتشكل الجبال عند اندساس صفيحة محيطية تحت صفيحة قارية، مما يؤدي إلى رفع القشرة الأرضية وتكوين سلاسل جبلية مثل جبال الأنديز.

تؤدي التصدعات الناتجة عن تحرك الصفائح إلى تشكيل الجبال الصدعية، حيث تنشأ هذه الجبال من ارتفاع وانخفاض كتل الصخور بفعل الضغوط. كما يمكن أن تتشكل الجبال البركانية نتيجة لتراكم الحمم البركانية والمواد البركانية المتدفقة من البراكين، مثل جبال فوجي في اليابان.

تتأثر هذه العمليات بعوامل جيولوجية وجغرافية عديدة، مثل التآكل والتعرية، والتي تلعب دورًا كبيرًا في تشكيل التضاريس الجبلية النهائية على مر الزمن.

16. العملية الجيولوجية الأساسية التي تؤدي إلى تشكيل الجبال:

a. التآكل
c. انصهار الجليد
b. الرياح القوية
d. حركة الصفائح التكتونية

17. تشكلت جبال الهيمالايا:

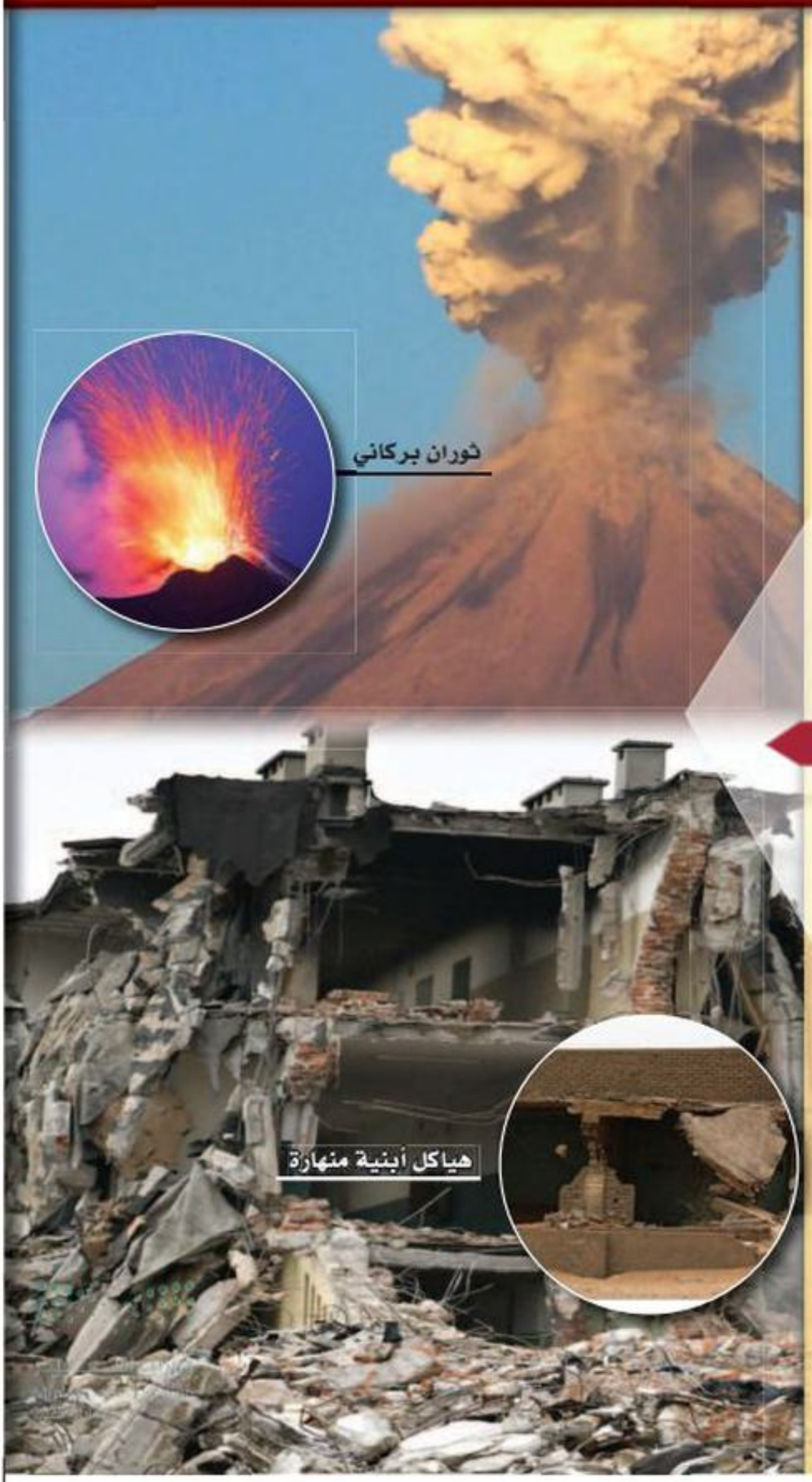
a. **بتراكم الحمم البركانية**
b. بتآكل الصخور على مر الزمن
c. بالاندساس تحت صفيحة محيطية
d. بتصادم صفيحة الهند مع الصفيحة الأوراسية

18. ما دور التآكل في تشكيل التضاريس الجبلية؟

a. يمنع تكون الجبال نهائيًا
b. يسبب انخفاض الجبال بشكل مستمر
c. يساعد في تشكيل الجبال عبر رفع كتل الصخور
d. يلعب دورًا في نحت وتشكيل التضاريس النهائية للجبال

الفصل 6

البراكين والزلازل
Volcanoes and Earthquakes



الفكرة العامة تتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض.

6–1 ما البركان؟

الفكرة الرئيسة ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح.

6–2 الثورانات البركانية

الفكرة الرئيسة تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني.

6–3 الأمواج الزلزالية وبنية الأرض

الفكرة الرئيسة يتم استعمال الأمواج الزلزالية في تصوّر بنية الأرض الداخلية.

6–4 قياس الزلازل وتحديد أماكنها

الفكرة الرئيسة يقيس العلماء قوة الزلازل ويحددون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية.

6–5 الزلازل والمجتمع

الفكرة الرئيسة 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

تجربة استهلالية

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 "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. عدَّ 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؟

المطويات
منظمات الأفكار

تصنيف البراكين

اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تصنيف البراكين.



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



الخطوة 2 اثنِ الطرف السفلي للورقتين لتكوين أربعة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبّت الألسنة في أماكنها.



الخطوة 3 ثبّت أوراق المطوية معًا بالدبابيس، وعنون الألسنة على النحو الآتي: أنواع البراكين (اللسان العلوي): البركان الدرعي، البركان المركب، البركان المخروطي.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة القسم **6-1**، واكتب خصائص كل نوع من البراكين أسفل كل لسان.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

What is a Volcano؟ ما البركان؟

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.

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

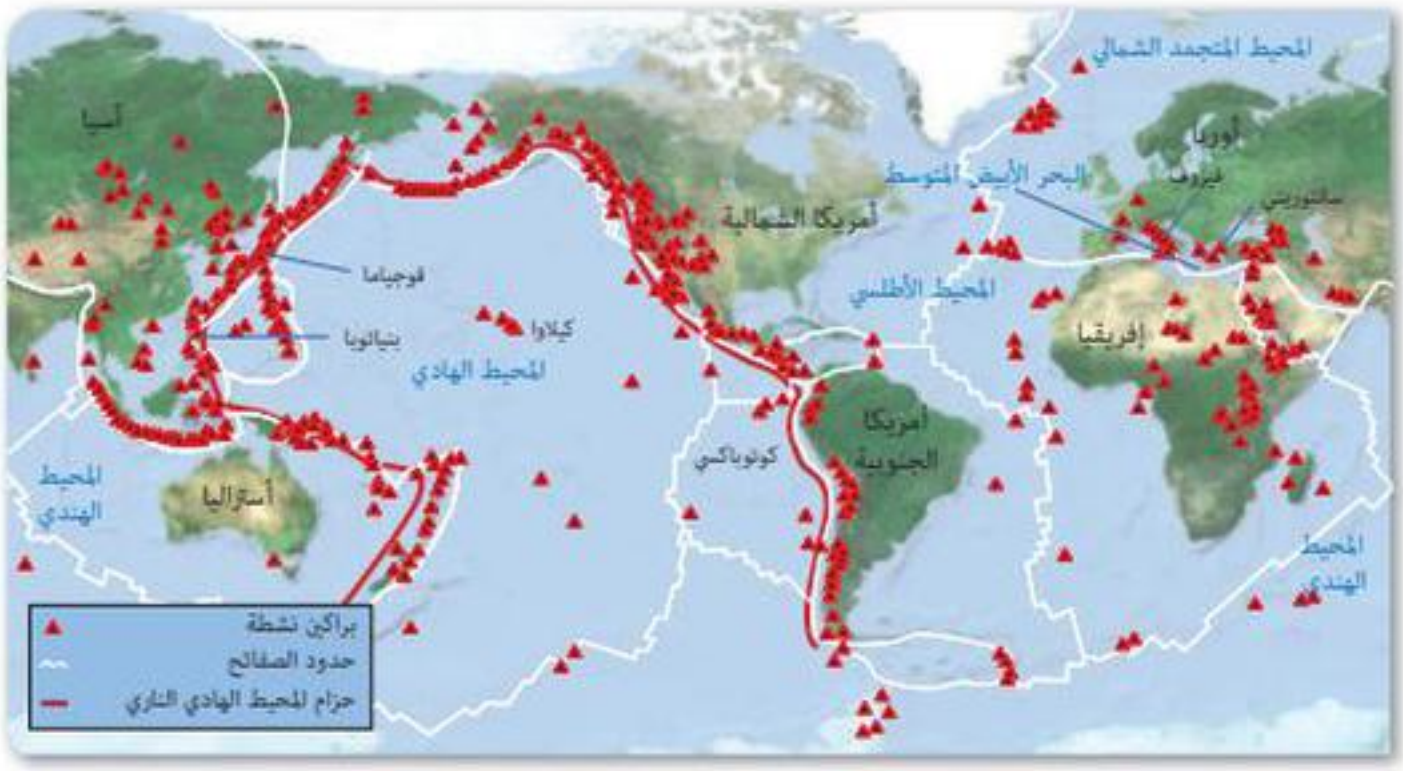
الفكرة الرئيسة ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح.

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 جداً 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 تشكّلها؛ 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.



الشكل 1–6 تقع معظم البراكين النشطة على الأرض على امتداد حدود الصفائح.

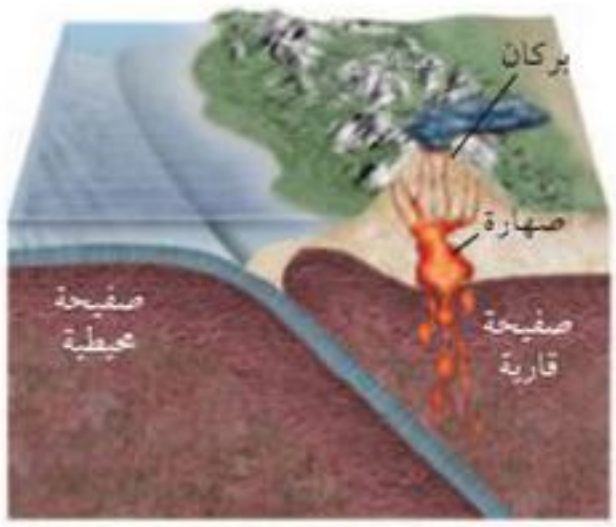
وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

النشاط البركاني عند الحدود المتقاربة Convergent volcanism

تلتقي الصفائح الأرضية معًا 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 للصفيحة الغاطسة، ثم تصعد نحو سطح الأرض؛ لأنها أقل كثافة من المواد المحيطة بها، فتختلط في أثناء ذلك بصخور ومعادن ورسوبيات الصفيحة العلوية (التي تعلو الصفيحة الغاطسة) مكوّنة البراكين. ومعظم البراكين على اليابسة ناجمة عن تقارب صفيحة قارية مع أخرى محيطية. وتمتاز هذه البراكين بثورانات شديدة الانفجار.

ماذا قرأت؟ حدّد 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 أحيانًا بحلقة النار، وتنطبق حدود هذا الحزام تمامًا 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، عمومًا على الحدود التي تفصل بين صفائح أوراسيا وإفريقيا والصفيحة العربية. انظر الشكل **1–6**.



الشكل 2–6 في نطاق طرح قاري – محيطي تنزلق الصفيحة المحيطية الأكبر كثافة في الستار أسفل الصفيحة القارية، فتنصهر أجزاء من هذه الصفيحة، مما يؤدي إلى صعود الصهارة إلى أعلى مشكّلةً البراكين.

حدد البركان المصاحب لحدود التقارب القاري–المحيطي في الشكل **2–6**.

مختبر تحليل البيانات

* بُني هذا النشاط على بيانات حقيقية

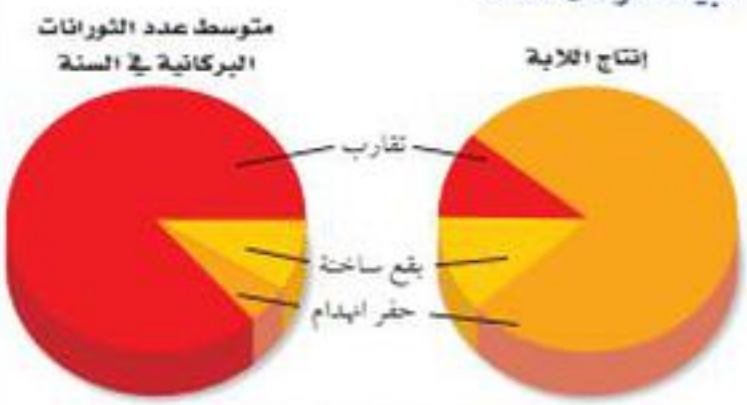
تفسير الرسم البياني

كيف ترتبط أنواع النشاط البركاني بإنتاج اللابة؟ يصنّف الباحثون أنواع الثورانات البركانية، ويدرسون كمية اللابة التي تنبعث من كل نوع من أنواع البراكين في السنة الواحدة. ويوضح الرسم البياني الدائري متوسط عدد الثورانات البركانية وإنتاج اللابة السنوي لكل نوع اعتمادًا على بيانات أخذت من 5337 ثورانًا بركانيًّا.

التفكير الناقد

1. **صِف** العلاقة بين نوع النشاط البركاني والإنتاج السنوي للابة.
2. **فكّر** ما أهمية أن يدرس العلماء هذه العلاقات؟
3. **قوّم** ما الخطوة اللاحقة لدراسات العلماء؟

البيانات والملاحظات



معدلات تدفقات الصهارة والمقذوفات البركانية

Source *Journal of Volcanology and Geothermal Reserarch 20: 177–211*



الشكل 3–6 تثور 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 بعيدًا 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.

تجربة عملية

نمذجة تدفق اللابة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 4–6 البراكين موضع الاهتمام تُشكل البراكين بعض تضاريس سطح الأرض باستمرار.

6000 قبل الميلاد — 3000 قبل الميلاد

4845 قبل الميلاد خريطة تضاريسية لبركان جبل مازاما في ولاية أوريجون، حيث أدّى ثورانه إلى انهيار الجبل وأصبح منخفضًا عرضه 9 km، يُعرف حاليًا باسم بحيرة الفوهة البركانية.



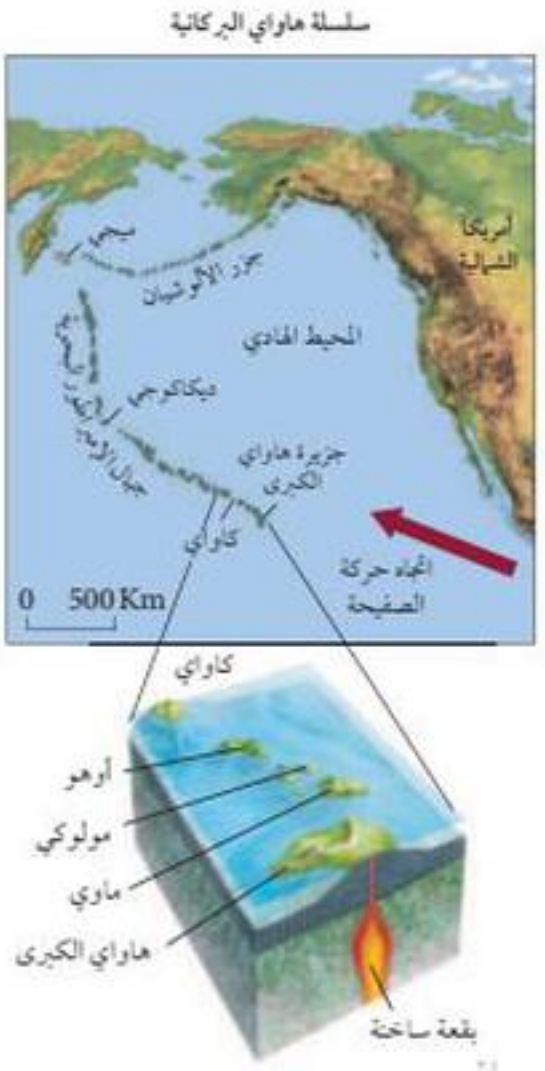
1630 قبل الميلاد تسبب انفجار بركان سانتوريني في اليونان في حدوث تسونامي ارتفاعه 200 m، مما أدى إلى اختفاء الحضارة المينوسية في جزيرة كريت.

عام 79 قبل الميلاد أدّى ثوران بركان فيزوف في إيطاليا إلى دفن مدينتين بالرماد البركاني.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440

براكين البقع الساخنة Hot spot volcanoes تشكّلت بعض البراكين الأكثر شهرة بفعل البقع الساخنة تحت المحيط. فمثلًا، 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 ثابتةً 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 حاليًّا فوق البقعة الساخنة الثابتة، وينطبق ذلك أيضًا على البراكين القديمة الواقعة إلى الشمال الغربي، التي أصبحت أسفل مستوى سطح البحر. ويُعد بركان كيلاوي في جزيرة هاواي الكبرى الذي يقع حاليًّا فوق بقعة ساخنة من أكثر البراكين نشاطًا في العالم، كما في بركان لوهي الذي يتشكل حاليًّا في قاع المحيط جنوب شرق جزيرة هاواي الكبرى، وقد يرتفع عن مستوى سطح البحر، في نهاية المطاف، مشكّلاً 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 ميجي الطرف الآخر من السلسلة الأقدم عمرًا؛ 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.



الشكل 5–6 تشكّلت جزر هاواي قبل ملايين السنين؛ نتيجة حركة صفيحة المحيط الهادي البطيئة فوق بقعة ساخنة ثابتة الموقع؛ حيث تقع حاليًّا أسفل جزيرة هاواي الكبرى.





الشكل 6–6 أدّى تراكم كميات هائلة من اللابة على السطح إلى تشكيل صخور بركانية بسماكات عالية، ثم تعرضت مع مرور الزمن إلى عمليـات حتّ بفعل الأنهار والقوى الجيولوجية مكوّنةً الهضاب.

طفوح البازلت (الحرات) Flood basalt يمكن أن تتكون **طفوح البازلت Flood basalt** من بقع ساخنة تحت القشرة القارية، وهي عبارة عن لابة تندفق من كسور طويلة في قشرة الأرض، وتُسمى هذه الكسور **الشقوق Fissures**. بعد مرور مئات أو آلاف السنين تؤدي ثورانات هذه الشقوق إلى تكوين سهول منبسطة تُسمى 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 للصفيحة العربية، تصل إلى $180000\ km^2$ على هيئة حزام واسع متقطع يمتد من الجمهورية اليمنية جنوبًا على طول ساحل البحر الأحمر إلى المملكة الأردنية الهاشمية، وحتى الجمهورية العربية السورية شمالاً، انظر **الشكل 7–6**. ويعود تشكل هذا الحزام إلى الشقوق والصدوع المصاحبة لتكوّن البحر الأحمر، التي بدأت قبل 25 مليون سنة، واستمرت إلى العصر الحالي؛ ويعتبر بركان حليات اللابة (جبل الملساء) والذي يبعد عن المدينة المنورة بنحو 15كم باتجاه الجنوب الشرقي ويقع في الأطراف الشمالية الشرقية لحرة رهاط أحدث براكين المملكة العربية السعودية ثوراناً 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

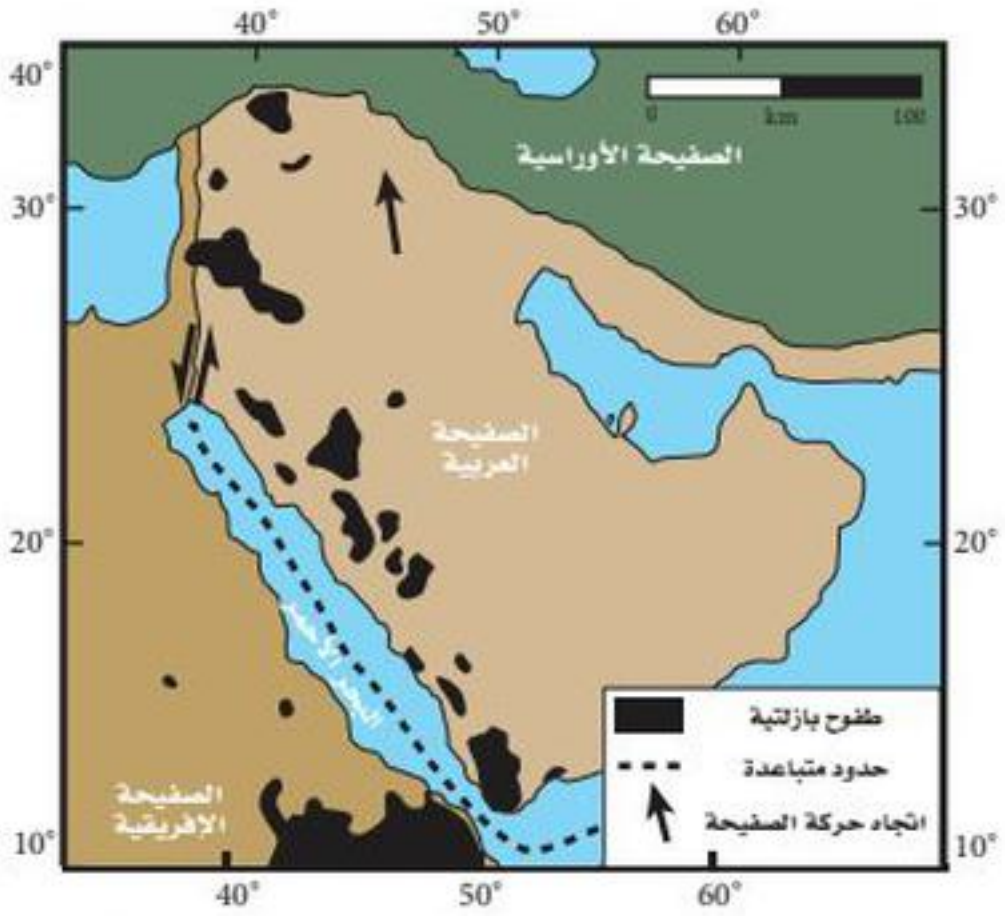
العصر الحالي

الاستعمال العلمي: العصر الجيولوجي الأخير، وهو العصر الرباعي.

الاستعمال الشائع: الوقت الحاضر.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
• من أهداف الرؤية: حماية البيئة من الأخطار الطبيعية.

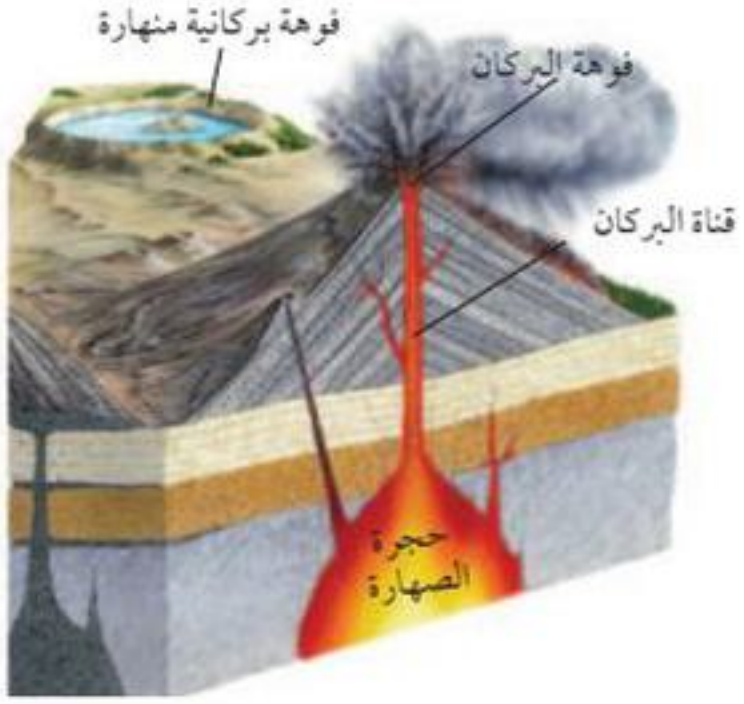
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



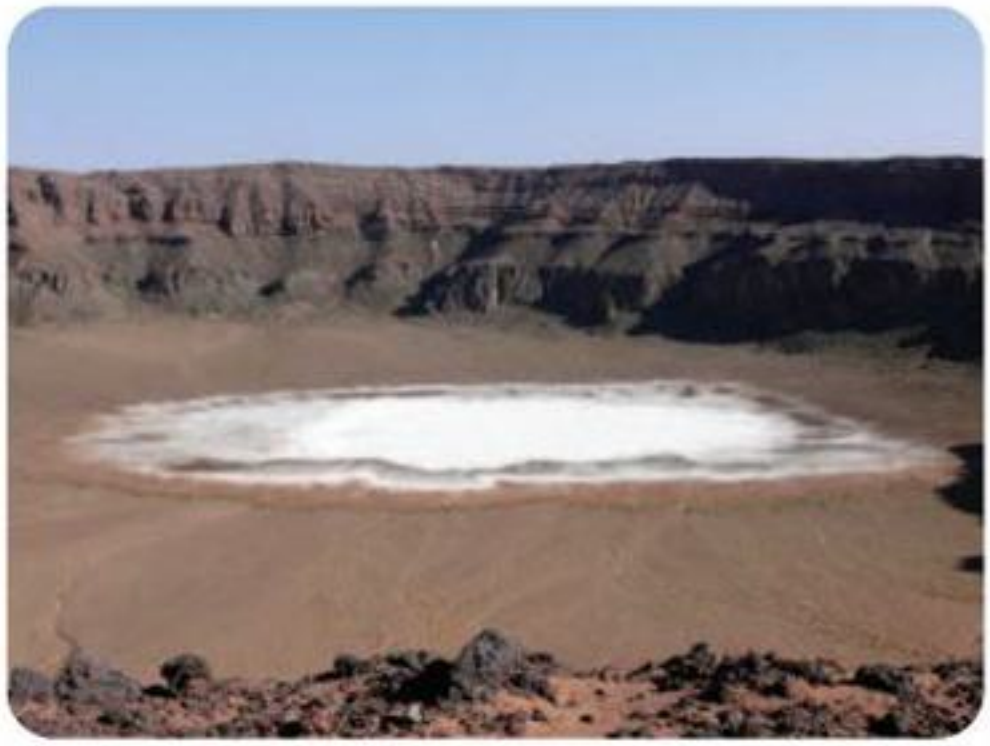
الشكل 7–6 طفوح البازلت (الحرّات) التي تغطي أجزاء من المنطقة الغربية من الجزيرة العربية، وقد تشكلت بفعل تدفقات اللابة عبر الشقوق التي أصابت الصفيحة العربية في أثناء تشكّل البحر الأحمر قبل 25 مليون سنة، واستمر تشكل هذه البراكين إلى العصر الحالي.

لاحظ موقع كل من فوهة البركان والقناة في **الشكل 8–6**.

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. وتتشكّل الفوهة البركانية المنهارة نتيجة انهيار قمة البركان أو جوانبه بعد أن تُخرج حجرة الصهارة الواقعة أسفل البركان مكوناتها بفعل الثورانات البركانية الرئيسة، ولاحقًا قد يمتلئ السطح المنهار بالمياه، مما يؤدي إلى تشكل بحيرات خلابة. ومن الفوهات البركانية المنهارة في المملكة العربية السعودية فوهة الهتيمة بالقرب من قرية طابة في منطقة حائل، انظر **الشكل 9–6**.



الشكل 8–6 ترتفع الصهارة إلى أعلى من باطن الأرض مرورًا بالقناة، ومنها إلى السطح من خلال العنق، مكوّنة البركان. وتسمى المنطقة المحيطة بالعنق فوهة البركان، وقد تتطور إلى فوهة بركانية منهارة عندما تنهار القشرة الأرضية في حالة وجود فراغ في حجرة الصهارة.



الشـكل 9–6 تمثل فوهة الهتيمـة في منطقة حائل إحدى الفوهـات 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 توسـعت 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. بطّن الصندوق بـورق A4، واثقبه ثقبًا صغيرًا باستعمال المقص من الجنب.
4. مرّر عنـق البالون عبر الثقـب، بحيث يكون البالون في داخـل الصندوق، وأدخل الأنبوب المطاطي في عنـق البالون، وثبتهـما **باللاصق**، وانفخ البالـون من خلال النفـخ بالأنبوب، وأغلق البالون بالمشبك.
5. صبّ ستة أكواب من **الرمل** على البالون.
6. كوّن من **الرمل** شـكلاً على صورة بركان، وقد تحتـاج إلى تغيير كمية الرمـل ونوع الصندوق للتوصل إلى النتيجة المرجوة.
7. انزع المشـبك لإخراج الهواء مـن البالون، ثم لاحظ كيف تتشـكل الفوهة البركانية المنهارة الخاصة بك، وسجل ملاحظاتك.
8. قارن نموذجك بنماذج زملائك في الصف.

التحليل

1. **رتّب** مراحل تشكّل الفوهة البركانية المنهارة.
2. **قارن** بين معـالم الفوهة البركانية المنهارة ومعالم الفوهة البركانية.
3. **استنتج** كيف يختلف شـكل الفوهة البركانية المنهارة باختلاف مقدار النفخ في البالون؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

أنواع البراكين Types of Volcanoes

يعتمد مظهر البركان على عاملين، هما: نوع المـواد المكوّنة للبركان، ونوع الثورانات البركانية التي تحدث. وبناءً على هذين العاملَيْن، هناك ثلاثة أنواع رئيسـة 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 أثنـاء 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 الملساء) بحرة رهاط من البراكين الدرعية، انظرا لجدول 1–6.

البراكين المخروطية Cinder cones: تتشـكل **البراكين المخروطية Cinder cones** عندمـا تعود المواد البركانية الصغيرة الحجم المقذوفـة في الهواء إلى الأرض، وتتراكم حول فوهة البركان. وتمتـاز البراكين المخروطية بأنها شـديدة الانحدار، وعادة ما تكـون 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 مكونـة من قطع لابة متصلبة في أثناء ثورانات عنيفة متعاقبة مع طبقات من اللابة انسـابت إلى أسـفل قبل أن تتصلب، وتكـون البراكين المركبة عمومًا مخروطية الشـكل، مع وجود منحدرات مقعرة الشـكل، وحجمها أكبر كثيرًا من البراكين المخروطية. وبسـبب طبيعتها المتفجرة فإنها تشـكّل خطرًا على الإنسان والبيئة. ومن الأمثلة عليها بركان جبل القدر في حرة خيبر شـمال المدينة المنورة، كما في الجدول 1–6.

المهن في علم الأرض

عالم البراكين.

يُسمى العالم الذي يدرس الثورانات البركانية وطفوح اللابة والصهارة وظـروف تكونها عـالم البراكين. ويـدرس العلماء في الميدان البراكين النشـطة، ويعملون أيضًا في المختبر لفهم كيف تتصهر الصخور لتشكيل الصهارة.

المطويات

ضَمّن المعلومات في هذا الدرس في المطوية الخاصة بك.

الجدول 1 – 6 **أنواع البراكين**

الوصف	أمثلة على البراكين
البراكين الدرعية • أضخم أنواع البراكين الثلاثة. • قليلة الانحدار وتمتد مسافات طويلة. • تتكون من طبقات متعاقبة من اللابة البازلتية المتصلبة. • ثوراناتها هادئة.	 بركان حليات اللابة (الناري) بحرة رهاط

البراكين المخروطية

- أصغر أنواع البراكين الثلاثة.
- شديدة الانحدار وشكلها مخروطي.
- تتألف عادة من اللابة البازلتية.
- ثوراناتها عنيفة.
- تتشكل عادة على أطراف البراكين الكبيرة الحجم.



بركان في حرة الشاقة

البراكين المركّبة

- أكبر كثيرًا من البراكين المخروطية.
- تشكّل جبالاً طويلة وشاهقة.
- تتألف من طبقات متعاقبة من تدفقات اللابة.
- تتألف من تعاقبات من ثورانات بركانية عنيفة وثورانات بركانية هادئة.



بركان جبل القدر

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، وتتكون 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** بركانًا وحدّد أجزاءه على الرسم.
4. **اقترح** نوع (أو أنواع) العمليات الأرضية التي حدثت في منطقة نشاط بركاني سابق في المملكة العربية السعودية مستعينًا بالخريطة الشكل 7-6.

التفكير الناقد

5. **قوّم** الجملة الآتية: "توجد البراكين على طول السواحل فقط".
6. **حدّد** ما إذا كانت طفوح البازلت تمثل بركانًا أم لا.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. **احسب** أن صفيحة المحيط الهادي تحركت 500 km في 4.7 ملايين سنة. احسب متوسط سرعة صفيحة المحيط الهادي بالسنتمتر في السنة(cm /y).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-2

الأهداف

- **توضح** كيف يؤثر نوع الصهارة في النشاط البركاني.
- **تصف** دور الضغط والغازات الذائبة في الثورانات البركانية.
- **تتعرف** المواد التي تقذفها الثورانات البركانية.

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

الثورانات البركانية Volcanic Eruptions

الفكرة الرئيسة **تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني.**

الربط مع الحياة لعلك رججت قنينة مشروب غازي يومًا، ثم فتحتها. هل لاحظت فوران المشروب الغازي بشدة خارج القنينة؟ هذه العملية تشبه ما يحدث في الثورانات البركانية المتفجرة.

تشكُّل الصهارة Making Magma

ما الذي يجعل بعض الثورانات البركانية هادئة أحيانًا وشديدة الانفجار أحيانًا أخرى؟ يعتمد النشاط البركاني وخصائص اللابة على مكوّنات الصهارة. ويوضح **الشكل 10–6** نوعين من اللابة: لابة رقيقة ومنخفضة اللزوجة تتدفق بسرعة، ولابة 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 $800\ ^\circ C$ و $1200\ ^\circ C$، 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 $1100\ ^\circ C$، وتزداد إلى $1150\ ^\circ C$ على عمق 6 km، ثم إلى $1440\ ^\circ C$ على عمق 100 km. ولاحظ أيضًا كيف يفسر عامل الضغط سبب انصهار معظم الصخور أسفل القشرة الأرضية وأعلى الستار.



جبل إتنا



جبل سانت هيلين

الشكل 10–6 تعتمد كيفية تدفق اللابة على مكوّنات الصهارة؛ فلزوجة لابة بركان جبل إتنا قليلة، وتتدفق 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 تحدد هذه المكوّنات؟ استطاع العلماء تحديد العوامل التي تتحكم في مكونات 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 تساعدهم على معرفة سلوك الصهارة وتوقع شدة الثورانات 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، وثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وكبريتيد الهيدروجين، ويُعد بخار الماء من أكثر الغازات الذائبة أهمية؛ لأنه يحدد 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 ثورانات بركانية متفجرة. وعمومًا، إذا كان محتوى الصهارة من السليكا منخفضًا انخفضت لزوجتها، وكانت خفيفة القوام، وتتدفق بسرعة ويسر، كما في العسل الساخن، كما أنها تُنتج ثورانات هادئة غير مصحوبة بانفجارات. وتتكون البراكين الناتجة من صخور بازلتية كما في حَرّة كشب غربي المملكة. انظر الشكل 11–6.

ماذا قرأت؟ أيهما أكثر لزوجة: الماء أم العسل؟



الشكل 11–6 بركان حَرّة كشب غربي المملكة العربية السعودية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أنواع الصهارة Types of Magma

لا يحدد محتوى الصهارة من السليكا لزوجة الصهارة وشدة ثورانها فقط، بل يحدده أيضًا 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 ثوراناتها هادئة. ويوضح **الشكل 13–6** كيف تحدد خصائص الصهارة نوع الثوران البركاني الذي سيحدث. ومن البراكين التي تكوّنت بفعل نشاط صهارة بازلتية حَرّة كشب غربي المملكة.

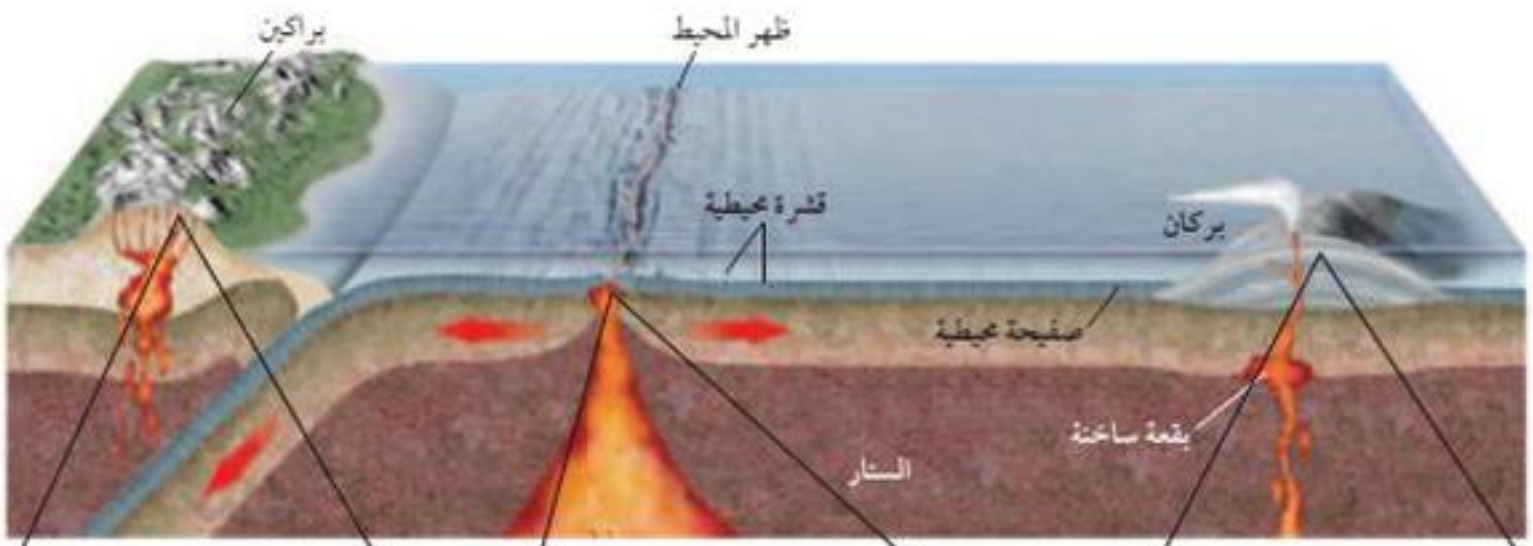
صهارة أنديزيتية Andesitic magma تتكون الصهارة الأنديزيتية من الكمية نفسها من السليكا المكوّنة لصخر الأنديزيت التي تتراوح بين 60%–50%، وتوجد على طول نطاق الطرح القاري–المحيطي، ومصدرها إما القشرة المحيطية وإما رواسب المحيطات، ولأنها تحتوي على كمية متوسطة من السليكا فإن لزوجتها متوسطة وثوراناتها متوسطة الشدة، ومنها بركان تامبورا في إندونيسيا، الذي أنتج انفجارات أطلقت كميات ضخمة من الرماد والحطام البركاني في الغلاف الجوي، فلم تؤدِّ فقط إلى تدمير المجتمعات المحلية، بل أثرت أيضًا 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 تتدفق ببطء، كما أن لزوجتها المرتفعة أيضًا مع وجود كمية كبيرة من الغازات المحصورة يجعل ثوراناتها متفجرة جدًا. ومن الأمثلة عليها الصخور الريوليتية في جبل حَرّة شامة في المملكة العربية السعودية.



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 هادئة

معظم براكين الأرض النشطة مصاحبة لبقع 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 اللابة الناتجة عنها تخرج من البراكين بسهولة في صورة ثورانات بركانية هادئة نسبيًا.



ثورانات بركانية تحت الماء

أكثر أنواع اللابة شيوعًا هي اللابة الوسادية التي تتكون عند الحدود المتباعدة على امتداد القشرة المحيطية، وتنساب في قاع المحيط وتكوّن كتلًا على شكل وسائد عندما تبرد.



ثورانات بركانية متفجرة

تحدث ثورانات بركانية متفجرة عندما تعبر صهارة غنية بالسليكا قشرة قارية، وتحتفظ هذه الصهارة بالغازات، مما يؤدي إلى تولد ضغط شديد جدًا بداخلها، وعند تحرر هذا الضغط تنشأ انفجارات عنيفة.

الشكل 13 – 6 عندما تصعد الصهارة إلى أعلى بفعل حركات الصفائح الأرضية والبقع الساخنة، تختلط مع قشرة الأرض، ويؤدي هذا إلى الاختلاف في درجة حرارة الصهارة ومحتواها من السليكا والغازات. وتحدد خصائص الصهارة هذه كيفية ثوران البراكين.



رماد بركاني



كتلة بركانية

الثورانات البركانية المتفجرةُ Explosive Eruptions

عندمـا تكون اللابة في القناة لزجـة جدًّا فإنها لا تتدفق من فوهة الـبركان بحُرّية، بل تتراكـم فيها الغازات إلى أن تخرج في صورة انفجـارات عنيفة، حيث تُقذف اللابة مع الصخور في الهواء. وتسـمى المواد التي تقذفها البراكين **المقذوفـات البركانية الصلبة tephra**. وربـما تكون المقذوفـات البركانية الصلبة قطعًا من اللابـة تصلّبت في أثناء وجودها في الهواء، أو قطعًا من قشرة أرضية حملتها الصهارة معها قبل ثورانها. وتصنف المقذوفات البركانية الصلبة بحسـب حجمها؛ فالقطع الصغـيرة التي يقل قطرها عن 2 mm تُسمى رمادًا بركانيًّا، وتُسمى المقذوفات البركانية الأكبر من ذلك كتلاً بركانية. انظر **الشـكل 14–6**، وقد يبلغ ارتفاع بعض الكتل البركانيـة مترًا، وقد يصل حجم بعضها إلى حجم سيارة. وتنثر الثورانات البركانية المتفجرة الضخمة كميات هائلة من المقذوفـات 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 **الشـكل 15–6** بركان جبل بيناتيوبو 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 أدّى إلى حجب أشعة الشمس، ثم انخفاض درجة حرارة الأرض.

الشكل 14–6 يُعـد الرمـاد البركاني أصغـر المقذوفـات البركانيـة الصلبة من حيـث الحجم، في حـين أن الكتلة البركانية هـي مثال على أكبر صنف من المقذوفات البركانية الصلبة.

قارن بين هذين النوعين من المقذوفات البركانيـة الصلبة. ما الشيء المشـترك بينهما؟



الشكل 15–6 ثـار بركان جبل بيناتيوبو في الفلبين عام 1991م فأطلـق كميات هائلة من الرماد البركاني تراكمت في طبقة الستراتوسفير، مما أدى إلى انخفاض درجة حرارة الأرض لمدة سنتين.

تجربة عملية

تحليل أخطار كوارث البراكين

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



بركان بيلي عام 1902م



تدفق الفتات البركاني

الشكل 16–6 أدى التدفق الشديد للفتات البركاني من جبل بيلي إلى تدمير بلدة سانت بيير في جزر المارتينك في البحر الكاريبي في دقائق معدودة.

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 km /h. وتُسمى غيوم المقذوفات البركانية الصلبة الممزوجة مع الغازات الساخنة **تدفق الفتات البركاني pyroclastic flow**، وقد تزيد درجة حرارتها الداخلية على 700 °C. ويوضح **الشكل 16–6** آثار الدمار التي خلفها بركان بيلي في جزيرة مارتينيك في البحر الكاريبي عام 1902م، وتدفق فتات بركاني يتصاعد إلى أعلى عند ثوران بركان مايون في المكسيك في عام 2000 م.

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 الرئيسة

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

علم الأرض والتقنية

مرصد هاواي البركاني

كيلاوي من البراكين الدرعية في جزيرة هاواي، وهو أحد البراكين الأكثر نشاطًا 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 اللابة البركانية تخيل نفسك واقفًا بجوار اللابة البركانية المتحركة التي تبلغ درجة حرارتها 1170 °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 غالبًا 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.



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 بثورانها. 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. ولمزيد من المعلومات يمكنك تصفح مواقع الإنترنت الموثوقة. لخص معلوماتك وشارك ببياناتك زملاءك في الصف.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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 الرئيسة **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 نسبيًّا، 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 تشوُّه مرن، 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 التشوُّه اللدن. وعندما تنكسر الصخور أو تنزلق عبر السطوح تتحرر الطاقة المختزنة منتجة الزلزال.

أنواع الأمواج الزلزالية Types of seismic waves تسمى الأمواج التي تنتشر في الأرض والناجمة عن الزلزال **الأمواج الزلزالية Seismic waves**. وينتج عن كل زلزال ثلاثة أنواع من الأمواج الزلزالية هي: الأولية والثانوية والسطحية.

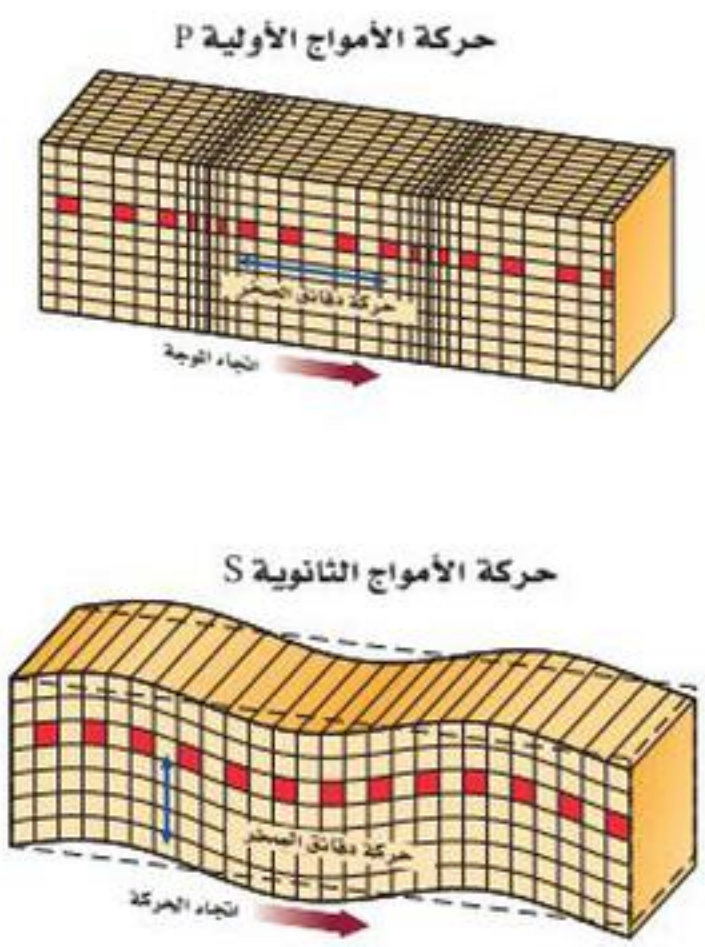
الأمواج الأولية Primary waves يطلق عليها أيضًا أمواج P. تعمل **الأمواج الأولية Primary Waves** على تضاغط الصخور وتخلخلها في نفس اتجاه حركتها، انظر **الشكل 17–6**. لاحظ من الشكل أن حجم الصخر المشار إليه بالمربعات الحمراء الصغيرة يتغير مع مرور الأمواج الأولية فيه. وتشبه الحركة التضاغطية للأمواج الأولية الحركة التي تحدث على طول نابض رخو؛ إذ تنتقل الحركة الموجية على طوله في اتجاه موازٍ لاتجاه شدِّه في البداية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

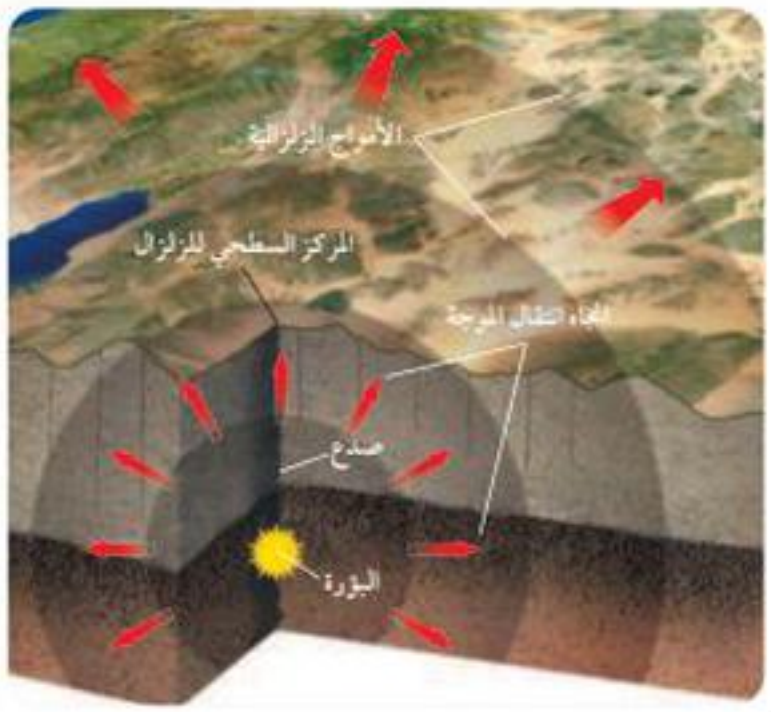
الأمواج الثانوية Secondary waves يطلق عليها أيضًا أمواج S. وسميت **الأمواج الثانوية Secondary Waves** لأنها أبطأ من الأمواج الأولية، وهي ثاني الأمواج الزلزالية وصولاً إلى محطة الرصد. وتُسبب الأمواج الثانوية في أثناء حركتها حركة جسيمات الصخر عموديًّا على اتجاه حركتها، كما في **الشكل 17–6**، وتشبه الحركة الموجية في الحبل؛ حيث تنتقل عموديًّا 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 وصولًا 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 تدميرًا؛ لأنها تسبب معظم أنواع الحركة، كما أنها تستغرق وقتًا 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.

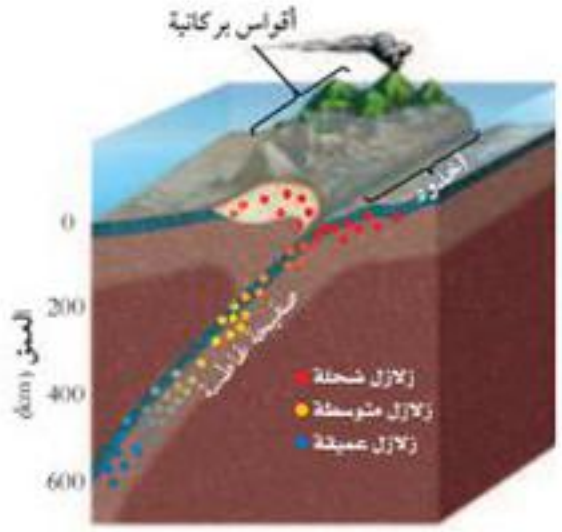


الشكل 17–6 تمتاز الأمواج الزلزالية بنوع الحركة التي تسببها للصخور التي تمر فيها؛ حيث تكون حركة جسيمات الصخر إلى الأمام وإلى الخلف وفي نفس اتجاه حركة أمواج – P بينما تكون حركة الأمواج –S عمودية على خط انتشار الموجة، وإلى أعلى وإلى أسفل، ومن جانب إلى آخر في الأمواج السطحية.



الشكل 18–6 بؤرة الزلزال هي النقطة التي ابتدأ عندها تشـكُّل الكسر في الصدع. وتسمى النقطة التي تقع على سطح الأرض مباشرة فوق البؤرة المركَزَ السطحيَّ للزلزال.

استنتج. حدد النقطة التي يكون عندها الدمار الذي تسببه الأمواج السطحية أكبر ما يمكن.



الشكل 19–6 تصنف الـزلازل بناء على عمق البـؤرة إلى زلازل ضحلة ومتوسـطة وعميقة. وتعد الزلازل الضحلة أكثرها تدميرًا.



الشكل 20–6 أحد أجهزة مقياس الزلازل (السيزمومتر) الحديثة.

وتنتقل الطاقة المنبعثة من بـؤرة الزلزال في جميع الاتجاهات على هيئة موجات زلزالية. وتبلغ قوة الزلازل أكبر مـا يمكن في بؤرة الزلزال، وكلما ابتعدنا عن البؤرة قلّت قوة الموجات الزلزالية وخفتت بسـبب المقاومة التي تواجهها في أثناء مرورها في صخـور القشرة الأرضية. وتصنف الزلازل بحسـب 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 300–70 km، والزلازل العميقة التي تنشأ على عمق 700–300 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.

مقياس الزلزال ومخططه
Seismometer and Seismogram

لا يمكن الإحساس بالاهتزازات الناجمة عن الأمواج الزلزالية على مسافات بعيدة جدًا عن المركز السـطحي، ولكن يمكن اكتشافها عن طريق جهاز حساس يسمى **مقياس الزلزال (السيزمومتر) Seismometer**، انظر **الشكل 20–6**.

تتألف بعض أجهزة السيزمومتر من أسطوانة دوارة مغطاة بورقة، وقلم أو أي أداة للتسجيل، وكتلة معلقة كالبندول. تختلف أجهزة السيزمومتر في تصميمها، ولكنها

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

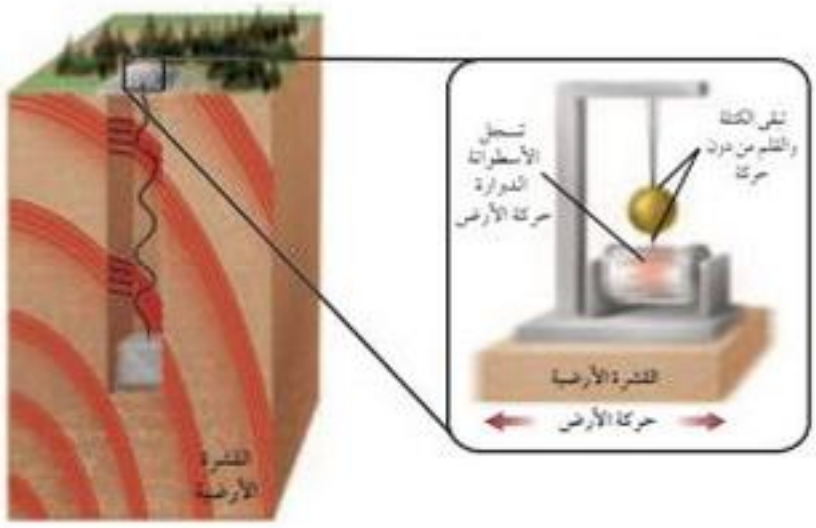
جميعًا تتضمن إطارًا مثبتًا في الأرض، وكتلة معلقة على نابض أو سلك، كما في **الشكل 21–6**.

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 **مُخَطَّط الزلزال (السيزموجرام) seismogram**، ويوضح **الشكل 22–6** جزءًا 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.

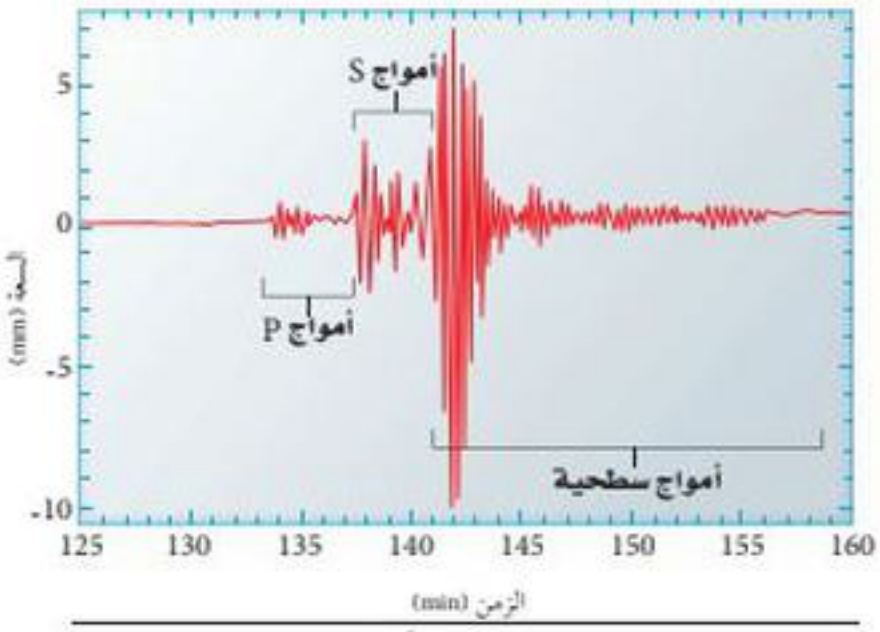
ماذا قرأت؟ لخص الفرق بين السيزمومتر والسيزموجرام.

البُعد 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، ويليها الأمواج الثانوية، وأخيرًا الأمواج السطحية. يلاحظ أن الفرق الزمني بين منحنيي P و S في **الشكل 23–6** يزداد كلما زاد البُعد 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.

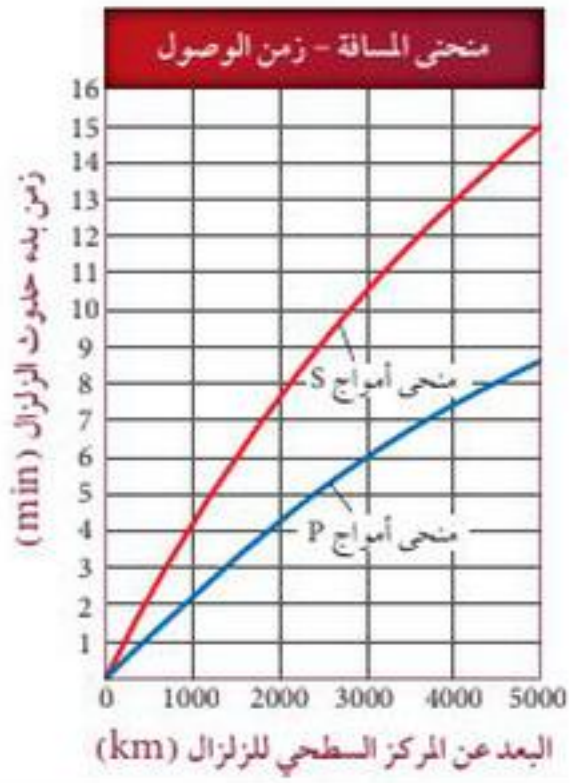


الشكل 21–6 في الإطار جهاز سيزمومتر قديم مثبت في الأرض. عندما يحدث الزلزال يتحرك الإطار بينما تبقى الكتلة المعلقة وملحقاتها دون حركة، فيُسجل الكتلة والقلم الحركة النسبية للإطار.

قارن ذلك بأجهزة الاستقبال والإرسال الحديثة.



الشكل 22–6 يوفر السيزموجرام سجلاً للأمواج الزلزالية التي عبرت نقطة معينة.



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 للزلزال.

حدد الفترة الزمنية التي تستغرقها أمواج P لزلزال يقـــع عـلى 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 ســطح الأرض فقط وما تُحدثه من دمار، بل تنتقل أيضًـــا إلى داخلها، لذلك فهي توفر معلومات قيّمة للعلماء تمكنهم من بناء نموذج عن بنية الأرض الداخلية.

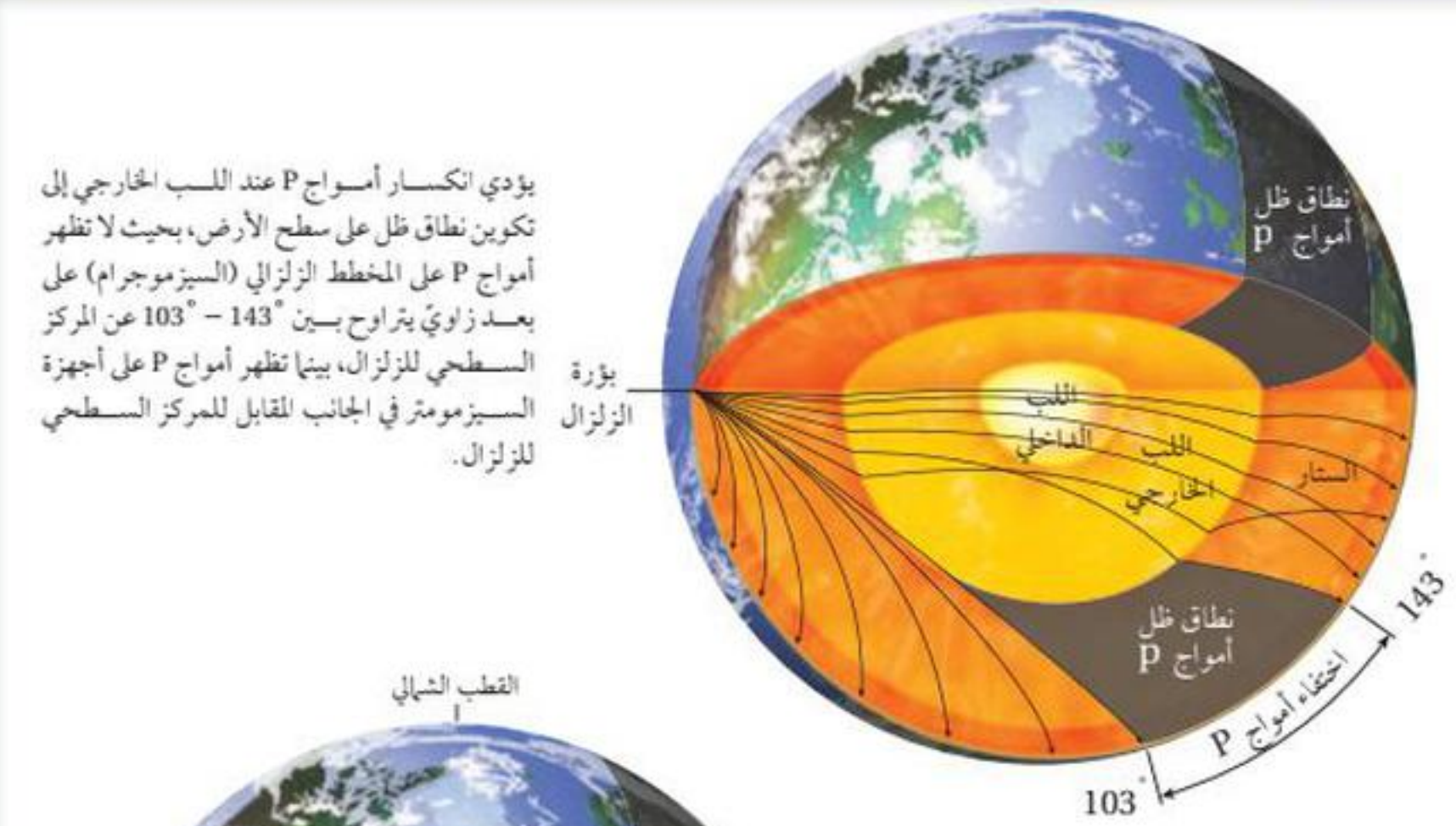
مكونـات الأرض Earth's composition يوضـــح **الشـــكل 24–6** أن الأمـــواج الزلزالية يتغير مســـارها وسرعتهـــا عندما تواجه حدودًا فاصلة بـــين طبقتين مختلفتين في مكوناتها، وبذلك استطاع العلماء أن يحددوا سُـــمك طبقات الأرض ومكوناتها بمقارنة سرعة الأمواج الزلزالية مع القياسات التي حصلوا عليها في المختبرات لأنواع مختلفة من الصخور. وتوصلوا نتيجة لذلك إلى أن الســـتار العلـــوي يتكون من صخر البيرودوتيت (يتكـــون معظمه من معدن الأوليفين)، وأن اللب الخارجـــي يتكون معظمه من مصهور الحديد والنيكل، أما اللب الداخلي فهو في حالة صلبة ويتكون معظمه من الحديد والنيكل.

بنيـة الأرض الداخليـة Earth's internal structure تتغـــير سرعـــة الأمواج الزلزالية واتجاهها عندما تواجه موادّ مختلفة في باطن الأرض. لاحظ من **الشـــكل 25–6** كيـــف تتّبع أمواج P و S في البداية مســـاراتٍ مباشرةً إلى حد ما في أثناء عبورها الســـتار، ولكنها تعاني من انكســـار وانعـــكاس عندما تعبر الحدود الرئيســـة بين طبقات الأرض. لذلك اســـتطاع علماء الزلازل من خلال رصد زمن ومسافة الأمواج الزلزالية ومسار كل موجة وتمثيلها بيانيًا في منحنيات المســـافة – زمن الوصـــول، معرفة أن مكونات الأرض والكثافات تختلف من الداخل.

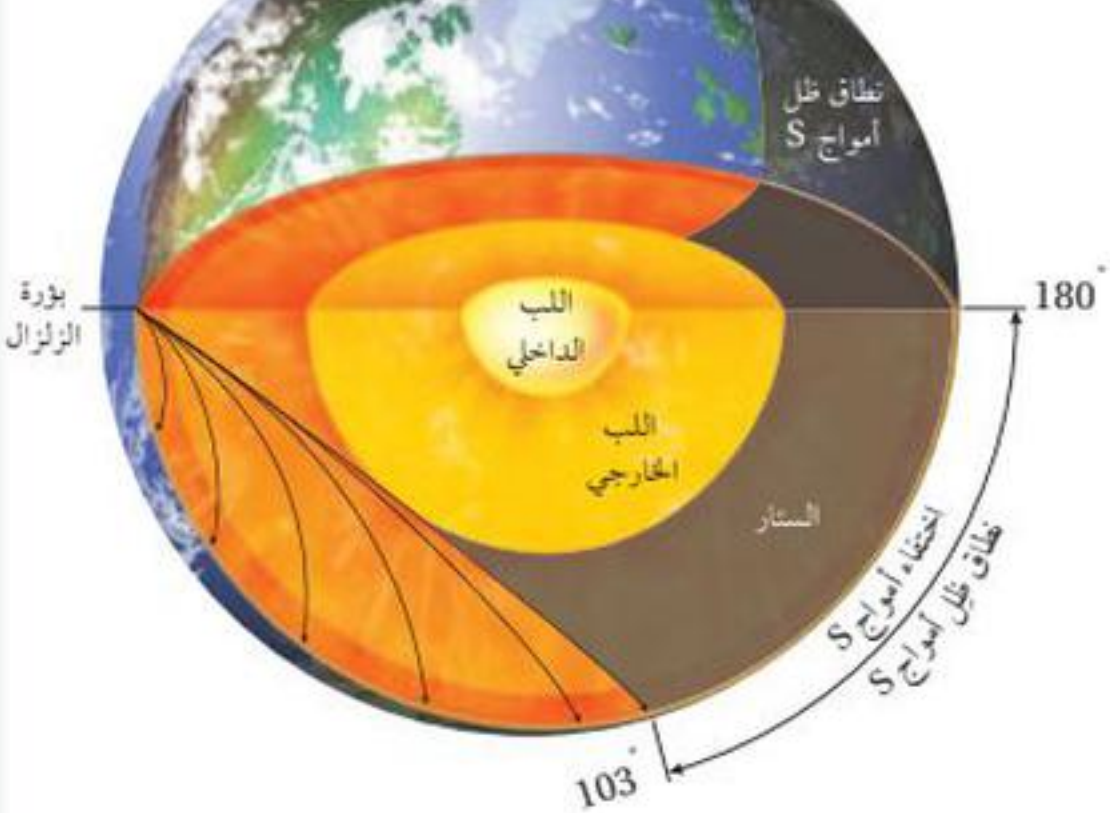
وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الأمواج الزلزالية Seismic Waves

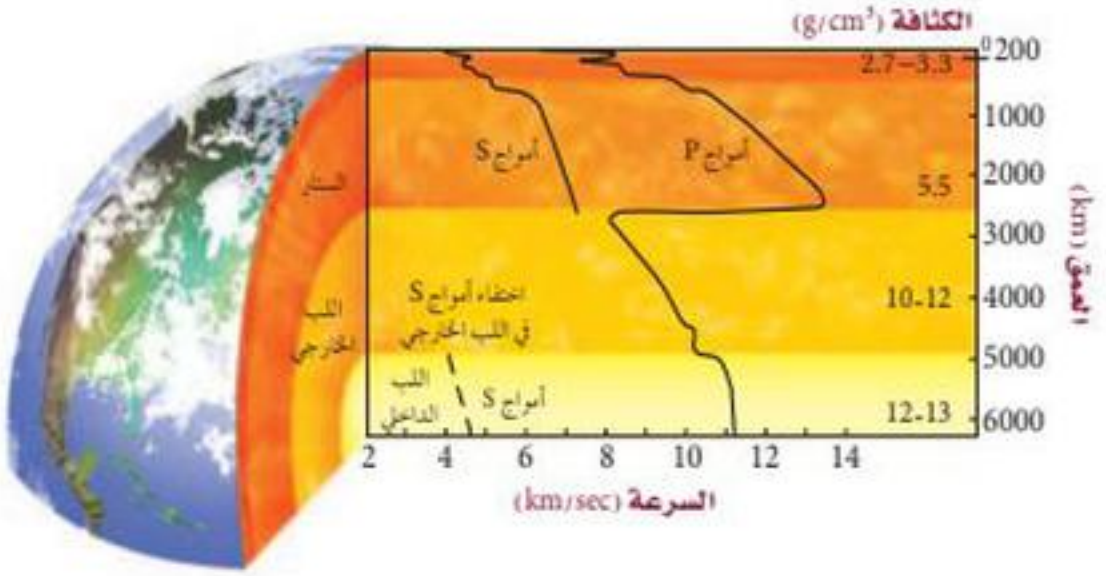
يؤدي انكسار أمواج P عند اللب الخارجي إلى تكوين نطاق ظل على سطح الأرض، بحيث لا تظهر أمواج P على المخطط الزلزالي (السيزموجرام) على بعد زاويّ يتراوح بين $143^\circ - 103^\circ$ عن المركز السطحي للزلزال، بينما تظهر أمواج P على أجهزة السيزمومتر في الجانب المقابل للمركز السطحي للزلزال.



لأن أمواج S لا تمر من خلال اللب الخارجي للأرض السائل، لذلك فإنها لا تظهر ضمن نطاق يسمى ظل أمواج S على بعد زاويّ يتراوح بين $180^\circ - 103^\circ$ عن المركز السطحي للزلزال.



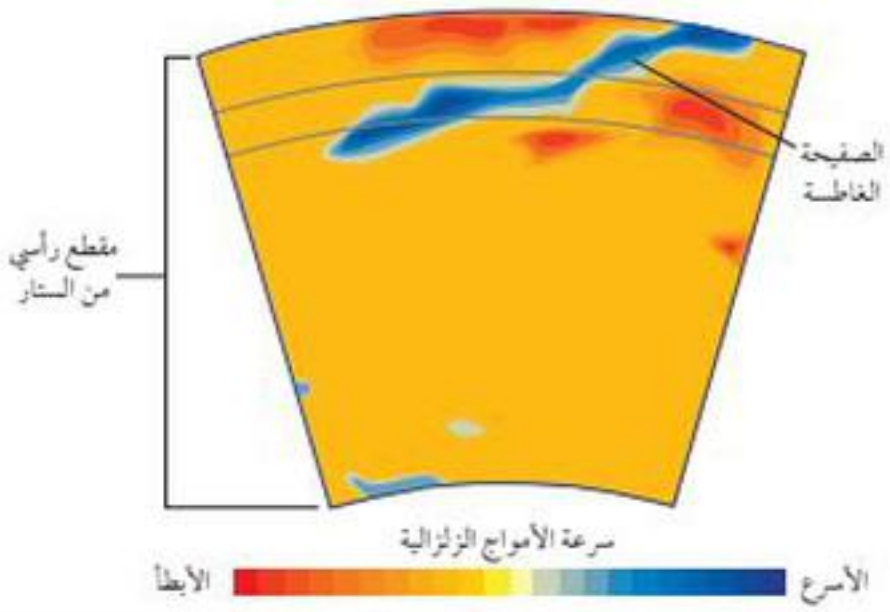
الشكل 24–6 يزودنا كل من زمن الوصول وسلوك الموجات الزلزالية بصورة تفصيلية لبنية الأرض الداخلية. كذلك تزودنا هذه الأمواج بأدلة على مكونات أجزاء الأرض المختلفة.



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 لأمواج S عندما تنشأ بفعل الزلازل؟ للإجابة عن هذا السؤال: أولًا، توصل علماء الزلازل إلى أن أمواج S لا تسير في الأوساط السائلة، ولاحظوا أنها لا تسير في مركز الأرض، مما جعلهم يكتشفون أن جزءًا من باطن الأرض يوجد في الحالة السائلة القليلة اللزوجة. وقد أيدت البيانات التي جُمعت 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، و تشير المناطق الزرقاء إلى سرعات الأمواج الأسرع من القيمة المتوسطة. كذلك تمثل المنطقة الزرقاء في الصورة الصفيحة الغاطسة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 3–6

الخلاصة

- أنواع الأمواج الزلزاليـة ثلاثة: أولية وثانوية وسطحية.
- مقياس الزلازل (السـيزمومتر) جهاز يسـتقبل الأمواج الزلزالية، ويسجلها على مخطط الزلزال (السيزموجرام).
- استطاع العلماء أن يحددوا المركز السطحي للـزلازل من الفـرق الزمني بـين زمني وصول كل من أمواج P وأمواج S.
- تتغير سرعة واتجـاه كل من أمواج P وأمواج S عندما تواجه حدودًا فاصلة بين مواد مختلفة.
- يمكن الحصول على صورة مفصلة عن مكونـات الأرض الداخلية من خلال تحليل الأمواج الزلزالية التي تعبر باطن الأرض.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **وضح** كيف تستعمل كل من أمواج P وأمواج S في تحديد خواص لب الأرض؟
2. **ارسم** مخططًا لسيزمومتر يوضح كيف تُقاس اهتزازات الأرض وتسجَّل على السيزموجرام.
3. **صف** كيف يُستعمل منحنى 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 مخططًا زلزاليًا، فسّر لماذا تعد الأمواج السطحية أكثر الأمواج الزلزالية تدميرًا، على الرغم من أنها آخر الموجات وصولاً إلى محطات الرصد؟

الكتابة في الجيولوجيا

7. اكتب مقالة حول الطرائق التي يعتمدها العلماء في معرفة مكونات الأرض الداخلية.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-4

قياس الزلازل وتحديد أماكنها
Measuring and Locating Earthquakes

الأهداف

- **تقارن** بين قوة الزلزال وشدته استنادًا 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 المعدَّل

أحزمة الزلازل

الفكرة الرئيسة يقيس العلماء قوة الزلازل ويحددون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية.

الربط مع الحياة إذا تكلم شخص قريب منك فإنك تسمعه جيدًا، ويضعف صوته كلما ابتعد عنك. وبالكيفية نفسها تضعف طاقة الأمواج الزلزالية كلما ابتعدت عن مصدر الزلزال.

قوة الزلزال وشدته
Earthquake Magnitude and intensity

يحدث سنويًا 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 كثيرًا من الفرق في سعة الأمواج الزلزالية؛ فالطاقة الزلزالية الصادرة عن زلزال عند درجة ما أكبر 32 ضعفًا 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** دمارًا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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، مأخوذًا 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 آثارًا 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**.



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.

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 كالتي تنتج عن 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 تتهدم 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، تنحني السكك الحديدية والأسوار.
XI	قلة من المباني تبقى قائمة، تتهدم الجسور، تنقطع السكك الحديدية والأسوار، وتتشكل 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 البُعد 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 كلًّا 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 رختر، أن يولد شدة زلزالية قصوى أعلى من تلك التي ينتجها زلزال عميق قوته 8 درجات على مقياس رختر. ولأن مقياس ميركالي المعدل يعتمد على شدة الزلزال بدلاً من طاقته، لذلك فهو أفضل لقياس تأثير الزلزال على الناس.



تجربة عملية

رصد الزلازل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 بعد الزلازل.

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.

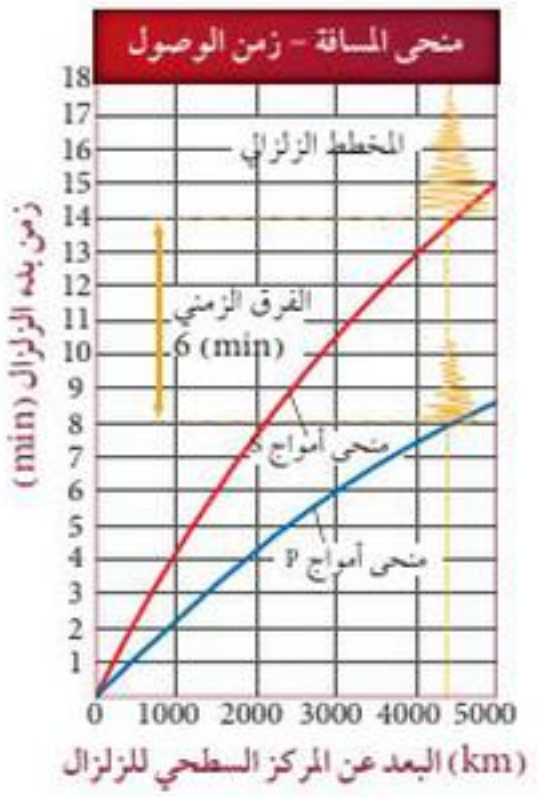
ماذا قرأت؟ طبق إذا علمت أن الفرق الزمني بين وصول أمواج P وأمواج S دقيقتان، فما بُعد المركز السطحي للزلزال عن موقع محطة الزلزال؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

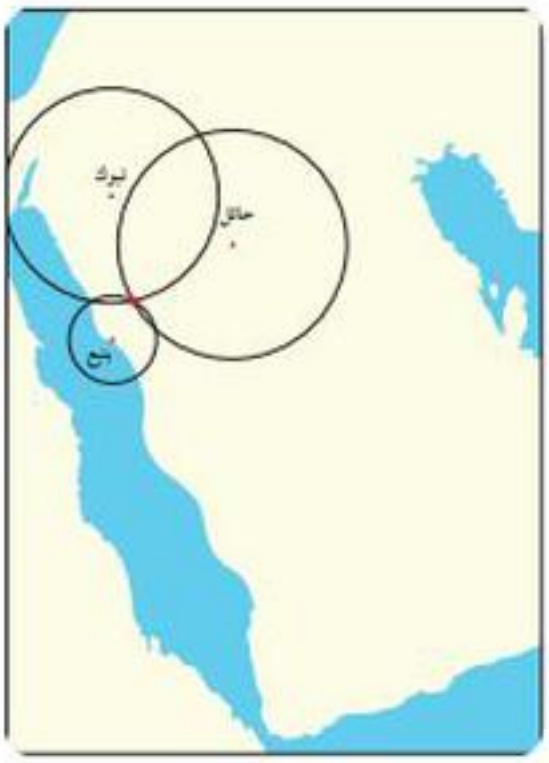
يحلل علماء الزلازل بيانات مخططات زلزالية عديدة لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال، فبحساب المسافة بين المركز السطحي للزلزال وبين محطة الرصد يحدد العلماء بُعد المركز السطحي بدقة، ولكن هذا لا يُحدد الاتجاه الذي يقع المركز السطحي فيه بالنسبة إلى محطة الرصد. ويمكن التعبير عن ذلك بدائرة مركزها محطة الرصد ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة. ولو مثّلنا بُعد المركز عن محطة أخرى بدائرة ثانية، فسوف تتقاطع الدائرتان في نقطتين، ولا نعرف أيهما يقع المركز السطحي فيه. ولو مثّلنا 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 استغرقته أمواج P وS 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 صباحًا باستعمال منحنى المسافة–زمن الوصول، ويمكن استخراج قيمة المسافة التي قطعتها أمواج P في 8 دقائق، وهي 4500 km، فهذا يعني أن الزلزال قد حدث عند البؤرة في الساعة 09:52 صباحًا.

ماذا قرأت؟ اعمل قائمة بالمعلومات التي يتضمنها المخطط الزلزالي (السيزموجرام).



الشكل 29–6 يبين منحنى (المسافة–الزمن) الوصول هذا بيانات زلزالية لزلزال ما.



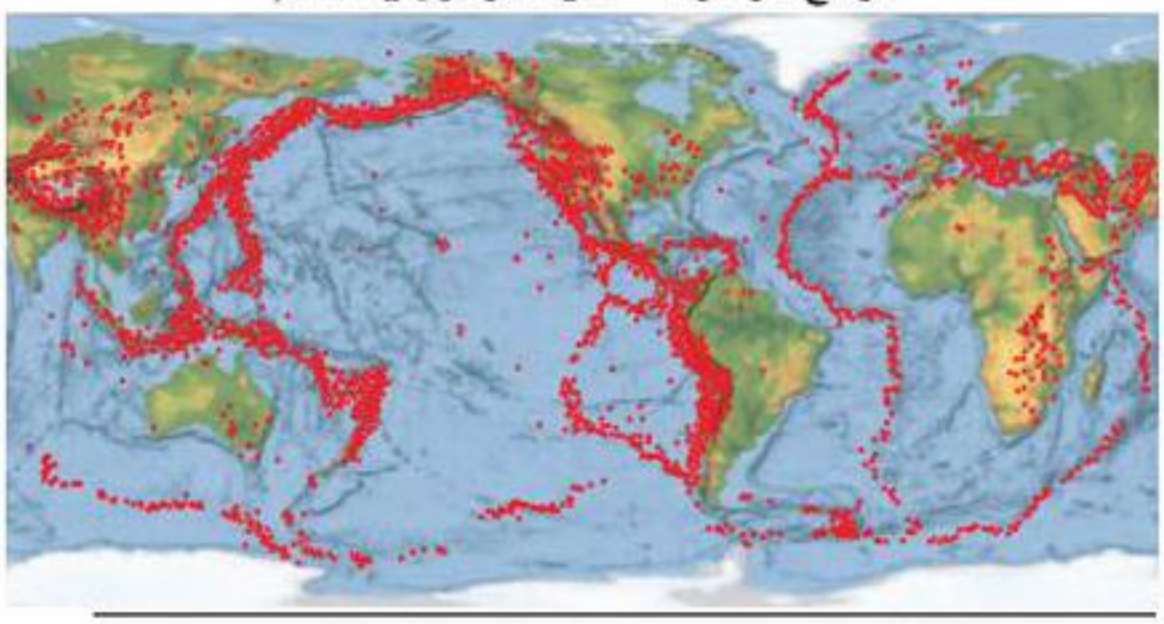
الشكل 30–6 لتحديد موقع المركز السطحي للزلزال يحدد العلماء مواقع محطات الرصد على خريطة، ويرسمون حول كل محطة دائرة مركزها المحطة ونصف قطرها بُعد المركز السطحي عن المحطة، وتتقاطع الدوائر جميعها في نقطة تمثل المركز السطحي للزلزال.

حدد من الشكل المرفق موقع المركز السطحي للزلزال.

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 اعتمادًا على الخريطة هل تعيش بالقرب من مركز سطحي لزلزال؟

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 نطاقا طرح؛ حيث تلتقي صفيحتان معًا، وتغوص إحداهما تحت الأخرى. أما ما تبقى من الزلازل فيحدث معظمه في أحزمة ضيقة تقع على طول قمم ظهور المحيطات؛ حيث تبتعد الصفائح الأرضية بعضها عن بعض.

مختبر تحليل البيانات

تفسير البيانات

كيف يمكنك أن تحدد موقع المركز السطحي للزلزال؟

لكي تحدد موقع المركز السطحي للزلزال 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 للزلزال 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 للزلزال.

البيانات والملاحظات

محطة الرصد	زمن وصول أمواج P	زمن وصول أمواج S	الفرق الزمني (دقائق)	بعد 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 للزلزال.
8. **فسر** لماذا يعد زيادة محطات الرصد الزلزالي المأخوذ منها البيانات أكثر فائدةً في تحديد موقع المركز السطحي للزلزال.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

التقويم 4–6

الخلاصة

- قوة الزلزال هي مقياس للطاقة التي تتحرر في أثناء حدوث الزلزال، ويمكن قياسها بمقياس رختر.
- شدة الزلزال هي مقياس للدمار الذي يُحدثه الزلزال.
- لتحديد موقع المركز السطحي للزلازل نحتاج على الأقل إلى ثلاث محطات رصد للزلازل.
- 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. **كوِّن** 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؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-5

الأهداف

- **تناقش** العوامل التي تؤثر في حجم الدمار الذي يُحدثه 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 وتؤدّي إلى حركتها وارتفاعها وتشوهها.

مفردات جديدة

تسييل التربة
تسونامي
فجوة زلزالية
تراكم الجهد

الزلازل والمجتمع
Earthquakes and Society

الفكرة الرئيسة **يمكن معرفة احتمال حدوث الزلزال من خلال دراسة تاريخ المنطقة زلزاليًا، ومعرفة أين وكيف تتراكم الإجهادات بسرعة.**

الربط مع الحياة إذا كانت مدينتك تشهد سقوط أمطار في شهر مارس بمعدل 11 يومًا 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 31/ 11. 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 أضرارًا في الممتلكات والأرواح في المناطق التي تصيبها. ويمكن لزلزال قوته 5 أن يسبب كارثة في منطقة وأضرارًا 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 بالزلزال 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 غالبًا، 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
Ministry of Education
2024 - 1447



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 متراصة 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 مأساوياً ناتجاً عن هذا النوع من انهيار المنشآت، والذي وقع في جمهورية هايتي، في عام ٢٠١٠م كذلك حدث زلزال مدمر بتاريخ(2023/ 2/ 6م) في الجنوب الشرقي من تركيا على امتداد صدع الأناضول بقوة (7.8) على مقياس ريختر ، وذلك بسبب اصطدام الصفيحة العربية بالصفيحة 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، و لبنان 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 طابقًا تدميرًا تامًّا، 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 شيّدها الإنسان، يمكن للزلازل أن تشوه المناظر الطبيعية في الأرض. ففي المناطق المنحدرة، يمكن أن تؤدي الزلازل إلى انهيارات أرضية ضخمة. وقد تسبّب 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 liquefacation**. 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؟

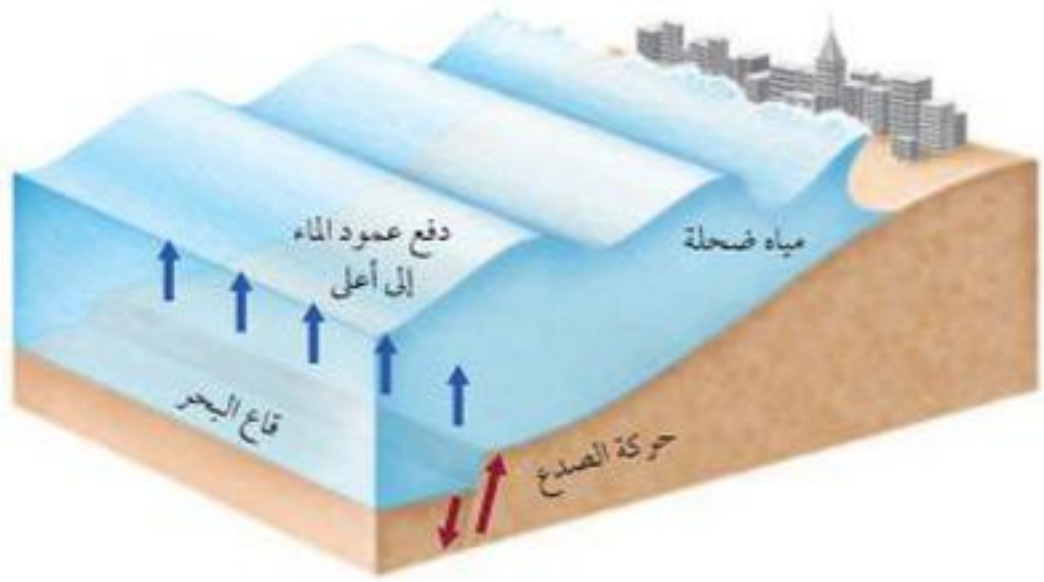
بالإضافة إلى مخاطر الانزلاقات الأرضية، فإن نوع المادة المكونة لسطح الأرض أثر في شدة الزلزال في المنطقة؛ إذ تتضخم الموجات الزلزالية في بعض المواد الطرية، ومنها الرواسب المفككة، بينما تخفت في الصخور الأكثر صلابة، ومنها الجرانيت.

تجربة عملية

تقرير نشرة إخبارية عن الزلازل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

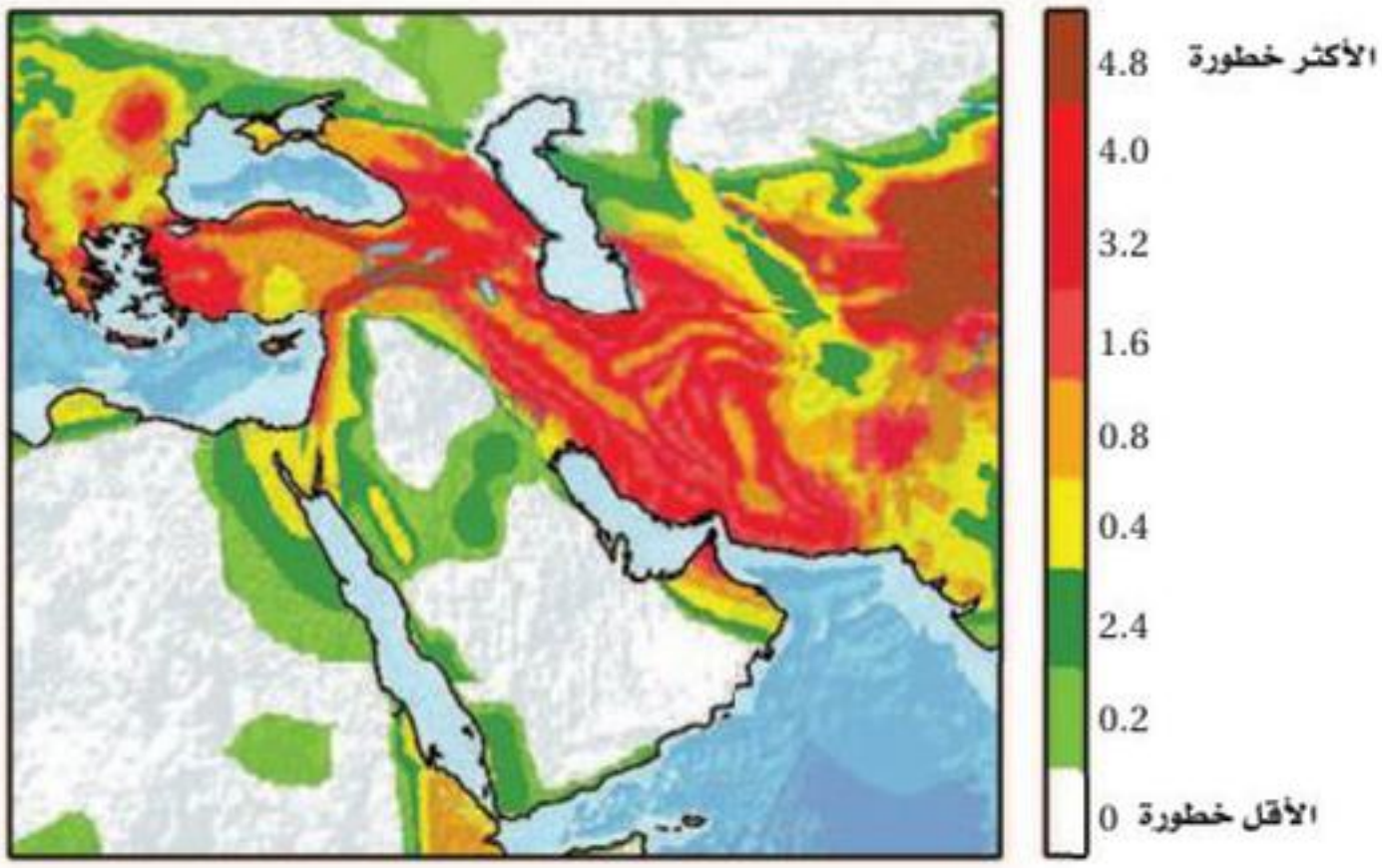


الشكل 36–6 يتكون التسونامي عندما يسبب الصدع تحت الماء إزاحة عمود الماء فوق قاع المحيط إلى أعلى.

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 جدًّا 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 لأمواج التسونامي وسرعتها التي تتراوح بين 800 km /h و 500 خطورة تهدد المناطق الساحلية بالقرب من المركز السطحي للزلزال أو بعيدًا 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 تدميرًا 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، وأسفر عن وفاة ما لا يقل عن 20,000 شخص.



الشكل 38–6 تشـمل مناطق الخطـر الزلزالي الكبير مناطق عدة، منها اليابان وتركيا وإيران.

حدد موقع المناطـق ذات الخطر الزلزالي الأكبر عـلى الخريطة، ثم حدد منطقتـك على الخريطة مبينًا الخطر الزلزالي فيها.

توقع الزلازل Earthquake Forecasting

للحد مـن الأضرار والوفيات الناجمة عن الـزلازل يبحث العلماء عن طرائق لتوقـع حدوث الزلازل. ولا يوجد حاليًا أي طريقة يمكن الاعتماد عليها تمامًا 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.

الخطـر الزلـزالي Seismic risk تذكر أن معظم الزلازل توجد في أنطقة طويلة وضيقة تسمى الأحزمة الزلزالية. لذا فإن احتمال وقوع زلازل في المستقبل يكون أكبر كثيرًا في هذه الأحزمة مـن أي مكان آخر على وجه الأرض. ويعد نمط الزلازل التاريخية مؤشرًا موثوقًا فيه لتوقع حدوث الزلازل في المستقبل في منطقة معينة؛ حيث تسـتعمل السيزمومترات لتحديد تكرار الزلازل الكبيرة. ويمكن استعمال تاريخ النشاط الزلزالي للمنطقة لإعداد خرائط الخطر الزلزالي. تشـهد كثير من الدول – ومنها اليابان وتركيا وإيـران – خطرًا زلزاليًا مرتفعًا نسبيًا. وقد عانت هذه المناطق من بعض الزلازل القوية في الماضي، وربما ستشهد نشـاطًا زلزاليًا كبيرًا 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.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤيـة VISION 2030
من أهداف الرؤية: حماية البيئة من الأخطار الطبيعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

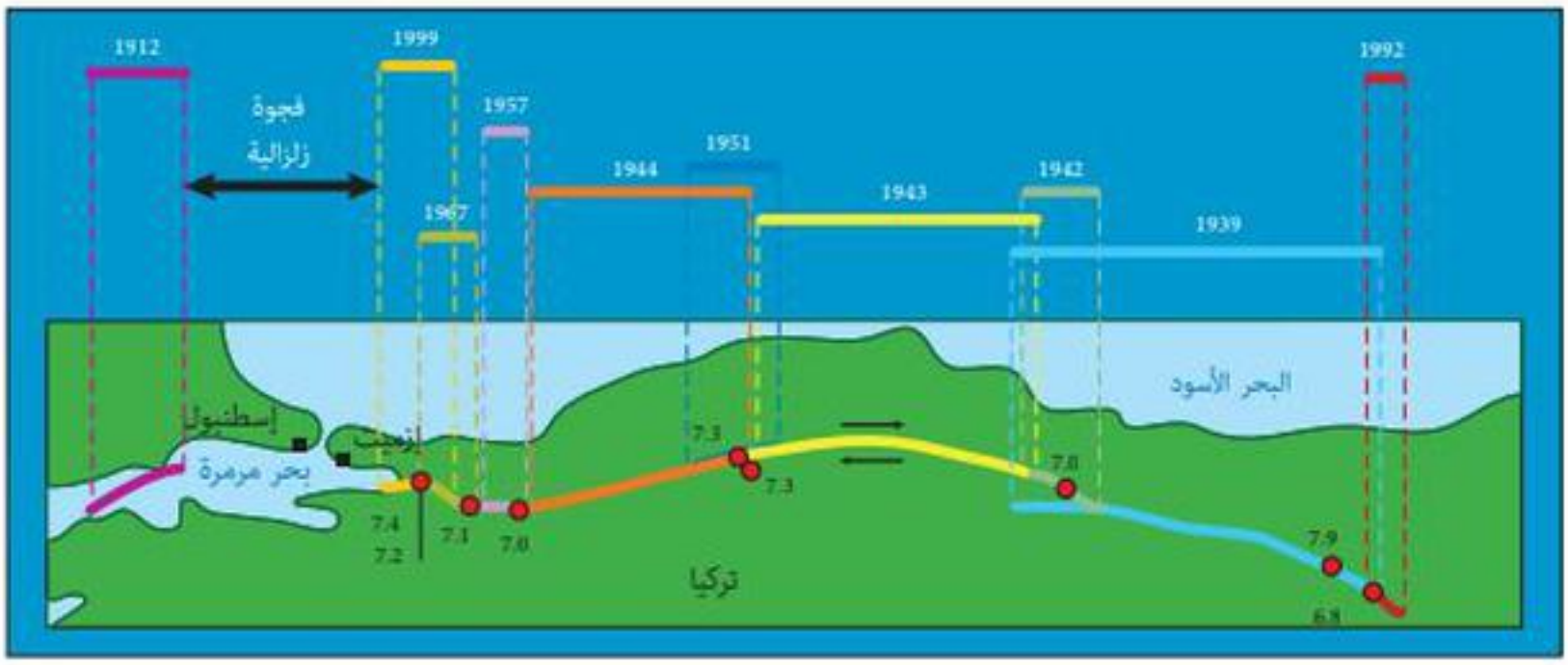
معدلات التكرار Recurrence rate يمكن أن تشير معدلات تكرار الزلازل التي تحدث على طول الصدع إلى ما إذا كان الصدع يولد زلازل مماثلة على فترات منتظمة أم لا. فلو أخذنا على سبيل المثال معدلات تكرار الزلازل على طول صدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية فسنجد أن سلسلة من الزلازل بقوة 6 تقريبًا على مقياس رختر قد ضربت المنطقة في كل 22 عامًا من 1857 م حتى عام 1966م. ففي عام 1987م 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.

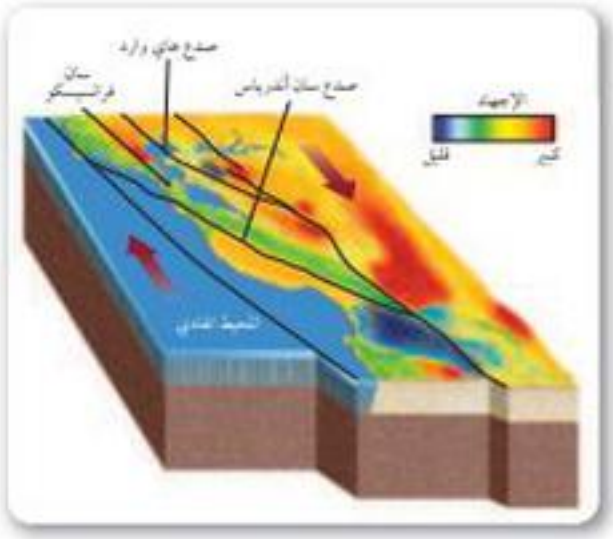
الفجوات الزلزالية Seismic gaps يعتمد توقع احتمال وقوع الزلزال أيضًا على موقع **الفجوات الزلزالية Seismic gaps** وهي أجزاء نشطة تقع على امتداد صدع، لم تتعرض لزلازل كبيرة في فترة طويلة من الزمن. ويبين **الشكل 40–6** خريطة الفجوات الزلزالية الصدع يعبر شمال تركيا؛ حيث التاريخ الطويل للزلازل التي تقع على طول الصدع الكبير الموضح أدناه.



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.



الشكل 40–6 وقع زلزالان عامي 1912م و 1999م 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.



الشكل 41–6 تساعد خرائط تراكم الجهود في الصخور العلماءَ على توقع احتمال وقوع زلزال في مكان ما.

وضح. لماذا يعد تراكم الجهود في المناطق مهمًّا؟

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، مسببةً حدوث زلزال.

يستعمل العلماء تقنيات الأقمار الاصطناعية، ومنها نظام تحديد المواقع (GPS) لتحديد مواقع تراكم الجهود وتوزيعها على طول الصدع. ويستعمل العلماء الجهودَ المتراكمة والمتحررة في أجزاء الصدع وترصد في أثناء حدوث الزلزال لتطوير خرائط كالتي تظهر في **الشكل 41–6**، آخذين في حسبانهم الفترة الزمنية بين زلزال وآخر لنفس الصدع.

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 لزلازل كبيرة منذ فترة طويلة من الزمن.

فهم الأفكار الرئيسة

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 احتمالًا 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 تقريرًا تتناول فيه طرائق مقترحة لتعرُّف المناطق الأكثر عرضة لوقوع الزلازل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الزلازل والمجتمع

دروس من الماضي

زلزال بومرداس مايو 2003م الساعة 7:44 مساءً يوم الأربعاء. خرج سكان الجزائر العاصمة والمدن المحيطة بها – وخصوصًا ولاية بومرداس، التي تقع على بعد 50 km تقريبًا شرقي العاصمة – من منازلهم في حالة فزع شديد وقد انهارت مبانٍ عديدة على من فيها، بعد أن ارتجت الأرض، وزلزلت زلزالاً شديدًا. وقد قدّره الخبراء بـ 6.8 درجات على مقياس رختر.

الزلزال يضرب المدينة لقد توقعت مراكز رصد الزلزال حول العالم حدوث زلزال في شمال الجزائر؛ بسبب تكرار حدوث الزلازل، ووجود فجوات زلزالية في المنطقة.

وقد حدث ما كان متوقعًا 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 الثنية 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 البلدات 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 المحرّرة في أثناء تحركها، باستخدام نظرية الارتداد المرن (نظرية ريد Reid). وقد افترضوا أن الإجهادات الصخرية تكونت تدريجيًّا؛ حيث وقعت صخور المنطقة تحت تأثير قوى، حتى وصلت حدًّا يفوق قدرتها على التحمل، مما أدى إلى تكسُّرها وتحرك أجزائها. وقد تعرضت المنطقة



زلزال بومرداس 2003م

للعديد من الزلازل نتيجة وقوعها بين هاتين الصفيحتين.

أما زلزال بومرداس 2003 فسببه حركة الكتل الصخرية عند صدع زموري إلى الشمال الشرقي، وقد تم تعرُّفه أول مرة بعد هذا الزلزال، بحسب هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

التحضير للمستقبل يعلم الجيولوجيون جيدًا 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 بحثًا أو أنشئ عرضًا تقديميًّا عن زلزال مدينة العيص التي تقع على بعد 240 كم شمال غرب المدينة المنورة الذي حدث عام 2009م، ووضح مدى تأثيراته في السكان والبيئة المحلية.

مختبر الجيولوجيا

العلاقة بين المركز السطحي للزلزال والصفائح الأرضية

خلفية علمية يمكنك تقدير المسافة بين محطة رصد الزلازل (التي تسجل البيانات) والمركز السطحي للزلزال من خلال تحديد الفرق الزمني بين أمواج P وأمواج S المسجلة على السيزموجرام، وتستطيع أن تحدد الموقع الدقيق للمركز السطحي للزلزال على الخريطة من خلال استعمال ثلاث محطات رصد أو أكثر. ويفيد تحديد موقع المركز السطحي للزلزال على خريطة حدود الصفائح الأرضية في معرفة نوع حركة الصفائح التي سببت الزلزال.

سؤال: كيف يستطيع علماء الزلازل تحديد موقع المركز السطحي للزلزال؟

الأدوات

خريطة المملكة العربية السعودية، آلة حاسبة، فرجار، مسطرة مترية، خريطة الصفائح الأرضية، منحنى المسافة – زمن الوصول.

خطوات العمل

حدد موقع المركز السطحي لزلزال 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 للزلزال عن كل محطة رصد زلزالي. دوِّن هذه المسافات في الجدول في صف "بُعد المركز السطحي".
3. احصل على خريطة المملكة العربية السعودية من معلمك، وحدد عليها بدقة مواقع محطات رصد الزلزال الثلاث بمساعدة المعلم.
4. استعمل مقياس رسم الخريطة بالسنتمتر لتحديد المسافة على الخريطة بالسنتمتر التي حصلت عليها في الخطوة 2 وتمثل بُعد المركز السطحي. ثم دوِّن المسافة في صف المسافة على الخريطة.

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)			

5. استعمل قيمة المسافة على الخريطة التي حسبتها 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 الزلزال الأخريين.
8. حدد نقطة تقاطع الدوائر الثلاث. تمثل هذه النقطة المركز السطحي للزلزال.

التحليل والاستنتاج

1. **حلل البيانات** أين يقع المركز السطحي للزلزال؟
2. **صف** هل يتبع الزلزال أيًا من الأحزمة الزلزالية الرئيسة؟
3. **فسر البيانات** استعمل خريطة الصفائح الأرضية لتحديد الصفائح التي سببت حدوث هذا الزلزال.
4. **استنتج** صف كيف تؤدي حركات الصفائح إلى حدوث هذا الزلزال.

الكتابة في الجيولوجيا

تخيل نفسك مراسلًا لصحيفة مقرها قريب من المركز السطحي لهذا الزلزال، واكتب مقالًا توضح فيه كيف أدت العمليات الجيولوجية إلى وقوع هذا الزلزال.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تتشكل البراكين من الصهارة القادمة من باطن الأرض.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–1 ما البركان؟	
النشاط البركاني وسائد اللابة البقعة الساخنة طفوح البازلت الشقوق قناة البركان فوهة البركان الفوهة البركانية المنهارة البركان الدرعي البركان المخروطي البركان المركب	**الفكرة الرئيسة** ترتبط مواقع البراكين عمومًا مع حركة الصفائح. • 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، وتتكون نتيجة تدفق اللابة من شقوق القشرة الأرضية. • هناك ثلاثة أنواع رئيسة للبراكين هي: الدرعية، والمخروطية، والمركّبة.
6–2 الثورانات البركانية	
اللزوجة المقذوفات البركانية الصلبة تدفق الفتات البركاني	**الفكرة الرئيسة** تحدّد مكوّنات الصهارة خصائص الثوران البركاني. • هناك ثلاثة أنواع من الصهارة، هي: البازلتية، والأنديزيتية، والريوليتية. • اعتمادًا على نسبة محتوى الصهارة من السليكا تكون الصهارة البازلتية أضعف أنواع الصهارة في شدة الثوران، في حين أن الصهارة الريوليتية أشدها. • درجة الحرارة والضغط ووجود الماء عوامل تؤثر في تشكّل الصهارة. • تُسمى اللابة المتصلبة والقطع الصخرية التي تطلقها البراكين في أثناء ثورانها المقذوفات البركانية الصلبة.

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–3 الأمواج الزلزالية وبنية الأرض	
الأمواج الزلزالية الأمواج الأولية الأمواج الثانوية الأمواج الجسمية الأمواج السطحية بؤرة الزلزال المركز السطحي للزلزال مقياس الزلزال مخطط الزلزال	الفكرة الرئيسة يتم استعمال الأمواج الزلزالية في تصور بنية الأرض الداخلية. • أنواع الأمواج الزلزالية ثلاثة: أولية وثانوية وسطحية. • مقياس الزلازل (السيزمومتر) جهاز يستقبل الأمواج الزلزالية، ويسجلها على المخطط الزلزالي (السيزموجرام). • استطاع العلماء أن يحددوا المركز السطحي للزلازل من الفرق الزمني بين زمني وصول أمواج P وأمواج S. • تتغير سرعة واتجاه كل من أمواج P وأمواج S عندما تواجه حدودًا فاصلة بين مواد مختلفة. • يمكن الحصول على صورة مفصّلة عن مكونات الأرض الداخلية من خلال تحليل الأمواج الزلزالية التي تعبرُ باطن الأرض.
6–4 قياس الزلازل وتحديد أماكنها	
مقياس رختر قوة الزلزال سعة الموجة الزلزالية مقياس العزم الزلزالي مقياس ميركالي المعدَّل أحزمة الزلازل	الفكرة الرئيسة يقيس العلماء قوة الزلازل ويحددون مكانها على الخريطة باستعمال الأمواج الزلزالية. • قوة الزلزال هي مقياس للطاقة التي تتحرر في أثناء حدوث الزلزال، ويمكن قياسها بمقياس رختر. • شدة الزلزال هي مقياس للدمار الذي يُحدثه الزلزال. • لتحديد موقع المركز السطحي للزلازل نحتاج على الأقل إلى ثلاث محطات رصد للزلازل. • تحدث معظم الزلازل في أحزمة ضيقة تسمى أحزمة الزلازل؛ حيث تنطبق مع حدود الصفائح.
6–5 الزلازل والمجتمع	
تسييل التربة تسونامي فجوة زلزالية تراكم الجهد	الفكرة الرئيسة يمكن معرفة احتمال حدوث الزلزال من خلال دراسة تاريخ المنطقة زلزاليًا، ومعرفة أين وكيف تتراكم الإجهادات بسرعة. • يعتمد توقع حدوث الزلازل على التاريخ الزلزالي وقياسات الجهود المتراكمة في الصخور. • تسبب الزلازل الدمار من خلال توليد اهتزازات يمكنها إحداث هزات في سطح الأرض. • يمكن أن تسبب الزلازل انهيار المنشآت والانزلاقات الأرضية، وتسييل التربة والتسونامي. • الفجوات الزلزالية أجزاء من صدع نشط لم تتعرض لزلازل كبيرة منذ فترة طويلة من الزمن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الفصل 6 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح بدلاً من الكلمات التي تحتها خط:

1. تتراكم اللابة في أشد أنواع الثورانات البركانية انفجارًا مكوّنة بركانًا درعيًّا.
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 ويسبّب 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، ويتكوَّن 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 كلًّا من كمية الطاقة المنبعثة من الزلزال وسعة الأمواج الزلزالية مقياسَ _____.
10. يحدث _____ عندما تسبب الاهتزازات الزلزالية تسييلَ المواد الأرضية تحت السطحية، وتجعلها تسلك سلوك الرمال المتحركة.
11. يُسمى نوع الأمواج الزلزالية الذي لا يمر خلال اللب الخارجي للأرض _____.

حدّد ما هو مشترك بين كل مصطلحين في الجمل الآتية:

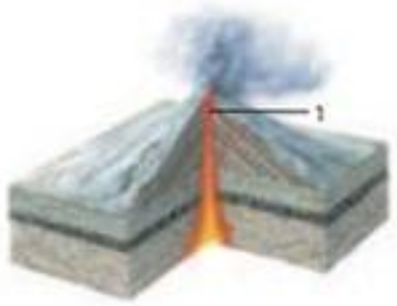
12. الرماد البركاني، الكتلة البركانية.
13. فوهة البركان المنهارة، فوهة البركان.

وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يأتي:

14. البؤرة، المركز السطحي للزلزال.
15. الأمواج الثانوية، الأمواج السطحية.
16. مقياس رختر، مقياس العزم الزلزالي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

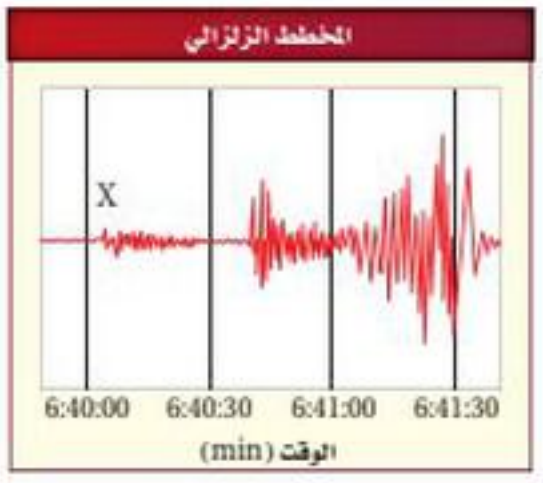
استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 17 و18.



17. ما نوع البركان في الشكل أعلاه؟
    a. درعي. c. طفح بازلتي.
    b. مركب. d. مخروطي.
18. ما المعلم الجيولوجي المشار إليه بالرقم 1 في الشكل أعلاه؟
    a. فوهة البركان. c. فتحة البركان.
    b. قناة البركان. d. حجرة الصهارة.
19. أي المواد الجيولوجية الآتية لها قابلية للتسييل أكبر ما يمكن عند مرور أمواج زلزالية فيها؟
    a. الجرانيت. c. التربة والرسوبيات المفككة.
    b. الصخر المتحول. d. اللابة.

الفصل 6 تقويم الفصل

أجب عن الأسئلة 20–21 مستعينًا بالرسم أدناه.



20. ما نوع الموجة الزلزالية المشار إليها بالرمز x؟

a. أمواج p. c. أمواج S.

b. أمواج سطحية. d. أمواج قص.

21. ما زمن وصول الأمواج السطحية؟

a. 6:40:00 c. 6:40:33

b. 6:40:05 d. 6:41:10

22. 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.

أسئلة بنائية

23. **قارن** بين موجة التسونامي والموجة السطحية.

24. **فسر** لماذا يحتاج العلماء إلى قياسات من أكثر من جهازين من أجهزة السيزمومتر لتحديد موقع الزلزال بدقة.

التفكير الناقد

25. **ارسم** المكونات الرئيسة للسيزمومتر.

26. **صمّم** منزلًا بحيث يبقى هيكله سليمًا في حالة وقوع زلزال. حدد معالمه مبيِّنا كيف ستحميه من دمار الزلزال؟

خريطة مفاهيمية

27. 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.

28. 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.

سؤال تحفيز

29. تنبأ ماهي العوامل التي تحفز حدوث الهزات الارتدادية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

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 الثورانات البركانية غير العنيفة.
   b. عندما تتعاقب طبقات صخرية صلبة ناتجة عن ثورانات بركانية عنيفة مع طبقات تكونت من ثورانات بركانية هادئة.
   c. عندما تعود المواد البركانية الصغيرة الحجم المقذوفة في الهواء إلى الأرض، وتتراكم حول فوهة البركان.
   d. عندما يكوّن 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.

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 ثورانات هادئة غير متفجرة.
   b. منخفض؛ لأنه بركان تكوّن من تعاقب 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.

اختبار مقنن

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؟

a. مرتين. c. 32 مرة.

b. 10 مرات. d. 1000 مرة.

9. قدّر كم مرة تزيد سعة الموجة الزلزالية المتولّدة عن زلزال اليابان على تلك المتولّدة عن زلزال تشيلي؟

a. مرتين. c. 100 مرة.

b. 10 مرات. d. 1000 مرة.

10. أبطأ الموجات الزلزالية وصولًا إلى محطات الرصد الزلزالي:

a. الموجات الأولية. c. الموجات الثانوية.

b. الموجات السطحية. d. الموجات الجسمية.

11. ماذا تسمى أجزاء الصدع النشط التي لم تتعرض لزلازل كبيرة منذ فترة طويلة من الزمن؟

a. الفجوات الزلزالية. c. تسييل التربة.

b. الزلازل الكامنة. d. التسونامي.

12. لتحديد موقع الزلزال نحتاج إلى معرفة موقع:

a. محطة زلزالية واحدة.

b. محطتين زلزاليتين على الأقل.

c. 3 محطات زلزالية على الأقل.

d. 5 محطات زلزالية على الأقل.

13. ما المقياس الذي يستعمل في قياس شدة الزلازل؟

a. رختر c. مقياس ميركالي المعدل

b. مقياس العزم الزلزالي d. 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.



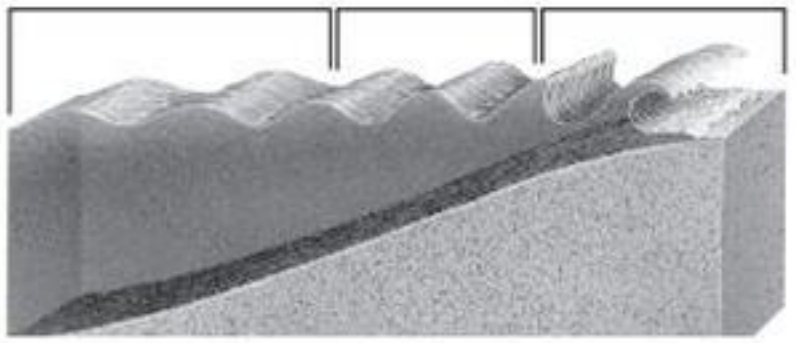
16. طبقًا للخريطة أعلاه، أين يقع المركز السطحي للزلزال؟ وكيف يمكن تحديده؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

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 خلاياه. ولكن بقي السؤال: كيف تحس الحيوانات بالزلزال؟. 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 منها 100000 زلزال فقط يستطيع أن يشعر به الإنسان. و100 زلزال تقريبًا 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.



مرجعيات الطالب

قائمة المحتويات

Reference Tables الجداول المرجعية:

- Minerals with Metallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الفلزي
- Minerals with Nonmetallic Luster - صفات المعادن ذات البريق اللافلزي
- 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 Earthqake 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

الجدول - 1 صفات المعادن ذات البريق الفلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص اخرى
البورنيت Bornite Cu_5FeS_4	برونزي باهت إلى أزرق غامق أرجواني	رمادي-أسود	3	4.9–5.4	هرم رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	مصدر للنحاس ويسمى خام الطاووس بسبب اللون الأرجواني اللامع.
الكالكوبيريت Chalcopyrite $CuFeS_2$	أصفر إلى أصفر ذهبي	أسود مخضر	3.5–4	4.2	رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	الخام الرئيس للنحاس.
الكرومايت Chromite $FeCr_2O_4$	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 Cu	نحاسي أحمر	نحاسي أحمر	3	8.5–9	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صناعة العملات المعدنية والأنابيب والمزاريب، والأسلاك، أواني الطبخ، والمجوهرات، طباعة لوحات الديكور.
الجالينا Galena PbS	رمادي	رمادي إلى أسود	2.5	7.5	مكعب	الانفصام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة الأنابيب، الدروع لأشعة إكس، وصيد الأسماك ومعدات الغطاسين.
الذهب Gold 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 C	أسود إلى رمادي	أسود إلى رمادي	1–2	2.3	سداسي	سطح انفصام واحد	يستعمل في أقلام الرصاص ومواد التشحيم، قضبان للسيطرة على بعض المفاعلات النووية الصغيرة، أقطاب البطارية.
الهيماتيت Hematite Fe_2O_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 Fe_3O_4	أسود	أسود	6	5.2	مكعب	مكسر محاري	خام الحديد، مغناطيس طبيعي. ويسمى حجر المغناطيس.
البيريت Pyrite FeS_2	أصفر نحاسي فاتح	أسود مخضر	6.5	5.0	مكعب	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	غني بالحديد، يسمى ذهب المجانين لأن مظهره يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونايت.
البيروتيت Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$ • يزيد الكبريت على الحديد بذرّة واحدة	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطا.
الفضة Silver 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2019 - 1441

الجدول -2 صفات المعادن ذات البريق اللافلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص اخرى
الأوجيت Augite $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)(Al, Si)_2O_6$	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانفصام في اتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني.
الكورونـدم Corundum Al_2O_3	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غيرمستو	يستعمل لشحذ القطع أكثر حدة؛ واللون منه الكورونـدم الأحمر حجر كريم (الياقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار البوتاسي Feldspar (orthoclase) $KAlSi_3O_8$	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستويان من الانفصام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) $NaAlSi_3O_8$ $CaAl_2Si_2O_8$	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويان من الانفصام يميلان ويتقابلان بزاوية 86°	يستعمل في صناعة الخزف.
الفلورايت Fluorite CaF_2	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3–3.2	مكعب	تظهر مستويات انفصام	يستعمل في صناعة الأجهزة البصرية، يتوهج تحت الأشعة فوق البنفسجية.
الجارنت Garnet $(Mg, Fe, Ca, Mn)_3(Al, Fe, Cr)_2(SiO_4)_3$	أصفر غامق، أحمر، أخضر، أسود	شفاف	7.5	3.5	مكعب	مكسر محاري	يستعمل كمادة صاقلة، ويستعمل في صناعة المجوهرات.
الهورنبلند Hornblende $Ca_2Na(Mg, Fe^{2})_4(Al, Fe_3, Ti)_1Si_8O_{22}(O, OH)_2$	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5–6	3.4	أحادي الميل	انفصام في اتجاهين	ينكسر الضوء عن حوافه الرقيقة، متقطع 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 $(Mg, Fe)_2SiO_4$	أخضر زيتوني	شفاف	6.5	3.5	معيني	مكسر محاري	حجر كريم، رمل مقاوم للانصهار. يستعمل في تبطين أفران الصهر.
الكوارتز Quartz SiO_2	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 $Al_2SiO_4(F, OH)_2$	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انفصام أساسي	حجر ثمين.

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 الريولايت. 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.
رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الكونجلوميرات conglomerate	حبيباته كبيرة مستديرة. بحجم الحصى أو الجلاميد.
	الحجر الرملي sandstone	يتراوح حجم حبيباته مابين $\frac{1}{16}$ — 2mm. 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. وغالبًا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

رسوبية كيميائية Sedimentary (chemical)	الملح الصخري rock salt	يتكون عادة من تبخر مياه البحر.
متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic	النايس gneiss	تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود أشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان. عادة ينتج عن تحول الجرانيت.
	الشيست schist	ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رقائق) مثل المايكا. وينتج بشكل رئيس عن تحول الطفل والفيليت.
	الفيليت phyllite	مظهر لامع أو حريري. يبدو سطح الصخر مجعدًا. وينتج عن تحول الطفل والإردواز.
	الإردواز slate	ينتج عن تحول الطفل وهو صلب وأثقل وأكثر تعانًا من الصخر الأصلي.
متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)	الرخام marble	تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدلومايت. وينتج عن تحول الصخور الجيرية.
	الحجر الصابوني soapstone	يتكون بشكل رئيس من معدن التلك. طري. وملمسه دهني أو صابوني.
	الكوارتزيت quartzite	صلب جدًا. حبيباته متماسكة ومتلاحمة ببلورات كوارتز. يتحول عن الحجر الرملي.

الجدول 4- صحيفة الحقائق الكوكبية

	عطارد	الزهرة	الأرض	القمر	المريخ	المشتري	زحل	اورانوس	نبتون
الكتلة (10^{24}kg)	0.330	4.87	5.97	0.073	0.642	1898	568	86.8	102
القطر (km)	4879	12,104	12,756	3475	6792	142,984	120,536	51,118	49,528
الكثافة (kg/m^3)	5429	5243	5514	3340	3934	1326	687	1270	1638
الجاذبية (m/s^2)	3.7	8.9	9.8	1.6	3.7	23.1	9.0	8.7	11.0
سرعة الإفلات (km/s)	4.3	10.4	11.2	2.4	5.0	59.5	35.5	21.3	23.5
فترة الدوران حول المحور (ساعة)	1407.6	−5832.5	23.9	655.7	24.6	9.9	10.7	−17.2	16.1
طول اليوم (ساعة)	4222.6	2802.0	24.0	708.7	24.7	9.9	10.7	17.2	16.1
المسافة من الشمس (10^6km)	57.9	108.2	149.6	*0.384	228.0	778.5	1432.0	2867.0	4515.0
الحضيض (10^6km)	46.0	107.5	147.1	*0.363	206.7	740.6	1357.6	2732.7	4471.1
الأوج (10^6km)	69.8	108.9	152.1	*0.406	249.3	816.4	1506.5	3001.4	4558.9
الفترة المدارية (Days)	88.0	224.7	365.2	*27.3	687.0	4331	10.747	30.589	59.800
السرعة المدارية (km/s)	47.4	35.0	29.8	*1.0	24.1	13.1	9.7	6.8	5.4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2019 - 1441

جداول مرجعية

	عطارد	الزهرة	الأرض	القمر	المريخ	المشتري	زحل	اورانوس	نبتون
الميل المداري (Degrees)	7.0	3.4	0.0	5.1	1.8	1.3	2.5	0.8	1.8
الانحراف المركزي (المداري)	0.206	0.007	0.017	0.055	0.094	0.049	0.052	0.047	0.010
ميل المحور (Degrees)	0.034	177.4	23.4	6.7	25.2	3.1	26.7	97.8	28.3
متوسط درجة الحرارة (C)	167	464	15	−20	−65	−110	−140	−195	−200
ضغط السطح (bars)	0	92	1	0	0.01	غير معروف	غير معروف	غير معروف	غير معروف
عدد الأقمار	0	0	1	0	2	95	146	28	16
هل له حلقات؟	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم
هل له مجال مغناطيسي؟	نعم	لا	نعم	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم

فترة الدوران (ساعات) - هو الوقت الذي يستغرقه الكوكب لإكمال دورة واحدة بالنسبة للنجوم 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.

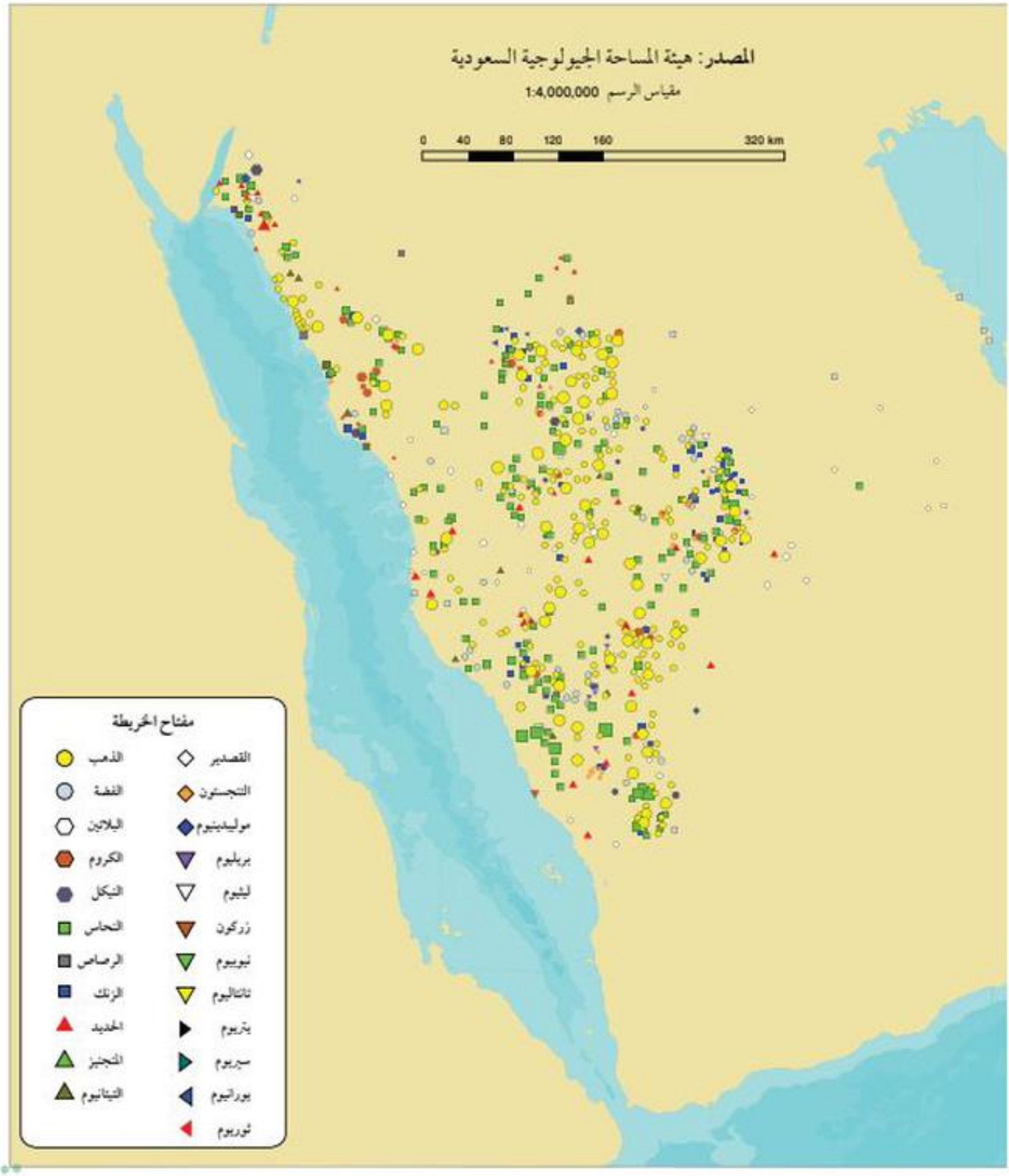
المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

تصاحب العديدُ من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعًا محددة من الصخور. فالذهب مثلًا 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 الصخورَ النارية القاعدية وفوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسربنتينيت.

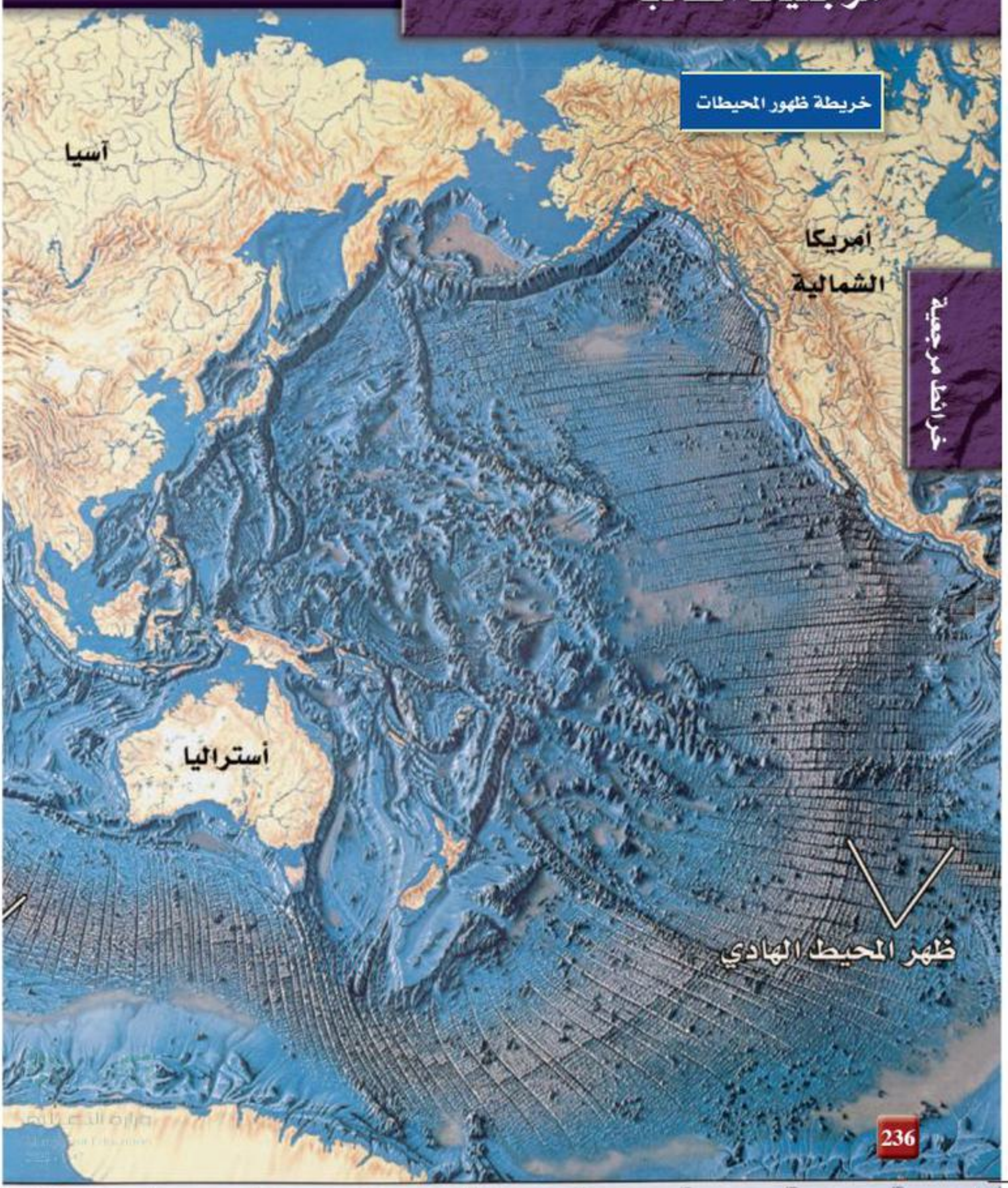
وتنتشر المعادن الفلزية في مواقع عديدة من المملكة العربية السعودية، ولكنها تتركز في صخور منطقة الدرع العربي، التي تقع في المنطقة الغربية من المملكة على امتداد ساحل البحر الأحمر، ومن أهم المعادن الفلزية التي تتواجد فيها: الذهب، والفضة، والنحاس. ومن المناجم التي يُستخلص منها الذهب: مهد الذهب، والأمار، والصخيبرات، 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 تغيّر اسمها في عام 1993م إلى وكالة الوزارة للثروة المعدنية؛ وكانت الجهة المنوط بها البحث والتنقيب واستغلال الثروات المعدنية الاقتصادية في المملكة.

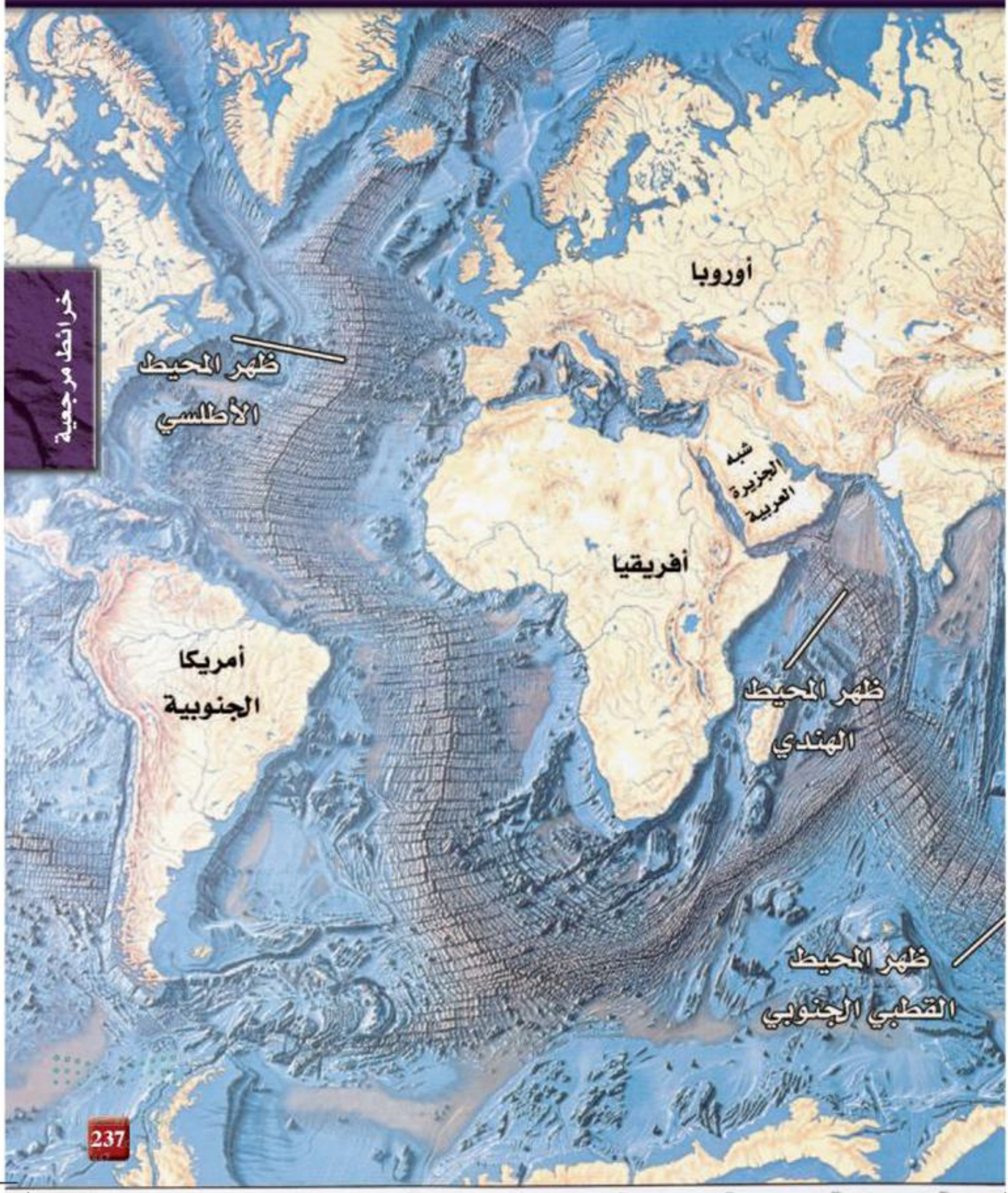
وفي عام 1999م تم تأسيس هيئة المساحة الجيولوجية السعودية التي أصبحت مسؤولة عن عمليات البحث والتنقيب عن المعادن في المملكة. وتتبنى الهيئة سياسات تعتمد على إجراء العديد من الدراسات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، آخذين في الاعتبار النظريات الحديثة حول نشأة المعادن الاقتصادية 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
الفضة
البلاتين
الكروم
النيكل
النحاس
الرصاص
الزنك
الحديد
المنجنيز
التيتانيوم
القصدير
التنجستون
موليبدينيوم
بريليوم
ليثيوم
زركون
نيوبيوم
تانتاليوم
يتريوم
سيريوم
يورانيوم
ثوريوم

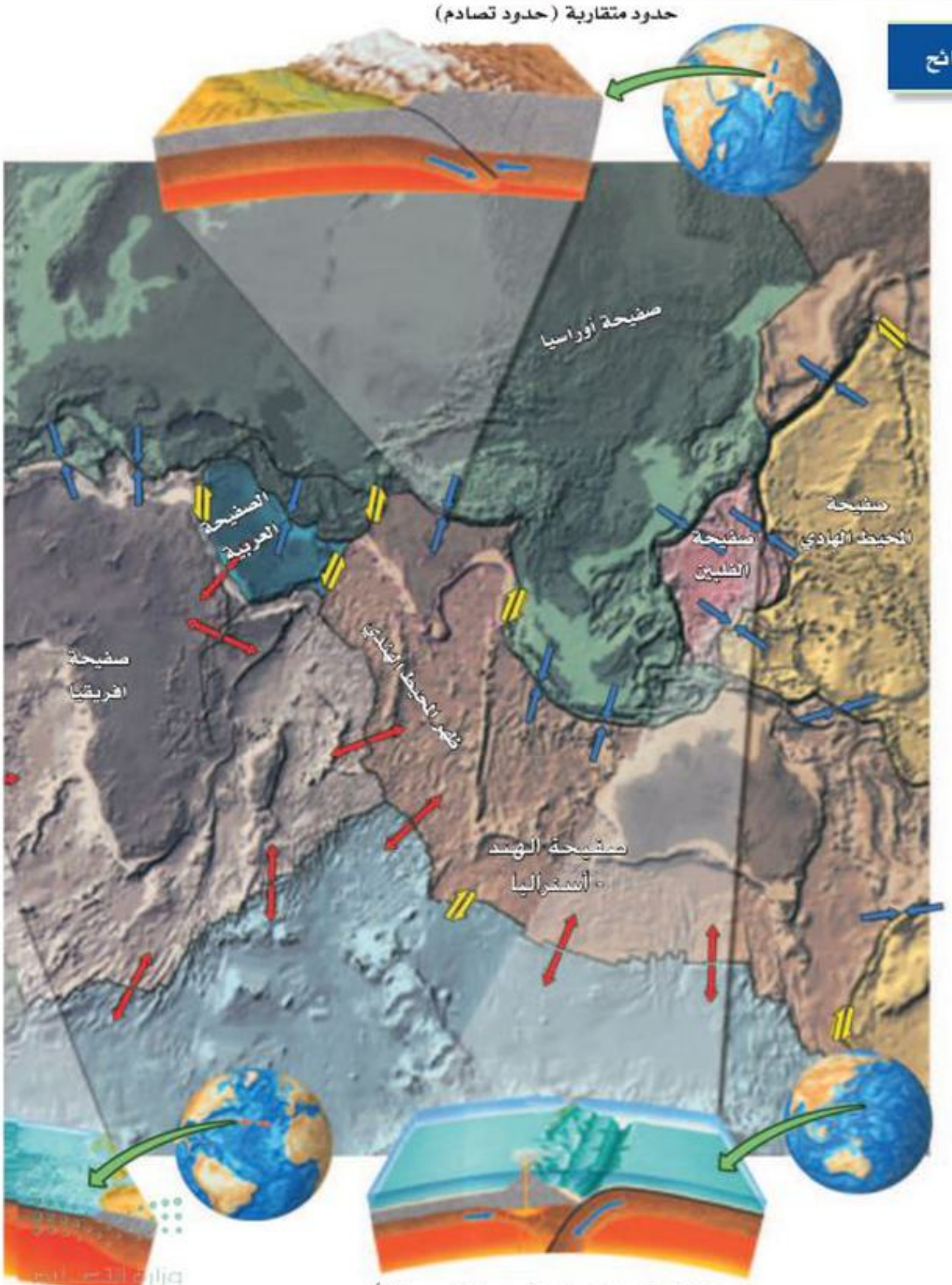
خريطة ظهور المحيطات



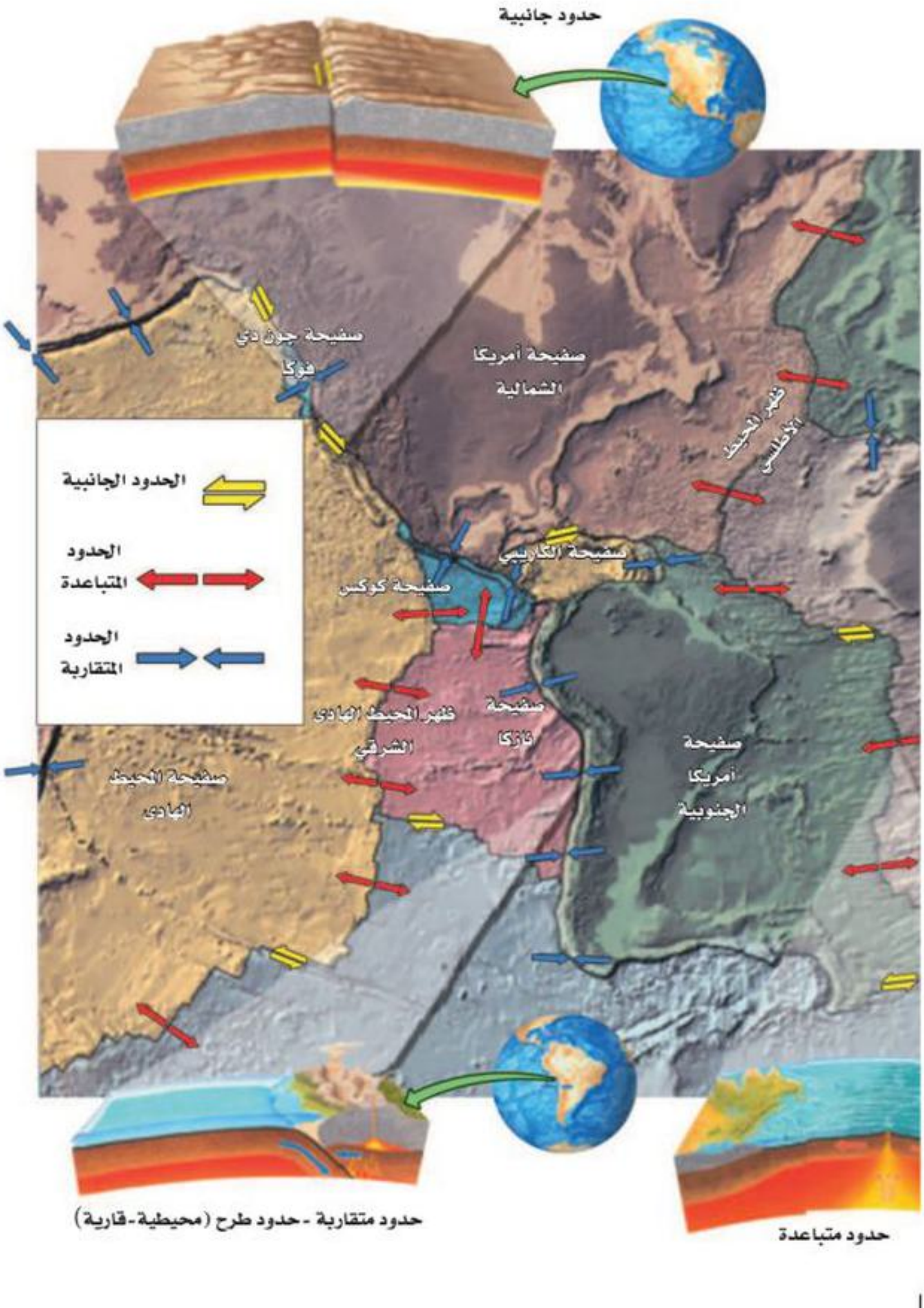
خرائط مرجعية



حدود الصفائح



حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-محيطية)

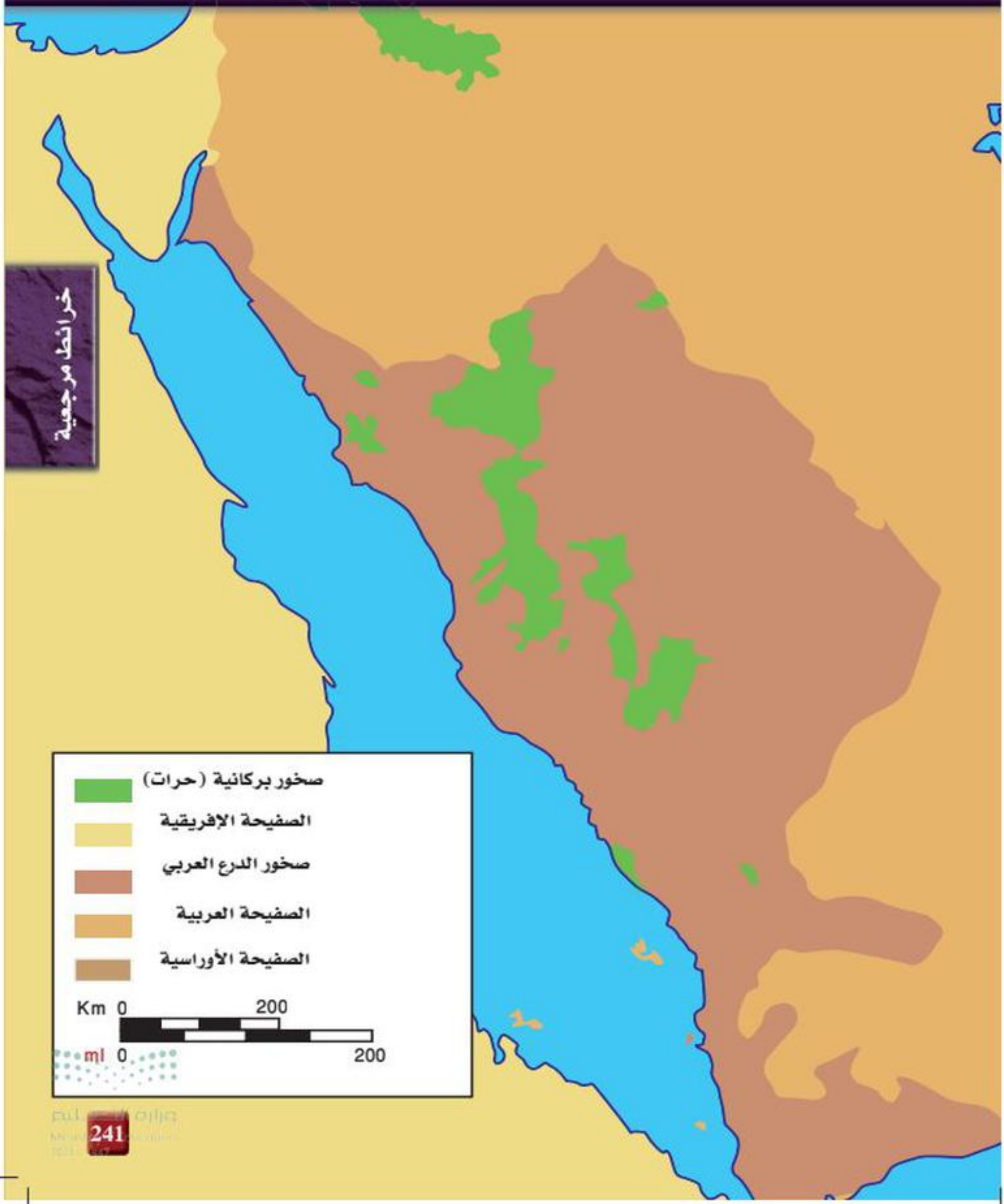

حدود جانبية
صفيحة جوان دي فوكا
صفيحة أمريكا الشمالية
ظهر المحيط الأطلسي
صفيحة الكاريبي
صفيحة كوكس
الحدود الجانبية
الحدود المتباعدة
الحدود المتقاربة
ظهر المحيط الهادي الشرقي
صفيحة نازكا
صفيحة أمريكا الجنوبية
صفيحة المحيط الهادي
حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-قارية)
حدود متباعدة

جيولوجية شبه الجزيرة العربية

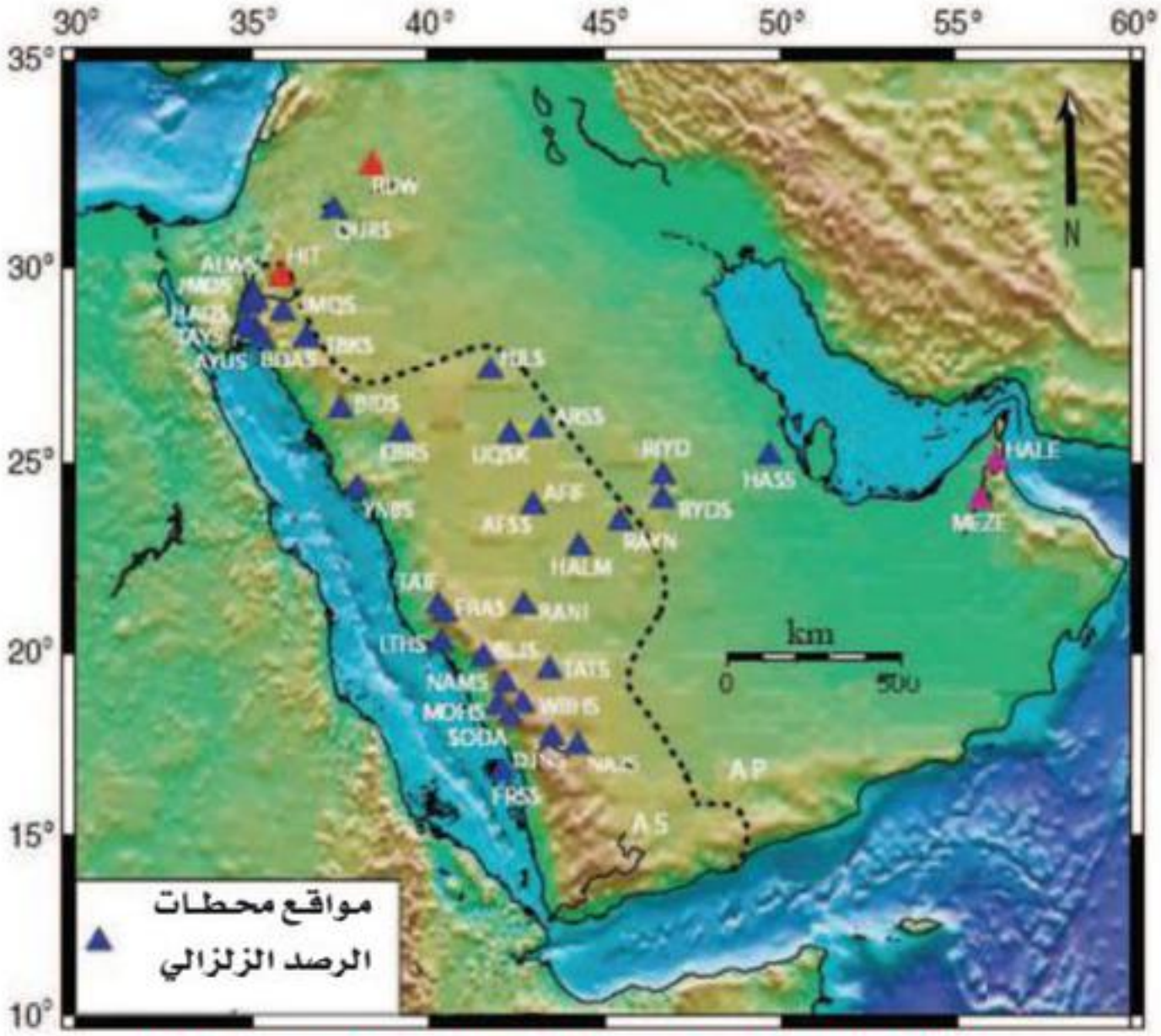
خرائط مرجعية



خرائط مرجعية



مواقع محطات الرصد الزلزالي في المملكة العربية السعودية



عدد الهزات الزلزالية التي تم رصدها بواسطة أجهزة الرصد الزلزالي في المملكة العربية السعودية لعام 2016 م

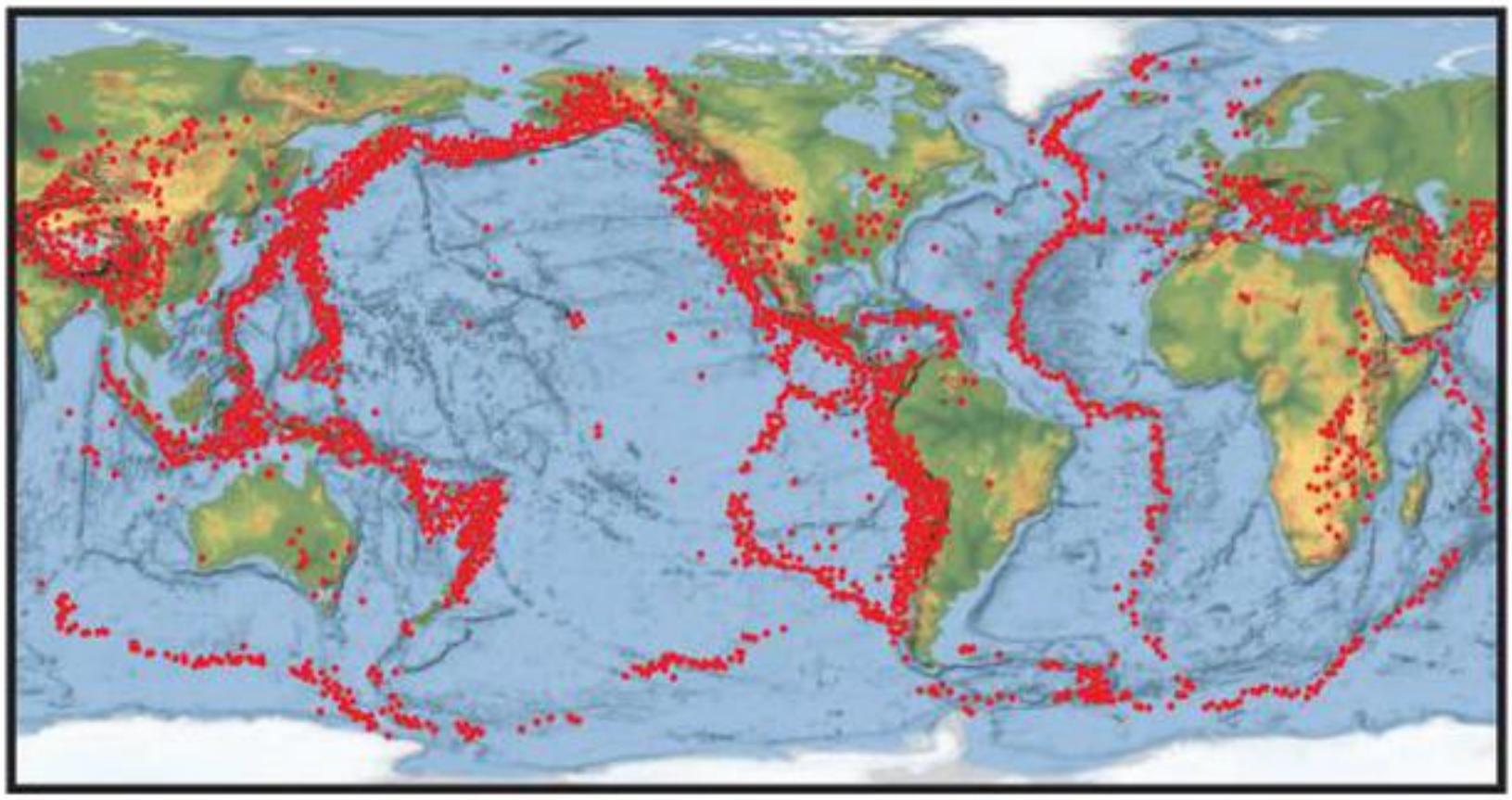
فئات الهزات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع
أقل من 1	426	409	415	348	499	424	442	526	457	503	361	276	5086
1-2	589	362	397	273	327	272	248	216	194	197	177	153	3405
2-3	68	44	88	38	66	23	27	27	23	23	23	27	477
3-4	2	3	11	2	5	2	2	2	0	4	2	1	36
4-5	0	0	0	0	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

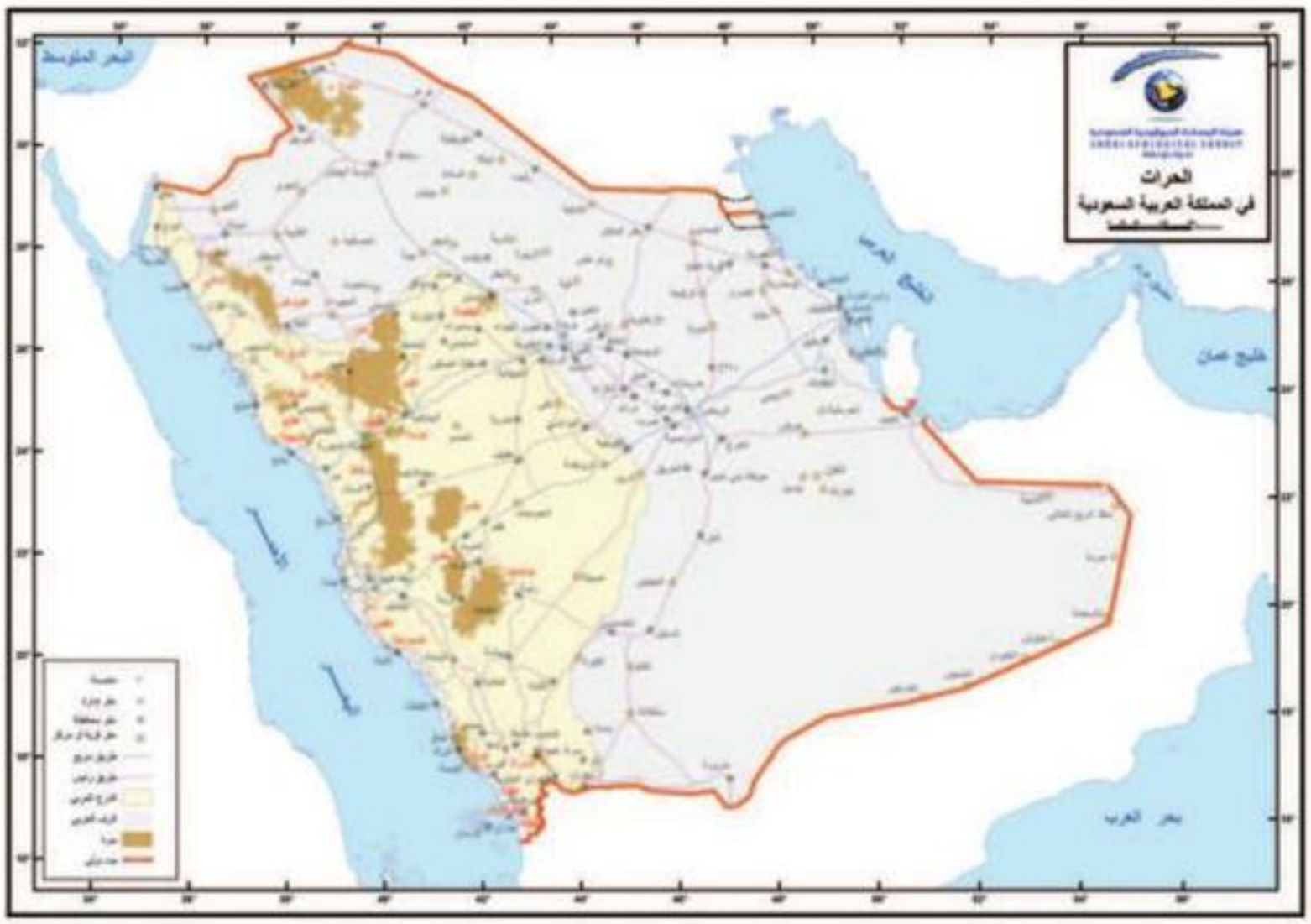
وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440

خرائط مرجعية

مواقع المراكز السطحية للزلازل في العالم

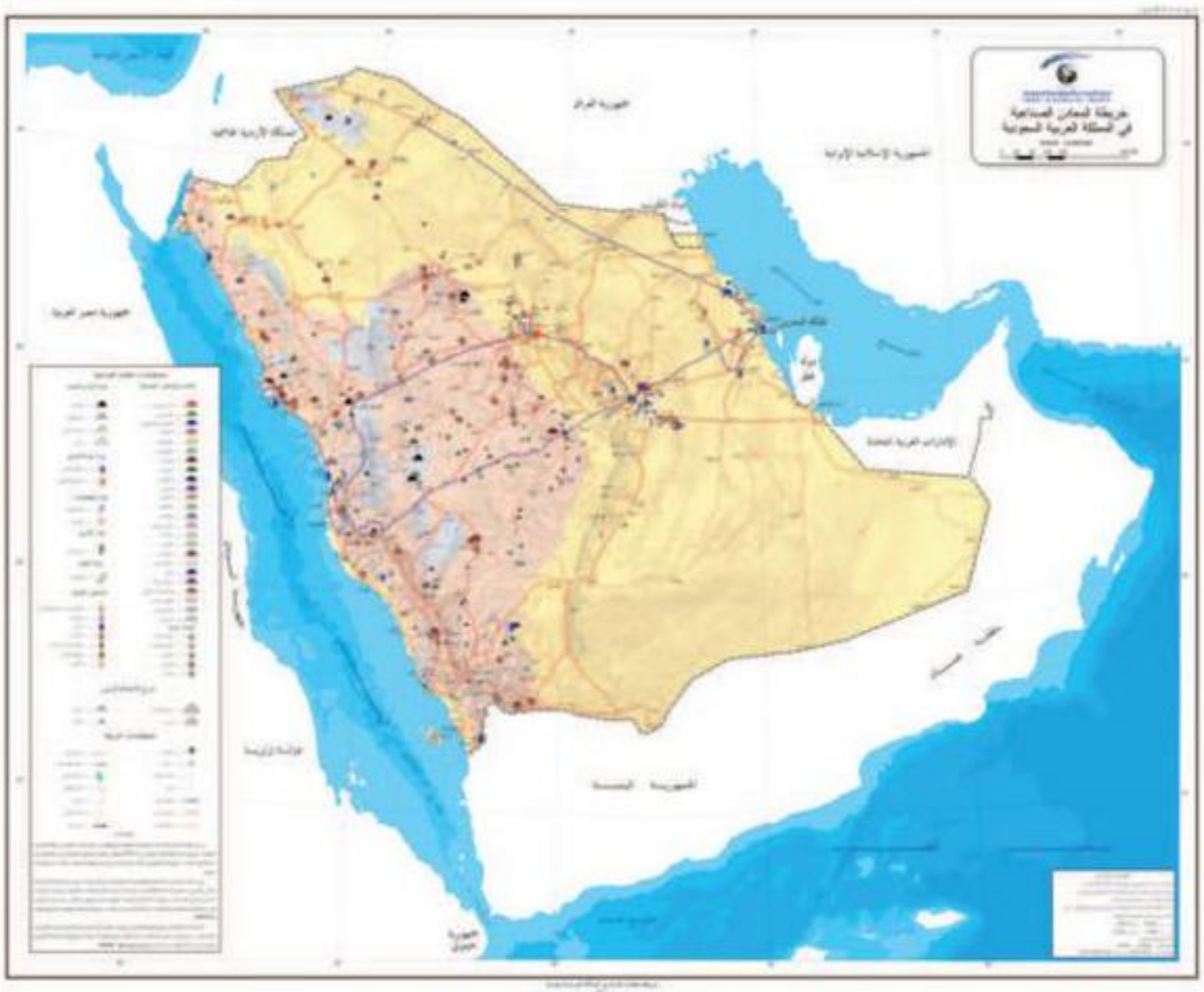


توزيع الحرَات في المملكة العربية السعودية



* المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

خريطة المعادن الصناعية في المملكة العربية السعودية



مسرد المصطلحات

(أ)

الأحجار الكريمة gems: معـــادن ثمينة ونادرة وجميلة، وصليـــة ومقاومة للخـــدش 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.

الانفصام cleavage: قابلية المعدن لأن ينكســـر بسهولة على طول مســـتوى واحد أو أكثر، حيث يكون الترابط الذري ضعيفًا.

أحزمة الزلازل Seimic belts: مناطق على سطح الكرة الأرضية تتركز فيها الأنشـــطة الزلزالية، وتكون مصاحبة لحدود الصفائح الأرضية.

أخدود بحري Ocean trench: انخفاض كبير شـــديد الانحـــدار في قاع المحيط، يتكون بســـبب طرح صفيحة محيطية أسفل صفيحة أخرى.

الأمواج الأولية Primary waves: موجـــات أوليـــة تعمل على تضاغـــط الصخور وتخلخلها في اتجاه حركتها، ويرمز لها بالرمز (P).

الأمواج الثانوية Secondary waves: موجات زلزالية تســـبب حركة دقائق الصخور عموديًا على خط انتشار الموجة، ويرمز لها بالرمز (S).

الأمواج الجسمية Body waves:موجات زلزالية تنتقل داخـــل الأرض، وتنقســـم إلى موجـــات أولية، وموجات ثانوية.

الأمواج الزلزالية Seismic waves: اهتـــزازات ســـطح الأرض في أثناء حدوث زلزال.

الأمواج السطحية Surface waves: أبطأ الأمواج الزلزالية، تتحرك فقط على ســـطح 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 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.

الانقلاب المغناطيسي Magnetic reversal: تغيّر قطبية المجال المغناطيسي للأرض من مغناطيسية عادية إلى مغناطيسية مقلوبة.

(ب)

بانجيا Pangaea: قارة قديمة كانت تضمّ جميع القارات الحالية، وبدأت في التفكك قبل 200 مليون سنة.

بؤرة الزلزال Focus: نقطة الكســـر في صخور القشرة الأرضيـــة التي تنشـــأ منهـــا الأمـــواج الزلزالية الجسمية.

البركان الدرعي Shield volcano: بـــركان كبـــير ذو انحدار بسيط، يتكون من تراكم طبقات من لابة بازلتية تكونت بفعل ثورانات بركانية هادئة (غير متفجرة).

البركان المخروطي Cinder cone: بركان صغير شديد الانحدار، تكوّن بفعل ثورانات بركانية متفجرة، حيث تراكمت المقذوفـــات البركانية حول عنق البركان.

البركان المركب Composite volcano: بـــركان مخروطي الشـــكل تقريبًا ذو منحـــدرات مقعرة، يتكون من طبقات من الحطـــام البركاني تكونت بفعـــل ثورانات بركانيـــة متفجـــرة متعاقبة، مع طبقات من اللابة تكونت بفعل ثورانات بركانية هادئة.

البريق luster: الكيفية التـــي يعكس بها المعدن الضوء

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

الساقط على سطحه.

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.

البلورة crystal: جسم صلب تترتب فيه الذرات بنمط متكرر منتظم.

البيجماتيت pegmatite: صخور ذات معادن خشنة الحبيبات بصورة غير عادية، وتحتوي على خامات نادرة مثل الليثيوم.

البعد الحضيضي Perihelion: أقرب مسافة فاصلة بين الشمس و الكواكب.

البعد الأوجي Aphelion: أبعد مسافة فاصلة بين الشمس و الكواكب.

(ت)

التبلور الجزئي fractional crystallization: عملية تبلور بعض المعادن في الصهير في درجات حرارة مختلفة تؤدي إلى إزالة بعض العناصر منه فتتغير مكوناته الكيميائية.

التحول الإقليمي Regional Metamorphism: أحد أنواع التحول، يحدث لمناطق واسعة من القشرة الأرضية عندما تتعرض لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، مما يؤدي إلى تغير في التركيب المعدني للصخور وحدوث طيّ في طبقات القشرة.

التحول بالتماس Contact Metamorphism: أحد أنواع التحول، يحدث عندما تُلامس مواد مصهورة صخورًا صلبة، ويكون تأثيرها محدودًا ومحليًا.

التحول الحراري المائي Hydrothermal Metamorphism: أحد أنواع التحول، يحدث عندما تتفاعل مياه ساخنة جدًّا مع الصخر فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية.

تدفق الفتات البركاني Pyroclastic flow: الحركة المفاجئة السريعة لغيوم من الغازات الخانقة والرماد البركاني والمواد البركانية الأخرى الناجمة عن الثورانات البركانية العنيفة.

التراص Compaction: تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، مما يؤدي إلى تغيرات فيزيائية في الصخر.

تراكم الجهد Stress accumulation: أحد العوامل التي تستعمل لتحديد احتمال وقوع زلزال على طول مقطع الصدع؛ حيث تتراكم الإجهادات ثم تتحرر مسببة حدوث الزلزال.

التسونامي Tsunami: موجة محيطية ضخمة وقوية، تتولد بفعل حركات عمودية لقاع البحر في أثناء وقوع زلزال، مشكّلةً أمواجًا ذات سرعة كبيرة وارتفاع يزيد على 30m في المياه الضحلة، فتحدث دمارًا في المناطق الساحلية.

تسييل التربة Soil liquefaction: عمليات تصاحب الاهتزازات الزلزالية، تحدث في المناطق الرملية المشبعة بالماء، وتؤدي إلى سلوك هذه المناطق سلوك السائل.

التصخر lithification: عمليات فيزيائية وكيميائية تحوِّل الرسوبيات إلى صخور رسوبية.

التطبق bedding: معلم ترسيبي للصخور الرسوبية، ويعد المعلم الرئيس لها، وهو وجودها على هيئة طبقات رسوبية أفقية يتراوح سمكها بين بضعة ملمترات إلى عدة أمتار.

مسرد المصطلحات

التطبق المتدرج graded bedding: نوع من التطبق تترتب فيه الحبيبات الأثقل والأكبر حجمًا إلى أسفل.

التطبق 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 و قوة 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 جدًا و لا يمكن للمادة أو الإشعاع الهروب منه.

(ج)

جهاز قياس المغناطيسية Magnetometer: جهاز للكشف عن التغيرات الحقيقية التي تَحْدُث 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 غالبًا في قاع المحيط.

الحدود التحويلية Transform boundary: مناطق تتحرك عندها صفيحتان أرضيتان أفقيًا 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 ستار 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

(س)

سحب الصفيحة Slab pull: عمليـة تكتونية مرتبطة مع تيارات الحمل في سـتار الأرض، حيث يُسحب طرف الغلاف الصخري إلى نطـاق الطرح بفعل وزن الصفيحة الغاطسة.

سعة الموجة الزلزالية Amplitude: ارتفـاع الموجة الزلزاليـة الأكبر. و الزيـادة 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 ترسّب معادن ذائبة في المياه الجوفية، بين حبيبات الصخور الرسوبية، مما يسـبب تلاحم الحبيبات معًا مشكّلة صخرًا صلبًا.

السيليكات silicate: المعادن التي تحتوي الأكسجين والسيلكون مع وجود -على الأغلب- عنصر آخر أو أكثر.

السديم الكوكبي Planetary Nebula: منطقـة من الغاز والغبار الكوني تكونت من الطبقات الخارجية المقذوفة عند نقطة نهاية نجم منخفض الكتلة.

سرعة الهروب Escape Velocity: هـي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسـار 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 قليلًا من السـيليكا، ويتكون في غالبيته من البلاجيوكليـز والبيروكسـين، وهو مثل الجابرو، ولونه غامق.

الصخر الجرانيتي granitic rock: صخـر فاتح اللون ومحتواه من السيليكا مرتفع، ويتكون في غالبيته من الكوارتز والفلسبار البوتاسي البلاجيوكليزي.

الصخور الجوفية (المتداخلة) intrusive rocks: صخور نارية خشنة الحبيبات، تتكون عندما يبرد المصهور الصخري ويتبلور ببطء داخل القشرة الأرضية.

الصخـور الرسوبيـة الفتاتـية clastic sedimentary rocks: أكثر أنواع الصخور الرسـوبية شـهرة، تتشـكل من تصخر الرسوبيات الفتاتية المفككة، وتتراكم على سطح الأرض، وتصنّف وفقًا لأحجام حبيباتها.

الصخـور الرسوبية الكيميائيـة Chemical sedimentary rocks: تتكون بفعل ترسـب المـواد الذائبة في المسطحات المائية عندما يزيد تركيزها على حد الإشباع، ومن أمثلتها الجبس.

الصخـور الرسـوبية الكيميائيـة الحيويـة 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.

مسرد المصطلحات

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.

الصفيحة الأرضية Tectonic plate: قطعة ضخمة من قشرة الأرض وأعلى الستار تغطي سطح الأرض، وتنطبق الصفائح معًا 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 80000 km تقريبًا، وتحتوي على أحدث البراكين الخامدة.

(ع)

عنق البركان Vent: أنبوب في القشرة الأرضية، تتدفق اللابة من خلاله وتثور على سطح الأرض.

علم الفلك Astronomy: العلم المعني بدراسة الأجرام السماوية.

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 والمهمات الفضائية.

عمر الكون The Age of the universe: هو الزمن المنقض منذ وقوع الانفجار العظيم.

العمالقة الحمراء Red Giant: نجوم ذات حجم هائل بقطر أكبر من الشمس ب 15–45 مرة.

(غ)

غير المتورقة nonfoliated: صخور متحولة مكونة أساسًا من معادن ذات بلورات كتلية الشكل منها الكوارتزيت والرخام.

(ف)

الفتات clasts: قطع الصخر أو المعدن المتكسرة والمتحللة بفعل التجوية والتعرية، وتصنف تبعًا لأحجامها وأشكالها.

الفجوة 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

(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 رختر.

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 القزم 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 جدًّا.

(ل)

اللابة 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 غيرعضوية، لها مكونات كيميائية معيَّنة، وبناء بلوري محدد.

المغناطيسية القديمة Paleomagnetism: سِجلّ مغناطيسي للأرض موثق في الصخور باستعمال بيانات جُمعت من معادن حاملة للحديد فيها؛ إذ تسجل هذه المعادن اتجاه المجال المغناطيسي للأرض وقت تشكلها.

المقذوفات البركانية الصلبة Tephra: شظايا من الصخور قذفت في الهواء في أثناء الثوران البركاني وسقطت على الأرض، وتُصنَّف بحسب حجمها.

مسرد المصطلحات

مقياس رختر Richter scale: نظـام تصنيف عددي يسـتعمل لقياس مقدار الطاقة المتحررة في أثناء وقوع زلزال.

مقياس الزلزال Seismometer: جهاز حساس يتم الكشف به عن الاهتـزازات الناجمة عن الأمواج الزلزالية.

مقياس العزم الزلزالي Moment magnitude scale: مقيـاس لقياس قوة الزلـزال، اعتمادًا على حجم الكسر في الصدع، وصلابـة الصخور، ومقدار الحركة على طول الصدع.

مقياس ميركالي المعدّل Modified Mercalli scale: مقياس لشدة الزلزال، يتراوح بين 1 و 12، حيث تزداد الأضرار الناجمة عن الزلزال كلما زاد العدد.

الكسر 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 بمشـهد عظيم قاذفًا جميع عناصره إلى الفضاء.

المجرة Galaxy : مجموعات هائلـة من النجوم والغاز والغبار المرتبطة ببعضها بفعل الجاذبية.

المركبات الفضائية Spacecraft : هـي 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.

مركبة الفضاء المأهولة Manned Space Vehicles: مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعـودون 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: مـادة معدنيـة (لاحمة) تتواجد بين حبيبات الصخور الرسوبية فتسـاعد على التحامها مع بعضها البعض، مثل السيليكون أو الكالسيت أو أكسيد الحديد.

(ن)

النسيج texture: حجم البلورات أو الحبيبات التي يتكون منها الصخر وشكلها وتوزيعها.

النسيج البورفيري Porphyritic texture: نسيج صخور يتميز بوجود بلورات كبيرة واضحة المعالم تحيط بها بلورات صغيرة من المعدن نفسـه أو من معادن مختلفة.

النسيج الفقاعي vesicular texture: المظهر الإسفنجي للصخر؛ وينتج عن خروج الغازات من اللابة.

النشاط البركاني Volcanism: جميع العمليات المرتبطة مع تفريـغ الصهارة والماء السـاخن والبخار من باطن الأرض.

نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory: فـي لحظة معينة منـذ ما يقارب مـن أربعة عشر مليار سـنة كانت المادة والطاقـة الموجودة مركزة في منطقة حجمها متناهٍ فـي الصغر وجميع قوى الطبيعة متحدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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 النيترونية Neutron Stars: نجوم كثيفة جدًا يبلغ قطرهـا المتبقي حوالـي 16 كيلومتر فقط، وتدور بسرعة 20–50 مرة في الثانية حول نفسها.

(و)

الوزن النوعي specific gravity: النسـبة بين كتلة المادة إلى كتلة حجمها من الماء في درجة حرارة 4°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 السيليكا) tetrahedron: جسم هندسـي صلب محاط بأربعة أوجه من مثلثات متساوية الأضلاع على شكل هرم.

مسرد المصطلحات

الجزء الثاني (1-2)

قائمة المحتويات

الفصل 1

المجموعة الشمسية 258
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 284
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 302
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 328
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









وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

قائمة المحتويات

الفصل 5

الطاقة ومصادرها 364

5–1: النفط والغاز وأماكن وجودهما 366

5–2: طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصها 374

5–3: أنواع الطاقة المتجددة 378

5–4: الطاقة النووية 385

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 ... 398

6–1: صخور المملكة العربية السعودية 400

6–2: الصفيحة العربية وتكويناتها 408

6–3: المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية ... 415

جبال طويق 423

مختبر الجيولوجيا 424

دليل مراجعة الفصل 425

تقويم الفصل 426

اختبار مقنن 428

مرجعيات الطالب

صفات المعادن ذات البريق الفلزي 432

صفات المعادن ذات البريق اللافلزي 433

خواص الصخور 434

سلم الزمن الجيولوجي 435

المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية 436

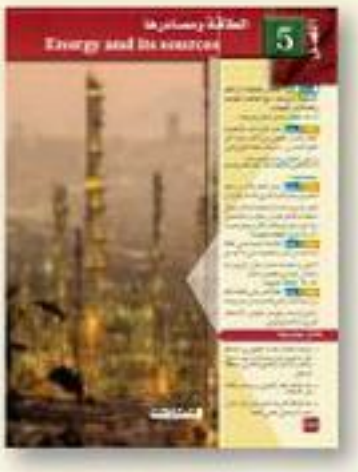
خريطة ظهور المحيطات 438

حدود الصفائح 440

جيولوجية شبه الجزيرة العربية 442

الحرات في المملكة العربية السعودية 444

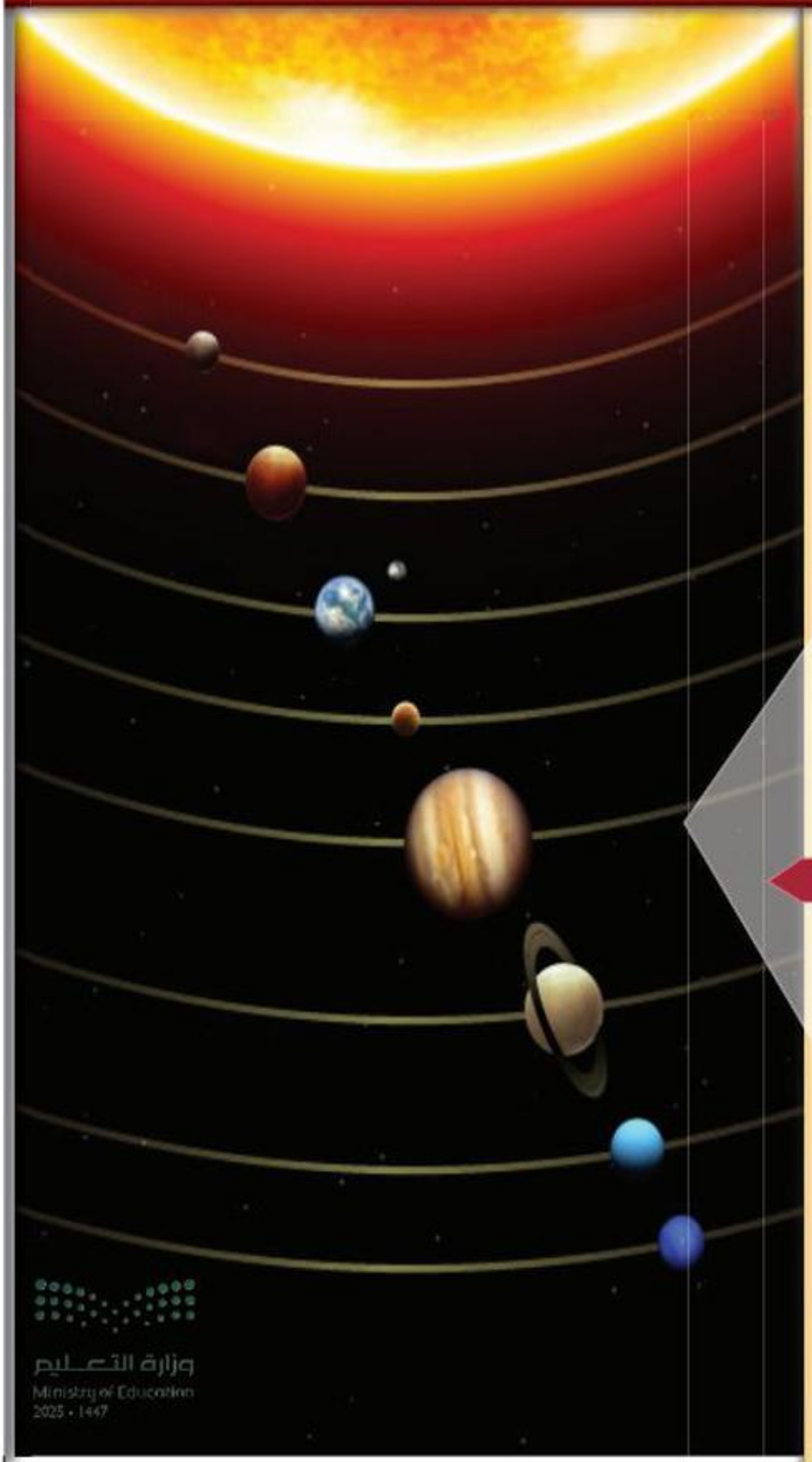
المصطلحات 448





الفصل 1

المجموعة الشمسية
The Solar System



الفكرة العامة تدور معظم أجرام النظام الشمسي حول الشمس في مدارات شبه دائرية في نفس المستوى تقريبًا.

1-1 الكواكب الداخلية

الفكرة الرئيسة تتشابه الكواكب الداخلية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الصخري وحجمها الصغير وقلة توابعها.

1-2 الكواكب الخارجية والأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي

الفكرة الرئيسة 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

تجربة استهلالية

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 مسارًا بيضاويًا مستقلًا حول الشمس.



الخطوات

الأدوات: كرة حديدية بخطاف – ثقل 0.5 كجم

خيط قوي – أنبوب بلاستيكي بطول 10 سم.

1. قص خيطًا 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.

المطويات
منظمات الأفكار

اصنع المطوية الآتية لتقارن بين الكواكب الداخلية والخارجية.



الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طوليًا بمقدار 3 سم ثم اضغط على الجزء المطوي إلى أعلى.



الخطوة 2 اثن الورقة إلى جزئيين متساويين.



الخطوة 3 ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل جيبين وعنونها بأنواع الكواكب: الداخلية والخارجية.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 1–1 و1–2 لتتعرف على خصائص كل نوع كالبنية والحجم و عدد التوابع.

رابط الدرس الرقمي
www.jen.edu.sa

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 الرئيسة **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 سمائنا 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.

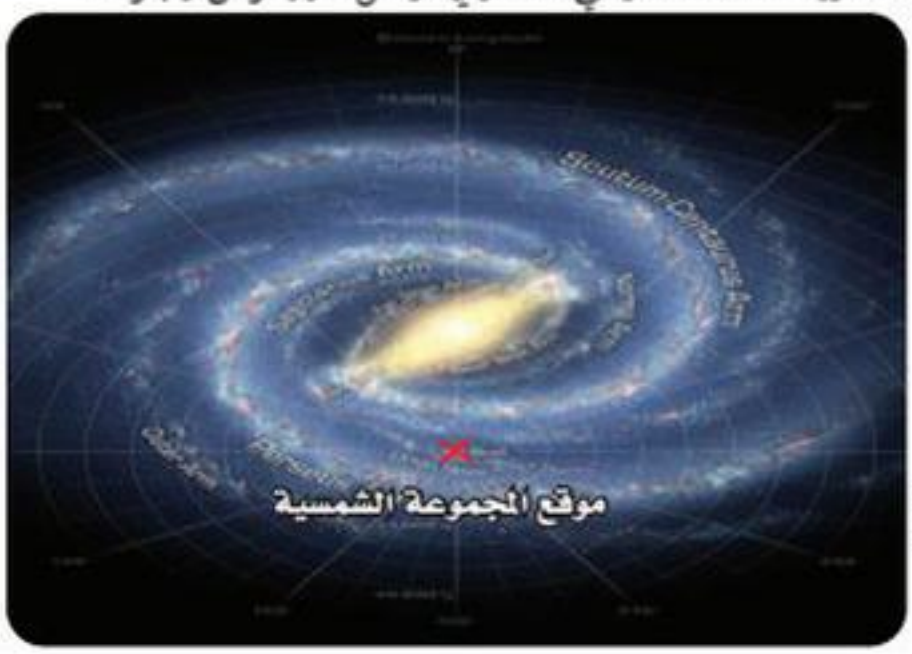
المجموعة الشمسية The Solar System

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 ب 4.6 مليار سنة، وترتبط بعضا 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 تقريبًا 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.



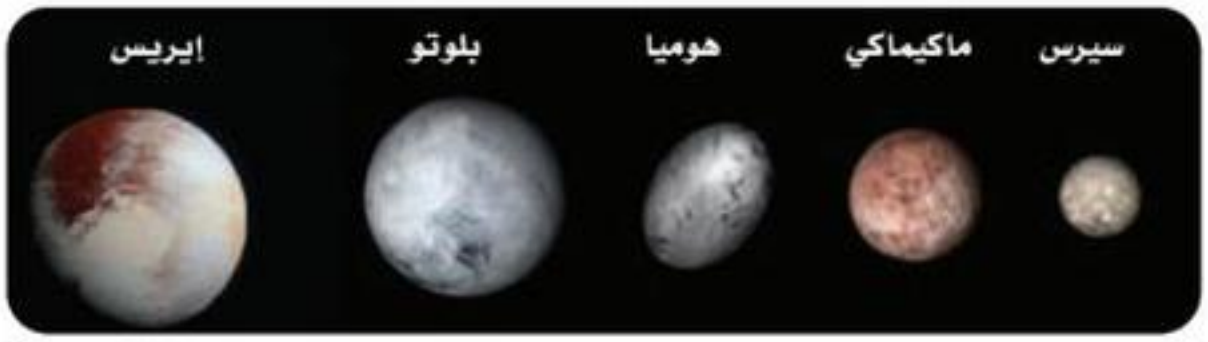
الشكل 1–1 صورة افتراضية لموقع المجموعة الشمسية في أحد أذرع مجرة درب التبانة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

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 يستوفِ بلوتو الشرط الثالث، حيث إن مداره مشترك مع كوكب نبتون؛ لذا تم إسقاطه من التصنيف، وصنف **بالكوكب القزم Dwarf Planets**، والكواكب القزمة **الشكل 2–1** 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.

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)

$$t = \frac{d}{v} \qquad (1)$$

حيث إن d هي المسافة، وv هي سرعة الضوء 3×10^{8} m /s.

$$t = \frac{1.5\text{x}10^{11}\text{ m}}{3\text{x}10^{8}\text{ m/s}} = 500\text{ s} \qquad (2)$$

IAU

(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.

ويمكن تحويل الثانية إلى دقائق بالقسمة على 60

$$t = \frac{500}{60} = 8.3 \text{ min} \qquad (3)$$

أي إن ضـوء الشـمس يسـتغرق 8 دقائـق و20 ثانيـة للوصـول إلى الأرض. وتختلف مدة وصول أشـعة الشـمس للكوكب بحسـب بعده عن الشمس **الشكل 3–1** يوضح ترتيب الكواكب.



الشكل 3–1 ترتيب كواكب المجموعة الشمسية (لا تمثل الأبعاد الحقيقية).

الكواكب الداخلية The inner planets

الكواكب الداخليـة Inner planets هي كواكب صخرية، تتشـابه في التركيب مع كوكب الأرض (لب من الحديد والنيكل، وستار، وقشرة)، تشترك في بعـض الخصائص، فهي كواكب تدور ببطء، ولا توجد حولها حلقات، ولها عدد قليل من الأقمار كما أنها صغـيرة 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 نفسـه ببطء، كما يدور حول الشمس بسرعة عالية بسبب تأثير جاذبية الشمس عليه.

التركيب

يحوي عطارد على نواة من الحديد كبيرة نسبيًا حوالي 85% من قطر الكوكب؛ مما يولد مجالًا مغناطيسـيًا، لكنه أقل 100 مرة من المجال المغناطيسي للأرض، ويحوي أيضًا على ستار وقشرة.

الغلاف الجوي

يمتلك عطارد غلاف جوي رقيق وضعيف للغاية، ويتكون من الأوكسجين (42%) والصوديوم (29%) والهيدروجـين (22%) والهيليوم (6%) مع (1%) خليط من العناصر الأخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

الحرارة

درجات الحرارة على سطح عطارد شديدة الحرارة وشديدة البرودة، إذ تصل درجة الحرارة إلى 430 °C نهارًا و 180- ليلًا.

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 روبس (Carnegie Rupes) **الشكل 4–1**، كما أثبتت البعثات الاستكشافية أيضًا وجود جليد مائي في قطبي عطارد.



الشكل 4–1 صورة للجزء المركزي من منحدر كارنيجي روبيس Carnegie Rupes وهو شكل أرضي تكتوني كبير يخترق فوهة دوتيشو.

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.

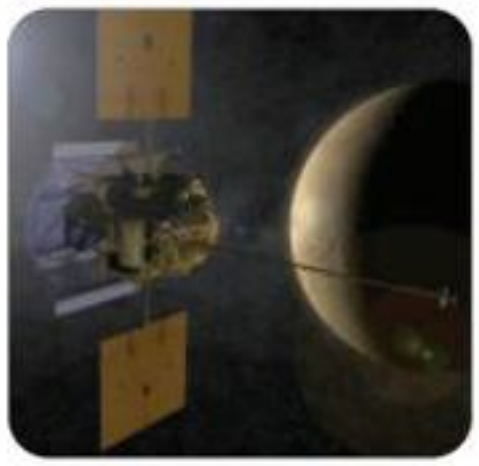
الأقمار: لا يوجد.

الحلقات: لا يوجد.



مهمات استكشافية لكوكب عطارد

- في عام 1973 أُرسلت 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.
- في عام 2004، بعد مرور 30 عامًا أُرسلت 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 والعثور على دليل يشير إلى وجود جليد مائي في قطبي عطارد.
- في عام 2018 وبتعاون وكالة استكشاف الفضاء اليابانية ووكالة الفضاء الأوروبية أُطلقت BepiColombo التي ستصل إلى عطارد في عام 2025 بهدف دراسة التركيب الداخلي للكوكب وسطحه.



الشكل 5–1 صورة لمركبة ميسنجر.

الزهرة Venus

ألمع جرم في سمائنا بعد الشمس والقمر؛ لانعكاسيته العالية الناتجة عن غلافهِ الجوي السميك ، وثاني كواكب المجموعة الشمسية وأكثرها تشابهًا 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

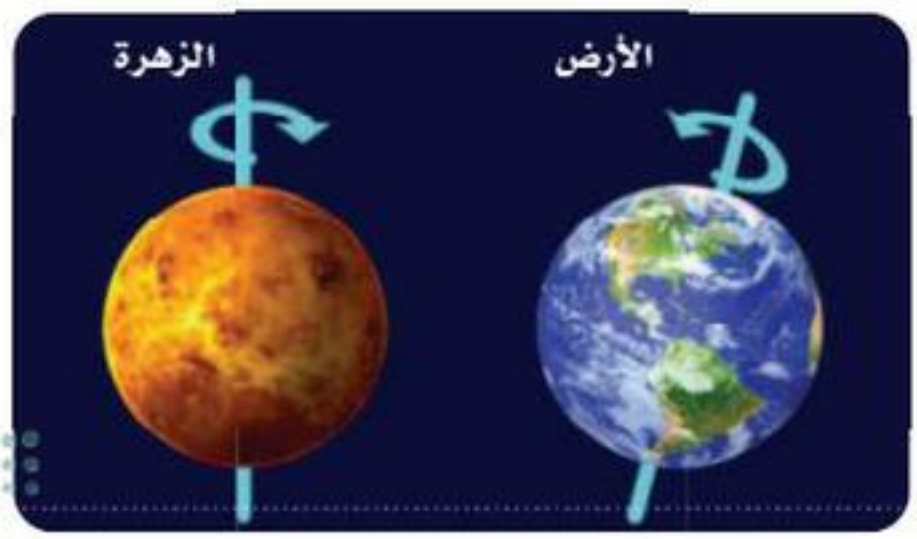
يتكون الغلاف الجوي في الزهرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بنسبة 97% تقريبًا مع حوالي 3% من النيتروجين (N_2) وقليل من الغازات الأخرى.

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 مستوٍ نسبيًا مع وجود أراضي مرتفعة وسلاسل جبال شاهقة، و بينت 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.



الشكل 6–1 الدوران التراجعي لكوكب الزهرة مقارنة بدوران كوكب الأرض.

الربط مع البيئة

تحجز الغازات الموجودة في الغلاف الجوي أشعة الشمس، وهذا ما يسمى بتأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)، وتسمى الغازات التي تحجز الحرارة غازات الدفيئة. ويعد ثاني أكسيد الكربون CO2 أهم هذه الغازات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445



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.

مهمات استكشافية لكوكب الزهرة

كوكب الزهرة يعد أول كوكب أُرسلت 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 من3 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 عام1967 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 الأوربية 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 و مناخها 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.

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.

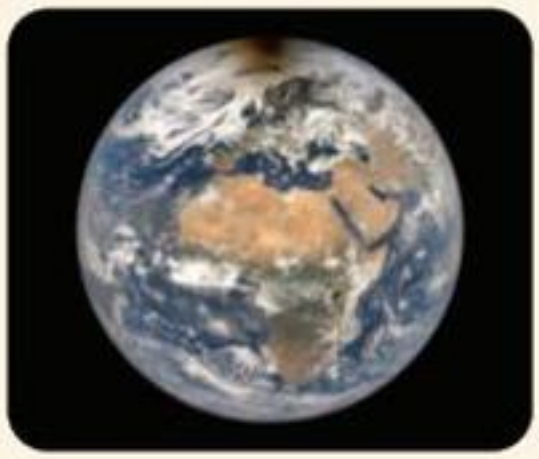
التحليل

1. ماذا تلاحظ .
2. ما سبب ارتفاع درجة الحرارة داخل الإناء.
3. هل للون الإناء الشفاف دور مهم في التحكم بدرجة الحرارة داخل الإناء؟
4. قارن بين ارتفاع درجة الحرارة الإناء وبين درجة حرارة كوكب الزهرة.

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 الكوكب الخارجي فيبدو الأخير وكأنه يتراجع عن الأرض وتكون أوضح

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

في كوكب المريخ بسبب سرعة تغير موقعه مقارنة بالكواكب الأبعد **الشكل 7–1** و**الشكل 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°C – .

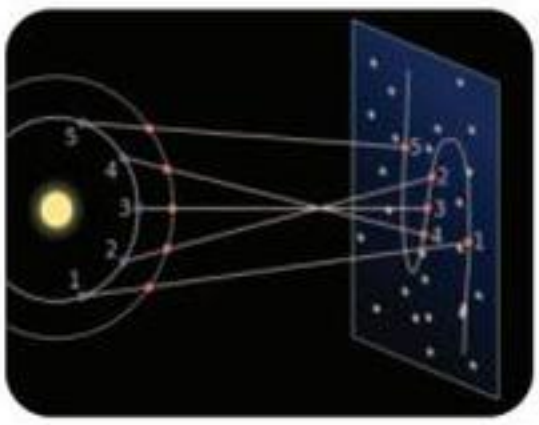
السطح والتضاريس

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 تقريبًا، 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 كيلومترًا وعمقه 7 كيلومترات.



الشكل 7–1 حركة تراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.



الشكل 8–1 مراقبة ورصد الحركة التراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.

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

تاريخيًا، 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.



الشكل 9–1 صورة لمركبة هبوط مهمة Tianwen–1

- في عام 1962 أُرسلت أول المركبات الفضائية (مارينر 2 – Mariner 2) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) التي تمكنت من التحليق بالقرب من المريخ.
- في عام 1975 أُرسلت 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–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 (كيوريستي –Curiosity) و(إنسايت– InSigh) و(مارس أوديسي– Mars Odyssey) و (مافين –MAVEN) كما شاركت وكالة الفضاء الأوروبية في مهمات للوصول إلى الكوكب الأحمر، منها: مركبة (Mars Express Orbiter).

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 وتساوي150 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). وتشترك في بعض الخصائص.

فهم الأفكار الرئيسة

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 و لا يصنف ككوكب؟

التفكير الناقد

4. كوكب عطارد شديد البرودة ليلًا وتصل درجة حرارته إلى 180° تحت الصفر. اذكر سبب وصوله إلى هذه الدرجة المنخفضة مع أنه أقرب الأجرام إلى الشمس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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 و المذنبات.

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 الرئيسة تتشابه 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 تُساوي 2.5 ضعف جاذبية كوكب الأرض، وتمكّنت جاذبيته من تفتيت أحد المُذنّبات 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: آيو (Io)، أوروبا (Europa)، جانيميد (Ganymede)، كاليستو (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 والهليوم، ولايزال غير معروف إذا كان يتكون من لب داخلي. مع زيادة الضغط والحرارة أسفل الغلاف الجوي، يتحول الهيدروجين الى هيدروجين سائل.

الغلاف الجوي

الغلاف الجوي للمشتري يتألف من نسبة كبيرة من غاز الهيدروجين (82%)



الشكل 10–1 صوره 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 ويكوّن اللون الأحمر المميز لها.

أما بالنسبة لمجاله المغناطيسي، فلدى المشترى مجال مغناطيسي قوي جدًا بسبب دورانه السريع حول محوره.

الحرارة

متوسط الحرارة في المشتري 110°C-.

تجربة عملية

الطبقات الشمسية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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.



مهمات استكشافية لكوكب المشتري

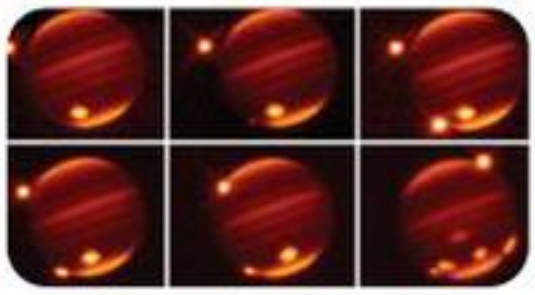
تمت زيارة كوكب المشتري من قبل مركبات فضائية في طريقها إلى النظام الشمسي الخارجي ومركبات خاصة أرسلت لدراسته.

- في عام 1973 مرت مركبة (بايونير 10-Pioneers 10) ومركبة (بايونير 11-Pioneers 11) بقرب كوكب المشتري ودرست مجاله المغناطيسي وغلافه الجوي.
- في عام 1979 اكتشفت مركبة (فويجر 1-Voyager 1) ومركبة (فويجر 2-Voyager 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

زحل Saturn

سادس كواكب المجموعة الشمسية وثاني أكبر الكواكب بعد المشتري، وهو أكبر من كوكب الأرض ب 9 مرات، يتميز كوكب زحل بحلقاته الواضحة والتي تتكون مـن مليارات القطع من الجليد والصخور والغبـار بأقطار صغيرة جدًا، تتراوح بين السنتيمترات إلى عدة أمتار.

لدى زحل 146 قمرًا، أكبر أقماره تيتان، ثاني أكبر أقمار المجموعة الشمسية، وهو القمـر الوحيد الذي لديه غلاف جوي مما جعله محط أنظار العلماء لإرسـال المهمات الفضائية إليه.

التركيب

بينت الدراسـات الفلكية بـأن زحل يتكون من لب صخـري محاط بمواد صخرية ومركبات أخرى صلبة مغلفة بطبقة من الهيدروجين السائل.

الغلاف الجوي

يتكون معظم زحـل من الهيدروجـين والهيليوم مثل كوكب المشـتري مع مكونات ثانوية مثل الماء والأمونيا والميثان. تغطي الغيوم والسحب كوكب زحل وتظهر على شـكل خطوط باهتة بدرجات الأصفر والبني والرمادي، كما يظهر على غلافه عواصف وتيارات نفاثة.

لدى زحل مجال مغناطيـسي قوي، وهوأقوى بمقـدار 578 مرة من المجال المغناطيسي للأرض.

الحرارة

متوسط درجة الحرارة في زحل 140°C−.

تجربة عملية

رؤية زحل من خلف الحلقات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 قمرًا.

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).

- في عـام 1980 مرت بالقـرب منه مركـبة (فـويجـر 1–1 Voyager) ومركبة (فويجـر 2–2 Voyager).
- في عام 2004 وصلت مركبة (كاسيني– Cassini) إلى مدار زحل وقامت بدراسته لمدة 13 عامًا، وحملت مسبار (هيغنز– 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 القـــرن 16 من قبل عالم الفلك ويليام هيرشـــل الـــذي كان يعتقد انه مذنب ،ما يميز كوكب أورانوس أن محوره يميل في زاوية 90° درجة لذا تشرق الشـــمس وتغرب فوق كل قطب ويعتقد أن سبب ميل محوره هـــو تصادمه مع جرم بحجم كوكـــب الأرض. يتشـــارك كوكب أورانوس مـــع كوكب الزهـــرة في الدوران التراجعي، ويدور مع عقارب الســـاعة.

يحيط بكوكب أورانـــوس 13 حلقة خافتة تصنـــف ب 9 حلقات داخلية و4 حلقات خارجية.

التركيب

صنف أورانوس بأنه عمـــلاق جليدي، معظم كتلته (80% أو أكثر) عبارة عن سائل كثيف ساخن من المواد الجليدية – الماء والميثان والأمونيا – فوق لب صخري صغير.

الغلاف الجوي

يشـــكل الهيدروجين والهيليوم الغلاف الجوي مع 2% ميثان وهو المسؤول عن اللـــون الأخضر والأزرق للكوكب، حيث يمتص الميثـــان النطاق الأحمر من ضوء الشمس مما يؤدي إلى ظهور اللون الأزرق والأخضر.

الحرارة

متوسط درجة الحرارة في أورانوس $-195^{\circ}C$.

إثراء

وليام هرشل مكتشف أورانوس

ولد وليام هرشـــل في عـــام 1738 م ،وهو فلكي بريطاني كان رائدًا في رصد الأجرام السماوية، واكتشف كوكـــب أورانوس الذي كان يظنه في أول الأمر أنه أحد المذنبات، ثم أعاد رصده وأكد أنه كوكب جديد يضاف إلى الكواكب الســـت التي عرفها الإنسان على مدى قرون مضـــت.

حقائق عن كوكب أورانوس:

نصف القطر: 25362 كم.

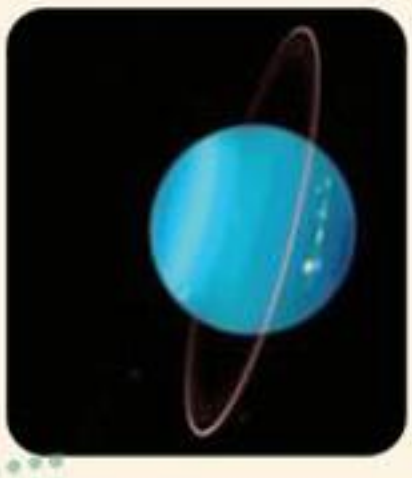
بعده عن الشمس: 19.8 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه : 17.14 ساعة.

مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 84 سنة أرضية.

الأقمار: 27 قمرًا.

الحلقات: 13 حلقة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

مهمات 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– 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°C–.

حقائق عن كوكب نبتون:

نصف القطر: 24622 كم.

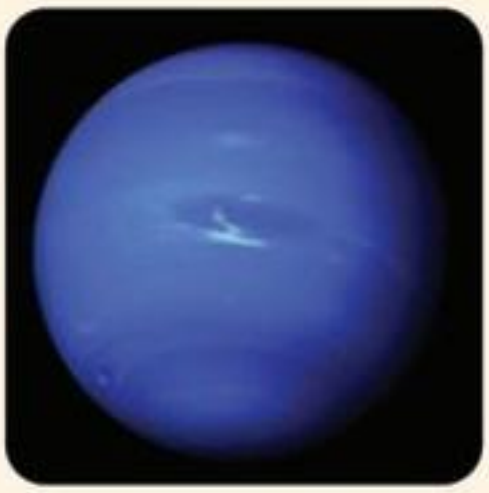
بعده عن الشمس: 30 وحدة فلكية.

مدة دورانه حول نفسه : 15.58ساعة.

مدة دورانه حول الشمس : يكمل دورة كاملة في164.79 سنة أرضية.

الأقمار: 14 قمرًا.

الحلقات: 9 حلقات.



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 تتجه 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 المبني على الهيدروجين؛ للإسهام في تحقيق مصالح ذات أهمية استراتيجية للمملكة العربية السعودية حاليًا و مستقبلاً.



الشكل 12 – 1 صورة لكويكب إيروس.



الشكل 11 – 1 موقع حزام الكويكبات.



الشكل 13 – 1 نيزك عثر عليه في صحراء الربع الخالي ويعرض في المتحف الوطني السعودي.

إثراء

يمكنك الرجوع للمتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: النيزك.



الشكل 14 – 1 صورة لفوهة ناتجة عن ارتطام نيزك في ولاية أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية.

مهمات 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 – Voyager 2) 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 و من أشهر الأمثلة عليها كويكب فيستا وكويكب سيريس.

الشهب و النيازك Meteors and Meteorites

ومن الأجرام التي يمكن أن تشكل خطرًا على الكواكب هي **النيازك Meteorites**، وهي جرم صخري ذو حجم صغير الشكل 13 – 1، يكون



الشكل 15 – 1 شهب الأسديات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 16–1 نيزك حديدي.
المصدر: وكالة ناسا.



الشكل 17–1 نيزك صخري– حديدي.



الشكل 18–1 نيزك صخري.
المصدر: وكالة ناسا.

مصدره المذنبات أو الكويكبات، تخترق الغلاف الجوي للكواكب وتسقط على السطح محدثة فوهة **الشكل 14–1**، وعندما يحترق هذا الجرم في الغلاف الجوي قبل أن يصل إلى الأرض يسمى **شهابًا Meteor** ويكون ذيل طويل نتيجة الاحتراق، وتسمى الشهب باسم الكوكبة السماوية التي تهطل من اتجاهها كشهب الأسديات **الشكل 15–1**.

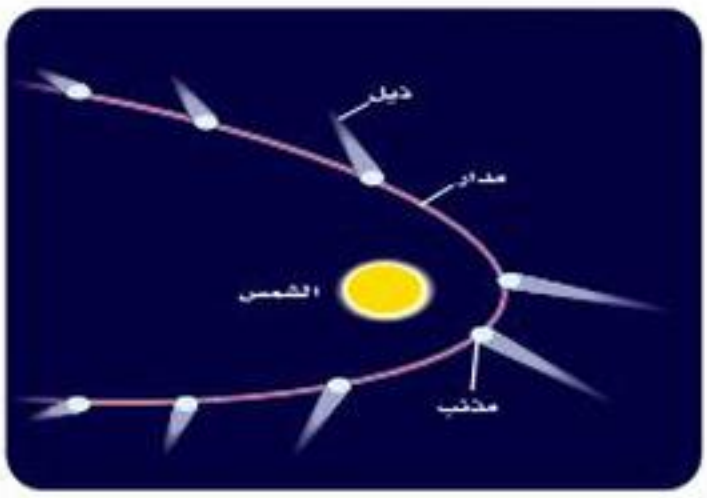
و يمكن تصنيف الحجارة النيزكية تبعًا لتركيبها إلى ثلاثة أنواع:

- نيزكية حديدية: وتتألف من الحديد بنسبة 90% والنيكل **الشكل 16–1**.
- نيزكية صخرية – حديدية: وتتألف من الحديد والنيكل والسيلكات بنسب متساوية لكل منهم **الشكل 17–1**.
- نيزكية صخرية: وتحتوي على نسبة عالية من السيلكات و 10% منها حديد ونيكل **الشكل 18–1**.

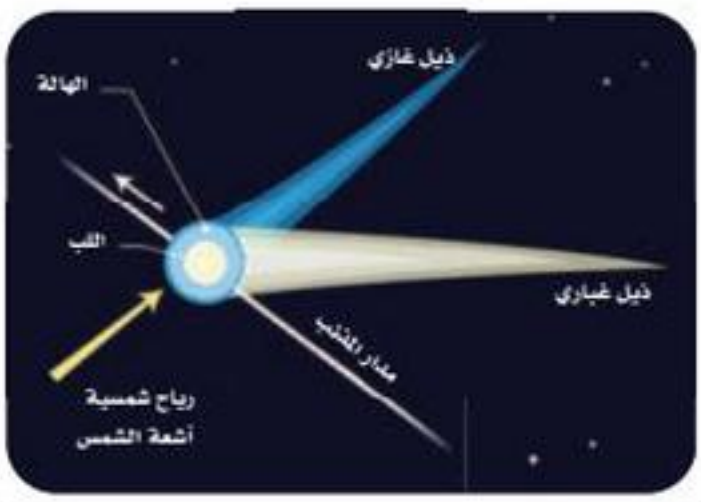
و النيازك الحديدية أكثر وفرة من النيازك الصخرية؛ وذلك حسب ما تم جمعه منها على سطح الأرض.

المذنبات Comets

أيضًا 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 بعيدًا عن الشمس **الشكل 19–1** يمتد ذيل المذنب من مئات آلاف الكيلومترات الى مئات الملايين يوضح **الشكل 20–1** تركيب المذنب.



الشكل 19–1 مدار المذنبات واتجاه ذيل المذنب عند اقترابه من الشمس.



الشكل 20–1 تركيب المذنبات.

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 21–1 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 21–1 مدار المذنبات قصيرة المدى وطويلة المدى.
المصدر: وكالة ناسا.

إثراء
مذنب هالي في التاريخ الإسلامي

رغم أن الفضل يعود إلى إدموند هالي في اكتشاف مذنب هالي الذي يظهر كل 76 سنة تقريبًا، إلا أنه ليس أول من رصده، فالتراث الإسلامي مثلاً يزخر 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 يُرى نحو أربعين ليلة وكان أول ما طلع من المغرب، ثم شوهد نحو المشرق وكان أبيضا طويلاً فهال الناس وعظم أمره عليهم». وتتحدث الأخبار عن رعب جماعي أصاب الناس في ذلك الوقت اعتقادًا منهم أن كوكبًا غريبًا سيسقط على الأرض، وحين اختفى عن الأنظار بقي في ذاكرة الناس؛ لدرجة أن أبا تمام ذكره في قصيدته المشهورة «السيف أصدق إنباء من الكتب».



وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

مختبر تحليل البيانات

التحليل

حدد أي العوامل الواردة أمامك الذي يؤثر بشكل مباشر في تقليل عمر المذنب أثناء دورته حول الشمس ولماذا؟

المذنب	دورته yr	البعد الحضيضي AU
إنكي	3.3	0.33
يعقوبيني- زينر	6.6	1.03
ولف	8.2	2.41
تيمبل - تتل	33.2	0.98
هالي	76	0.59

التفكير الناقد

هذه المذنبات قصيرة الدورة بعضها يتفتت جزء من كتلته مع كل اقتراب له من الشمس، ولكن عندما يبتعد يحافظ عليها مجددًا، ويريد العلماء معرفة أي المذنبات التالية يستطيع البقاء لمدة أطول لعدة سنوات قبل أن يتحطم بالقرب منها في النهاية.

التقويم 2-1

الخلاصة

- 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، تخترق الغلاف الجوي للكواكب وتسقط على السطح محدثة فوهة.
- تصنيف الحجارة النيزكية تبعًا 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 شهابًا.

فهم الأفكار الرئيسة

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 و بقية أقمار النظام الشمسي في أغلفتها الغازية.

التفكير الناقد

4. كيف يتحقق العلماء من مصدر الشهب كونها صادرة عن مذنب أو كويكب؟

الكتابة في علوم الفضاء

5. 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 ؟

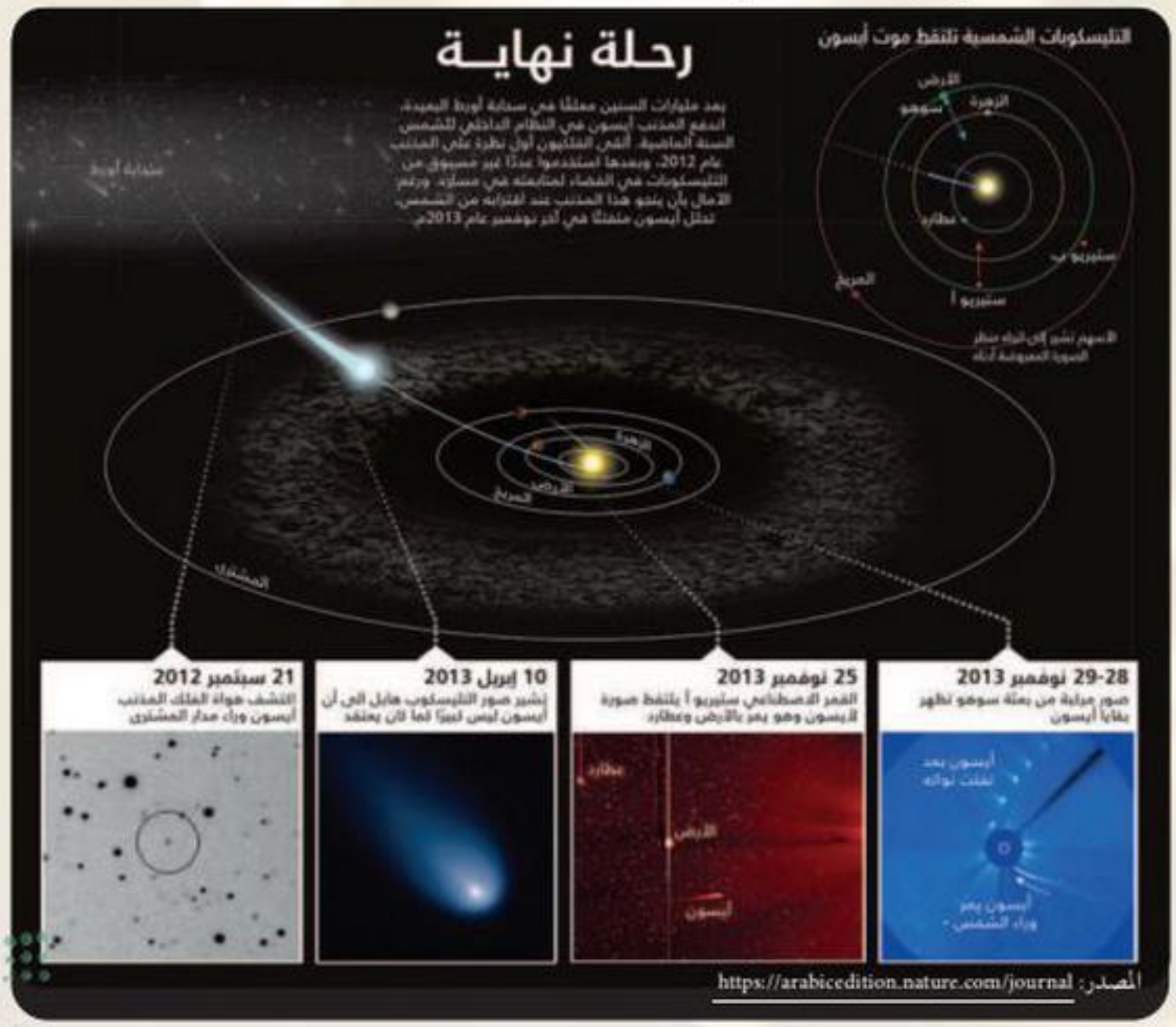
ما مصير مذنبات كروتز

مذنبات كروتز

ظلَّ 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، مبينًا أن مُذَنَّب (1680) الهائل قد انتقل وفق قوانين الجاذبية التي وضعها. لكنه لم يكن في عصر الأقمار الاصطناعية حيث يمكن للناس مشاهدة الأجرام والمُذَنَّبات التي تدور بالقرب من الشمس عن كثب.

يكتشف هواة علم الفلك معظم الأجرام والمُذَنَّبات التي تدور بالقرب من الشمس قبل أيام قليلة من مرورها عبر غلاف الشمس، وذلك بغربلة الصور الملتقَطة عن طريق المركبة الفضائية للرصد الشمسي والغلاف الشمسي- سوهو- والبحث فيها. فالمسبار الشمسي الذي انطلق في عام 1995 يحدق في الشمس عن طريق مجموعة من ثلاثة رواسم للإكليل الشمسي التي تحجب قرص الشمس المركزي، مما يسمح للفلكيين برؤية تفاصيل غلافها الخارجي الوهّاج وما حوله.

وغالبية الأجرام والمُذَنَّبات التي تدور بالقرب من الشمس تنتمي إلى عائلة (كروتز) من المُذَنَّبات، التي سُميت تَيَمُّنًا بهينريش كروتز وهو عالِم فلكي عاش في القرن التاسع عشر، وقام بحساب كثير من مداراتها. ربما ترجع أصول مُذَنَّبات كروتز إلى مُذَنَّب واحد تحطَّم 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 جدًّا.



المصدر: https://arabicedition.nature.com/journal

مختبر الفضاء

حركة المذنبات حول الشمس

خلفية علمية سنقوم خلال هذه التجربة بتصنيع نموذج لمذنب في المعمل 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.

خطوات العمل

1. سكب كمية من الثلج في وعاء بلاستيكي.
2. إضافة الرمل للوعاء.
3. خلط المكونات مع بعضها بيديك بعد لبس القفازات.
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).

الحالة الحرارية	الملاحظات على المخلوط	موقع المذنب من الشمس	اتجاه الذيل الغازي وطوله	اتجاه الذيل الغباري وطوله

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تدور معظم أجرام النظام الشمسي حول الشمس في مدارات شبه دائرية في نفس المستوى تقريبًا.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 الكواكب الداخلية	
الكواكب القزمة الوحدة الفلكية الكواكب الداخلية دوران تراجعي الحركة التراجعية	**الفكرة الرئيسة** تتشابه الكواكب الداخلية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الصخري وحجمها الصغير وقلة توابعها. يمكن للجرم السماوي أن يسمى كوكبًا إذا حقق الآتي: • جرم سماوي يدور حول الشمس. • له كتلة كافية لخلق جاذبيته الذاتية. • خلو محيطه ومداره من أجرام أخرى أكبر حجمًا منه. ولحساب مدة وصول ضوء الشمس إلى الكوكب: $t = \frac{d}{v}$ حيث إن d هي المسافة، وv هي سرعة الضوء 300.000كم / الثانية. **الكواكب الداخلية هي:** عطارد– الزهرة – الأرض – المريخ.
2–1 الكواكب الخارجية والأجرام الأخرى في نظامنا الشمسي	
الكواكب الخارجية الكويكبات النيازك الشهب المذنبات حزام كويبر سحابة أورت	**الفكرة الرئيسة** تتشابه الكواكب الخارجية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الغازي وحجمها الكبير ووفرة توابعها. **الكواكب الخارجية هي:** المشتري – زحل – أورانوس – نبتون. **أجرام أخرى في النظام الشمسي:** • الكويكبات. • الشهب والنيازك. • المذنبات ذات المدارات القصيرة التي تستغرق أقل من 200 عامًا للدوران حول الشمس وتتشكل في حزام كويبر. • المذنبات ذات المدارات الطويلة التي تستغرق 200 مليون عام للدوران حول الشمس وتتشكل في سحابة أورت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

1 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

المفاهيم:

1. جرم ســماوي ذو قطر صغير يدور حول الشــمس بمدارات مشتركة مع أجرام أخرى.....
2. وحدة فلكية تســتخدم لقياس المســافات 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 كلٍ من:

6. الكوكب القزم والكويكب.
7. الحركــة التراجعيــة الدورانية والحركــة الدورانية المدارية الظاهرية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. أي الكواكب هي الأبطأ في الدوران حول محورها؟
9. أي الكواكب هي الأسرع في الدوران حول نفسها؟
10. لمــاذا كوكب نبتون هو الأبطأ في إكــمال دورة كاملة حول الشمس؟
11. ما هو أقرب كوكب إلى الأرض عند لحظة معينة؟
12. كيف نستطيع تحديد الفترة المدارية للمذنب؟
13. لمــاذا يظهر كوكــب أورانــوس باللــون الأخضر والأزرق؟
14. ما الدور المهم الذي يقوم به المشــتري لحماية كوكب الأرض؟

علل ما يلي:

15. لماذا كوكب الزهرة أشــد حرارة من كوكب عطارد على الرغم من قرب عطارد للشمس؟

أسئلة بنائية

الأسئلة الممتدة:

16. **وضح** أسباب عدم اعتبار بلوتو من كواكب المجموعة الشمسية؟
17. **اشرح** ماهــي الفروقــات بين الكواكــب الداخلية والكواكب الخارجية؟
18. **فسر** ســبب ظهور بقعه حمراء ضخمة على كوكب المشتري.
19. **اذكر** الكواكــب التي تدور باتجاه عقرب الســاعة، 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. كــم يســتغرق زمن وصــول ضوء الشــمس لكل الكواكب المذكورة أعلاه؟

تقويم الفصل 1

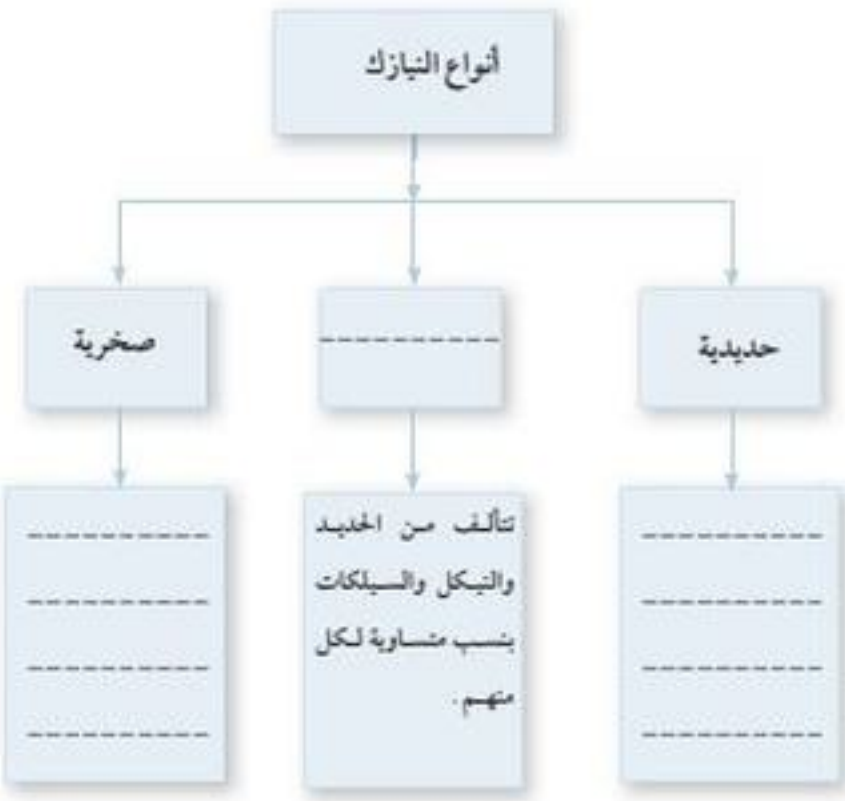
التفكير الناقد

تمكّنت جاذبية المشـــتري من تفتيت أحد المُذنّبات المعروف باسم(شوميكر-ليفي 9) .

21. ما العوامل التي قد تســـاعد كوكب المشتري في جذب المذنبات إليه؟

خريطة مفاهيمية

22. أكمل خريطة المفاهيم:



سؤال تحفيز

23. ما السبب الرئيس في قلة توابع الكواكب الداخلية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

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. جانيميد 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.
7. أكبر أقمار المجموعة الشمسية:
   a. القمر.
   b. جانيميد.
   c. أوربا.
   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 وثاني أكسيد الكربون والنشادر والميثان.

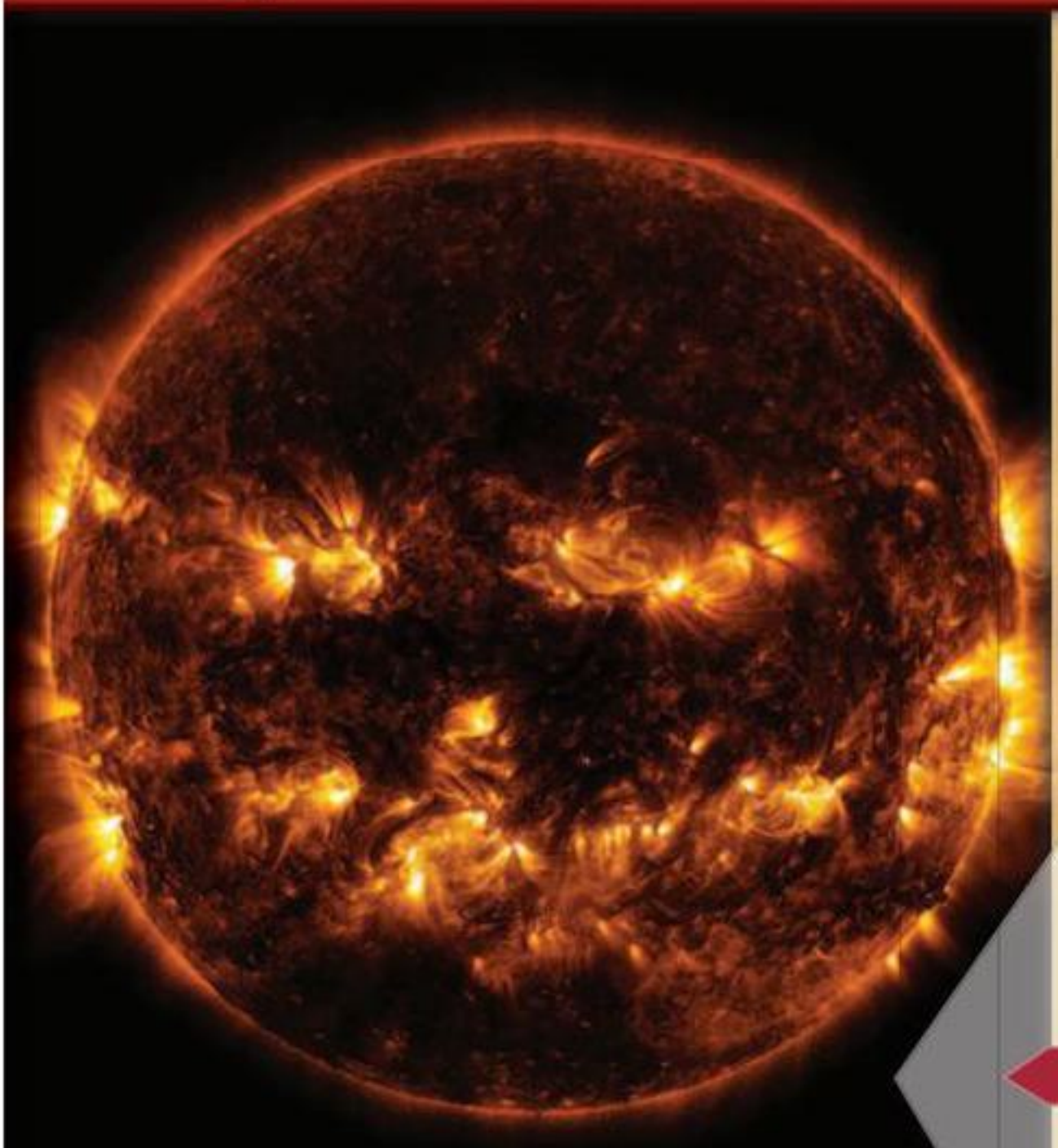
الهالة: تظهر عند اقتراب المذنب من الشمس، حيث تتكون غيمة كروية الشكل من الغازات المتألقة بالضوء نتيجة تبخر الغازات المتجمدة حول اللب بسبب طاقة الشمس.

الذيل: أثناء اندفاع أجزاء من الرأس بعيدًا عن اللب فإنه يتكون ما يسمى بالذيل المتوهج ويتحرك بعكس اتجاه الشمس، و غالبية المذنبات لها ذيلان أحدهما يسمى الذيل الغباري، وهو يتكون من جسيمات الغبار التي تعد شوائب في مادة اللب (كما أشرنا إليه سابقًا)، أما الذيل الآخر فيطلق عليه اسم الذيل الغازي ويتكون من أيونات تتأثر بالرياح الشمسية، وهو يتخذ شكلًا مستقيمًا بسبب قوة المجال المغناطيسي للرياح الشمسية.

10. عدد أنواع الذيول للمذنبات مع ذكر صفات كل ذيل؟
11. ما الذيل في المذنب الذي يتأثر بالرياح الشمسية؟
12. ما سبب ظهور هالة المذنب؟

الفصل 2

البيئة الفضائية
Space Environment



تم الجمع بين المناطق النشطة على الشمس لتبدو وكأنها وجه بتاريخ 8 أكتوبر 2014 تظهر المناطق النشطة أكثر إشراقًا لأن هذه المناطق ينبعث منها المزيد من الضوء والطاقة.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة استهلالية

كيف يتم حماية الأرض من الرياح الشمسية؟

تؤثر الرياح الشمسية المكونة من جسيمات متأينة على أغلفة الكواكب، مما قد يسبب إتلافًا لها لولا وجود مجالات مغناطيسية قوية تكون درعًا واقيًا لبعض الكواكب.



الخطوات

الأدوات: برادة حديد – مغناطيس – ورقتان بمقاس A4.

1. غط المغناطيس بالورقة الأولى.
2. اثن الورقة الثانية وضع عليها البرادة.
3. أمسك الورقة الثانية على بعد 15سم من المغناطيس.
4. انثر برادة الحديد باتجاه المغناطيس المغطى بالورقة الأولى.

التحليل

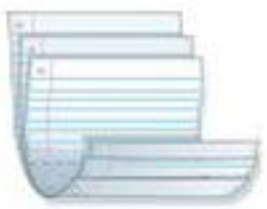
5. ماذا تلاحظ ؟ فسر ما لاحظته؟
6. ما هي العلاقة بين ملاحظتك لأثر المغناطيس ومجال الأرض المغناطيسي؟

المطويات
منظمات الأفكار

اصنع المطوية الآتية لتقارن بين طبقات الشمس.



الخطوة 1 اثن الطرف السفلي للورقة طولياً بمقدار 3 سم ثم اضغط على الجزء المطوي الى أعلى.



الخطوة 2 اثن الورقة الى ستة أجزاء رئيسية متساوية.

الخطوة 3 ألصق الجزء المثني من الورقة من الجوانب لعمل 6 جيوب وعنونها 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 والسمك.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-1

الشمس The Sun

الأهداف

- **يعدد** طبقات الشمس الداخلية.
- **يذكر** سلسلة عمليات الاندماج النووي للشمس.
- **يعدد** 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

ديوتيريوم.

منطقة الإشعاع.

منطقة الحمل الحراري.

الغلاف الضوئي.

الطبقة الملونة.

الإكليل.

الدوران التفاضلي للشمس.

الفكرة الرئيسة **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 ٱلشَّمۡسَ وَٱلۡقَمَرَۖ كُلّٞ يَجۡرِي لِأَجَلٖ مُّسَمّٗى ﴾ 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 مكانيًا وزمانيًا في النشاط الشمسي والغلاف المغناطيسي الأرضي والأيونوسفير، والتي قد تلحق الضرر بالنظم التكنولوجية في الفضاء وعلى الأرض. ولابد أولًا من دراسة مصدر نشاط الشمس والرياح الشمسية.

تعد الشمس نجم متوسط الحجم والحرارة والسطوع ويقدر عمرها ب 4.6مليار 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** ولمجموعتنا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

طبقات الشمس الداخلية The Sun's Inner Layers

الطبقات الداخلية هي الطبقات غير المرئية تحت سطح الشمس وتنقسم إلى:

اللب The Core

تتكون الشمس من لب ساخن جدًا يصل الى 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 سلسة 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 بانبعاث البوزيترون (الذي له شحنة موجبة) وينتج أيضًا نواة **ديوتيريوم Deuterium**، وهي نواة تحتوي على بروتون واحد ونيترون واحد، ويرمز لها ${}^{2}_{1}H$.

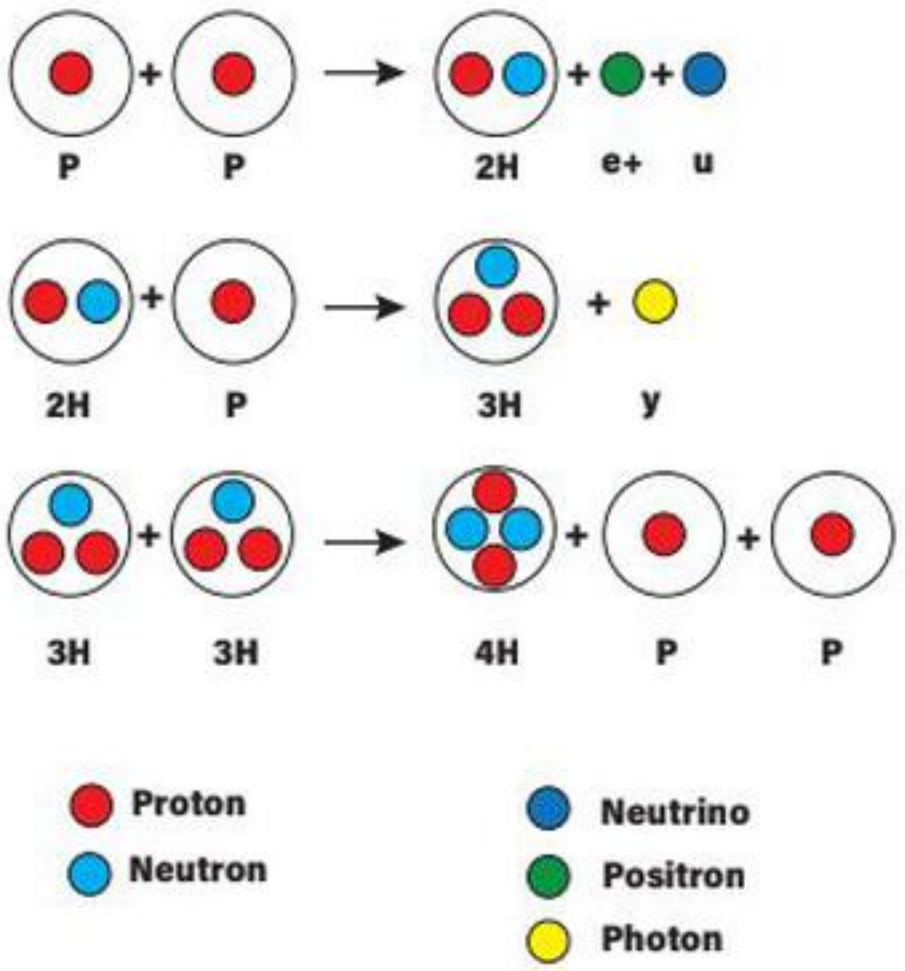
المرحلة الثانية:

تصطدم نواة الديوتيريوم بالبروتون، فتندمج لتكوين هيليوم خفيف، ${}^{3}_{2}He$. وتنطلق الطاقة على شكل أشعة جاما.

المرصد الشمسي
بجامعة الملك عبدالعزيز



يقع المرصد في قبة بقطر 8m، ويقوم الفنيون المتخصصون فيه برصد الشمس يوميًا لمتابعة النشاط الشمسي من بقع وشواظ، ويتم مشاركة بعض الجهات العلمية الدولية بهذه الأرصاد.



الشكل 2–2 سلسلة بروتون–بروتون وتحول الهيدروجين إلى هيليوم.

المرحلة الثالثة:

أخيرًا، تصطدم نواتان He^3_2 وتندمجان لتكون نواة الهيليوم، He^4_2 ويتم إطلاق بروتونين في هذه الخطوة التي تتحد مرة أخرى في سلسلة بروتون- بروتون.

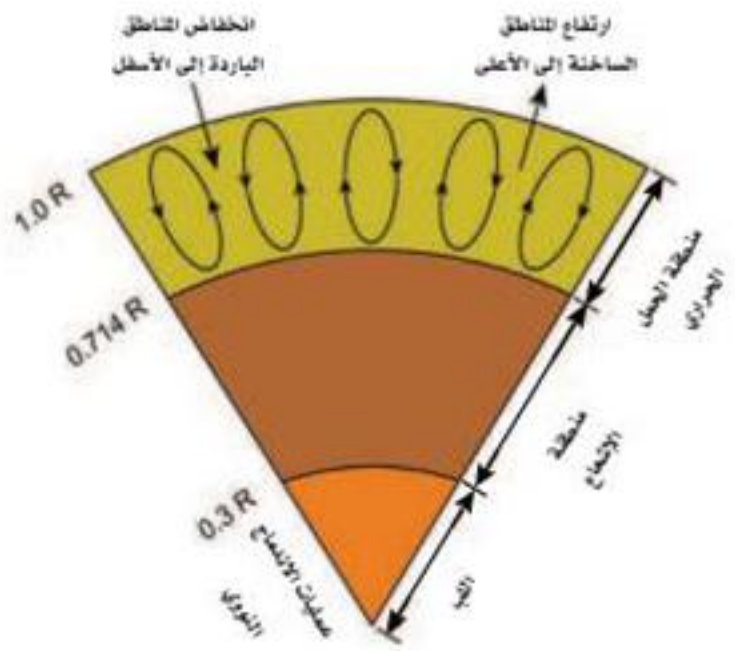
بعد هذه التفاعلات وإنتاج الطاقة يمكن أن تستغرق الطاقة المنتجة في اللب ما يصل إلى 50 مليون سنة حتى تشق طريقها عبر منطقة الإشعاع.

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 إلى1 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. يوضح **الشكل 3–2** التركيب الداخلي للشمس.



الشكل 3–2 التركيب الداخلي للشمس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

طبقات الشمس الخارجية The Sun's Outer Layers

الطبقات الخارجية هـي الطبقات التي يمكن ملاحظتهـا، وتمتاز بأنها ذات سمك صغير مقارنة بالطبقة الداخلية، وهي:

الغلاف الضوئي Photosphere

الغلاف الضوئي Photosphere هـي الطبقة التي نراها، وتعد أبرد منطقة في الشـمس مع درجة حرارة 5500° C، يتراوح سـمكها من 400 Km إلى 500 Km، ونسـتطيع أن نرى من **الشـكل 4–2** أنها تحتوي على حبيبـات ناتجة عن عمليـات الحمل الحراري، قطر هـذه الحبيبات 700 Km وتوجد حبيبـات عملاقة بقطر 30000Km.

الطبقة الملونة Chromosphere

الطبقة الملونة Chromosphere هي طبقة تقع فوق طبقة الغلاف الضوئي بسـمك 2100 Km، ودرجة الحـرارة من 6000° C إلى حـوالي 20000° C. في درجات الحـرارة المرتفعة هذه يصدر الهيدروجين ضوءًا ينبعث منه لون ضارب إلى الحمرة (انبعاث H_{α}). عادة لا يكون مرئيًا بسبب السطوع العالي للفوتوسفير. وبالتالي، لا يمكن رؤية الكروموسـفير إلا خلال كسوف الشمس الكامل؛ لأن أثناء الكسـوف الكلي يخفي القمر الغلاف الضوئي ويفسـح المجال أمام رؤية الكروموسفير المحمر كما في **الشكل 5–2**.

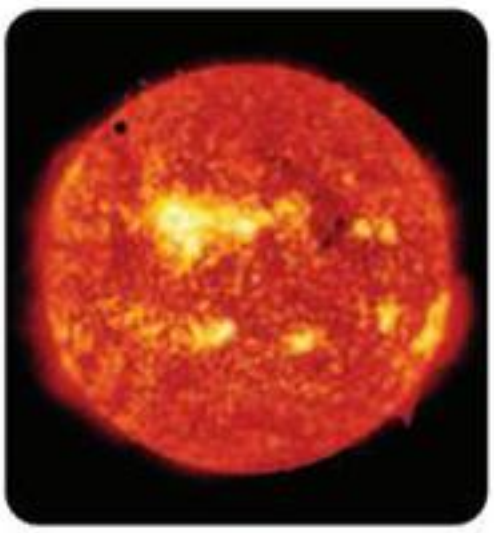
الإكليل Corona

الإكليل Corona هي الطبقة الخارجية الأبعد والأشـد حرارة بين طبقات الشـمس الخارجية، تمتد إلى ملايين الكيلومترات وتبلـغ درجة حرارتها حوالي $2x10^{6}$° C، على الرغم من حرارتها العالية إلا أنها ليسـت ساطعة؛ وذلك نتيجة لكثافتها المنخفضة، فهي أقل كثافة من كثافة سـطح الشمس بحوالي 10 ملايين مرة، لهذا لا يمكن رؤيتها إلا أثناء الكسـوف الكلي للشـمس **الشكل 6–2**، أو عن طريق عملية الكسـوف الصناعي التي تتم باستخدام جهاز الكرونوجراف (Chronograph) حيث يحجب قرص الشمس بواسطة قرص معدني.

تجربة عملية

إكليل الشمس

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 4–2 طبقة الغلاف الضوئي وتظهر الحبيبات في السطح.



الشكل 5–2 طبقة الكروموسفير في الكسوف الكلي.



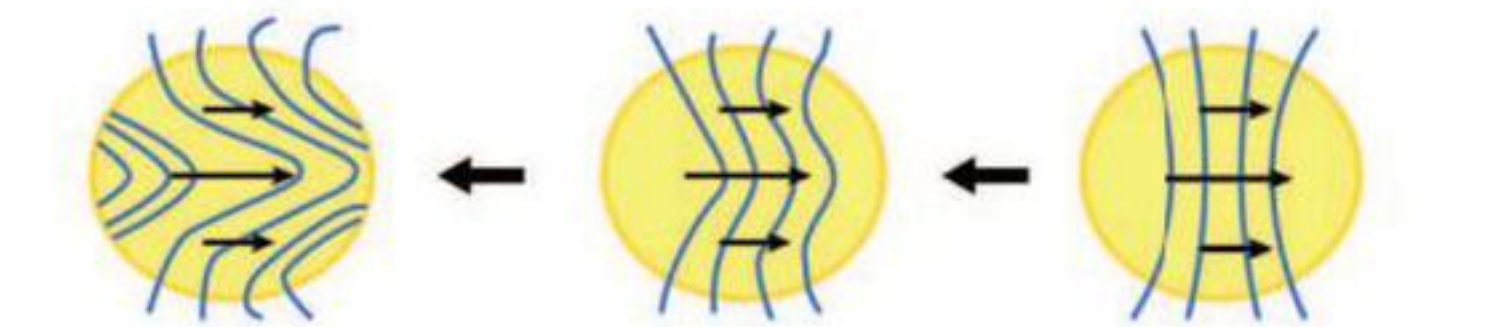
الشكل 6–2 طبقة الإكليل.

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 **الدوران التفاضلي للشمس Solar Differential Rotation**، ويتسبب في التواء خطوط المجال المغناطيسي معًا مكوّنًا حلقات تعرف بحلقات المجال المغناطيسي (magnetic field loops)، ومع استمرار دوران الشمس تكون الحلقات نتوءات تخترق سطح الشمس لتظهر البقع الشمسية **الشكل 7–2**.



الشكل 7–2 التواء خطوط المجال المغناطيسي بسبب الدوران التفاضلي للشمس ونشوء البقع الشمسية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

● 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

- 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 ونيترون واحد، ويرمز لها ${}^{2}_{1}H$.
- 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 بسمك 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.

فهم الأفكار الرئيسة

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

5. لماذا تحدث التفاعلات النووية في باطن الشمس فقط؟

الكتابة في علوم الفضاء

6. اكتب تقريرًا عن أهمية المسبار في رصد بعض طبقات الشمس، واعرضه على زملاءك.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-2 النشاط الشمسي Solar Activity

الأهداف

- **يذكر** طريقة تتبع النشاط الشمسي.
- **يعدد** الظواهر الشمسية.
- **يشرح** تأثير النشاط الشمسي على الأرض.

المفردات الجديدة

دورة النشاط الشمسي.

البقع الشمسية.

التوهج الشمسي.

الشواظ الشمسي.

البلازما.

الشفق القطبي.

الفكرة الرئيسة تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض.

الربط مع الحياة تعد الشمس نجمًا نشيطًا مغناطيسًا، 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.

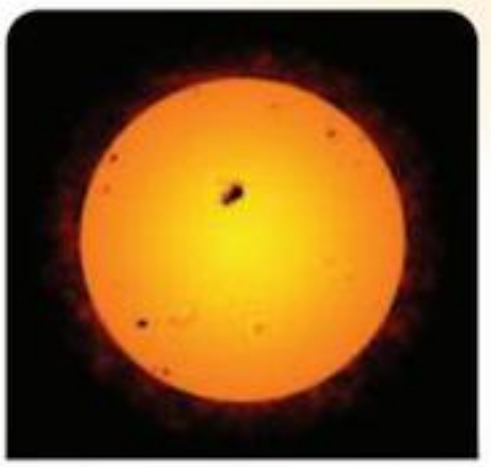
تم توثيق أول نشاط للبقع الشمسية في عام 1755 ومنذ ذلك الحين، تم التعرف على 25 دورة.

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° C مقارنة بالسطح ذو درجة الحرارة 5500° 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التوهجات الشمسية Solar Flares

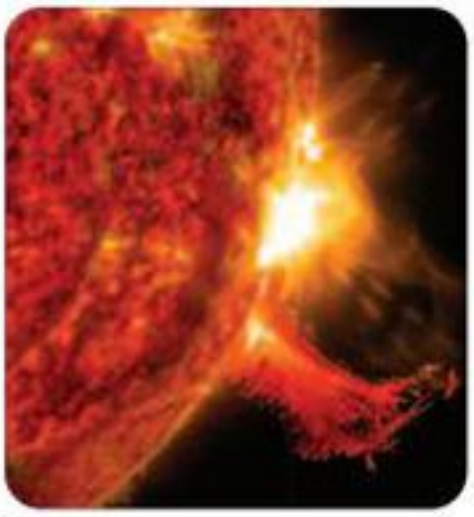
غالبًا ما تتشابك خطوط المجال المغناطيسي بالقرب من البقع الشمسية وتتقاطع معها وتعيد تنظيمها. يمكن أن يتسبب التشابك في انفجار مفاجئ للطاقة الشكل 9–2 يسمى **التوهج الشمسي Solar Flares**. تطلق التوهجات الشمسية الكثير من الجسيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.

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 الحلقية 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

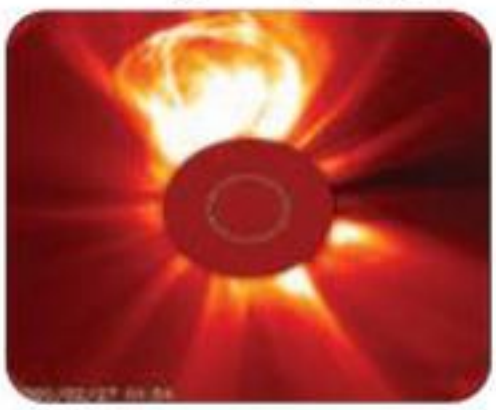
هي عملية قذف لكميات كبيرة من مادة الشمس (غازات متأينة غالبيتها إلكترونات وبروتونات) الشكل 11–2، تنتقل من الشمس إلى الفضاء بسرعات عالية من 250 Km /s إلى 3000 Km /s، ويمكن أن تصل إلى كوكب الأرض في غضون 15 ساعة، وهي تصاحب التوهجات الشمسية والشواظ الشمسي.

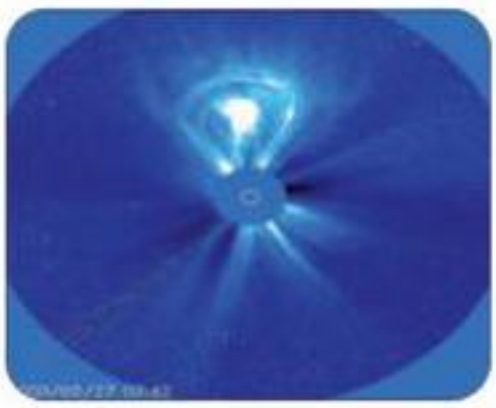


الشكل 9–2 التوهجات الشمسية.



الشكل 10–2 مقارنة بين الحجم التقريبي للأرض مع الشواظ الشمسي.





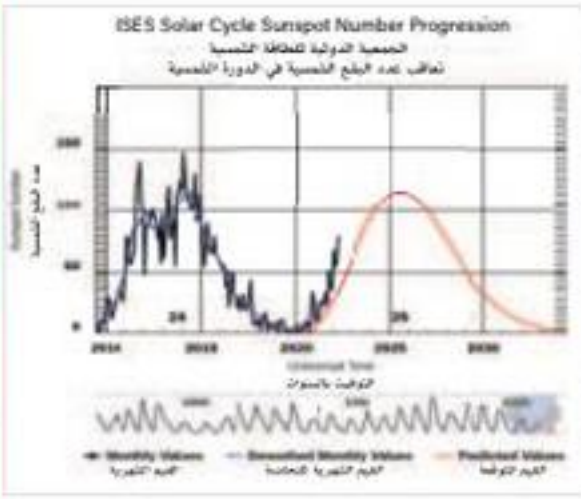
الشكل 11–2 الانبعاث الكتلي الإكليلي.

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؟

الرسم البياني يوضح دورة البقع الشمسية خلال عدة أعوام، وبناء عليه يتوقع العلماء تأثيرات الدورة التالية:



ماذا قرأت؟ **ماهي** طريقة تتبع الدورة الشمسية؟

تفاعل النشاط الشمسي مع المجال المغناطيسي الأرضي
Solar–Terrestrial Interactions

غالبـاً ما يصاحب التوهجات والشـواظ الشـمسي قذف كميـات كبيرة من الجسيمات المشـحونة، عندما تصل إلى الأرض تحدث اضطرابات في مجال الأرض المغناطيسي. هذا القذف الكُتلي مع التوهجات الشمسية يمكن أن يربك الاتصالات الراديوية ويسبب أضرارًا للأقمار الصناعية. كما يصاحب هذه الظاهرة شفق قطبي قوي جدًا.

الاتصالات Communications

تسـتخدم العديد من أنظمة الاتصالات طبقة الأيونوسـفير لعكس إشارات الراديو عبر مسافات طويلة نظرًا لأن الأيونوسفير يتغير أثناء العواصف المغناطيسية، فإن هذه الاتصالات المنعكسة يمكن أن تتشوه أو تتلاشى تمامًا.

الأقمار الصناعية Satellites

عند وصول الجسيمات المشـحونة إلى الغلاف الجوي يحصل تصادم بينها وبين جزيئات الغـلاف الجوي فيحصل احتـكاك يرفع درجة حـرارة الغلاف الجوي لـلأرض ويتمدد بفعل هذه الحـرارة وهذا يؤثر على الأقـمار الصناعية ذات المدار المنخفض (أقل من 1000 Km) ويمكن أن يؤدي ذلك إلى سقوط الأقمار الصناعية في حال لم يتم تعديل أنظمة الدفع وإعادتها إلى مداراتها.

الشفق القطبي Aurora

عندما تصل الأجسام المشـحونة الصادرة من التوهجات الشمسية والانبعاث الكتـلي الإكليلي إلى الأرض فإنها تتحرك في مسـارات تتبع الخطوط المغناطيسـية 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 شـكل ضوء في منظر بديع **الشكل 12–2** ويسمى **الشـفق 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.

تجربة عملية
الكاميرا الشمسية
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

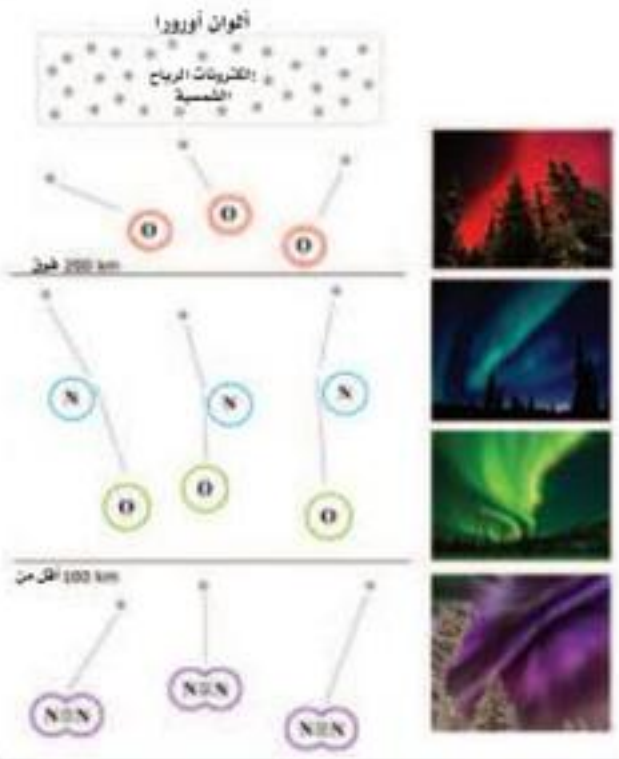


الشكل 12–2 الشفق القطبي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

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 المصطدم به والارتفاع الذي حدث فيه الاصطدام، فالأوكسجين مثلًا 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 وضوحًا 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 الرئيسة

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

4. ما علاقة طبقة الأوزون بظاهرة الشفق القطبي؟

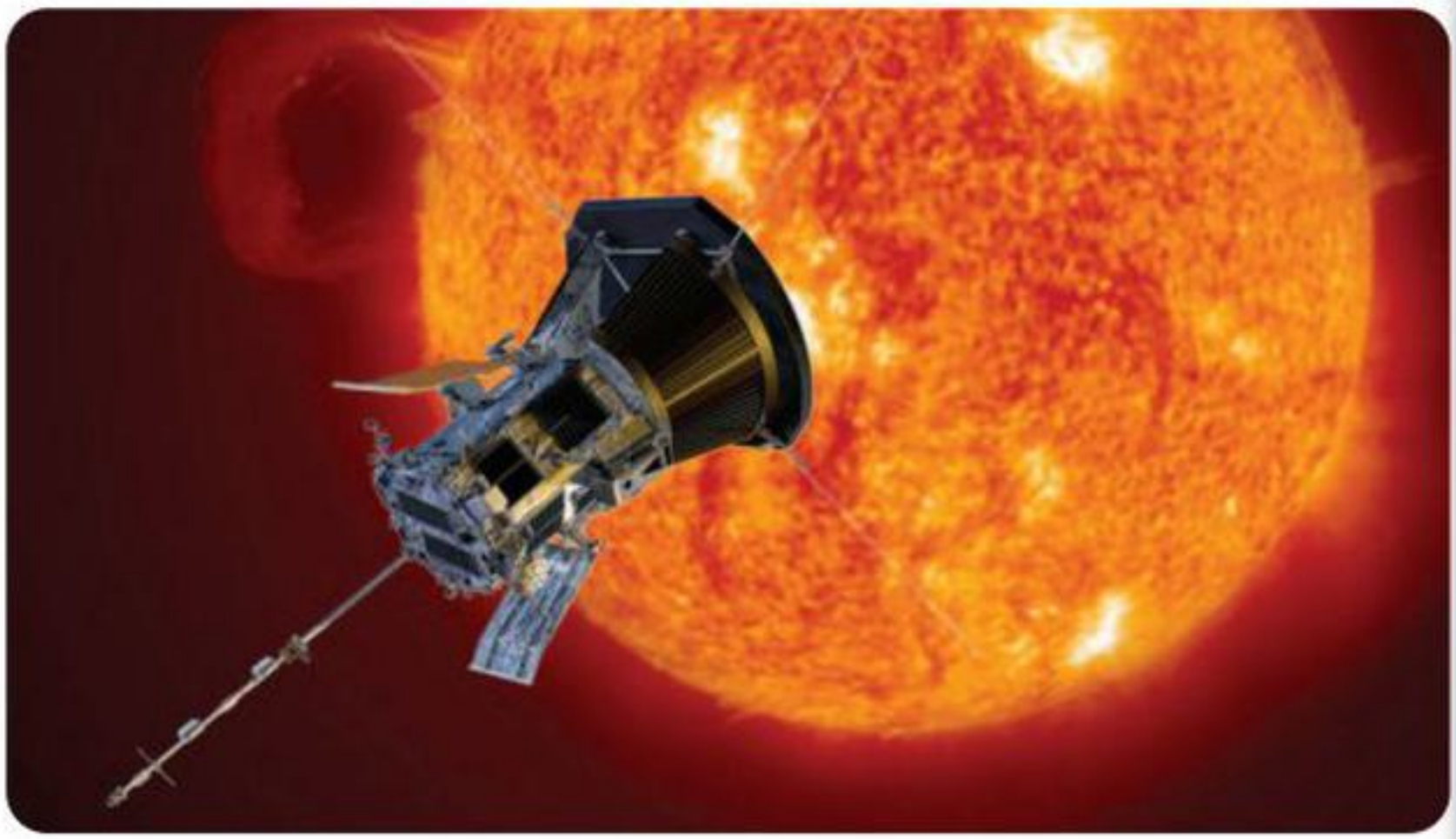
الكتابة في علوم الفضاء

5. 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 مسبوقٍ لطبيعة القوى المسببة لدفع مجموعة واسعة من الجسيمات والطاقة والحرارة نحو الفضاء الخارجي باتجاه المجموعة الشمسية وصولًا لأبعد كوكب فيها، ألا وهو نبتون. تتمتع منطقة الهالة بدرجة حرارة عالية بشكل لا يمكن تصديقه، وقد حلقت المركبة خلال مواد تزيد درجة حرارتها عن $10^6\ F^\circ$ وتعرضت لضوءٍ شمسي ساطعٍ جدًا.

صُممت المركبة لمقاومة الظروف الشديدة ودرجات الحرارة المتقلبة أثناء المهمة، يكمن السر في درعها الحراري الذي اختيرَ بعناية إضافةً إلى نظام التحكم الذاتي الذي ساعد على حماية المركبة من انبعاثات ضوء الشمس شديدة الحرارة، لكنها في الوقت نفسه ستسمح لمواد الهالة بملامسة المركبة.



وتتمتع منطقة الهالة التي سوف تحلق خلالها المركبة بدرجة حرارة عالية جدًا لكنها ذات كثافةٍ منخفضة جدًا، 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 فان قطع الدجاج ستقاوم درجات الحرارة العالية في الفرن لمدة أطول مقارنةً بالماء المغلي؛ لأنّ الماء ينقل كمية حرارة أكبر بواسطة جسيماته.

على مدى السبع سنوات الخاصة بالمهمة المخطط لها ستنجز المركبة 24 دورةً 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 مؤلّفة 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.

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 وتحديدها 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.



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).

اليوم	التاريخ	عدد البقع

الكتابة في علوم الفضاء

هل زيادة ظهور البقع الشمسية خلال أعوام متتالية دليل على إحداث تغيرات مناخية على البيئة المحيطة بنا؟ ابحث عن هذا الموضوع وشاركه مع زملائك.

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يدرس العلماء الشمس كنجم ذي أهمية كبرى للأرض، وكمفتاح لإدراك حقيقة النجوم النائية التي يتعذر رصدها عن كثب.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2-1 الشمس	
علم البيئة الفضائية. سلسلة بروتون-بروتون ديوتيريوم. منطقة الإشعاع. منطقة الحمل الحراري. الغلاف الضوئي. الطبقة الملونة. الإكليل. الدوران التفاضلي للشمس.	**الفكرة الرئيسة** تصورنا لبنية الشمس ناشئ عن أرصاد مباشرة لطبقاتها الخارجية إضافة إلى حسابات نظرية غير مباشرة لسلوك الغازات في أعماقها. **طبقات الشمس الداخلية:** اللب – منطقة الإشعاع – منطقة الحمل الحراري. **طبقات الشمس الخارجية:** الغلاف الضوئي – الطبقة الملونة – الإكليل. **مراحل سلسلة بروتون – بروتون:** • المرحلة الأولى وينتج فيها ديوتيريوم. • المرحلة الثانية و ينتج فيها $_{2}^{3}He$. • المرحلة الثالثة و ينتج فيها $_{2}^{4}He$. يتسبب دوران الشمس التفاضلي في ظهور البقع الشمسية.
2-2 النشاط الشمسي	
دورة النشاط الشمسي البقع الشمسية التوهج الشمسي الشواظ الشمسي البلازما الشفق القطبي	**الفكرة الرئيسة** تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض. **الظواهر الشمسية:** • البقع الشمسية. • التوهجات الشمسية. • الشواظ الشمسي. • الانبعاث الكتلي الإكليلي. • الشفق القطبي. تفاعل النشاط الشمسي مع المجال المغناطيسي الأرضي يؤثر على: الأقمار الصناعية–الاتصالات– يسبب الشفق القطبي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

2 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

1. منطقة داكنة، تعـد أبرد من المناطق المحيطة بها تظهر على سطح الشمس.....
2. أشد طبقات الشـمس حرارة، بدرجة $15x10^6\ ^\circ C$، وبها تحصل تفاعلات الاندماج النووي.....
3. أشد طبقات الشمس الخارجية حرارة .....
4. ذرة تتكـون مـن بروتـون واحد ونيـترون واحد .....
5. أقل طبقة من طبقات الشـمس حرارة وهي الطبقة التي نراها .....
6. دورة مدتها 11 عامًا وفيها تتبدل الأقطاب الشـمالية 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. **مـا** الظاهرة الشمسـية التي تظهـر كحلقات حول سطح الشمس؟ومِمّ تتكون؟
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 الكروموسـفير خلال الكسوف الكلي للشمس. برر ذلك.
17. **علل** ظهور حبيبات على طبقة الفوتوسفير؟

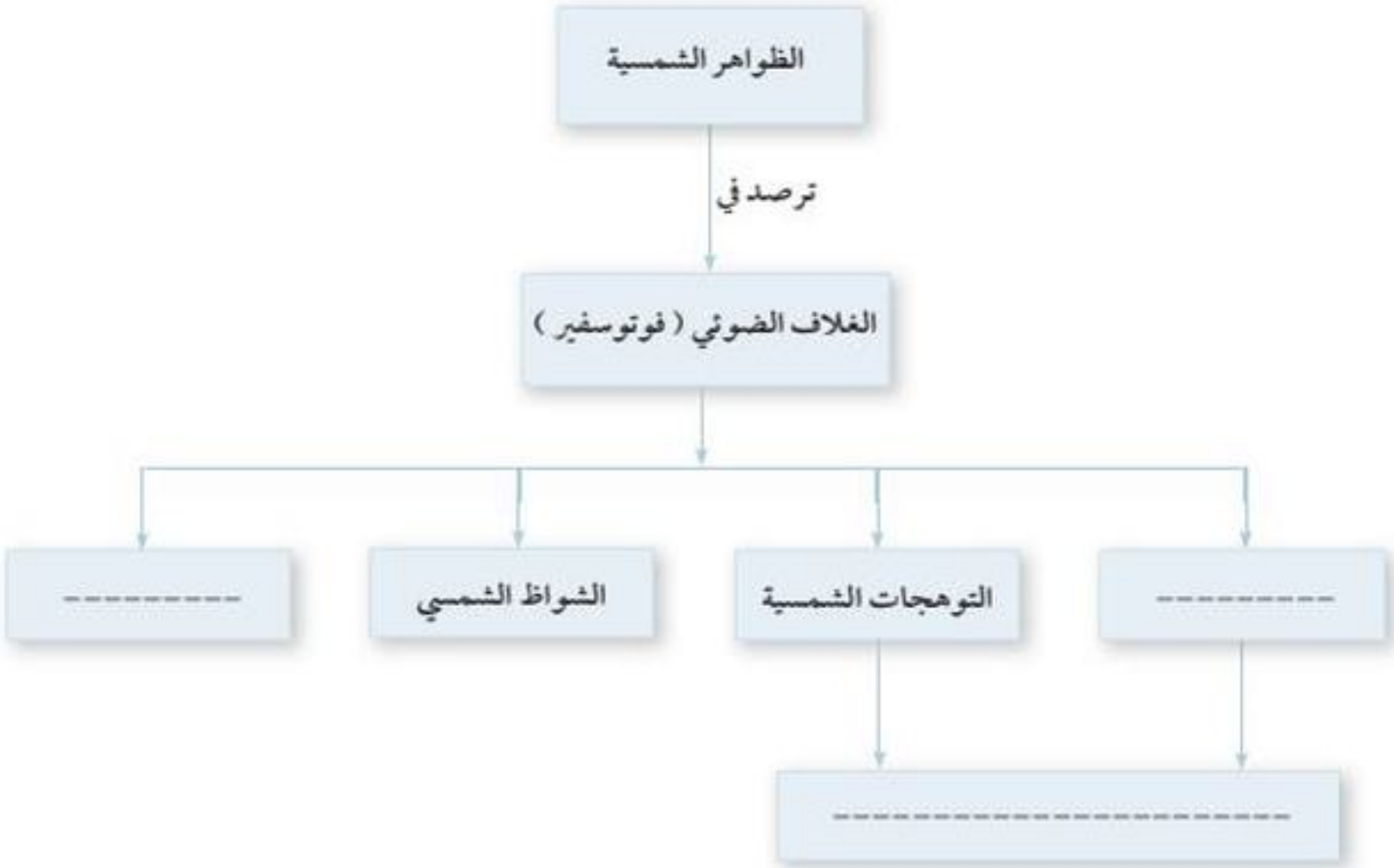
التفكير الناقد

18. الشـفق القطبي ظاهرة مألوفة في القطبين الشـمالي والجنوبي، هل بالإمكان مشـاهدة هـذه الظاهرة في إحدى مدن المملكة؟ قدم مبرراتك في ضوء العوامل التي قد تؤثر في انتشار الشفق القطبي في سماء الكرة الأرضية.

2 تقويم الفصل

خريطة مفاهيمية

19. أكمل خريطة المفاهيم:



سؤال تحفيز

20. أعد قراءة الإثراء العلمـــي والذي تناول مرصد باركر الشمسي. إذا حدث انطلاق شواظ شمسي بالقرب منه فهل ســيكون هناك تأثير مباشر على أدائه. أعطِ دليلًا على إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

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. يتم إنتاج الطاقة في الشمس من طبقة:
   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؟

القراءة والاستيعاب

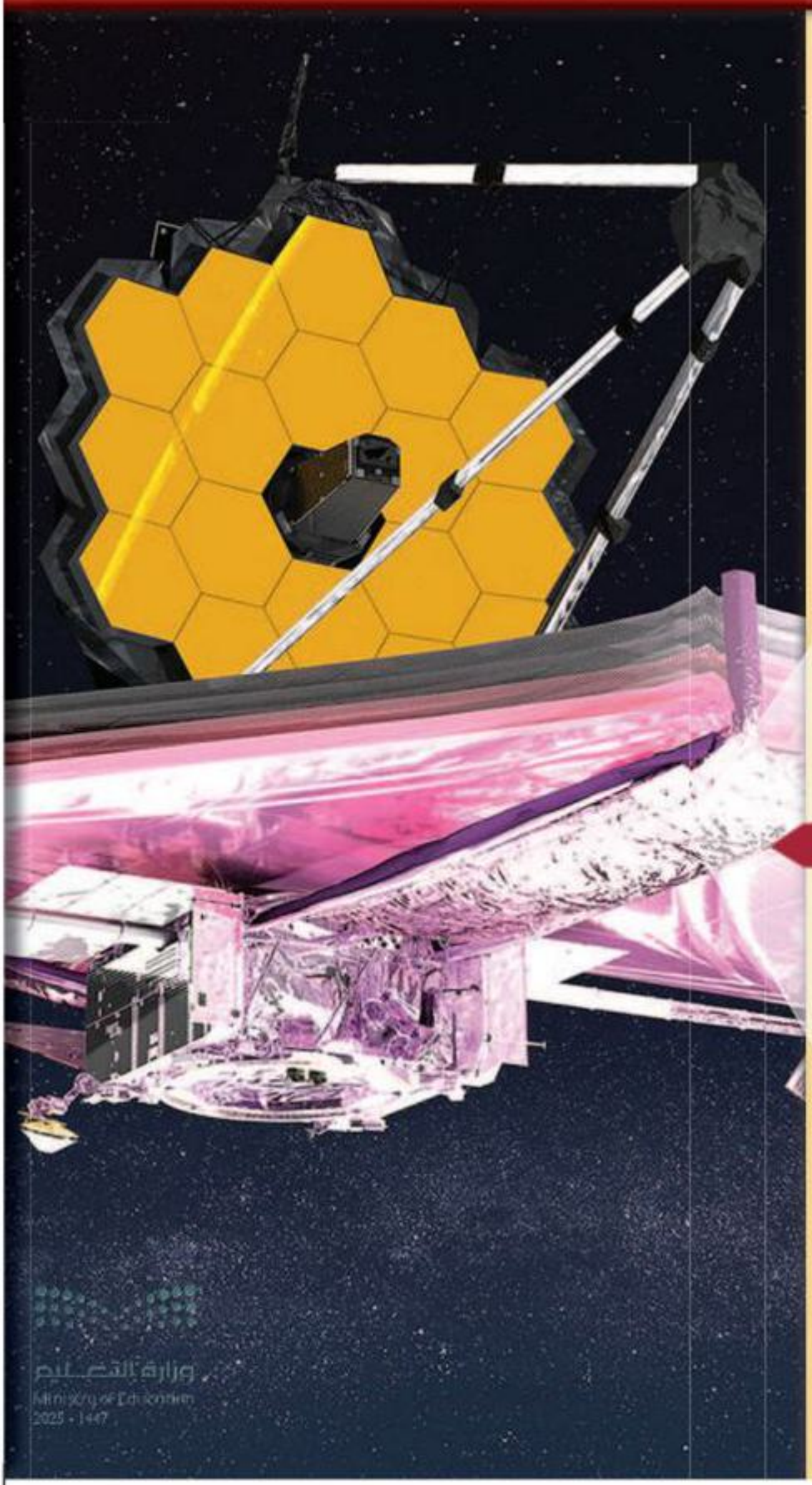
مهمة بعثة تلسكوب سوهو هي رصد الشمس والفضاء بين الكواكب، وذلك من فوق الغلاف الجوي للأرض الذي يمنع وصول الكثير من أشعة الشمس. يستطيع مرصد سوهو من موقعه هناك أن يشاهد قرص الشمس نفسه والبيئة المحيطة به، بالإضافة إلى تتبع التدفق الخارجي الثابت للجسيمات والذي يعرف بالرياح الشمسية. كما يستطيع سوهو أيضًا مشاهدة الانفجارات الضخمة للغاز المنطلق أو الهارب. كانت المركبات الفضائية السابقة التي أُطلقت لدراسة الشمس تدور حول الأرض، الأمر الذي كان يحجب عنها رؤية الشمس في مُدد زمنية منتظمة، إلا أن سوهو يراقب الشمس مراقبة متواصلة بوساطة 12 جهازًا يقوم بتفحص الشمس تفحصًا مفصلًا 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 الارض 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 أزمنة ما.
   c. أثرت الشمس على بيانات المركبات.
   d. جميع ما ذكر صحيح.

الفصل 3

الأجهزة الفلكية
Astronomical devices



الفكرة العامة إن معرفتنا بالكون مستمدة في معظمها من رصد وتحليل وتفسير طيف النجوم وآلية انتقاله.

3-1 الطيف الكهرومغناطيسي

الفكرة الرئيسة الضوء المرئي ليس إلا جزءًا صغيرًا من كامل الإشعاع الكهرومغناطيسي.

3-2 المناظير الأرضية والفضائية

الفكرة الرئيسة 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

تجربة استهلالية

كيف نستطيع معرفة تركيب النجوم؟

يدرس الفلكيون الألوان التي تصدر عن النجوم و يحددون 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 مستطيلًا صغيرًا بطول 10 سم في الطرف الذي قمت بثنيه.
3. ضع القرص داخل الورقة المثنية، واجعل طرفًا 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.

المطويات

منظمات الأفكار

اصنع المطوية التالية لتقارن بين أنواع المناظير الفلكية.



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 2–1 لتتعرف على خصائص كل نوع كنطاق رصدها وموقعها وتركيبها.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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.

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.

الفكرة الرئيسة الضوء المرئي ليس إلا جزءًا صغيرًا 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.

الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum

تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعًا 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 جدًا مثل الأشعة السينية وأشعة جاما. **الجدول 1–3** 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 1–3**.

تقل الحرارة كلما ازداد الطول الموجي للأشعة، كذلك كلما قصر الطول الموجي فإن المصدر الذي يشع تلك الموجات لابد وأن يتمتع بحرارة عالية.

ويمكن أن تقاس الأطوال الموجية بالمتر، ولكن عادة ما تستخدم وحدة **الأنجستروم Angstrom** A° وهي وحدة قياس الطول للمسافات القصيرة للغاية، ويساوي الأنجستروم الواحد 10^{-7} ملم، أي أن 1 ملم يحتوي على 10 ملايين أنجستروم.

الجدول 1– 3 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 نجومية.
راديوية	أطول من 1km	أقل من 10	إلكترون يتحرك في مجال مغناطيسي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تشترك جميع أجزاء الطيف الكهرمغناطيسي بنفس السرعة 3×10^{8} m/s وهي سرعة الضوء.

كل نطاق من النطاقـات الطيفية له طول موجي وتـردد مختلف، وتجمعهم علاقة عكسية ، حيث إنه كلما زاد الطول الموجي كلما قل التردد كما في المعادلة:

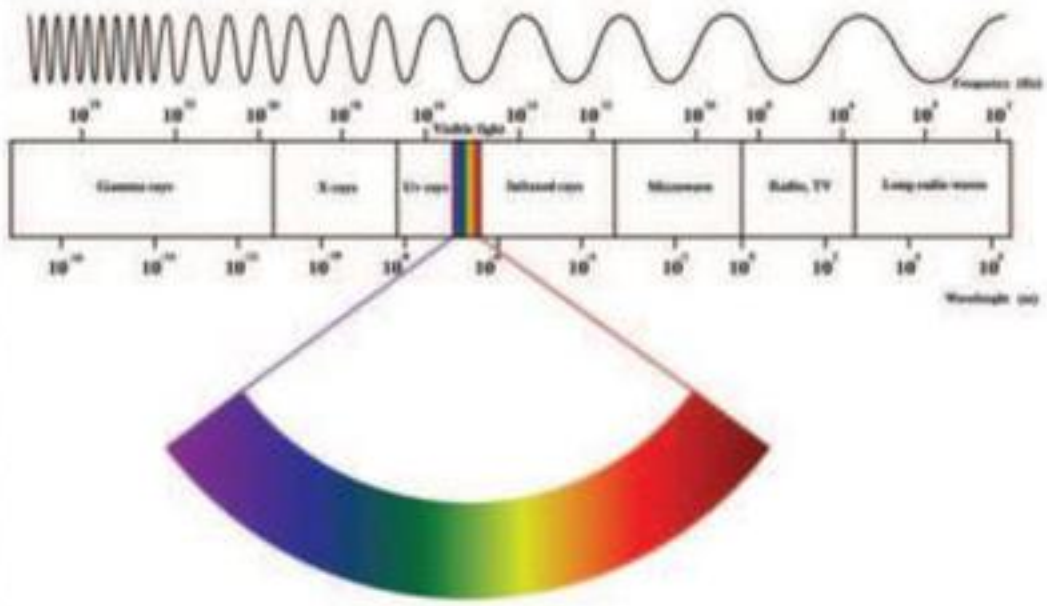
$$f=\frac{c}{\lambda}$$

حيـث c هي سرعة الضـوء م/ ث ، f هي التردد بالهرتـز ، وλ هي الطول الموجي المقاس بالمتر.

ويمكن حساب طاقة الفوتون من المعادلة الآتية:

$$E=hf$$

h هو ثابت بلانك وقيمته 6.626×10^{-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 تتناسـب عكسيًا مع الطول الموجي؛ أي إن كلما قل الطول الموجي زادت طاقته، ولهذا فإن الأشـعة فوق البنفسجية قد تتسبب في الإصابة بأمراض سرطانية عند التعرض لها؛ لأنها ذات طول موجي قصير وطاقة عالية.

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 بنوعيها الجلد، وتسبب سرطان الجلد، واستنادًا إلى ما هو معروف اليوم فلا توجد أشعة فوق بنفسجية آمنة.

المطياف Spectroscope

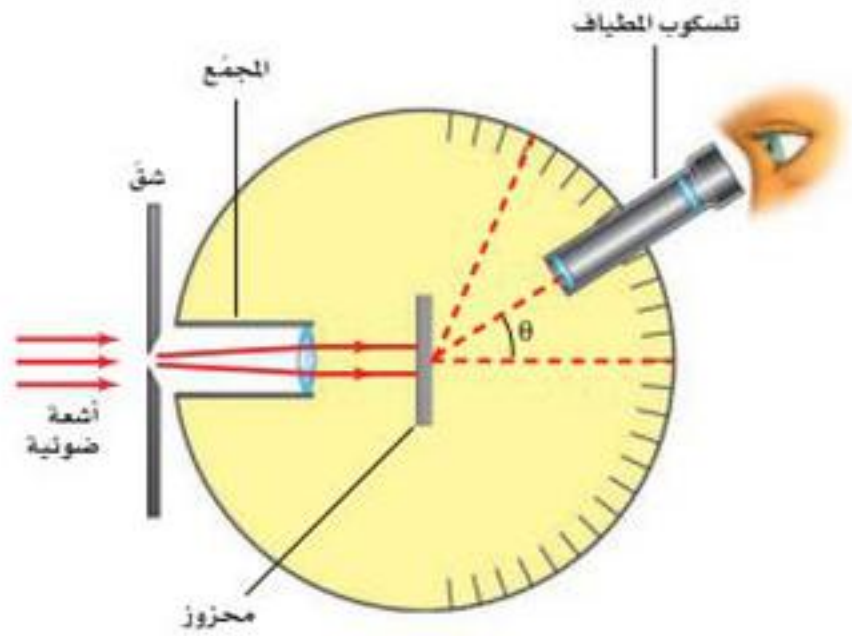
يستخدم جهاز **المطياف Spectrograph** الشكل 2–3 في تحليل أشعة النجم الذي نرصده إلى أطياف، حيث تستقبل بعد ذلك على شاشة أو كاشف detector لدراسته بشكل تفصيلي.

الطيف المستمر(Continuous spectrum) منبعث من جسم ساخن، أما **طيف الانبعاث (Emission spectrum)** فناتج من غاز ساخن. وإذا مر طيف مستمر على غازات باردة فسينتج **خطوط امتصاص (Absorption lines)** الشكل 3–3. ومن الأمثلة الشهيرة لخطوط الامتصاص خطوط فرنهوفر 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 فتنتج 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.

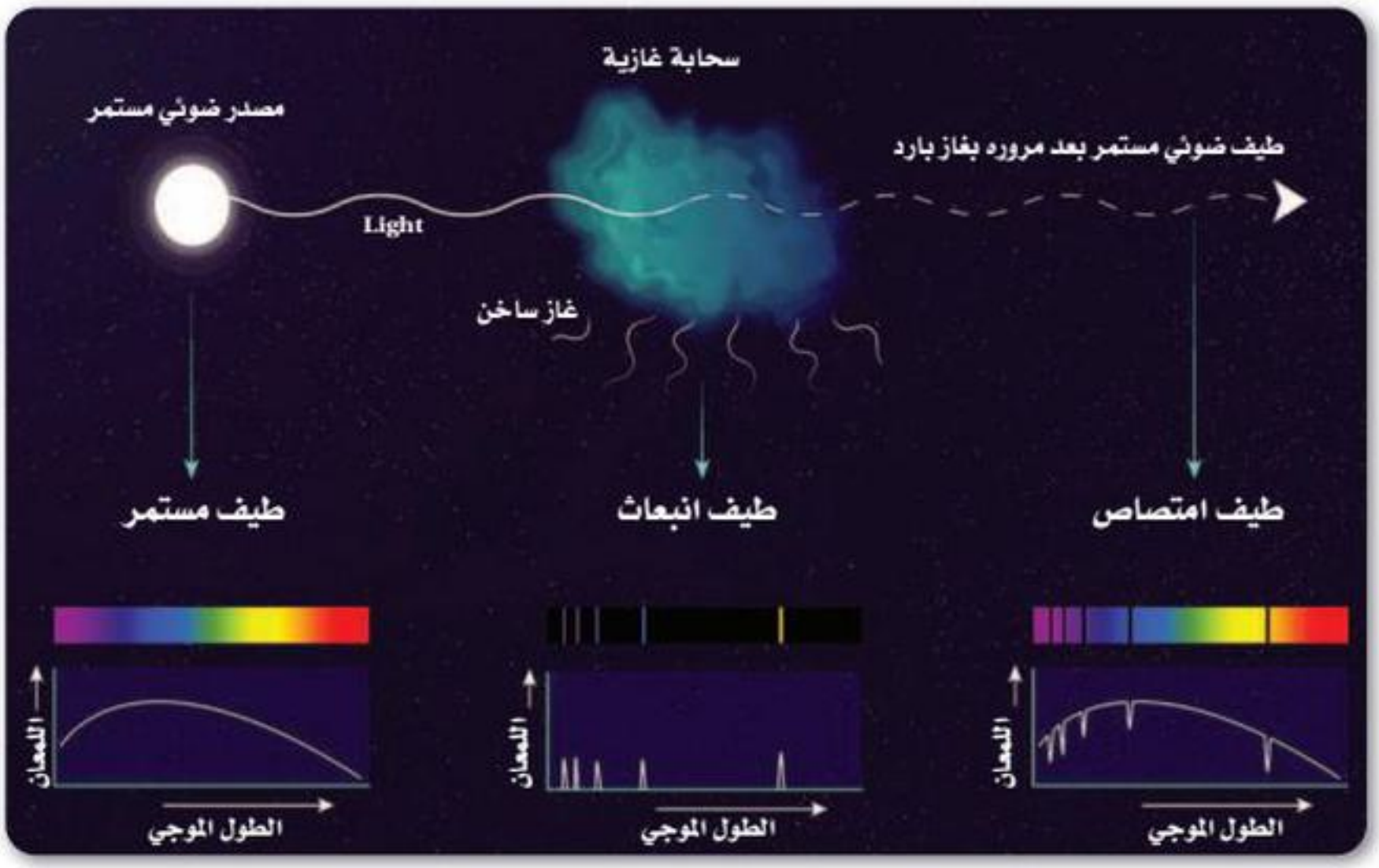


الشكل 2–3 تحليل الضوء بالمطياف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

طيف الهيدروجين Hydrogen Spectrum

ذرة الهيدروجين هي أبسط الذرات من حيث التركيب مما ساعد على البدء بدراستها فيزيائيًا. 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.

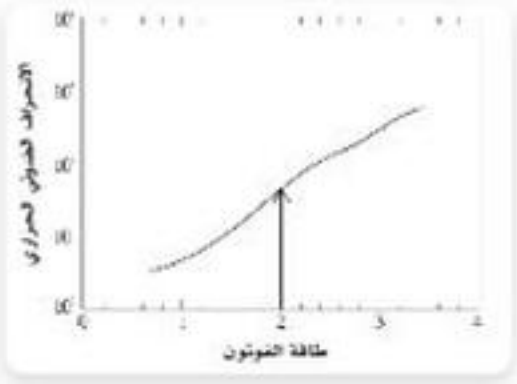
مـــثال 1

تم تمثيل بيانات قياسات التحليل الطيفي للانحراف الضوئي الحراري لأحد الأجرام الذي طاقة فوتونه 2ev كما في الشكل. أوجد:

أ. مقدار الطول الموجي لشعاع الضوء.

ب. حدد نطاق طيف إشعاعه الذي طاقة فوتونه 2ev.

ج. ما الأجرام التي يمكن أن يصدر منها هذا الطيف؟



الحل:

تحليل المسألة و رسمها:

المعلوم	المجهول
$E=2\,ev$	$\lambda=?$

إيجاد الكمية المجهولة بتحويل طاقة الفوتون إلى وحدة J الجول

$$1ev=1.6\times10^{-19}J$$

$$E=2\times1.6\times10^{-19}=3.22\times10^{-19}J$$

إيجاد قيمة التردد عدديا من القانون $f=\frac{E}{h}$

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

$$\lambda=\frac{3\times10^{8}}{4.82\times10^{14}}=6.22\times10^{-7}m=6224\,A^{0}$$

ونطاق طيفها الضوء المرئي ويمكن أن تصدر من بعض النجوم.

• تقويم الجواب:

هل وحدات القياس صحيحة؟ وحدة قياس الطول الموجي بالأنجستروم A^{0}.

مختبر تحليل البيانات

التحليل

1. ابحث عن الطيف الناشئ عن النيازك الحديدية iron meteorite spectrum عند دخولها للغلاف الجوي.



2. كيف يميز العلماء بين أنواع شهب السماء؟

3. كيف تميز بينه وبين طيف النيازك الحديدية الصخرية من حيث المكونات؟

4. ما سبب تعدد ألوان النيازك الحديدية الصخرية؟

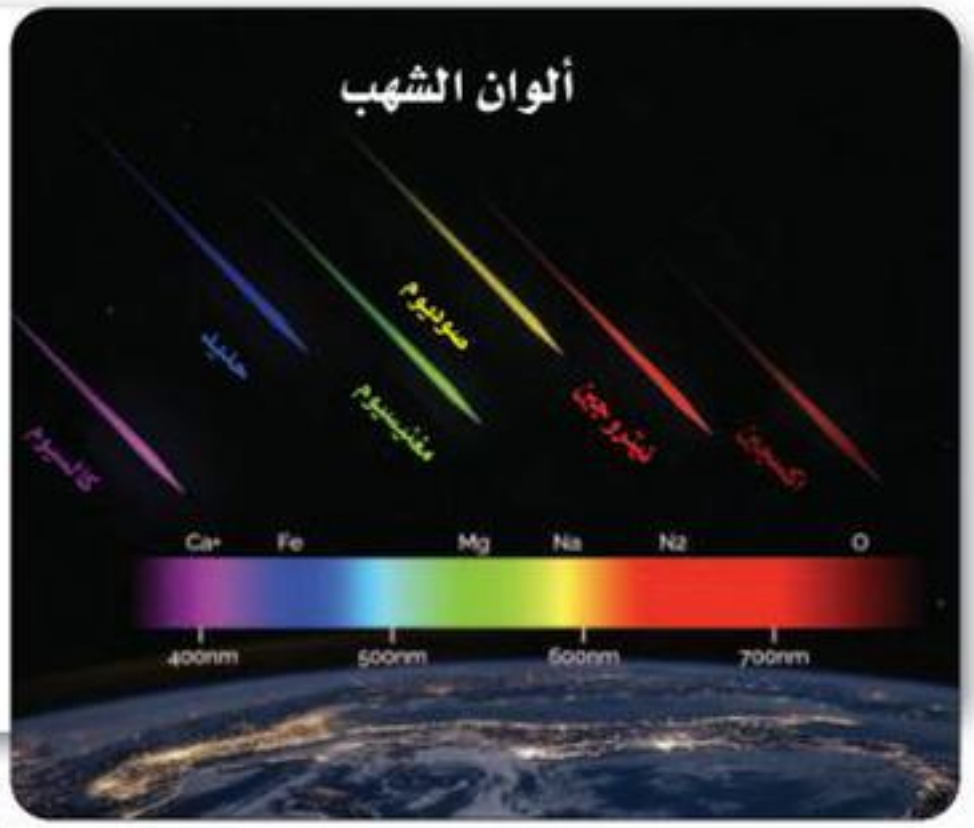
التفكير الناقد

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 بخارًا من ذرات الصوديوم والحديد والمغنيسيوم.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445



الشكل 4–3 تنوع ألوان الشهب بعد احتكاكها بجزيئات هواء الغلاف الجوي.

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 4–3**؛ فذرات الصوديوم تعطي ضوءًا برتقاليًا – أصفر، وذرات الحديد تعطي ضوءًا مزرق، والمغنيسيوم يعطي ضوءًا أزرق–أخضر، وذرات الكالسيوم المتأين قد تضيف لونًا بنفسجياً، بينما تعطي جزيئات النيتروجين الجوي وذرات الأوكسجين ضوءًا أحمر.

التقويم 1–3

الخلاصة

- تشمل 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 الرئيسة

1. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
2. ما أهمية المطياف الضوئي، وهل يقتصر استخدامه على التطبيقات الفلكية فقط ؟

التفكير الناقد

3. ما الذي حفز الفلكيين إلى دراسة الموجات الكهرومغناطيسية وعدم الاكتفاء بالرصد البصري للأجرام السماوية؟

الرياضيات في الفلك

4. أوجد طاقة فوتون لموجة راديوية ترددها **100** كيلوهرتز.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-2

المناظير الأرضية والفضائية
Earth and Space Telescopes

الأهداف

- **يعدد** مهام التلسكوبات.
- **يذكر** أنواع التلسكوبات.
- **يقارن** بين أنواع التلسكوبات البصرية.
- **يذكر** عيوب المنظار الكاسر.

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.

الفكرة الرئيسة يمتلك الفلكيون اليوم أدوات لرصد معظم 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 الحقيقية إن العين البشرية محدودة الإمكانيات للأسباب التالية:

أولًا: أنها لا تلتقط إلا نطاقًا ضيقًا من المجال الكهرومغناطيسي، وهو المجال المرئي، فالأطوال الموجية الأخرى المنبعثة من الأجسام المحيطة بنا أو من الأجرام السماوية الأخرى لا تلتقطها العين البشرية.

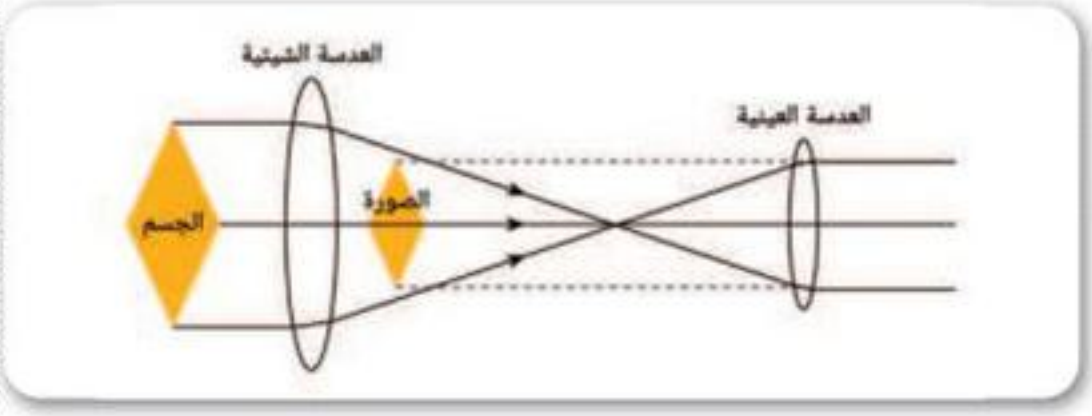
ثانيًا: بالرغم من أن فتحة بؤبؤ العين تتسع في العتمة لتسمح بمرور أكبر كمية من الضوء، لكنه يبقى اتساعًا محدودًا، حيث متوسط اتساعها في حدود سبعة ملليمترات.

ثالثًا: محدودية الصور المخزنة في الذاكرة، وفقدان الصور لكثير من تفاصيلها مع مرور الأيام. فالتلسكوب يتغلب على هذه الأمور المحدودة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

للتلسكوب عدة مهام منها:

1- جمع الضوء Light focus: ويساعدنا على ذلك اختبار الصورة المتكونة عند البؤرة، وما نحتاجه لبناء تلسكوب هو عدسة أو مرايا 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.

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 طرديًا مع مساحة الشيئية:

$$P \alpha D^2$$

وقوة تجميع التلسكوب تقاس بالنسبة لتجميع عين الإنسان:

$$P = \frac{P_{tel}}{P_{eye}} = \frac{D^2_{tel}}{D^2_{eye}}$$

أو بمعنى آخر:

$$P = \frac{D^2}{0.49}$$

حيث D قطر شيئية التلسكوب، 0.49 مربع متوسط قطر عدسة العين البشرية بالسنتيمتر.



منحت جائزة نوبل للفيزياء عام 2017 لمراصد ليجو الفلكية والتي تتكون من مرصد ليجو في هانفورد، ومرصد ليجو في ليفيجستون، ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا حيث فاز ثلاثة من علمائها:

1. رايتر فايس
2. كيب ثورن
3. باري باريش

استطاعوا اكتشاف موجات الجاذبية.

بواسطة جهاز كاشف موجات الجاذبية العامل بتداخل الليزر.

2- قـوة التفريق Resolution power: وهي القدرة على تفريق وتحليل صور الأجسـام البعيدة عن بعضها، وتحدد بأقل زاوية بين نقطتين يمكن تفريقهما عن بعض بوضوح. فمثلاً تلسـكوب 10سـم له قدرة تفريق 1.4 ثانية قوسـية. ولو نظرنا بهذا التلسـكوب لنجمين يبعدان عن بعضهما بمسافة تزيد عن 1.4 ثانية قوسية فسـنرى النجمين متفرقين، أما إذا كانت المسافة بينهما أقل من ذلك فسنرى النجمين كنجم واحد. وعملية التفريق تعتمد على قطر الشيئية أيضًا، 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 دورًا كبيرًا 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 للشـيئية والبعد البؤري للعينية، ولذلك فإن تغيير العينية يعني تغيير القوة التكبيرية للتلسـكوب. وكلما قصر البعد البؤري للعينية ازدادت قوة التكبير، فلو أخذنـا 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.

ولكـن هناك حدين يقع بينهما تكبير المنظار ويعتمدان على قطر الشـيئية، كحد 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 يسـتخدمها الفلكيون في رصد النجوم والأجرام في السماء، وقد تطورت التلسكوبات كثيرًا وتنوعت مما ساعد على رصد الأجرام البعيدة باستخدام نطاقات مختلفة من الطيف. وتختلف التلسكوبات تبعًا لما تسـتقبله من أشعة، فمنها ما يعمل في الضوء المرئي ومنها ما يعمل في مدى الأشعة الراديوية أو غير ذلك. وفيما يلي سنتناول الأنواع المختلفة للتلسكوبات:

مهن مرتبطة

مهندس بصريات

يعمل في مجال التطبيقات البصرية مثل تلسكوبات الأقمار الصناعية، المجاهر، العدسات.

إرشادات للدراسة

الثانية القوسية arc second

هي وحدة لقيـاس الزاويـة، الدرجة الواحدة تسـاوى 60 دقيقة قوسـية، والدقيقة القوسـية تسـاوي 60 ثانية قوسية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2019 - 1441

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؛ نظرًا لاختلاف معامل الانكسار بين مادة العدسة (الزجاج) والهواء. وأول من استخدم هذا النوع من التلسكوبات العالم الفلكي جاليلو. ويتكون في أبسط صوره من عدستين محدبتين إحداهما للشيئية والأخرى للعينية. ويعتبر من المناظير الشائعة الاستعمال في صورته البسيطة التي من أشهرها الدرابيل (Binocular).

ومن أهم مزاياه عدم تأثر العدسة بمرور الزمن وسهولة صيانتها بتنظيفها بالكحول والماء المقطر. ومن مزاياه أيضًا 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:

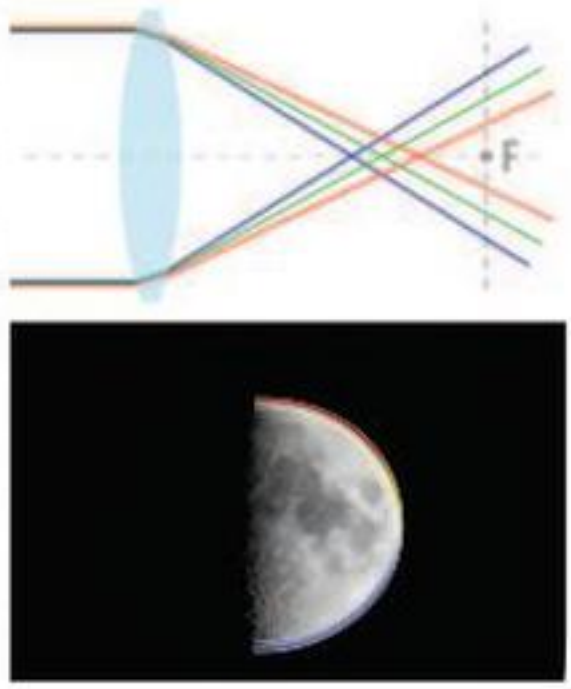
- إن العدسة ذات القطر الكبير تكون ثقيلة الوزن ويتركز سمكها في وسطها، أما أطرافها فتكون أقل كثيرًا في السمك، وتحمل عادة من أطرافها مما قد يعرضها لبعض الانحناءات وتغير الشكل تحت تأثير وزنها الكبير، ولهذا السبب فإن أكبر منظار كاسر يبلغ قطر عدسته 102 سم فقط، في مرصد (Yerkes) **الشكل 6–3** التابع لجامعة شيكاغو، إن الزجاج المصنع للعدسة يجب أن يكون نقيًا جدًا سليمًا من الفقاعات والشوائب، وتام التجانس وهذا يتطلب تقنية عالية في التصنيع مما يجعل سعره باهظًا.
- 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 **الزيغ اللوني (Chromatic aberration)** وهو من العيوب المتعلقة بالعدسات عمومًا، وتتلخص فكرته في أن الضوء الأبيض (المركب) 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 نسبيًا عن العدسة. وينشأ عن هذا العيب تكون أهداب ملونة في الصورة **الشكل 7–3** 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 6–3 صورة مرصد yerkes.

وكمثال على ذلك تلسكوب مرصد (Yerkes) الذي يبلغ طول أنبوبته 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 تصحح 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).

- **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 شرحة لاحقًا.



الشكل 7–3 صورة توضح الزيغ اللوني.

تجربة عملية

محاكاة الزيغان اللوني في التلسكوب

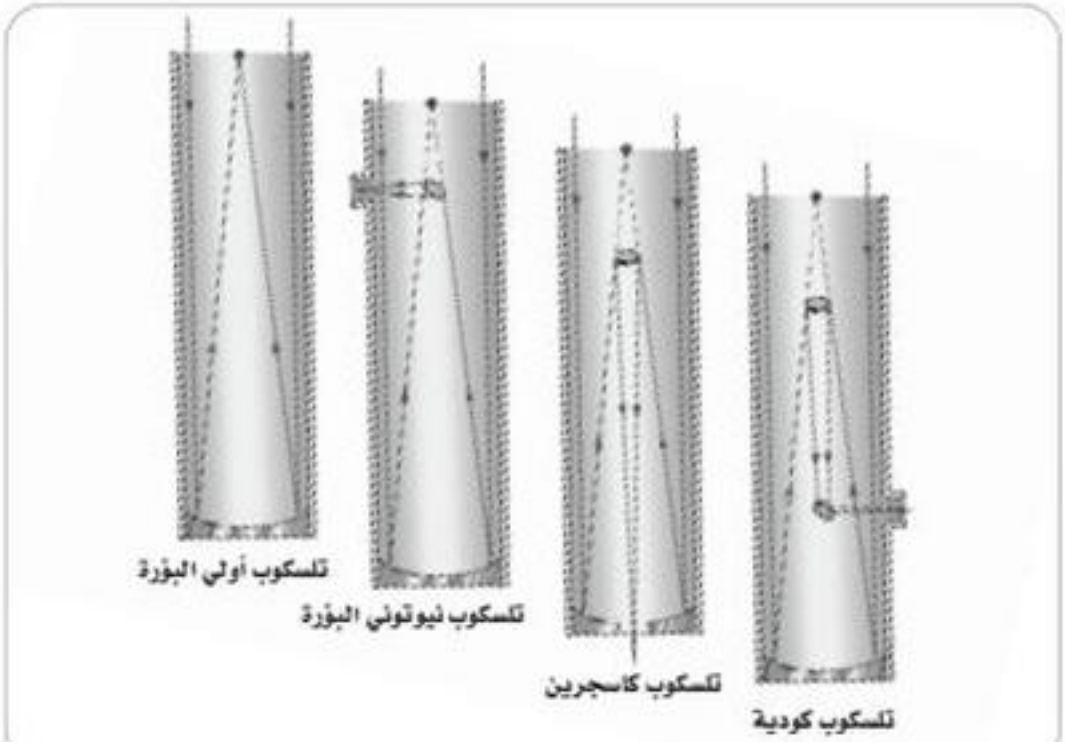
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 8–3 صورة توضح الزيغ الكروي.

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 تلسكوب كودية، وهناك نوع يسمى تلسكوب كاسجرين (Cassegrain focus) وهنا توضع مرآة ثانوية محدبة بدلًا 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 (خصوصًا الثقيلة) في مكان منفصل عن التلسكوب حتى لا تؤثر عليه بثقلها الشكل 9–3.



الشكل 9–3 أنواع التلسكوبات العاكسة.

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.



انجاز لجامعة الملك عبدالله للعلوم و التقنية

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 و الذي يعد أكبر منظار بصري في العالم.

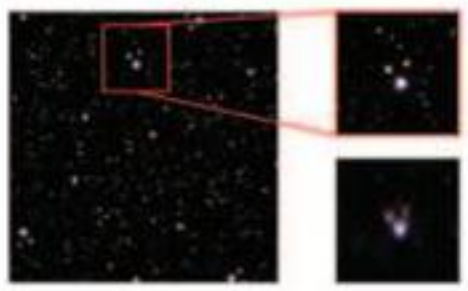
تجربة عملية

التليسكوب العاكس

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 تشوهًا آخر يسمى **الزيغ الهالي (Coma aberration) الشكل 10–3**، وفيه تظهر صورة الأجرام البعيدة عند مركز الرؤية فقط متطاولة وعلى شكل قطرة.



الشكل 10–3 صورة توضح الزيغ الهالي.

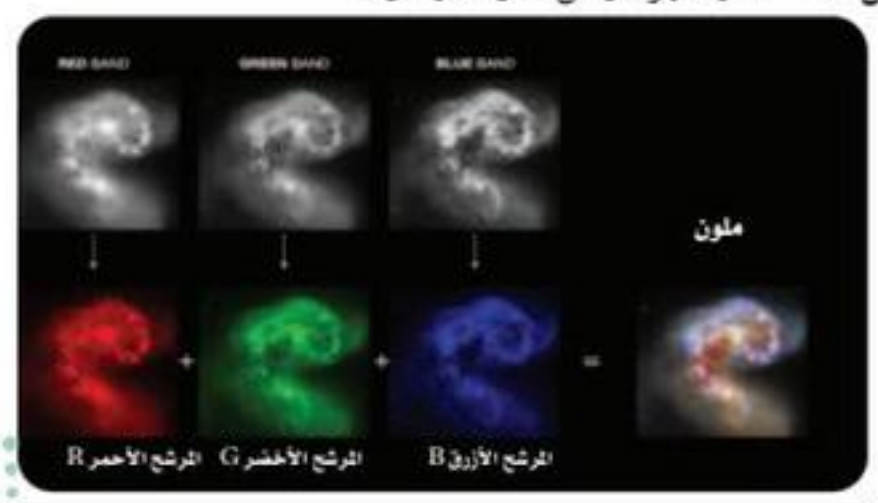
الطريقة الثانية: باستخدام عدسة تصحيح توضع أمام المرآة الكروية الرئيسة وفي مقدمة المنظار هذه الطريقة تعطي كفاءة عالية ومجالات رؤية أكبر في السماء، كما في تلسكوب شميدت (Schmidt) (نسبة إلى مخترعه (Bernhard Schmidt) الذي وضع فكرته في العقد الثالث من القرن المنصرم). وأكبر منظار من هذا النوع هو تلسكوب مرصد (Palomar) بمرآة كروية قطرها خمسة أمتار، وعدسة تصحيح بقطر 1.2 متر.

وأغلب التلسكوبات شيوعًا هو النوع العاكس؛ لأنه أقل تكلفة وأسهل في التصنيع، فالمرايا أسهل في التصنيع من العدسات. ومن مزاياه أيضًا أن المرآة تحمل بالكامل من الخلف وهذا يكسبها ثباتًا، 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 يسيرًا. كما أن أكبر التلسكوبات في العالم من النوع العاكس أيضًا، وقد حدث تطور كبير في صناعة التلسكوبات والأجهزة المساعدة، حيث تتميز التلسكوبات الحديثة بصغر الحجم وأنها أكثر صلابة واستقرارًا 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 اختصارٌ لـ (Charge Coupled Device) **الشكل 11–3**، و كذلك الفلاتر الطيفية **الشكل 12–3** وأجهزة قياس الطيف وتحليله.



الشكل 11–3 CCD كاميرا مثبتة بأسطوانة فلاتر.



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 جيلًا جديدًا من التلسكوبات. وأحد التغييرات التي حدثت في التلسكوبات الجديدة هي استخدام مرايا خفيفة ببعد بؤري قصير، وبرغم قلة وزن المرآة إلا أنها أشد صلابة من ذي قبل. كما أن بناء تلسكوب بمرآة كبيرة، 10 أمتار مثلًا 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 وسمك 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 حاليًا دول أوروبا معًا تلسكوبًا متعدد المرايا قطره 16 مترًا. 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 مراصد فوق سطح القمر (MMTO).



الشكل 13–3 منظر جوي للقبتين التوأمين لمرصد كيك، والفتحتان للكشف عن التلسكوبات **Keckl** على اليمين، و **Keck II** على اليسار.



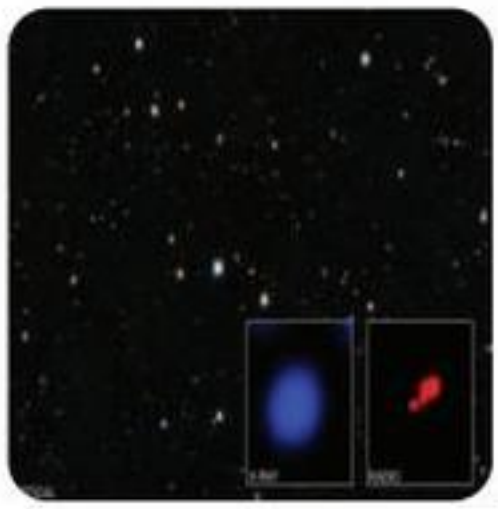
الشكل 14–3 تركيب المنظار الراديوي.



الشكل 15–3 المجال المغناطيسي للمشتري.

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 أنواعٌ 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 جدًا، 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 ضخم جدًا Very Large Array (VLA) كتلك التي في نيومكسيكو، وتتكون من 27 تلسكوب راديوي بقطر 26 متر للواحد، وتنتظم 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 و رصد 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.

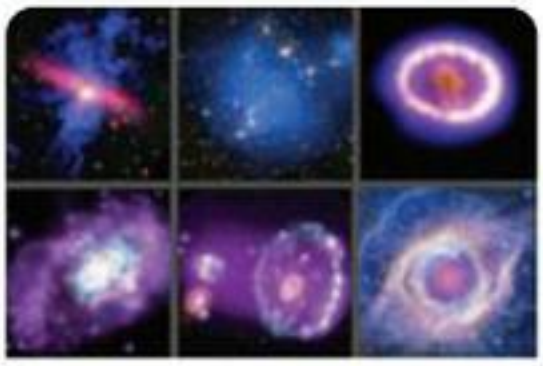


الشكل 16–3 كوازارات.
المصدر: وكالة ناسا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

3– تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء Infrared Telescopes

وتشبه تلسكوبات الضوء المرئي، إلا أنها تستخدم أنواعًا 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 أيضًا لتحمل تلسكوبات للرصد على ارتفاعات عالية، وقد أرسلت الدول الأوروبية قمرًا صناعيًا إلى الفضاء الخارجي لرصد الأشعة تحت الحمراء Infrared Space Observatory (ISO).



الشكل 17–3 صور لسدم بنطاق الأشعة السينية بواسطة مرصد شاندرا.
المصدر: وكالة ناسا.

4– تلسكوبات الاشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية

X–ray & UV– ray Telescopes

لابد من رصد تلك الأشعة خارج الغلاف الجوي للأرض؛ وذلك لأن الغلاف الجوي للأرض يمنع دخول هذه الأشعة تمامًا، 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 انجستروم. 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** و**الشكل 18–3** وبهذه الأنواع المختلفة من التلسكوبات يمكن معرفة الكثير من المعلومات المهمة عن الأجرام في السماء وما تحتويه من خفايا لم نكن نعرفها دون هذه المراصد .



الشكل 18–3 مرصد شاندرا للأشعة السينية.
المصدر: وكالة ناسا.

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 أنواعًا مختلفة من الأفلام الحساسة لإشعاعاتها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. علل سبب تفضيل أغلب الفلكيين هواة أو متخصصين للتلسكوبات من النوع العاكس.
2. لماذا لم يتم بناء مراصد للأشعة السينية على سطح الأرض و تقليل تكاليف إرسال مراصد للفضاء.

التفكير الناقد

3. هل تفضل استخدام منظار راديوي كبير جدًا أو منظومة راديوية مكونة من مناظير صغيرة بقطر كبير. مبينًا سبب اختيارك.

الكتابة في علوم الفضاء

4. ابحث في دور كاميرات (CCD) في رصد الأجرام السماوية ولماذا لا تستخدم الكاميرات الفوتوغرافية العادية بدلًا منها؟

الرياضيات في علوم الفضاء

5. أوجد قوة تفريق منظار كاسر قطر عدسته الشيئية 0.3 م

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقنية الفلكية

جمس ويب الراصد الكوني بعدة أطياف

يأتي تلسكوب جمس ويب تتويجًا 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 جُهز "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.

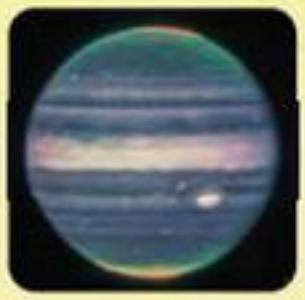
و هذه الأجهزة هي:



المصدر، وكالة ناسا.

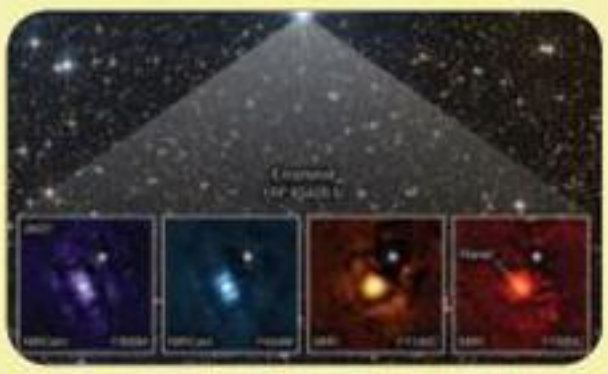
- **الكاميرا العاملة في المجال القريب من تحت الأحمر،** وسترصد النجوم الشابة في مجرة درب التبانة والأجسام الموجودة في حزام كويبر.
- **راسم الطيف بالقرب من المجال تحت الأحمر،** وسترصد المجرات البدائية التي تشكلت بعد الانفجار العظيم.
- **أداة المجال المتوسط من الأشعة تحت الأحمر،** وستسمح لها كواشفها الحساسة برؤية الانزياح الضوئي نحو الأحمر للمجرات البعيدة، والنجوم المتشكلة حديثا، والمذنبات المرئية بشكل خافت جداً.
- **حساسات التوجيه والإرشاد / المصور العامل في المجال القريب من تحت الأحمر وراسم 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 سابقًا الحصول عليها.

الكتابة في علوم الفضاء

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 تلسكوبًا مناسبًا للرصد الفلكي

الأدوات

- 4عدسات محدّبة إحداها ذات قطر كبير مختلف، والأخريتان ذات قطر صغير مختلف معلومة الأبعاد البؤرية.
- تسجيل أقطار العدسات الشيئية وتسجيل أبعادها البؤرية.
- أنبوبان فارغان من المواسير البلاستيكية بأقطار تتوافق مع أقطار العدسات وبطول 30 سم لكل منهما.
- شريط لاصق.
- شريط إسفنج.

إجراءات السلامة

تحذير: لا تستخدم التلسكوب البسيط للنظر إلى الشمس أبدًا.

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 فاصلًا بينهما من الإسفنج.
2. حرّر الأنبوب الداخلي؛ ليتوسع داخل الأنبوب الخارجي.
3. باستخدام الشريط اللاصق، ثبّت إحدى العدسات بالحافة الخارجية للأنبوب الداخلي، مع الانتباه إلى ضرورة أن تكون الجهة المنحنية في العدسة مواجهةً للأنبوب من الداخل.
4. ثبّت العدسة الثانية بالحافة الخارجية للأنبوب الثاني، مع الانتباه إلى ضرورة أن تكون الجهة المنحنية في العدسة مواجهةً للأنبوب من الخارج، لا بأس إذا كانت عدساتك أكبر من الأنابيب.
5. حاول لصق إطار العدسات فقط بالشريط اللاصق، حتى لا تغطي العدسات كثيرًا.
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 بالسماء.
9. ضع عينك على عدسة الأنبوب الداخلي، ثم وجّه التلسكوب الذي صنعته إلى القمر.
10. حرك الأنبوب الداخلي للداخل وللخارج، حتى تصبح رؤيته واضحة وتفاصيله دقيقة.
11. سجل ملاحظتك حول رصد القمر.
12. أعد الخطوات 11–8 للمنظار الآخر.
13. قارن بين المنظارين وأيهما تفضل؟ اربط إجابتك بناء على المشاهدات وقيم قوة التفريق والتكبير .

	منظار المجموعة الأولى	منظار المجموعة الثانية
قطر العدسة الشيئية D		
البعد البؤري للعدسة الشيئية F		
البعد البؤري للعدسة العينية f		
قوة التفريق R		
قوة التكبير M		
وضوح صورة القمر	☐ دقيقة ☐ متوسطة ☐ مشوهه	☐ دقيقة ☐ متوسطة ☐ مشوهه

الكتابة في علوم الفضاء

ماذا لو رغبت في رصد جرم خافت فما مواصفات المنظار الذي ستختاره؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة إن معرفتنا بالكون مستمدة في معظمها من رصد وتحليل وتفسير طيف النجوم وآلية انتقاله.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3-1 الطيف الكهرومغناطيسي	
الأنجستروم المطياف الطيف المستمر طيف الانبعاث خطوط امتصاص	**الفكرة الرئيسة** الضوء المرئي ليس إلا جزءًا صغيرًا من كامل الإشعاع الكهرومغناطيسي. تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية أنواعًا كثيرة من الموجات كموجات الأشعة السينية وأشعة جاما بالإضافة إلى موجات الضوء المرئي. * تردد الشعاع الكهرومغناطيسي يمكن حساب طاقة الفوتون من المعادلة الآتية: $E=hf$ *الطيف المستمر ينبعث من جسم ساخن، أما طيف الانبعاث فناتج من غاز ساخن. * 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.
3-2 المناظير الأرضية والفضائية	
قوة التفريق الزيغ اللوني الزيغ الكروي الزيغ المائي	**الفكرة الرئيسة** يمتلك الفلكيون اليوم أدوات لرصد معظم أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي الآتية من الفضاء وتحليلها وتفسيرها. **مهام التلسكوب:** 1-جمع الضوء. $P=\frac{D^2}{0.49}$ 2- التفريق . $R=\frac{11.58}{D}$ 3- تكبير الصورة. $M=\frac{F}{f}$ **أنواع التلسكوبات:** 1. **تلسكوبات الضوء المرئي Optical Telescopes** a. التلسكوب الكاسر Refractor telescope b. التلسكوب العاكس Reflector telescope 2. **التلسكوبات الراديوية Radio Telescopes** 3. **تلسكوبات الأشعة تحت الحمراء Infrared Telescopes** 4. **تلسكوبات الاشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية X-ray & UV- ray Telescopes** **عيوب المنظار الكاسر:** ثقل عدساته-غير منفذ لجميع أطياف الضوء المرئي-الزيغ اللوني-الزيغ الكروي.

تقويم الفصل 3

مراجعة المفردات

المفاهيم:

1. تستخدم هوائي (دش) في رصد الأشعة الراديوية الصادرة من النجوم .....
2. وحدة قياس للطول للمسافات القصيرة للغاية وتساوي 0.0000001 ملم .....
3. القدرة على تفريق وتحليل صور الأجسام البعيدة عن بعضها .....
4. جهاز يستخدم في تحليل أشعة النجم الذي نرصده إلى أطياف .....
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 بمناظير أرضية؟

15. اربط كل أداة مما يلي بما يناسبها من الأرصاد:

الخاصية		الأداة
١- أخفت المصادر الراديوية وأقصاها.		مرصد تشاندرا.
٢- النجوم و الغازات ذات الطاقات العالية.		مرصد فيرمي.
٣-المصادر المرئية.		مرصد كيك.
٤-المصادر السينية.		منظومة Very Large Array.

16. لدينا منظارين بالمواصفات التالية:

	نوع المنظار	
	عاكس 1	عاكس 2
قطر العدسة أو المرآة الشيئية.	2m	1m
البعد البؤري للشيئية.	14.6 m	14.6 m
البعد البؤري للعينية.	1 cm	1 cm

أي المنظارين المذكورين في الجدول:

a. أكبر قدرة على تجميع الضوء.

b.أجدى من حيث قدرة التفريق.

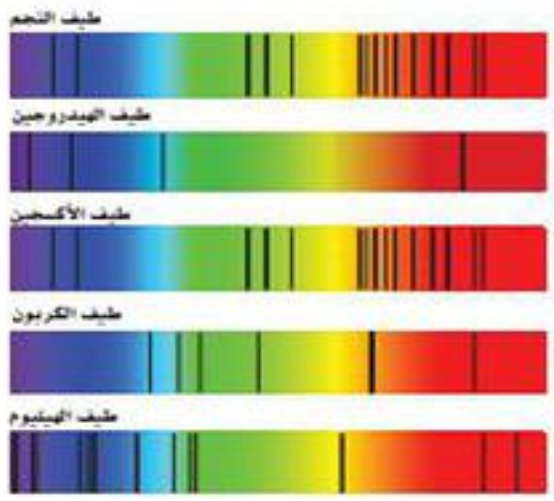
c.أعلى في قوة التكبير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

3 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

17. أي مـــن العناصر التالية تمثل طيف النجم في الشـــكل 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. اذكـــر ثلاثًا من مميـــزات المنظار الراديـــوي في رصده للأجرام السماوية.

21. ما الفائدة من إطلاق مراصد للفضاء الخارجي؟

22. علل يتم عمل منظومة من التلسكوبات الراديوية أو بما يسمى ترتيب ضخم جدًا؟

23. اشرح طريقة تصحيح الزيغ اللوني في المناظير الكاسرة.

24. قارن بين قدرة العين والمنظار.

التفكير الناقد

25. تم رصد الثقب الأسود بواسطة المنظار الراديوي. أيهما برأيك الخصائص الطيفيـــة أم الخصائص التقنية التي حفزت العلماء على إعطاء هذا المنظار أولوية في رصد الثقب الأسود؟

خريطة مفاهيمية

26. أكمل خريطة المفاهيم:



سؤال تحفيز

27. علل عدم استمرار عمل المناظير الفلكية في الفضاء لسنوات عديدة.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. من مصادر الاشعة فوق بنفسجية:
   a. التفاعلات النووية.
   b. الثقوب السوداء.
   c. السوبرنوفا.
   d. الكواكب.
2. مستويات الطاقة الأقل للعناصر الثقيلة تنتج أطيافًا 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 (Palomar).
   b. منظار كيك(KecK).
   c. منظار هابل الفضائي(Hubble Space).
   d. منظار يركس(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 مثالًا لخطوط امتصاص.
9. أين تتجمع الأشعة المنعكسة في المنظار العاكس الذي يعاني من زيغ 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، يستخدم هوائيات عبارة عن صحون معدنية كبيرة، والعديد من تلك الهوائيات نصبت على ارتفاع 5000 متر ضمن هضبة تشانانتور، وتقوم صحون 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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

عبارة عن طول موجة الإشعاع المكتشف. والإشعاعات المدروسة هي تلك التي يقع طول موجتها بين بضع مئات الميكرونات حتى 1 ميليمتر والتي تعرف باسم الإشعاعات المليمترية. والدون مليمترية.

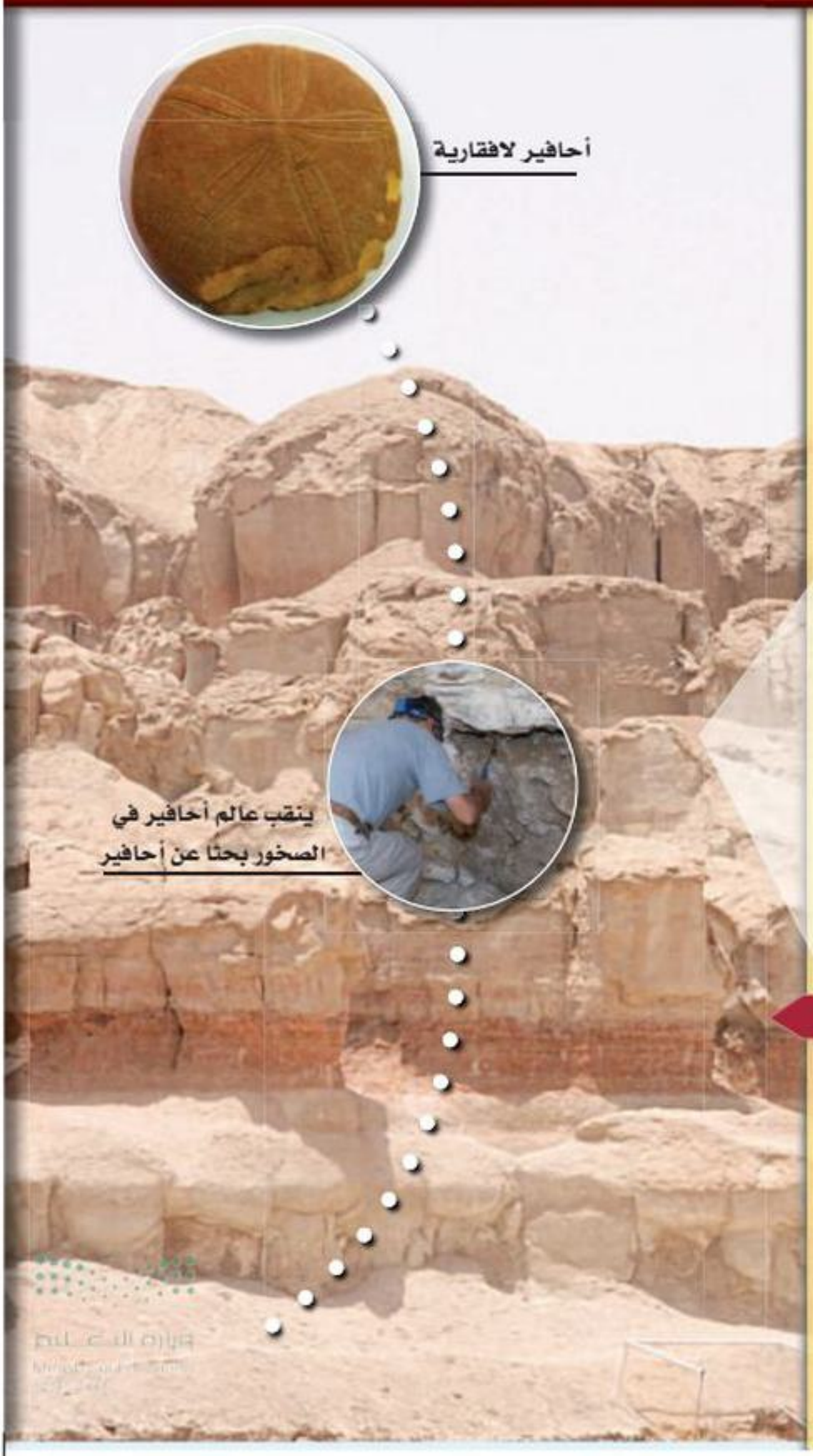
حسب ما قرأت أجب عما يلي:

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.

الفصل 4

الأحافير والتأريخ الصخري
Fossils and the Geolgical Dating



الفكرة العامة يستعمل العلماء طرائق متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

4–1 تعريف الأحافير وشروطها

الفكرة الرئيسة الأحافير بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظًا طبيعيًا عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة

4–2 طرق حفظ الأحافير وأهميتها

الفكرة الرئيسة يتم حفظ الأحافير بطرق عديدة تعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات القديمة منذ ملايين السنين.

4–3 السجل الصخري

الفكرة الرئيسة يرتب العلماء الزمن الجيولوجي لمساعدتهم على التواصل حول تاريخ الأرض.

4–4 العمر النسبي والعمر المطلق

الفكرة الرئيسة 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 وأنهارًا قديمة وبقايا آثار مدن، منها: مدينة عبار، ووادي الباطن، وجبال الأحقاف، وكما تخفي مواطنًا لكثير من اللافقاريات.
- تحوي السجلات الصخرية دلائل تشير إلى وجود فترات جليدية سادت شبه الجزيرة العربية.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تتكون الأحافير؟

لعلك زرت أحد المتاحف، ووقفت أمام عظام متحجرة لأحد الديناصورات. تقدم العظام المتحجرة دليلاً على وجـود الديناصورات وبقايـا المخلوقات الأخرى في الزمـن الماضي. وتتكـون الأحفورة عنـد دفن عظام المخلـوق أو الأجزاء الصلبة منـه بسرعة في مواد مثل الطين أو الرمل أو رسوبيات أخرى، وتصبح متحجرة بعد مـرور مدة طويلة مـن الزمن؛ إذ تمتـص العظام والأجزاء الصلبة المعادن من الأرض.

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اسـكب 500mL مـن الرمل في علبـة اللبن البلاستيكية بعد إزالة الجزء العلوي.
3. ادفن **قطعة إسفنجية** في وسط الرمل.
4. اسـكب 250 mL من **ماء ساخن في إناء سعته 500 mL**.
5. أضـف 100 mL مـن **الملح** إلى الإنـاء وحرّك الخليط **بساق تحريك** بسرعة.
6. اسكب الماء على الرمل ثم عرّض الإناء مباشرة لأشعة الشمس مدة 7–5 أيام دون تحريك.
7. احفر في الرمل لتحصل على "أحفورة إسفنجية".

التحليل

1. **صف** في دفتر علوم الأرض والفضاء ما حدث للقطعة الإسفنجية.
2. **فسّر** كيف ينمـذج هذا النشـاط عملية تكون الأحافير؟

المطويات
منظمات الأفكار

التأريخ النسبي مقابل التأريخ المطلق

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق لأعمار الصخور.



الخطوة 1 اسـتعمل ورقة طولية وحدد وسطها.



الخطوة 2 اثن الورقة من أعلى ومن أسفل نحو وسطها لعمل مطوية ذات مصراعين.



الخطوة 3 عنون اللسـانين: التأريخ النسبي، التأريخ المطلق.

استخدم هذه المطوية في القسم 4–4 في أثناء دراستك التأريخ النسـبي والتأريخ المطلق، لخـص المعلومات عليها، واكتب فيها أمثلة على إيجابيات وسلبيات كل منهما.

رابط الدرس الرقمي

www.jen.edu.sa

4-1

تعريف الأحافير وشروطها

Definition of fossils and their conditions

الأهداف

- **تتعرف** الأحافير.
- **توضح** شروط تكون الأحافير.
- **تصنف** أنواعًا مختلفة من الأحافير.
- **تعلل** ندرة وجود أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.

مراجعة المفردات

الرسوبيات: قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجاذبية، وتكون الصخور الرسوبية.

المفردات الجديدة

الأحافير

علم الأحافير

الفكرة الرئيسة الأحافير بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض، وحفظت في الصخور حفظًا طبيعيًا 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 يَبُثُّ مِن 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 حفظًا طبيعيًا عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.

وبمقارنة الأحافير المحفوظة في الصخور بمثيلاتها من الكائنات الحية الموجودة حاليًا، 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**.

إثراء

يمكنك الرجوع للمتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: قيل المستودون.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

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:

حيـث إن المادة الرخوة يتم تحللها بعد مـوت الكائن في مدة زمنية قصيرة إلا إذا وجدت ظروف خاصة تساعد على حفظها؛ كأن تدفن وتغطى بالثلج، أو مواد حافظة أخرى مثل: الإسفلت.

بينمـا المادة الصلبة في الكائن تكون فرصة حفظهـا أكبر، لذلك يكون من النادر وجود أحافير للكائنات التي ليس لها هياكل صلبة كالديدان.

2. أن يدفن الكائن سريعًا:

ويتم ذلك إذا حفظ الكائن أو أي جزء منه من المؤثرات الخارجية مثل: تأثير المياه ودرجة الحرارة التي تعمل على تحلل أجزائه وتلاشيها.

وتعد أحافير الكائنات البحرية الأكثر شيوعًا وانتشارًا؛ لأن بيئاتها أكثر ملاءمة لعملية الدفن السريع، كما أن عوامل التحلل مثل: تأثير البكتيريا بها أقل نشاطًا منها على اليابسة **الشكل 1–4**.

ماذا قرأت؟ بيّن سبب كثرة انتشار أحافير الكائنات البحرية؟

ومن خلال **الجدول 1–4** سـتتعرف على أشـكال مختلفة للأحافير الحيوانية والنباتية والأزمنة الجيولوجية التي عاشت فيها.



الشكل 1–4 أحافير كائنات بحرية.

الجدول 1–4

الأحفورة	الشكل	العمر الجيولوجي
ثلاثية التفصص Trilobites يتكون جسمها من ثلاثة أقسام.		ظهرت في عصر الكامبري وانقرضت في عصر البرمي.
الأمونيتات ammonites لها صدفة ذات لفات ظاهرة أو مخفية التتابع.		ظهرت في عصر الديفوني وانقرضت في عصر الكريتاسي.
الزواحف Reptiles من أمثلتها التي عاشت في عصر البرمي ودهر الحياة المتوسطة الديناصورات.		ظهرت في العصر الكربوني، وسادت في دهر الحياة المتوسطة، ثم انقرضت الزواحف الضخمة في نهاية عصر الكريتاسي.
المرجانيات Corals تتكون من مستعمرات تشبه الأشجار.		ظهرت في عصر الأردوفيشي ومازالت مستمرة حتى الآن.
الفرامنيفرا (المثقبات) Foraminifers كائنات ذات أصداف دقيقة مختلفة الأشكال والأنواع يعتمد عليها في تحديد أعمار الطبقات تحت السطحية أثناء حفر آبار النفط.		ظهرت في عصر الأردوفيشي ومازالت مستمرة حتى الآن، وبعض أنواعها انقرضت.
السراخس Glossopteris أغلبها نباتات عشبية.		ظهرت في عصر الديفوني ومازالت حتى الآن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 كائنات عاشت في البيئة البحرية، والأخرى لأثار الكائنات التي عاشت على اليابسة.

الجزء الثاني

3. استعمل كراسة صغيرة محاولًا رسم أشكال تلك الأحافير.

التحليل

4. من خلال دراستك لتلك الأحافير، ميز بين أحافير الكائنات التي عاشت في البيئة البحرية والأخرى التي عاشت على اليابسة.
5. توقع نتيجة عدم توفر الظروف المناسبة لحفظ تلك الأحافير.

التقويم 1–4

الخلاصة

- الأحافير هي بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت حفظًا طبيعيًا.
- 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 انتشارًا؛ بسبب توفر وسائل الدفن السريع في البيئة البحرية.

فهم الأفكار الرئيسة

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** تقريرًا عن أهمية أحافير «الفرامنيفرا» في اكتشاف النفط.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-2

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 طـرق الحفظ المختلفة للأحافير.
- **تناقش** أهمية الأحافير في معرفة البيئات القديمة وكيفية الاستفادة منها.

مراجعة المفردات

علم الأحافير:
العلم الـذي يـدرس المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي.

المفردات الجديدة

التمعدن
التفحم
الاحلال
الطبع
آثار الحفر
النموذج
القوالب

الفكرة الرئيسة يتـم حفظ الأحافـير بطرق عديدة تعتمـد على الظـروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات القديمة منذ ملايين السنين.

الربـط مع الحيـاة عندما تذهب مع زملائك أو عائلتـك 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، وسيساعد تصنيف أنواع الحفظ لها على تحديد العمليات المسؤولة عن تعديل البقايا الأحفورية لكل من الحيوانات والنباتات، وتُعدّ عملية حفظ الأحافير في الصخور عملية معقدة، ويتطلب الأمر ظروف بيئية خاصة حتى يتمّ الحفاظ عليها، فعندما يموت المخلوق الحي يبدأ جسمه بالتحلل على الفور، إذ تعمل البكتيريا على تحلل 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:

أولًا: الحفظ الكامل

يتطلب ذلك دفن المخلوق الحي سريعًا في وسط يحول بينه وبين عوامل التحلل؛ حيث يحفظ المخلوق الحي كاملا بجميع أجزائه الصلبة والرخوة، ويعد العثور على هـذه الأحافير كاملة نادر جدًا؛ لأن حفظها يحتاج إلى بيئات وظروف خاصة، ويتميز



الشكل 2-4 الماموث الصوفي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

هذا النوع من الحفظ بأهميته لأنه يعطينا معلومات مهمة عن أجزاء الحيوانات اللحمية وتشـريحها، ومـن المخلوقات التي حفظت حفظـا كاملا الماموث الصوفـي في ثلوج سـيبيريا **الشـكل 2–4**، كما وجد وحيد القـرن الصوفي محفوظًا في الطبقات الإسـفلتية في شـرق أوروبا **الشكل 3–4**، كما حفظت بعض الحشرات وحبيبات اللقاح في الصمغ النباتي (الكهرمان) **الشكل 4–4**.

ثانيًا: الحفظ بتغيير التركيب الأصلي

وهو الذي يحـدث 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 والبايرايت، 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 الأمونيتات؟

b. التفحم:

عندمـا يموت المخلوق الحي ويدفن في الرواسـب، ومـع زيادة الضغط ودرجة الحرارة العالية إضافة إلى عامل الزمـن الطويل، تبدأ عمليات **التفحم carbonization**؛ وذلك بأن يتطاير الأكسـجين والهيدروجين والنيتروجين الموجـود في خلايا المخلـوق ويبقى الكربون الذي يمثل الشـكل الأصلي؛ حيث يميل لونها إلى اللون الأسـود بسـبب غناها بالكربون، وغالبًا ما تكون البيئة التـي تحفظ فيها بيئة كيميائية مختزلة (خالية من الأكسـجين) مثل: بيئة المستنقعات **الشكل 6–4**.

c. الإحلال:

تسمى عملية إحلال معدن ثانوي (السيليكا - كربونات الكالسيوم - أكاسيد الحديـد) إحلالًا كامـلًا أو جزئيًا محل المادة الأصليـة للمخلوق **بالإحلال substitution**، مثـل بعض الأصـداف عندما يحل معـدن الكوارتز مكان الكالسـيت أو مثل ما يحدث للأشـجار المتحجرة عندما حلت مادة السيليكا مكان المادة العضوية في الخشب **الشكل 7–4**.

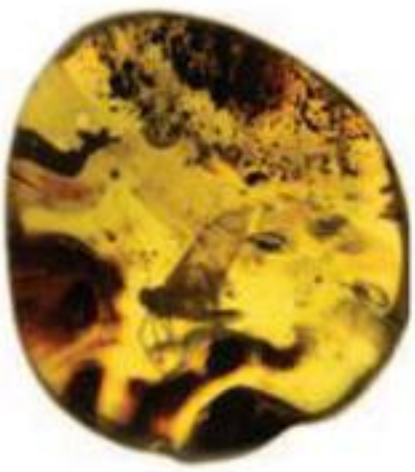
ماذا قرأت؟ في التفحم **ماهي** المواد التي يفقدها المخلوق، وماهي المادة الوحيدة التي تبقى لتشكل الأحفورة؟

ثالثًا: الطبع

يتكـون **الطبـع print** عندما تتـرك المخلوقات طبعة آثارهـا على المواد الرسوبية الطرية، وعندما تجف هذه الرواسب يحفظ الطبع كنوع من الأحافير، ومن الأمثلـة على ذلك: طبع أقدام الطيور والديناصورات وأوراق الأشـجار **الشكل 8–4**.



الشكل 3–4 وحيد القرن الصوفي.



الشكل 4–4 حشرة في الكهرمان.



الشـكل 5–4 التمعـدن في أحفورة الأمونيتات.

رابعًا: آثار الحفر

تحفر بعض الحيوانات كالديدان في الرواسب الطرية جحورًا 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 9–4**.

خامسًا: القوالب والنماذج

إذا طمرت صدفة في الرواسب، تتحلل مادتها الرخوة وتملأ الرواسب التجويف الداخلي للصدفة فيتكون **النموذج Model الشكل 10–4**، وعندما ينطبع شكل الصدفة الخارجي على الرواسب المحيطة بها يتكون **القالب Templates الشكل 11–4**.

أهمية دراسة الأحافير

تساعد الأحافير في تحديد عمر الصخور والتعرف على البيئة الرسوبية القديمة وأشكال الحياة السائدة في تلك العصور، وتسهم الأحافير أيضًا في فهم توزع القارات والبحار على سطح الأرض قديمًا، 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.



الشكل 6–4 سمكة تم حفظها بالتفحم.



الشكل 7–4 جذع شجرة تم إحلال السيليكا بدل المادة العضوية.



الشكل 8–4 آثار طبع أقدام الديناصورات.

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 تاركًا مكانه تجويفًا مفرغًا له شكل الصدفة، فإذا تسربت المعادن الذائبة وتجمعت داخل الفراغ ثم تصلبت فإنها تكون نوعًا آخر من الأحافير له شكل القالب نفسه ويسمى نموذجًا.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على صدفة بحرية مجوفة وصلصال.
3. غط سطح الصدفه بشكل كامل 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 9–4 آثار الحفر لبعض الديدان.



الشكل 10–4 النموذج.



الشكل 11–4 القالب.

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 الرئيسة

1. **ناقش** كيف تحفظ الأحافير.
2. **لخص** كيفية حفظ الأحافير بواسطة التفحم.
3. **اعمل** قائمة بأسماء الأحافير في منطقتك، وتعرف على طريقة حفظ كل منها.
4. **صمم** نموذجًا يحاكي طريقة حفظ القالب.
5. **استنتج** العوامل المؤثرة على حفظ الأحافير حفظًا كاملًا.

التفكير الناقد

6. **وضح** أهمية دراسة الأحافير

الكتابة في الجيولوجيا

7. **اكتب** تقريرًا عن أهمية الأحافير في عمل مقارنة بين الوحدات الصخرية المختلفة.

رابط الدرس الرقمي
www.jen.edu.sa

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

الأحفورة: بقايا أو آثار أو طبعات نبات أو حيوان عاش يومًا ما على سطح الأرض.

المفردات الجديدة

سلم الزمن الجيولوجي
الدهور
ما قبل الكامبري
الحقب
العصور
أحافير مرشدة
الأحيان
الانقراض الجماعي

السجل الصخري The Rock Record

الفكرة الرئيسة **يرتب العلماء الزمن الجيولوجي؛ لمساعدتهم على التواصل حول تاريخ الأرض.**

الربط مع الحياة تخيّل الصعوبة التي تواجهها عندما ترتب لقاء مع صديق لك لو لم يكن الزمن مقسمًا 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 مشيًا 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 آثارًا أو طبعات لمخلوقات عاشت في الزمن الماضي. ويستطيع الجيولوجيون من خلال دراسة الطبقات الصخرية والأحافير التي تحتويها معرفة تاريخ الأرض القديم من نواحٍ عدة، منها المناخ والبيئة القديمان، وتفسير ذلك.

ولفهم صخور الأرض وتفسير نشأتها، قسّم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى وحدات زمنية بناء 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.



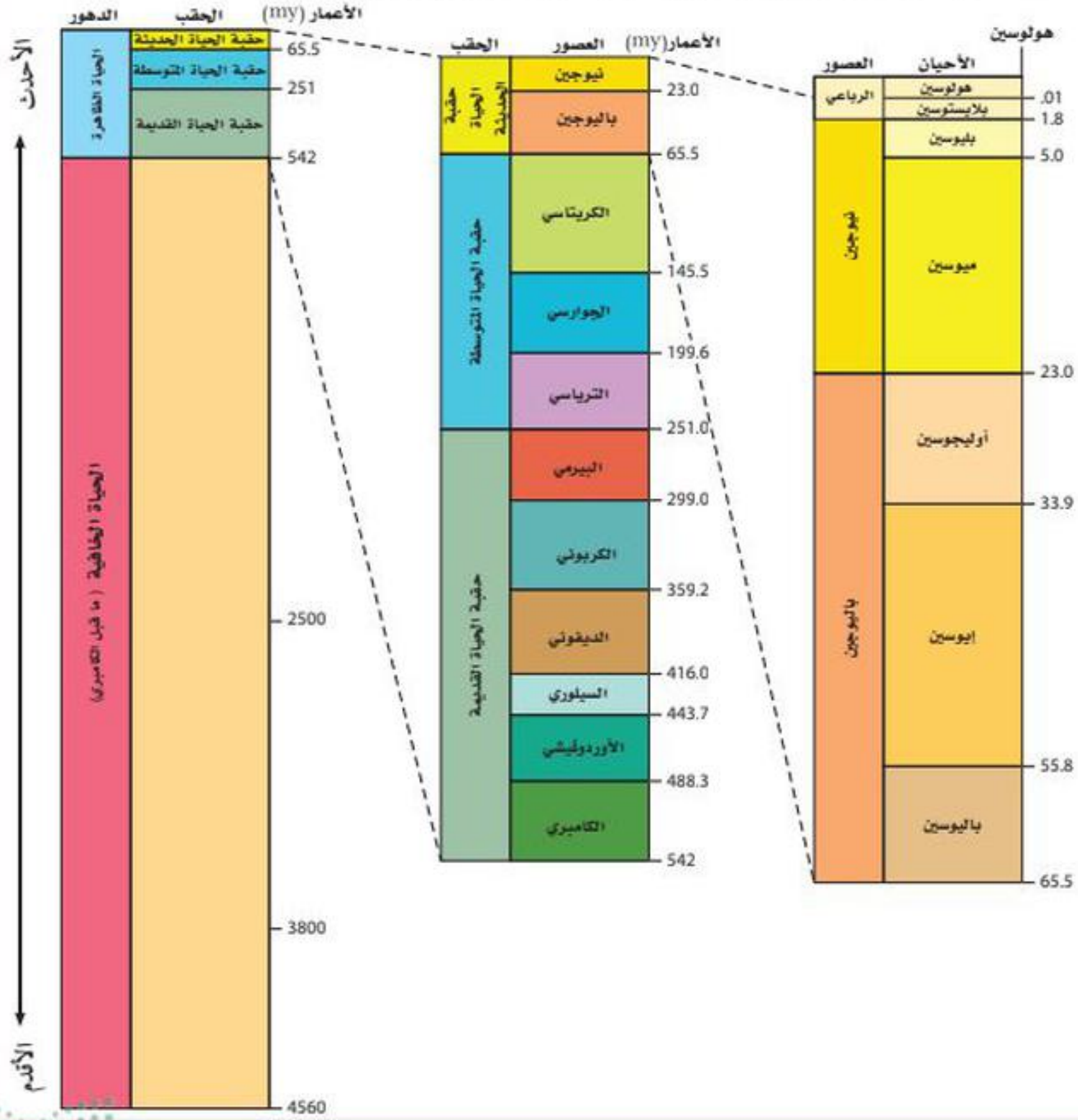
الشكل 12–4 تمثل الطبقات أحداثًا جيولوجية تقدر أعمارها بمئات الملايين من السنين. ويدرس الجيولوجيون الصخور والأحافير في كل طبقة لمعرفة تاريخ الأرض باستعمال وحدات زمنية مختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

سلم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

الشكل 13–4 يبدأ سلم الزمن الجيولوجي قبل 4.6 بلايين عام. ويقسِّم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى مجموعات، أكبرها الدهور؛ حيث يحتوي كل منها على حقب، 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.



سلم الزمن الجيولوجي The Geologic Time Scale

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 الى 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 قُسّم سُلّم 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% تقريبًا 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 حفظًا؛ ليس لأنها أحدث عمرًا، بل لاحتوائها على أجزاء صلبة لمخلوقاتها 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؟

تجربة عملية
سلم الزمن الجيولوجي
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 15–4 اكتشاف الأحافير والتقنية غيّرت اكتشافات الأحافير وتقنيات التأريخ فهمنا للحياة على الأرض.





1796 رسم المساح وليام سميث أول خارطة جيولوجية اعتمادًا على أحافير محددة في الطبقات الصخرية.

1820 اكتشفت ماري آننج أحافير عدة لمخلوقات حية قديمة، وأثارت بذلك اهتمامًا كبيرًا بعلم الأحافير.

1857 اكتشف عمّال المقالع هيكلاً عظميًا يسمى نيندرتال.

1929 يُعدّ أناسازي أول موقع أثري يؤرخ باستعمال حلقات الأشجار السنوية.

1959 أدى اكتشاف أحافير في صخور طين بيرغن في سلسلة جبال روكي في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى بيان مدى تنوع اللافقاريات خلال عصر الكامبري.

1800 | 1840 | 1880 | 1920

وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440



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 تُحدد بقية الوحدات الأخرى – بناء 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 قديمًا، وكلمة meso تعني متوسطًا، وكلمة ceno تعني حديثًا، 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 زمنيًا، فعلى سبيل المثال حين الهولوسين الذي يتضمن الزمن الحديث بدأ منذ 11,000 عام فقط.



1946 توصل عدد من العلماء إلى أنه يمكن تحديد أعمار الأجسام العضوية والآثار الحديثة نسبيًا باستعمال الكربون المشع.

1993 تُعد الأحافير التي وجدت في غرب أستراليا دليلاً على وجود البكتيريا قبل 3.5 بليون عام.

2006 أحفورة تشبه القندس عمرها 164 مليون عام اكتشفها الصينيون، على أنها ثدييات مائية، ويتوقعون أنها ازدهرت مع الديناصورات.

2000 — 1970 — 1940

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 المخلوقـات الحية العديدة الخلايا في التنوع في دهر الحيـاة الظاهرة. لذلك فإن أحافيرها أكثر شيوعًا من أحافير ما قبل الكامبري القليلة نوعًا ما. وفي أثناء أول حقبة مـن دهر الحياة الظاهرة – وهي حقبة الحياة القديمة– امتلأت المحيطات بأنواع مختلفة من الحياة، ومن بينها الترايلوبيت (ثلاثيـة الفصوص) ، وهي حيوانات صغيرة ذات أصداف صلبة مقسمة إلى ثلاثة أجزاء، انظر **الشكل 17-4**، وتعد من أشكال المخلوقات الحية الأولى ذوات الأصداف، وقد سـادت هـذه المخلوقات في المحيطات في بدايات حقبة الحيـاة القديمة. أما نباتـات الأرض فظهرت لاحقًا وتبعهـا ظهور حيوانات اليابسـة، كما وفرت مسـتنقعات العصر الكربوني بيئة مناسـبة لنمو النباتات، والتي تحولت لاحقًا إلى فحم حجري. وقد شـهدت نهاية حقبة الحياة القديمة أكبر أحداث الانقراض الجماعـي في تاريخ الأرض؛ إذ اختفت 90% من المخلوقات الحية البحرية.

والانقـراض الجماعي Mass extinction هو اختفاء مجموعات من المخلوقات الحية في السجل الصخري في فترة زمنية محددة.

واشتهرت حقبة الحياة المتوسـطة بظهور الديناصورات، التي سادت على اليابسة، كما ظهرت مخلوقات حية أخرى كالزواحف المفترسة الكبيرة، التي عاشت في المحيطات، وتميزت نهاية حقبة الحياة المتوسـطة بحادث انقراض ضخم؛ إذ انقرضت مجموعات كبيرة مـن المخلوقات الحية ومنهـا الديناصورات غير الطائـرة والزواحف البحرية الضخمة. وفي حقبة الحياة الحديثة ظهرت الثدييات وتنوعت وزادت أعدادها.



الشـكل 17–4 الترايلوبيت أحافير من حقبة الحياة القديمة توجد في بقاع مختلفة من العالم. وقـد أدى الانقراض الجماعي الـذي حـدث في نهاية هـذه الحقبة إلى اختفاء 90% تقريبًا من أشكال الحياة.

استنتج مـا علاقـة انقـراض المخلوقـات الحية بتسـمية العصر الكربوني؟

إثراء

يمكنـك الرجـوع للمُتحـف الوطنـي الافتراضي للاطلاع على: حقب الحياة.

التقويم 3–4

الخلاصة

- يرتب العلماء سلم الزمن الجيولوجي في دهور وحقب وعصور وأحيان.
- يقسم العلماء الزمن إلى وحدات اعتمادًا على أحافير النباتات والحيوانات.
- يُشكّل دهر ما قبل الكامبري 90% من سلّم الزمن الجيولوجي.
- يتغيَّر سلّم الزمن الجيولوجي مع زيادة معرفة العلماء العلمية بتاريخ الأرض.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **وضح** الهدف من بناء سلم الزمن الجيولوجي.
2. **ميّز** بين الدهور والحقب والعصور والأحيان، ذاكرًا بعض الأمثلة.
3. **صف** أهمية الأحداث التي تمثل الانقراض الجماعي بالنسبة للجيولوجيين.
4. **فسر** لماذا يعرف العلماء معلومات كثيرة عن حقبة الحياة الحديثة أكثر مما يعرفون عن بقية الحقب؟

التفكير الناقد

5. **ناقش** لماذا يعرف العلماء معلومات قليلة عن الحياة في دهر ما قبل الكامبري؟

الرياضيات في الجيولوجيا

6. **ارسم** رسمًا بيانيًا بالأعمدة توضح فيه الفترات الزمنية النسبية لكل حقبة من حقب دهر الحياة الظاهرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-4

العمر النسبي والعمر المطلق

Relative and Absolute age

الأهداف

- **تصف** مبدأ النسقية و أهميته في الجيولوجيا.
- **تطبّق** 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 تتشابه في عدد بروتوناتها، وتختلف في عدد نيوتروناتها.

المفردات الجديدة

التأريخ النسبي
المضاهاة
الطبقة المرشدة
التأريخ المطلق
التأريخ الاشعاعي
التأريخ بالكربون المشع

الفكرة الرئيسة **يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وَفْق حدوثها زمنيًّا. كما يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر المطلق لكثير من الصخور.**

الربط مع الحياة إذا طلب إليك أن ترتب الأحداث الآتية: زمنيًّا من الأقدم إلى الأحدث، فكيف تفعل ذلك؟ (ذهابك إلى المدرسة، استيقاظك من النوم، ارتداؤك الملابس، تناولك الطعام). ستعتمد على الأرجح على خبرتك السابقة في ترتيب هذه الأحداث. يستعمل العلماء أيضًا معلومات من الماضي لترتيب الأحداث في تعاقب زمني مماثل. ولكنهم أيضًا 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 سلّم 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 خُلقت 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 حديثًا 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 كوّنتها لم تتغير.

مبادئ تحديد العمر النسبي
Principles for Determining Relative Age

المطويات

ضمِّن معلومات من هذا القسم في مطويتك

المفردات

مفردات أكاديمية

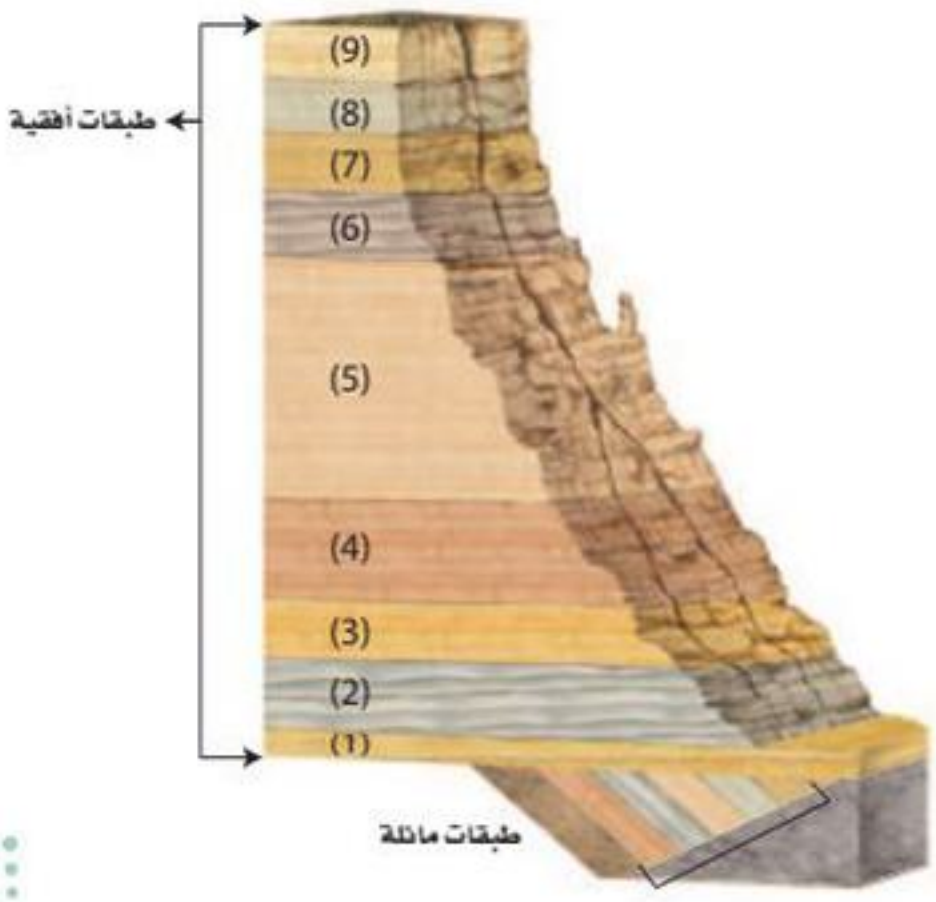
المبدأ

هو فرضية عامة تختبر بصورة متكررة وتسمى أحيانًا قانونًا.

من أمثلتها المبادئ الجيولوجية.

بناء على مبدأ النسقية يستطيع العلماء أن يعرفوا الكثير عن الماضي بدراستهم للحاضر، متبعين في ذلك طرائق عدة، منها **التأريخ النسبي Relative-age dating**، وهو ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها زمنيًّا. 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 تترسّب في طبقات أفقية أو شبه أفقية. ويشبه هذا ما يحدث عندما تترسب الرمال على الشاطئ



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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 تطبيقًا 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 والمقطوع 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 تصلّب الصهارة داخل صخور موجودة أصلًا.



الشكل 20–4 بحسب مبدأ القاطع والمقطوع فإن القواطع النارية أحدث من صخور الشيست.

استنتج كيف تكونت القواطع النارية؟

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 قاطعًا ناريًا رأسيًا يمر من خلال الطبقات من 1 الى 3.
4. حدد النقطة X على أسفل الطرف الأيسر للشكل، والنقطة Y على أعلى الطرف الأيمن له.
5. قص الورقة قطريًا من X إلى Y، ثم حرّك 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 والمقطوع، 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؟

وينـص مبـدأ القاطـع والمقطـوع Cross-cutting relationship عـلى أن القاطع أحـدث من المقطوع. لذلك فإن قواطع الجرانيت في **الشـكل 20–4** أحدث من صخور الشيسـت. ولأن الصدوع كسور في الأرض يمكن أن تحدث حركة على طولها، لـذا يمكن تطبيق مبدأ القاطع والمقطوع عليهـا؛ حيث يكون الصدع أحدث من الطبقات والمعالم الجيولوجية التي يقطعها.

عـدم التوافق Unconformity يتغير سـطح الأرض باسـتمرار بفعل التجويـة والتعرية والـزلازل والبراكين وعمليـات أخـرى، لذلك من الصعـب أن تجـد تعاقبًا صخريًّـا لم يطرأ عليه أي تغـيرات. وفي بعض الأحيان قد تُفقَـد أحداث زمنية ماضية كليًّا مـن تاريخ الأرض. فعلى سـبيل المثال لو أن صخورًا رسـوبية تكشفت على السطح وتعرضت لعمليات حت وتعرية ففقـدت جزءًا منها، ثم حدث ترسـب جديد وغطيت هذه المنطقـة بطبقة جديدة من الرسـوبيات فإن سـطح التعريـة هذا سـيمثل فراغًا (فترة زمنية مفقودة) في السجل الصخري. وتسمى سطوح التعرية المدفونة عدم توافق Unconformity؛ حيث تكون الطبقـة الصخرية التي تعلو سـطح عـدم التوافق مباشرة أحدث عمرًا من الطبقـة 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 سـطح عدم التوافق الانقطاعي عندما يكون سـطح التعرية متعرجًا، ولكن تصعب رؤيته عندما يكون مستويًا.

اللاتوافق Nonconformity هو سـطح يتكون عندما تعلو طبقة رسـوبية صخورًا نارية أو متحولة كالجرانيت أو الرخام، وسطح اللاتوافق سطح تعرية يسهل تعرُّفه. ولأن الجرانيت والرخام يتكوّنان في الأعماق فإن سطح اللاتوافق سـوف يشـير إلى فترة زمنية ضائعة في السجل الصخري، وهي الفـترة التي انقضت في أثناء رفـع هذه الصخور من باطن الأرض إلى أعلى وتعريتها على سطح الأرض وترسّب طبقة صخرية جديدة فوقها.

ماذا قـرأت؟ ميِّز بـين عـدم التوافـق الانقطاعي واللاتوافق.

الشـكل 21–4 عدم التوافق هو سـطح تعرية يفصل بين طبقتين صخريتين ترسّبتا في أوقات مختلفة. ويوضح الشكل أدناه الأنواع الثلاثة لعدم التوافق.



عدم توافق انقطاعي



اللاتوافق



عدم توافق زاوي

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 فسيتكون سطح عدم توافق يسمى عدم التوافق الزاوي. ويبين **الشكل 21–4** كيف يُسجل عدم التوافق الزاوي تأريخًا 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 جزءًا منها.

كما يمكن أن تحتوي الصخور النارية على صخور أخرى؛ فعندما تتدفق اللابة إلى السطح وتنخفض درجة حرارتها نسبيًا فإنها تحمل معها صخورًا أخرى. انظر **الشكل 22–4**.



الشكل 22–4 تحتوي الصخور الحديثة على قطع صخرية من صخر قديم.

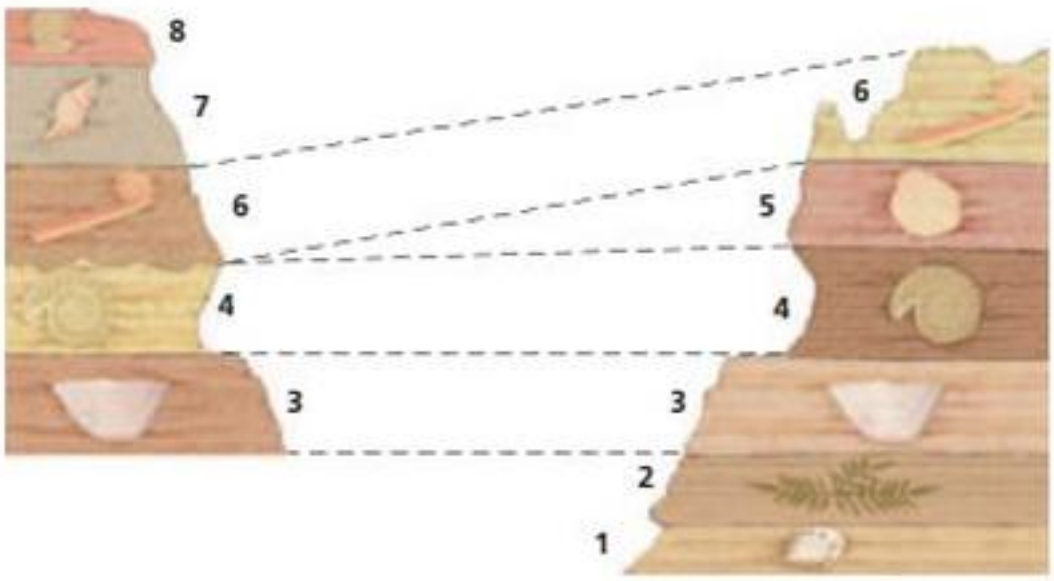
المضاهاة Correlation يوضح **الشكل 23–4** أن الحجر الجيري يمثل أعلى الطبقات الصخرية في الموقع A، ولكنه في أسفلها في الموقع B الذي يبعد 100 km عن الموقع A. كيف يعرف الجيولوجيون أن هذه الطبقات الصخرية البعيدة بعضها عن بعض قد تكوّنت في الفترة الزمنية نفسها؟ والجواب عن ذلك هو اتباع طريقة واحدة تسمى **المضاهاة Correlation**، وهي مطابقة بين منكشفات صخرية محددة في منطقة ما، مع منكشفات مماثلة لها في منطقة جغرافية أخرى اعتمادًا 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 أحيانًا 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 المتكونات الصخرية المنكشفة في مناطق مختلفة. ويسمى الصخر أو الطبقة الرسوبية المستعملة على أنها مؤشر أو علامة بهذه الكيفية **طبقة 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 صخورًا غير منكشفة في الموقع C.

استنتج 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 ترسّبت في الفترة الزمنية نفسها على الرغم من اختلافها في المكونات.

تجربة عملية

استخدام الأحافير في المضاهاة الصخرية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 كليًّا في المكونات.

المهن في علم الأرض

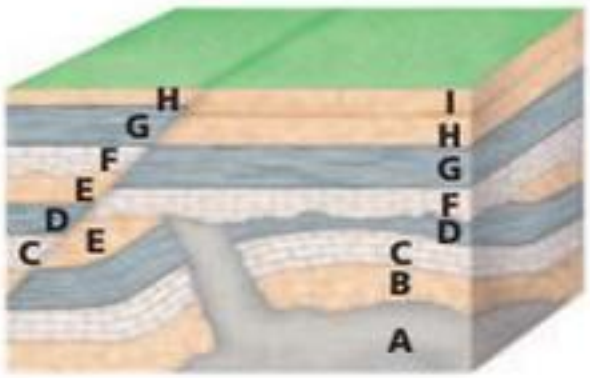
جيولوجي البترول

يستعمل جيولوجيو البترول المبادئ الجيولوجية لتعرُّف السجل الصخري لخزانات النفط والغاز الطبيعي.

مختبر تحليل البيانات

تفسير الرسم

كيف تفسر الأعمار النسبية للطبقات الصخرية؟ يوضح الشكل تعاقبًا صخريًّا. ويستعمل الجيولوجيون مبادئ التأريخ النسبي لترتيب الطبقات الصخرية بحسب زمن تكوّنها.



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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

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.

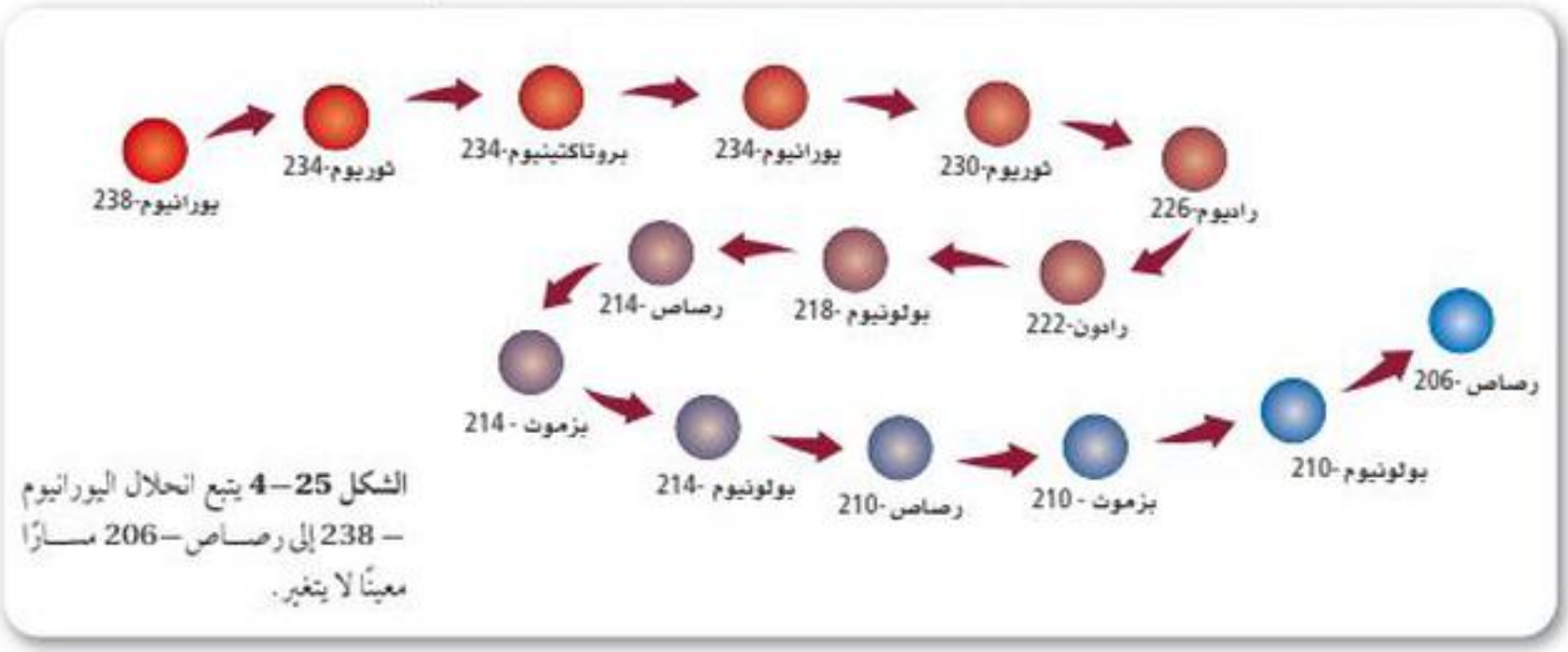
الربط مع الكيمياء

تتبعث جسيمات نووية من النظائر المشعّة بمعدل ثابت. إن العنصر يتميز بعدد محدد من البروتونات. ولأن عدد البروتونات يتغير مع كل انبعاث.

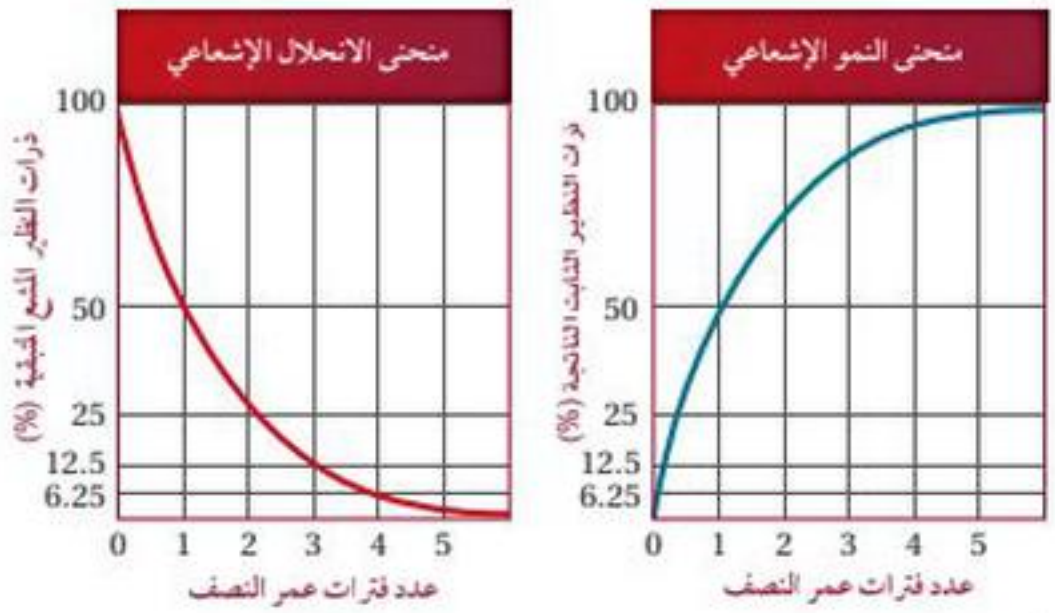
التأريخ المطلق Absolute-Age Dating

إن التأريخ النسبي طريقة لمقارنة الأحداث الجيولوجية السابقة بناء على ترتيب الطبقات في السجل الصخري، في المقابل فإن **التأريخ المطلق absolute age dating** يُمَكّنُ 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. فمثلًا، يتحلل نظير اليورانيوم المشع U-238 إلى عنصر مستقر ثابت، هو الرصاص 206 — (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 25—4 يتبع انحلال اليورانيوم — 238 إلى رصاص — 206 مسارًا معينًا لا يتغير.



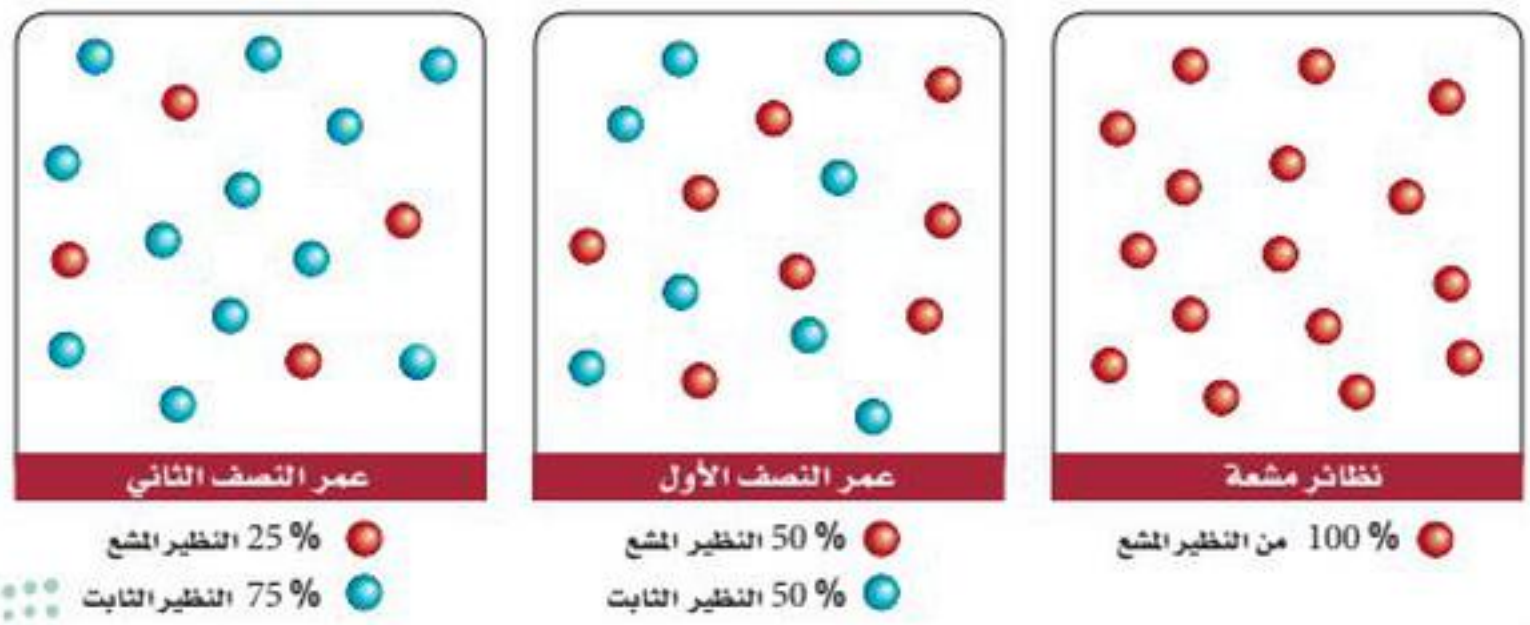
الشكل 26–4 ينقص عدد ذرات نظير المشع بينما يزداد عدد ذرات النظير الثابت بالقدر نفسه في أثناء عمليتي الانحلال والنمو الإشعاعي.

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 عمريْ نصف، يتحلل نصف الـ 50% الباقية من النظير المشع، وتصبح النسبة المئوية بين نظيري المشع والثابت هي 75:25 أو نسبة 3:1، 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 عمرَيْ نصف تحوي العينة 25% من النظير المشع و75% من النظير الثابت.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الجدول 2–4 عمر النصف لنظائر مشعة مختارة

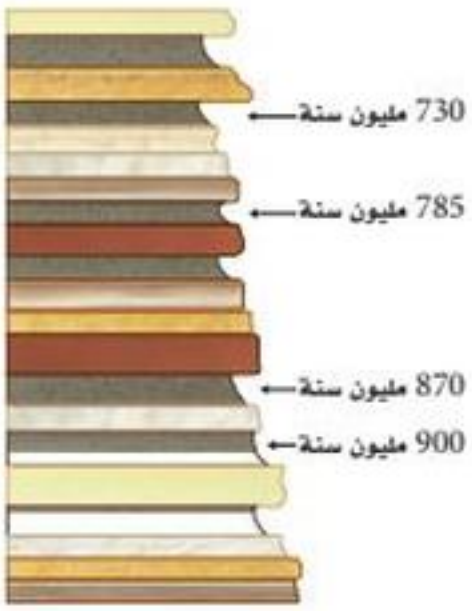
النظير المشع	عمر النصف التقريبي	الثابت الناتج
روبيديوم-87 (Rb-87)	48.6 بليون سنة	إسترانشيوم-87 (Sr-87)
ثوريوم-232 (Th-232)	14.0 بليون سنة	رصاص-208 (Pb-208)
بوتاسيوم-40 (K-40)	1.3 بليون سنة	أرجون-40 (Ar-40)
يورانيوم-238 (U-238)	4.5 بليون سنة	رصاص-206 (Pb-206)
يورانيوم-235 (U-235)	0.7 بليون سنة	رصاص-207 (Pb-207)
كربون-14 (C-14)	5730 سنة	نيتروجين-14 (N-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 بضع 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 نظيرًا 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.

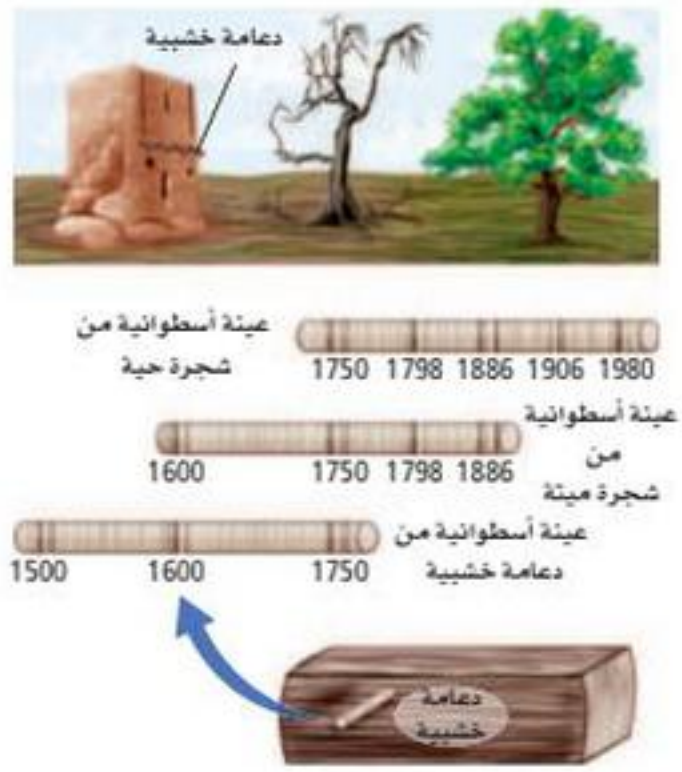
ماذا قرأت؟ فسّر لماذا لا تصلح طريقة التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية؟

التأريخ بالكربون المشع Radiocarbon dating لاحظ أن عمر النصف للكربون-14 (C-14) في **الجدول 2–4**، أقصر كثيرًا 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 إشعاعيًا

الشكل 28–4 لمساعدة العلماء على تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية فإنهم يؤرخون طبقات الصخور النارية أو الرماد البركاني الموجودة بين الطبقات الرسوبية.



الشكل 29–4 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.

النوع من التأريخ موادَّ 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 التغذي. 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 عمليًّا 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 سجلًّا زمنيًّا في حلقات جذوعها. تسمى حلقات الأشجار السنوية انظر الشكل 29–4.

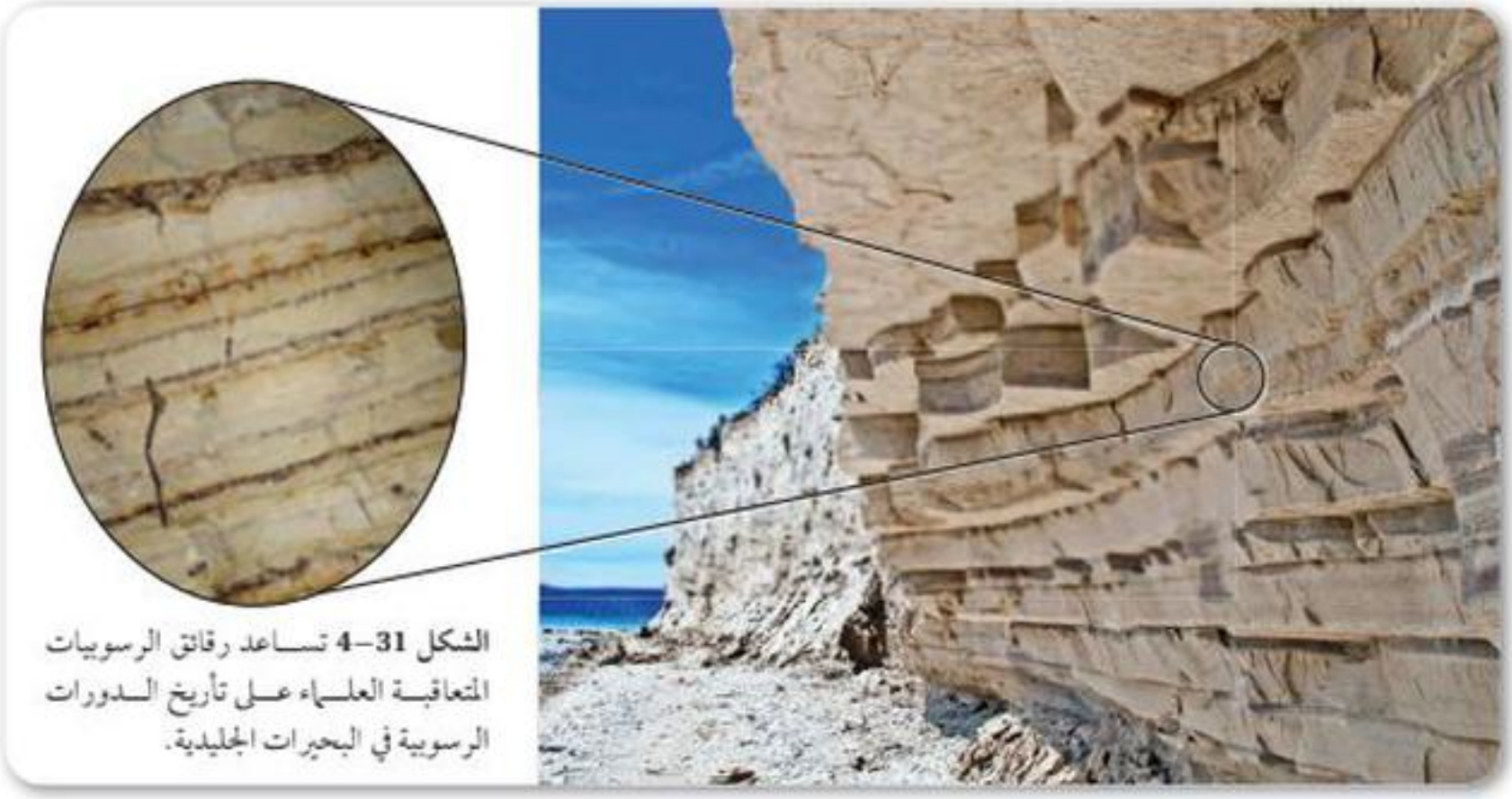
ماذا قرأت؟ صف كيف يمكن لحلقات الأشجار السنوية أن تبين الظروف البيئية القديمة؟

عينات الجليد الأسطوانية Ice cores تُعدّ عينات الجليد مماثلة 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 30–4.



الشكل 30–4 يستعمل العلماء عينات الجليد الأسطوانية لتأريخ الرسوبيات الجليدية ولمعرفة المزيد عن مناخ الأرض القديم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 31–4 تساعد رقائق الرسوبيات المتعاقبة العلماء على تأريخ الدورات الرسوبية في البحيرات الجليدية.

الرقائق Varves تسمى الأحزمة المتعاقبة فاتحة اللون والقاتمة 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**.

برنامج جذور/ الحلقة الثالثة والرابعة الذي يتناول تاريخ الإنسان القديم في المملكة العربية السعودية–محافظة العلا.

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 الرئيسة

1. **لخص** المبادئ التي يستعملها الجيولوجيون في تحديد الأعمار النسبية للصخور.
2. **ارسم** رسومًا 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 تعرُّف كيفية نشأة الصخور النارية وتكونها؟
6. **وضح** لماذا نحصل على أعمار دقيقة باستخدام عمليات الانحلال الاشعاعي 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 تكوّن في الفترة الزمنية نفسها التي تكوّن 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 و نظير ثابت من الأرجون–40. إذا كان عمر النصف للبوتاسيوم–40 هو 1.3 بليون سنة، ونسبته 25% أوجد نسبة الأرجون–40 ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

علم الأرض والتقنية

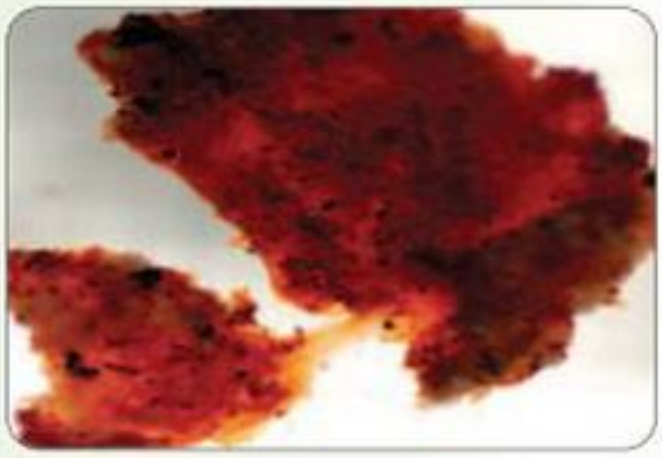
اكتشاف أنسجة لديناصور

من الأدوات التي يستعملها علماء الأحافير للتنقيب عن أحفورة ديناصور كبير ونقلها، الطائرات العمودية والجرافات وتستخدم بعض التقنيات الحديثة مثل الصور الطبقية والمجاهر والنمذجة الحاسوبية لتحليل أنسجة أحافير الديناصورات المكتشفة.

أنسجة رخوية خلال صيف عام 2000 م اكتشف علماء الأحافير أنسجة محفوظة جيدًا تعود إلى الهادراصور (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 جدًّا 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 العظامُ الأنسجةَ الرخوة، ومنها الأنسجة الضامة التي تكوّن الدم والأوعية الدموية وأحيانًا 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 متوافرة 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.



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 للهادراصور (hadrosaur) أكثر من 36 نوعًا من حبوب اللقاح، و تم 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 تطابقًا للكولاجين عند الدجاج، ولكثير من المخلوقات الحية التي ما زالت على قيد الحياة إلى اليوم.

الكتابة في الجيولوجيا

صمّم ملصقًا جداريًّا يوضح أمثلة على أنسجة رخوة لديناصورات تم اكتشافها حديثًا، يحتوي على المعلومات التي قد يجمعها العلماء من خلال تحليلهم لهذه الأنسجة.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك: تفسير الأحداث التي شكلت تاريخ 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 متساويًا؛ 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.

خطوات العمل

تخيل أن معهد بحوث الفضاء والطيران 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 تأثيرًا 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 الحقب 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 حدثًا في حقبة الحياة المتوسطة، ثم بيّن كيف يستمر تاريخ الأرض إذا لم يحدث هذا الحدث؟
4. **قوم** كيف أثرت أحداث الانقراض في تغير الحياة على الأرض؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يستعمل العلماء طرائق متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 تعريف الأحافير وشروطها	
الأحافير علم الأحافير	**الفكرة الرئيسة** **الأحافير بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظًا طبيعيًا عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.** • الأحافير هي بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت حفظًا طبيعيًا. • هناك شرطان أساسيان لتكون الأحافير. • الدفن السريع يعمل على حفظ الكائن بشكل أفضل. • الأحافير البحرية هي الأكثر انتشارًا؛ بسبب توفر وسائل الدفن السريع في البيئة البحرية. • ندرة أحافير الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.
4–2 طرق حفظ الأحافير وأهميتها	
التمعدن التفحم الاحلال الطبع آثار الحفر النموذج القوالب	**الفكرة الرئيسة** **يتم حفظ الأحافير بطرق عديدة بطرق عديدة تعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات القديمة منذ ملايين السنين.** • 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 وسهولة مقارنتها مع بعضها.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–3 السجل الصخري	
سلم الزمن الجيولوجي الدهور ما قبل الكامبري الحقب العصور أحافير مرشدة الأحيان الانقراض الجماعي	الفكرة الرئيسة 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 اعتمادًا على أحافير النباتات والحيوانات. • يُشكّل دهر ما قبل الكامبري 90% من سلّم الزمن الجيولوجي. • يتغيَّر سلّم الزمن الجيولوجي مع زيادة المعرفة العلمية عن تاريخ الأرض.
4–4 العمر النسبي والعمر المطلق.	
التأريخ النسبي المضاهاة الطبقة المرشدة التأريخ المطلق التأريخ الاشعاعي التأريخ بالكربون المشع	الفكرة الرئيسة يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وَفْق حدوثها زمنيًّا. 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 انقطاعًا زمنيًّا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

الفصل 4 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

اختر المفردة المناسبة لكل من الجمل الآتية:

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 سلّم 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 بدلًا 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 حفظًا طبيعيًا عبر الأزمنة الجيولوجية المختلفة.
12. الطبقة الرقيقة طبقة رسوبية تُستعمل لمضاهاة الطبقات الصخرية عبر مناطق شاسعة.
13. التفحم والتمعدن يتم من خلالها حفظ الكائنات التي ليس لها هياكل صلبة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

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 الأمونيتات 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 الأصداف بعملية:
    a. التفحم. c. الإحلال.
    b. التمعدن. d. الطبع.
18. ما أقصر وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي؟
    a. العصر. c. الحقبة.
    b. الدهر. d. الحين.

تقويم الفصل 4

19. ما المبدأ الذي يستعمله الجيولوجي عندما يُعاين منكشفًا صخريًّا، ويحدد بناء عليه أن الطبقة السفلى هي الأقدم؟

a. النسقية. c. الترسيب الأفقي.

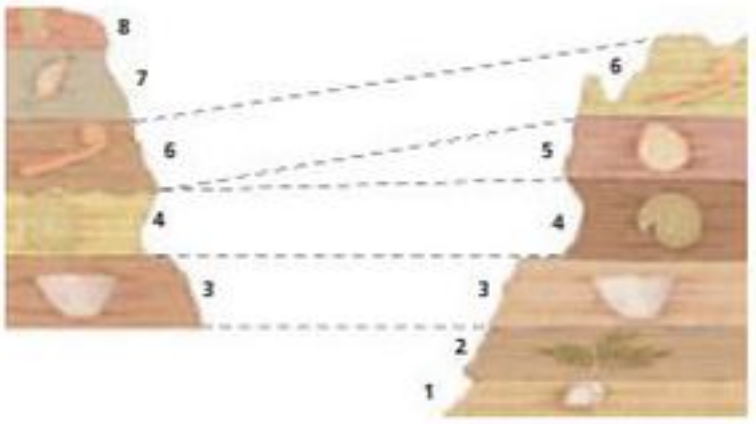
b. تعاقب الطبقات. d. الاحتواء.

20. أيّ 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 والمقطوع. d. المضاهاة.

أسئلة بنائية

22. رتب الوحدات الجيولوجية الزمنية المستعملة في سلم الزمن الجيولوجي من الأكبر إلى الأصغر.

23. وضح أهمية الانقراض الجماعي لدى الجيولوجيين.

24. قارن بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق.

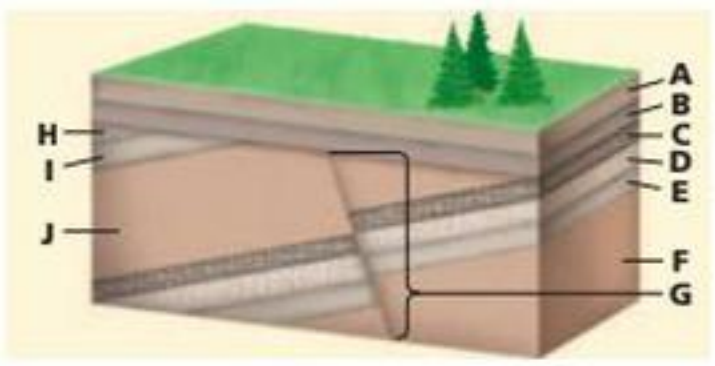
25. قيّم فائدة وجود سلّم زمن جيولوجي متفق عليه عالميًّا.

26. وضح بعباراتك، 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.

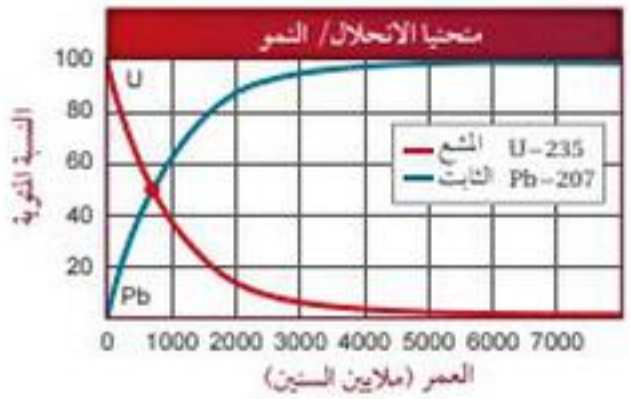
31. انقد العبارة الآتية: "تعتمد تقنيات استعمال مبادئ تحديد العمر النسبي على الحس المنطقي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

4 تقويم الفصل

32. احسب عمر صخر ناري قديم يحوي معدنًا فيه 12.5% بوتاسيوم -40 و87.5% 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 خشبًا مدفونًا في رسوبيات ناتجة عن انزلاق أرضي يعتقد أنه ناتج عن وقوع زلزال قديم. اشرح طريقتين يمكن أن يستعملها الجيولوجي لتحديد زمن حدوث الزلزال.

خريطة مفاهيمية

35. اعمل خريطة مفاهيم مستعملًا المصطلحات الآتية:

التأريخ المطلق، سلم الزمن الجيولوجي، التأريخ النسبي، الأحافير، عدم التوافق، التأريخ الإشعاعي.

سؤال تحفيز

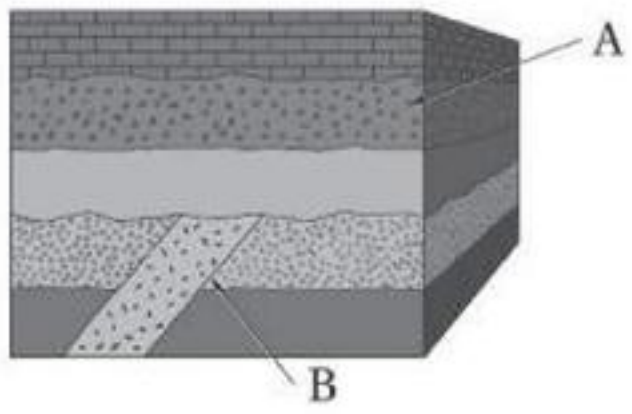
36. قوِّم هل يمكن استعمال الكربون المشع في تحديد عمر ديناصور؟ وضح إجابتك.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

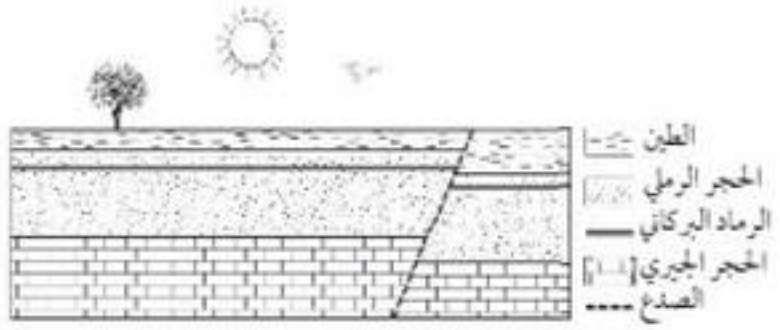
1. ما الوحدة الزمنية الصغرى في الوحدات الزمنية الآتية؟
   a. الدهر.
   b. العصر.
   c. الحقبة.
   d. الحين.

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 والمقطوع.
   d. مبدأ النسقية.
3. ما المبدأ المناسب لتحديد عمر النقطة B؟
   a. مبدأ الترسيب الأفقي.
   b. مبدأ تعاقب الطبقات.
   c. مبدأ القاطع والمقطوع.
   d. مبدأ النسقية.

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و5.



4. افترض أن ميل وترتيب الطبقات الصخرية في الشكل أعلاه لم يتغيرا منذ ترسبها. فما أقدم طبقة فيه؟
   a. الطين. c. الحجر الرملي.
   b. الرماد البركاني. d. الحجر الجيري.
5. ما الطبقة الأكثر فائدة في تحديد العمر المطلق لهذه الصخور؟
   a. الطين c. الحجر الرملي
   b. الرماد البركاني d. الحجر الجيري
6. يتحلل البوتاسيوم – 40 إلى أرجون – 40 فإذا تم تحليل معدن البيوتايت فوجد أن نسبة البوتاسيوم – 40 إلى أرجون – 40 فيه هي 1:3، فما عمر هذا المعدن؟ علمًا بأن عمر النصف للبوتاسيوم 1.3 بليون سنة.
   a. 0.6 بليون سنة. c. 1.3 بليون سنة.
   b. 2.6 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

8. لماذا يعد استخدام الانحلال الإشعاعي للعناصر المشعة مفيدًا 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 المتابر 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 المتابر. أما إذا كان الذهب أقل عمرًا من الصخور، فهذا يعني أن السوائل قد تسربت إليها ورسبت الذهب، وهذا يدعم 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 جدًّا يصل إلى 42.3 بليون سنة تقريبًا، 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 المتابر.

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.

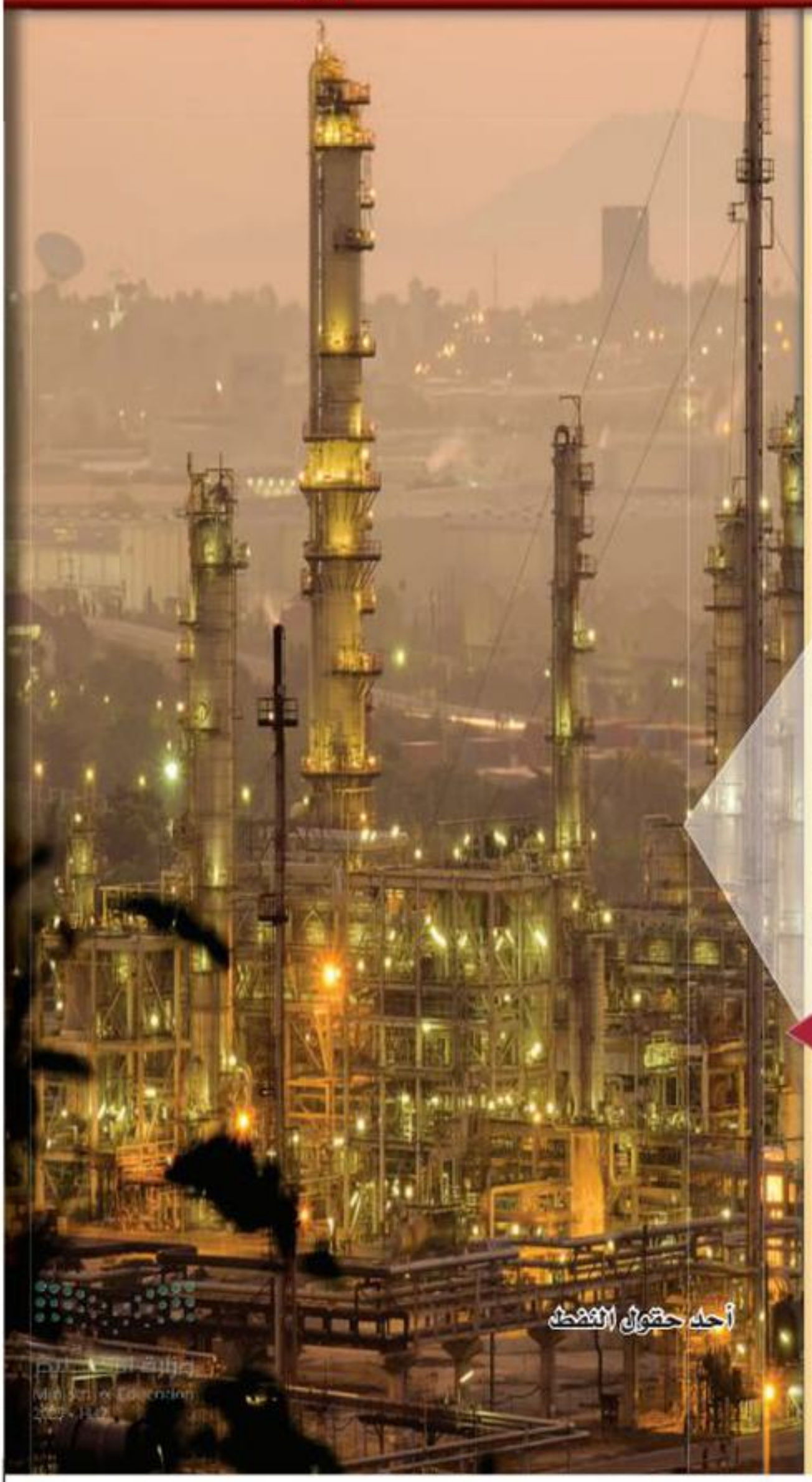
b. لدحض النموذج الحراري المائي.

c. لدعم نموذج المتابر.

d. لتوضيح التحلل الإشعاعي.

الفصل 5

الطاقة ومصادرها
Energy and its sources


أحد حقول النفط

الفكرة العامة يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالاً متنوعة. منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

5–1 النفط والغاز وأماكن وجودهما

الفكرة الرئيسة 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.

5–2 طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصهما

الفكرة الرئيسة 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 والتراكيب الجيولوجية تحت الأرض بطرق عديدة.

5–3 أنواع الطاقة المتجددة

الفكرة الرئيسة الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية، التي لا تنفد أي لاتنتهي، وتتجدد باستمرار مثل: الرياح والمياه والشمس المتوفرة في معظم دول العالم.

5–4 الطاقة النووية

الفكرة الرئيسة 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.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

فصل الزيت عن الماء.

تختلف كثافة الماء عن الزيت، حيث تعد كثافة النفط أقل من كثافة الماء ولهذا نجد ترتيب محتويات مكامن النفط كالتالي مرتبة من الأعلى إلى الأسفل، أولًا: الغاز ثم النفط ثم الماء.



الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. أحضر كأسًا زجاجيًا 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 المكمن النفطي بناءً على التجربة التي أجريتها.

المطويات
منظمات الأفكار

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين أنواع الطاقة المختلفة (المتجددة - غير المتجددة).



الخطوة 1 استعمل ورقة طولية 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.

365

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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 الرئيسة تعد نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز الطبيعي هي الأكثر قبولًا لدى العلماء المعاصرين، حيث تعتبر منطقة الخليج العربي من أغنى المناطق في العالم بالنفط والغاز.

الربط مع الحياة عند وجودك في المطار استعدادًا 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 أساسًا من ذرات كربون وهيدروجين، كما يحمل في بعض الأحيان عنصر الكبريت ضمن مكوناته. وتتدرج ألوانه من الأخضر الغامق إلى الأسود، وكذلك كثافته من خفيف إلى ثقيل وذلك حسب أصل مكوناته. وغالبًا ما يجتمع الغاز الطبيعي (كالميثان والبروبان والبيوتان) والنفط الخام في نفس المكمن، 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 مكونًا بركًا إسفلتية، حيث اكتشف خواصه المصريون القدماء والبابليون والأشوريون.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1442

نشأة النفط و الغاز 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، وبترسيب طبقات سميكة فوقها وبتعرضها لضغوط هائلة وارتفاع حرارتها إلى درجات عالية جدًا 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 مكوّنة مواد هيدروكربونية هي النفط والغاز، و تسمى تلك الصخور عندئذ بصخور المصدر.

وتعد نظرية النشأة العضوية للنفط هي الأكثر قبولًا بين العلماء المعاصرين لأسباب عديدة:

أولًا: 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.

ثانيًا: أن النفط المستخرج من باطن الأرض يحتوي عادة على بعض المركبات العضوية التي يدخل في تركيبها النيتروجين والفوسفور والكبريت، وهي عناصر لا توجد في الكربيدات (مركب يتكون من الكربون وعنصر أقل كهربية) بل توجد في خلايا الكائنات الحية فقط، سواء كانت حيوانية أم نباتية.

ثالثًا: 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 كربيدات الفلزات الموجودة في باطن الأرض لبخار الماء؛ ذلك لأن كربيد الكالسيوم يتفاعل مع الماء مكونًا الهيدروكربون غير المشبع "الأسيتلين"، وأول من وضع هذه النظرية هو العالم الروسي ماندليف، وما جعل هذه النظرية غير مقبولة هو أن الندرة الشديدة لرواسب الكربيدات يصعب معها تصور أنها كانت

موجودة بكميات هائلة وكافية لتكوين ما استخرج فعلًا من النفط وما لا يزال موجودًا في باطن الأرض. وجيولوجياً فمثل هـــذه الكربيدات إن وجدت فلا بد أن تكون في ثنايا الصخور البركانية بدليل خروج غـازات هيدروكربونية من فوهات البراكين، بينما لا يوجد النفط إلا في طبقات الصخور الرسوبية.

3. النظرية الكيميائية Chemistry theory

تفترض النظريـة الكيميائيـة أن بعض الهيدروكربونـات قد تكونت في الزمن القديم باتحـاد الهيدروجين بالكربون، ثم انتشرت في باطن الأرض، واختزنت فيها، وتحولت إلى النفط، الذي بدأ يتسرب إلى ســطح الأرض عن طريق بعض الشقوق والصدوع في القشرة الأرضية، أو عن طريق حفر آبار الاستكشـــاف أو المياه، وظهرت الهيدروكربونات على هيئة غازات طبيعية ونفط، أو بقيت في بعض الصخور المســامية. وما يدعم هذه النظرية هو وجود احتياطيات هائلة من النفط في مناطق صغيرة جدًا في مســـاحتها كالخليج العربي، والذي يحتوي على ثلثـي الاحتياطي المؤكد للنفط العالمي، ولا يعقل أن تكون هذه المســاحة مكان تجمع بالغ الضخامة من بقايا الكائنات الحية. هذه النظرية تعني أن هناك احتـمالات كبيرة للغاز الطبيعي والنفط في أماكن كثيرة من الأرض، وأن باطن الأرض يحتوي على مصـــدر لا ينضب من الهيدروكربونـات المكونة للنفط. ويشـــك بعض العلماء من الولايات المتحدة والســـويد وروسيا بصـدق هذه النظرية، إذ جرى الحفـــر على أعماق تناهز خمسة آلاف متر أو أكثر، بل إن عمق بعض الآبار الاستكشافية في روسيا وصـل إلى 15 كيلومتر في الدروع الجرانيتية لشبه جزيرة "كولا" شـمال الدائرة القطبية.

مـاذا قـرات؟ أي النظريات الثلاث في نشـأة النفط أجمـع عليها تقريبًا العلماء المعاصرون؟

أماكن تواجد النفط و الغاز في العالم

Oil and Gas reservoir in the Word

تقع المصادر الرئيســة للنفط الخام في منطقة الشرق الأوســط (السعودية والعــراق والكويــت وقطر وعمان وإيــران)، وفي أمريكا الشـــمالية (ولايات بنســلفانيا وكاليفورنيا وتكســـاس وكندا)، وفي روســيا وفي أمريكا الجنوبية (فنزويلا والأرجنتين وكولومبيـــا)، وفي أفريقيـــا (ليبيا والجزائر ونيجيريا)، وجنوب شرق آسيا (أندونيسيا) وهنالك بعض الدول الأخـرى ولكن كميات الإنتاج فيها قليلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

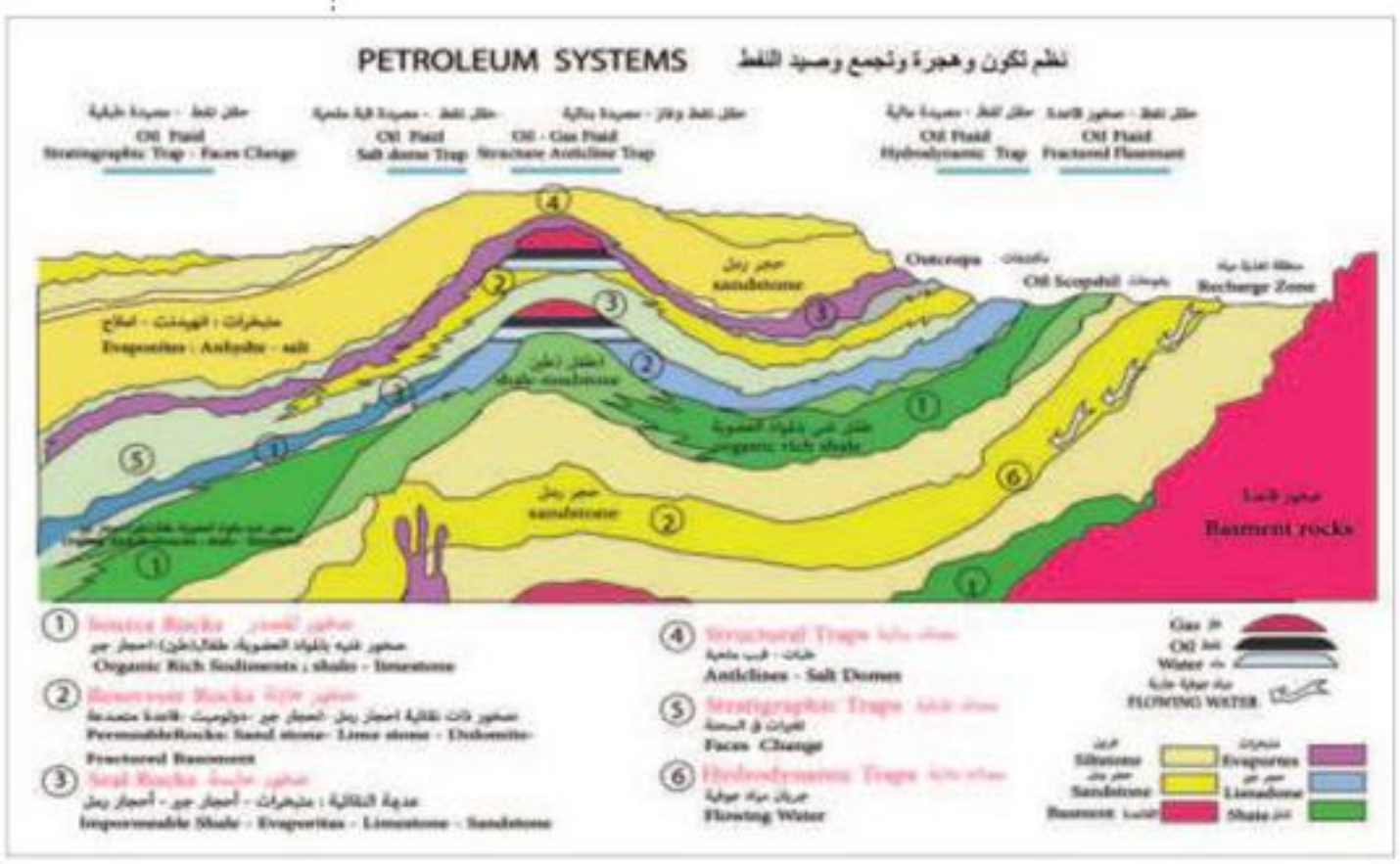
النظام النفطي Oil System

يشمل كل العناصر والعمليات الجيولوجية الأساسية لعملية التنقيب وإنتاج النفط كما هو في **الشكل 1–5**، تشمل هذه العناصر:

1- صخور المصدر Source Rocks

هي صخور تختلـط فيها المواد العضويـة الناتجة من مـوت الكائنات الحية المختلفة النباتية والحيوانية بالرواسب الطينية والغرينية والجيرية أثناء الترسيب، ويتم حفظهـا وحجزهـا بعيدًا عن الأوكسـجين، وتكون أغلبهـا عبارة عن طحالب وكائنـات دقيقة، وبذلك يتم حفظها من الأكسـدة، ومع مرور الزمن واسـتمرار الترسـيب يزداد عمق المواد العضوية، وبالتالي تزيـد كتلة الطبقات الضاغطـة من الأعلى. ويؤدي تزايد الضغط ودرجة الحرارة لملايين السـنين إلى نضج المادة العضوية وتحولها إلى هيدروكربونات. وتسـمى الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصـدر **الشكل 2–5**، وغالبًا ما تكون صخور طفليـة أو طينية أو من أنواع معينة من الصخـور الجيرية. ولكي يكون الصخر مصدرًا جيـدًا لإنتاج الهيدروكربونات، يجب أن يتميز بثلاث خصائص وهي:

أولًا، توفـر 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.
ثانيًا، بلـوغ المواد العضوية إلى مرحلة النضـوج المناسـبة (حـرارة وضغط وتفاعلات حيوية وكيميائية).
ثالثًا، تضافر العوامل الجيولوجية الزمنية والتكتونيـة البنائية (تكون سبل الهجرة وتشكل المصائد).



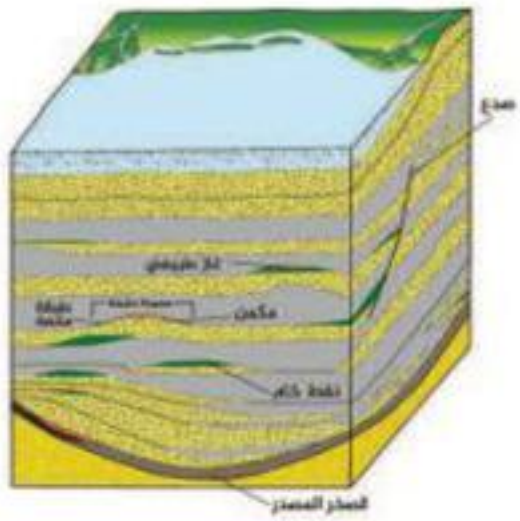
الشكل 1 – 5 النظام النفطي.

2- صخور المكمن Reservoir Rock

صخر المكمن هو الصخر ذو المسامية والنفاذية التي تسمح بمرور أو تجمع السوائل فيه من المياه والنفط والغاز. وتقسم الصخور الخازنة إلى نوعين رئيسين 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.



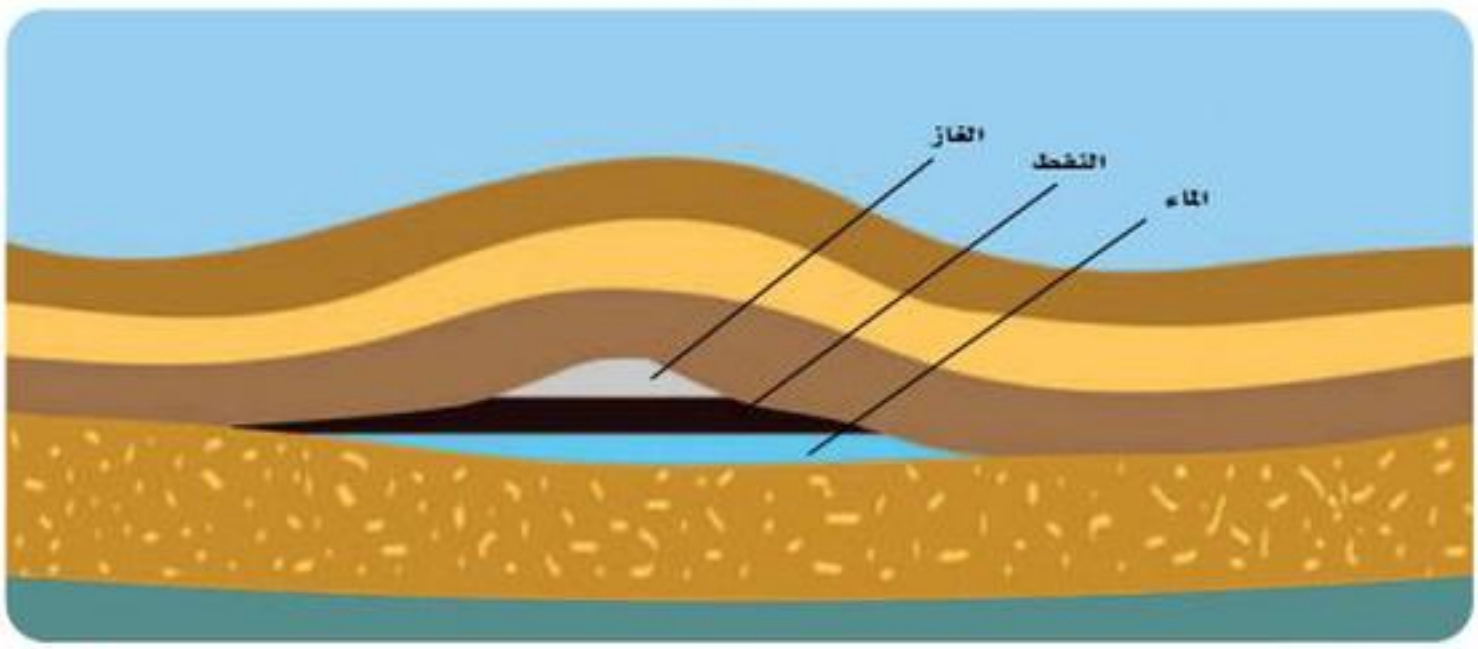
الشكل 2–5 صخر المصدر.

3- صخور الغطاء Seal or Cap Rocks

صخور الغطاء أو المحبس هي صخور غير منفذة تعمل على منع مرور الموائع من خلالها رأسيًا، ومنها: صخور المتبخرات والطفل والحجر الجيري دقيق الحبيبات، وتعتبر المتبخرات أفضل صخور الغطاء.

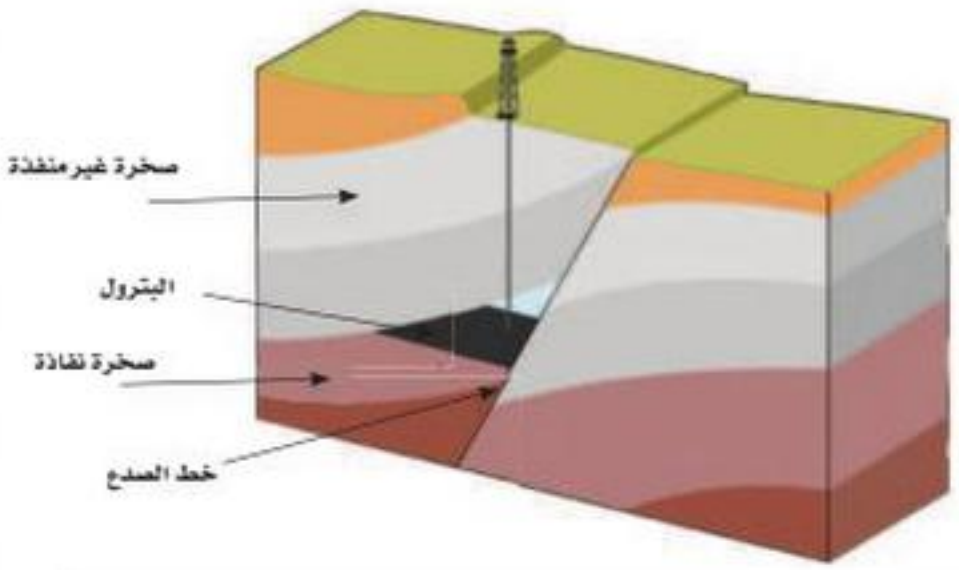
4- المصائد النفطية Petroleum and Gas Traps

هي نسق هندسي للطبقات الرسوبية يسمح للنفط أو الغاز أو لكليهما بالتجمع فيه بكميات اقتصادية، ويحول دون تسربها منها جانبيًا، ويتخذ هذا النسق الطبقي الهندسي أشكالًا عدة، لكن تظل السمة الرئيسة للمصيدة هي وجود صخر مسامي نفاذ مغطى بصخور حابسة غير منفذة. ويعد الماء عاملًا أساسيًا 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 4–5 مصائد الصدوع.

وفيما يلي أهم المصائد للنفط والغاز ذات الجدوى الاقتصادية:

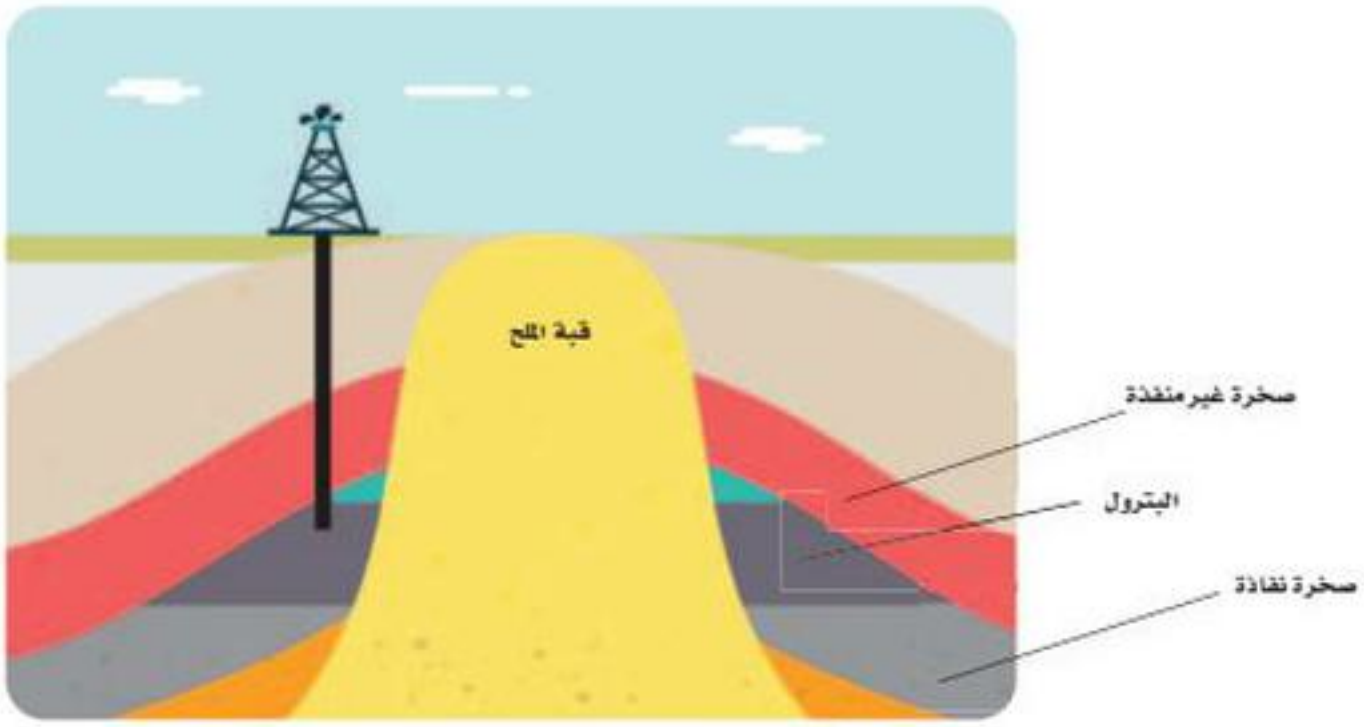
a. المصائد التركيبية

وهي مصائد تنشـأ بفعل الحـركات التكتونية التي تحـدث لصخور القشرة الأرضية، وتشـمل: مصائد الطيات المحدبة ومصائد الصدوع **الشـكل 3–5** **الشكل 4–5**. حيث تقوم الصدوع بدور مهم ومباشر في تكوين المصائد؛ حيث تعمـل على وضع الطبقات غير المنفذة في طريق الطبقـات المنفذة الحاملة للنفط والغاز مما يمنع من هجرته وبالتالي اصطياده.

كما يمكن أن يكون للصدع دور غير مباشر في اصطياد النفط، بأن يشـترك في ذلك مع ظواهر تركيبية أخرى، مثل: الطي، أو تغيير النفاذية. وقد يكون سـطح تماس الغاز والنفط متصلًا في المصيـدة المحدبة المتأثرة ببعض الصدوع، وعندئذ يكـون عنصر الإصطياد الرئيـس هو الطي، أو غير متصـل فيكون الصدع هو العامـل الرئيس في تكوين المصيدة، أو تكون الطيـة المحدبة قد تأثرت بالصدع فانفصل التجمع النفطي بها إلى أجزاء.

b. مصائد القبب الملحية Salt domes

تتكـون نتيجة اختـلاف كثافتي الملح والطبقات الرسـوبية التي تعلوها، فالملح أقل كثافة، ومن ثم يندفع إلى أعلى، ويتسـبب في تقبب الطبقات الرسوبية التي تعلـوه، وعند هجرة النفـط فإنه يتحرك نحو الجوانـب الخارجية للطبقة الملحية، وينحصـر بين الطبقات الرسـوبية من جهة والقبـة الملحية من جهة أخرى. ويؤدي النمو غير المنتظم للقبـاب الملحية إلى تكوين مصـائد متعددة متتالية ومتنوعة. وأهم أسباب تكوين مصـائد القباب الملحية هي اندفاع غازات مصاحبة لنشـاط بركاني، ينتج عنها ترسـيب الأملاح مـن المحاليل المائية، ثم

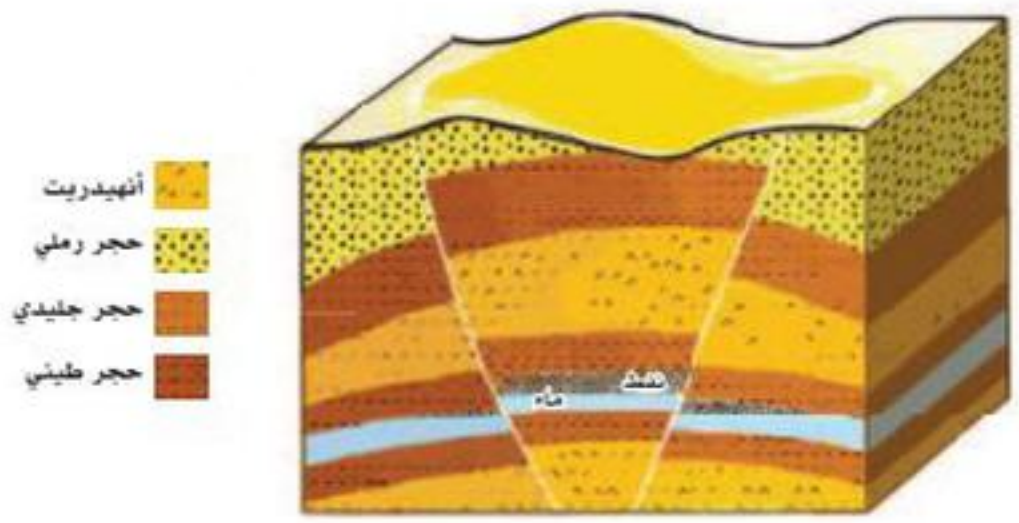


الشكل 5–5 مصائد القبب الملحية.

اندفـــاع الكتل الملحية إلى أعلى، أو صعود المحاليـــل الملحية الحارة إلى أعلى من خلال ثغرات ضعيفة في الطبقات، ثم انخفاض درجات حرارتها تدريجيًا مسببة ترسيب الملـــح وتزايد كميتـه وحجمه تدريجيًا نتيجة استمرار عمليات التبريد والتبلور، مما يؤدي إلى اختراق القباب الملحية للطبقات الرســوبية التي تعلوها وتوغلها فيها **الشكل 5–5**.

c. المصائد الطبقية Stratigraphic Traps

تتكـــون المصائد الطبقية نتيجة تغييرات جانبية في مســـامية ونفاذية صخور المكمن أو عدم اســـتمراريتها، وفي هذا النوع يكون تمـــاس الصخور المختلفة حادًا أو تدريجيًا ومتوافقًا. ومن أهم المصائد الطباقية تلك التي يحاط فيها صخر المكمن المنفذ مثل الحجر الرملي بآخر غير منفذ مثل: الطفل الصـفحي، وبذلك يكون التغير في النفاذية أساس تكوين المصيدة.



الشكل 6–5 المصائد المركبة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

d. المصائد المركبة Combination trap

مصائد النفط المركبة هي المصائد المكونة من أكثر من نوع من المصائد، مثال ذلك اصطياد النفط في مواجهة صدع، وهو عنصر تركيبي في طبقة رملية أحاطت حوافها طبقة غير منفذة تمثل عنصرًا طبقيًا، وكذلك مصيدة طبقية مصاحبة لسطح عدم التوافق تم طيها لاحقًا. وتعطي المصائد المتعددة التي يواكب تكوينها نشوء القباب الملحية أمثلة على ذلك **الشكل 6–5**.

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 قبولًا 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

7. اكتب تقريرًا عن حقول النفط والغاز في المملكة العربية السعودية.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

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.

مراجعة المفردات

غاز البروبان: تصل نسبته في الغاز المسال المستخدم في المنازل إلى 90%، يمتاز بتوفره وكثافة طاقته، واحتراقه النظيف وكلفته المنخفضة نسبيًا.

المفردات الجديدة

الهجرة الأولية

الهجرة الثانوية

الفكرة الرئيسة 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.

الوقود الأحفوري Fossil fuels

يتضمن الوقود الأحفوري كلًا من النفط والغاز و الفحم الطبيعي، ويعد مصدرًا غير متجدد للطاقة. يتكون النفط من بقايا عضوية لاحافير أحياء دقيقة ونباتات في عصور جيولوجية قديمة خلال الترسب الجيولوجي الذي استغرق ملايين السنين. والمصدر الأساس لتشكل 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° C – 200° C.

2) **البارافين (الكيروسين):** عند حرارة 40° C – 250° C.

3) **الديزل، زيت الوقود، النفط الثقيل:** عند حرارة 250° C – 300° C.

4) **زيوت التشحيم، الشحوم، الشمع البارافيني والجازولين:** أكثر من 300° C.

أما ما يتبقى بعد ذلك فهي منتجات إسفلتية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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 حاجزًا يمنع هجرته وحركته إلى الأعلى ومصيدة يتجمع فيها وتمنع هجرته جانبيًا، 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 ممتلئ 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 موجودًا.

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 والكونجلوميرات وهذه الصخور تعرف بصخور المكمن.
2. وجود صخور صماء غير منفذة تمنع حركة الهيدروكربونات والمتبخرات وهروبها لأعلى كالطَفَلْ الصفحي والتي تسمى بصخور الغطاء.
3. وجود مصائد تحفظ وتمنع حركة النفط والغاز أفقيًا.

الربط 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 والتربة.

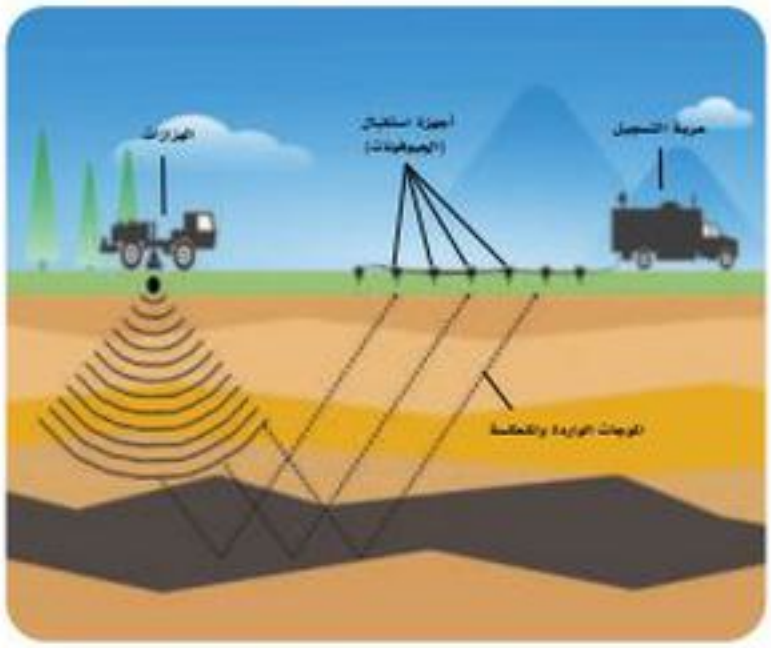
إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: اكتشاف النفط.

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 مكامن تجمع النفط باستخدام مختلف أنواع المسح، والكشف جويًا وأرضيًا وجوفيًا، ويعد الرشح النفطي مؤشرًا إيجابيًا لتحديد أغلب مناطق التنقيب، إلى جانب البحث عن النفط في مصائد بنائية معينة كالطيات المحدبة والقباب. ومن طرق البحث ما يلي:



الشكل 7–5 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 cm^3 من الرمل المفكك، ومثلها من الطين.
3. احصل على كأسين زجاجيين سعة 500 cm^3.
4. ضع الرمل في كأس والطين في الكأس الأخرى.
5. ضع 300 cm^3 من المياه على كل كأس.
6. لاحظ عملية تسرب المياه خلال الكأسين.

التحليل

7. وضح ما تلاحظه بعد مرور 10 دقائق.
8. صف ماذا حدث للمياه في كل كأس.
9. علل سبب اختلاف تسرب المياه في الكأسين.

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 7–5**.

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 طبقًا 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 تخترقها.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 مزيتات ذات جودة عالية كزيوت المحركات والفازلين.
- 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 الرئيسة

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 مكمن 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 مؤشرًا إيجابيًا لتحديد مناطق التنقيب)).

الكتابة في الجيولوجيا

7. في حال نضوب حقول النفط والغاز ما هو مصدر الطاقة البديل في نظرك؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

أنواع الطاقة المتجددة
kinds of Renewable Energy

الأهداف

- **تتعرف** الطاقة المتجددة.
- **تبين** أنواع الطاقة المتجددة.
- **توضح** الفرق بين الطاقة المتجددة وغير المتجددة.
- **تعلل** أهمية الاعتماد على الطاقة المتجددة حاليًا.

مراجعة المفردات

الطاقة: يمكن أن تأخذ أشكالًا متنوعة، منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

المفردات الجديدة

الطاقة الحيوية

طاقة الهيدروجين

الفكرة الرئيسة **الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفد 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 أحيانًا 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 تنفد بالإضافة إلى أنها طاقة نظيفة **الشكل 8–5**. 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 تجنبًا للمخلفات الذرية الضارة الناتجة عن المفاعلات النووية.



الشكل 8–5 الطاقة المتجددة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مصادر الطاقة المتجددة Renewable Energy

الطاقة الشمسية Solar Energy

هي الأشـعة الضوئية والحرارية الصادرة نتيجة التفاعلات في مركز الشمس وتصل إلى سطح الأرض على شكل حزمة من الأشعة بأطوال موجية مختلفة.

وتشـكل الشمس المصدر الرئيس للطاقة على كوكب الأرض منذ ملايين السنين ولها الدور الأسـاس والحيـوي في تنمية الحياة وتطورها. وخـلال الفترات الزمنية المختلفة سـعى الإنسـان جاهداً للاسـتفادة من هذا المصدر الحيوي واستغلاله في مصلحته وقد تمكن مـن تطوير كثير من الأبحاث والابتكارات في مجال اسـتغلال الطاقة الشمسـية لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية حتى أصبح هذا المصدر لا يقل أهمية عن بقية مصادر الطاقة الأخرى **الشكل 9–5**.

ماذا قرأت؟ ما الطاقة الشمسية؟



الشكل 9–5 ألواح الطاقة الشمسية.

وقد عملت المملكة العربية السعودية من خلال خطط وأهداف رؤية 2030 على الاسـتثمار في مجال الطاقة الشمسية؛ وذلك لأنها فرصة سانحه وواعدة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة وتوفر الظروف المناخية الملائمة وجدواها الاقتصادية الجيدة.

حيـث تم تبني البرنامج الوطني للطاقة المتجددة مبادرة إسـتراتيجية 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 إنشـاء مكتب تطوير مشـاريع الطاقـة المتجددة تحت مظلـة وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية عـام 2017م ؛ وذلك لتحقيق أهداف البرنامج الوطني للطاقة المتجددة تماشـيًا مع رؤيـة المملكة 2030 وذلك بالتعـاون مع مدينة الملك عبـدالله للطاقة الذرية المتجـددة وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتـاج المزدوج والشركة السعودية للكهرباء.

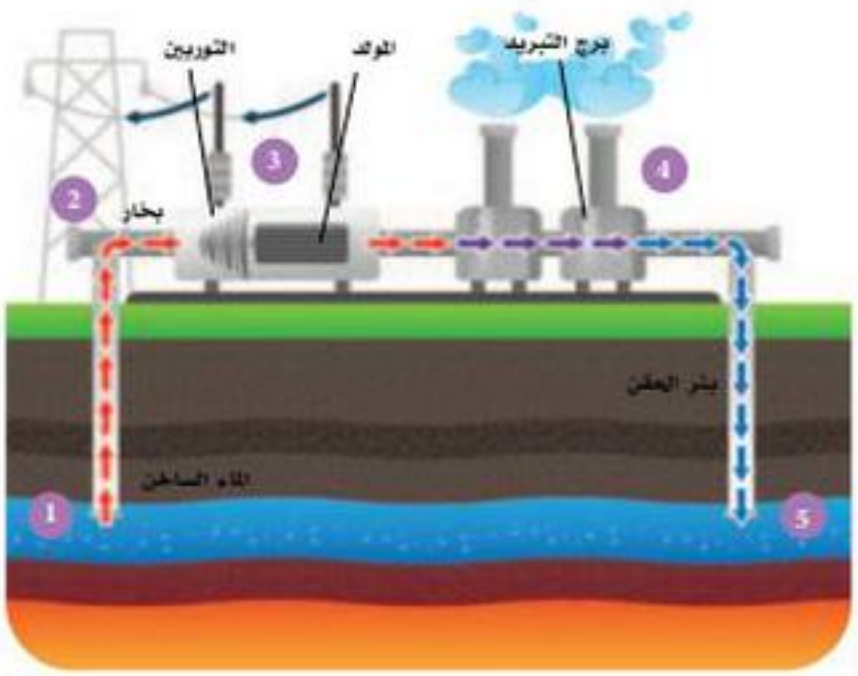
في عام 2018م وتحت مظلـة المشروع الوطني للطاقة المتجددة أطلقت المملكة العربية السـعودية بنجـاح مشروعين للطاقـة المتجددة في منطقة الجوف شـمال المملكة، وهما: – مشروع سـكاكا وهي محطـة طاقة شمسـية كهروضوئية تعمل بالطاقة الشمسـية بقدرة 300 ميجا واط، وبدأت في نوفمبر 2018م حيث يشغل مسـاحة تزيد عن6 كم^2، وهو أول مشروع ضمن سلسلة مشاريع الطاقة المتجددة التي أطلقها البرنامج الوطني للطاقة المتجددة التي يسـعى إلى تحقيق مسـتهدفات الرؤية السـعودية 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.

تجربة عملية

مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية)

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



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 ومصابيح 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 Gieothermal 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 الإراضي 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**.

تجربة عملية

طاقة الرياح

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 11–5 طاقة الرياح.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

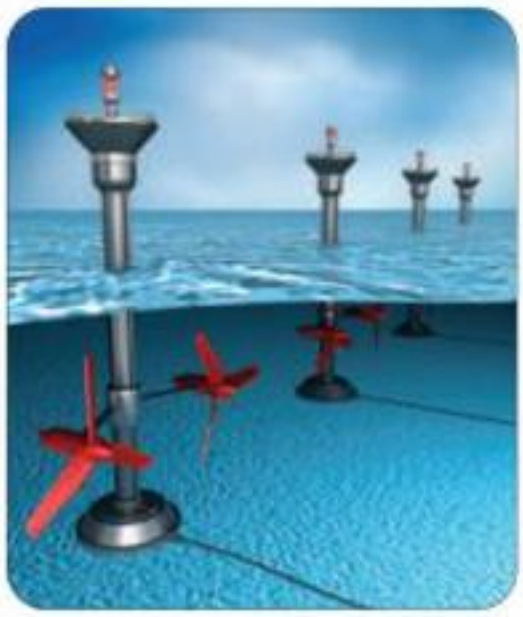
وكما ذكر سابقًا يعد مشروع محطة دومة الجندل لإنتاج طاقة الرياح الأول من نوعه على مستوى المملكة العربية السعودية والأكبر على مستوى منطقة الشرق الأوسط، وتبلغ طاقته الإنتاجية 400 ميجا واط.

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 أشكالٌ عديدة من الطاقة مثل: الطاقة الموجية، وطاقة المد والجزر، وتمثل إنجلترا وإسكتلندا وأستراليا والولايات المتحدة وكندا و جنوب أفريقيا دولًا رائدة واعدة في هذا المجال.



الشكل 12–5 طاقة الأمواج.

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) المختزنة 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**.

الشكل 13–5 طاقة المياه الجارية أو الساقطة.

الطاقة الحيوية Biological Energy

تعد **الطاقة الحيوية Biological Energy** مكونًا رئيسًا 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**.



الشكل 14–5 الطاقة الحيوية.

ماذا قرأت؟ كيف يتم الحصول على الطاقة الحيوية؟

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.

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 مميزاته وعيوبه **الشكل 15–5**.

- **الهيدروجين الرمادي**، وهو النوع الأكثر انتشارًا 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 غالبًا 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 تقريبًا، ولذلك فهو وقود صديق للبيئة بالكامل.

وعيبه 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 استقرارًا من الهيدروجين، ويمكن نقلها بسهولة بحرًا أو بواسطة خطوط الأنابيب مما يشكل حلًا 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 اهتمامًا كبيرًا بطاقة الهيدروجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

تجربة

الخلية الشمسية البسيطة :

تعد الشـمس أكبر مصدر للطاقة لذلك يمكننا الاستفادة منهـا لتغطية احتياجات الطاقة لجميـع بني البشر، ويكون ذلك باسـتخدام عدة طرق حديثة لتحويل طاقة الشـمس الحرارية إلى أشكال أخرى متنوعة من الطاقة.

خطوات العمل

الجزء الأول:

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في المختبر.
2. أحـضر شريحة مـن النحاس النقـي وأخرى من النحاس المؤكسد.
3. كأس زجاجي وماء وملح.
4. جهاز فولتميتر لقياس الجهد الكهربائي وأسـلاك للتوصيل الكهربائي.
5. مصباح ضوئي.

طريقة العمل:

6. اسـتخدم الكأس الزجاجي وضـع فيه كمية من الملح والماء وحرك حتى يذوب الملح.
7. صل أحد أسـلاك التوصيـل الكهربائي بشريحة النحاس النقي والسـلك الآخر بشريحة النحاس المؤكسد وضعهما داخل الكأس.
8. صل سـلك الفولتميتر الموجـب بالنحاس النقي وسلك الفولتميتر السالب بالنحاس المؤكسد.
9. سجل قراءة الفولتميتر الآن.
10. سـلط الضوء على المحلول لفترة ثم سـجل 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 بشـكل أكبر على استخدام الطاقة الشمسية؟

التقويم 3–5

الخلاصة

- الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفد 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 ثلاثًا 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 تقريرًا عن طريقة استخدام الهيدروجين كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

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.

مراجعة المفردات

الطاقة المتجددة، هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية، والتي لا تنفد وتتجدد باستمرار، مثل: الرياح والشمس المتوفرة في معظم دول العالم.

المفردات الجديدة

الطاقة النووية

الانشطار النووي

الفكرة الرئيسة **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، وضمادات 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 أوبنينسك 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**.



الشكل 16–5 مفاعل الطاقة النووية.

توليد الكهرباء النووية

تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهة كثيرًا لمحطات الطاقة التقليدية، فكلاهما تستخدم مصدراً 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 المولّد 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.

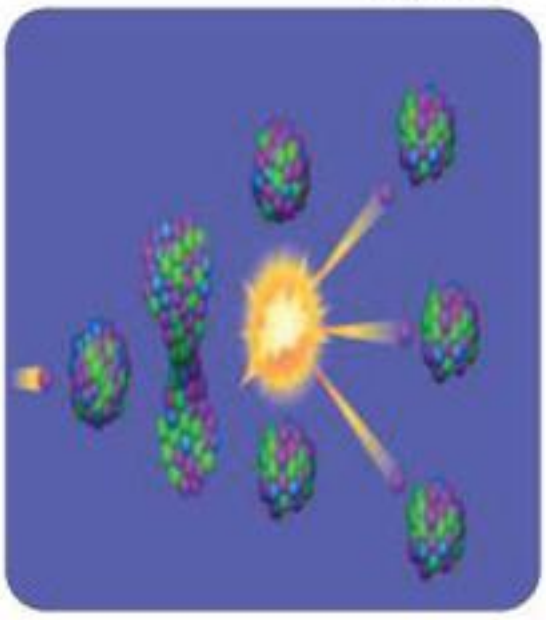


الشكل 17–5 توليد الكهرباء باستخدام الطاقة النووية.

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، وتتكرر هذه العملية نفسها مرارًا، وهذا يعرف بالتفاعل النووي المتسلسل **الشكل 18–5**.



الشكل 18–5 الانشطار النووي.

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 حرق3000 طن من الفحم.

اليورانيوم

تستخدم معظم محطات الطاقة النووية ذرات اليورانيوم الذي اكتشفه العالم الألماني مارتن كلابروث عام 1789 م، واليورانيوم معدن يمكن العثور عليه في الصخور في جميع أنحاء العالم، ويتم استخلاصه 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 19–5 تعدين اليورانيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447



الشكل 20–5 تعدين اليورانيوم – الكعكة الصفراء

وللليورانيوم نظيران بدائيان هما: اليورانيوم 238 و اليورانيوم235 ، ويشكل اليورانيوم 238 الغالبية في العالم ولكن لا يمكنه أن ينتج تفاعلًا انشطاريًا متسلسلًا، بينما يمكن استخدام اليورانيوم 235 لإنتاج الطاقة عن طريق عملية الانشطار النووي. وهذا النظير من اليورانيوم يشكل أقل من نفذت 1% من اليورانيوم الموجود في العالم **الشكل 20–5**.

ولجعل اليورانيوم الطبيعي أكثر قدرة على الانشطار من الضروري زيادة كمية اليورانيوم235 من خلال عملية تعرف بإثراء اليورانيوم، وبالتالي يمكن استخدامه بشكل فعال كوقود في المحطات النووية.

حيث يحتوي اليورانيوم الطبيعي على نسبة 0.7% من اليورانيوم 235 وهو نظير انشطاري والنسبة المتبقية 99.3% فهي تشكل اليورانيوم 238 الذي لا ينشطر.

ويمكن أن يحصب اليورانيوم الطبيعي بعدة طرق فيكون قابلًا للانشطار وصالحًا للاستخدام في المفاعلات النووية مثل تلك التي تعمل في الولايات المتحدة الأمريكية (مفاعلات الماء الخفيف).

المشروع الوطني للطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية

The national project for atomic energy in Saudi Arabia

يجري حاليًا في المملكة العربية السعودية وضع الخطط الوطنية لتمكين الطاقة الذرية من المساهمة في تنوع مصادر الطاقة الوطنية لتلبية متطلبات التنمية الوطنية وجعل الطاقة الذرية جزءًا من منظومة الطاقة لضمان بقاء المملكة رائدة وفاعلة في هذا المجال ويأتي ذلك ضمن مستهدفات رؤية المملكة 2030 .

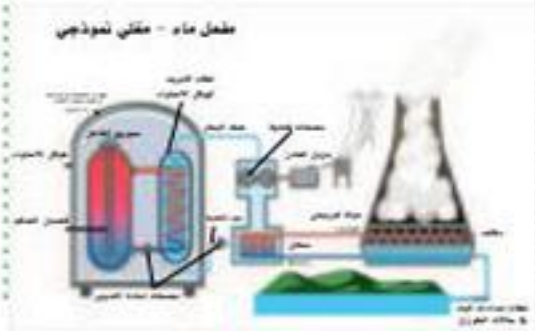
ومن أهم الفوائد من ذلك للمملكة تنوع مصادر الطاقة بها بدلًا من الاعتماد التام على النفط ومشتقاته في إنتاج الطاقة والإسهام في توليد الكهرباء، والمساهمة في معالجة الشح المائي الذي تعاني منه المملكة عبر التوسع في استخدام الطاقة الذرية لتحلية المياه المالحة.

المفردات

مفردات علمية

المفاعل النووي

جهاز ضخم أو محطة قوى تستخدم لتوليد تفاعل نووي مستدام.



دور مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة K.A.CARE

عملت مدينة الملك عبد الله منذ إنشائها على تطوير جوانب البنية التحتية وفق منهجية الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وتجري حاليًا الدراسات الفنية لتحديد وتهيئة المواقع وتجهيزها لبناء أول محطة للطاقة النووية بالمملكة والتي تحتوي على مفاعلين نوويين.

وقد اعتمدت المملكة العربية السعودية مفاعلات الماء الخفيف المضغوط كخيار مثالي للمفاعلات المنتجة للطاقة الكهربائية.

وعملت المدينة على تأسيس شركة نووية لتكون كيان مستقل لمتابعة وتحقيق المصالح التجارية للمشروع الوطني للطاقة الذرية في المملكة وذلك عن طريق المشاركة والاستثمار في المشاريع والأصول ذات الجدوى الاقتصادية محليًا وعالميًا.

فوائد الطاقة الذرية

The benefits of atomic energy

تعـد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف حيث إن إنتاج الطاقة منها رخيص نسـبيًا وتكاليف تشـغيلها 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 الانشـطار النووي أكبر بعشرة ملايين مرة من الطاقة عند حرق الوقود الأحفوري **الشكل 21–5**.

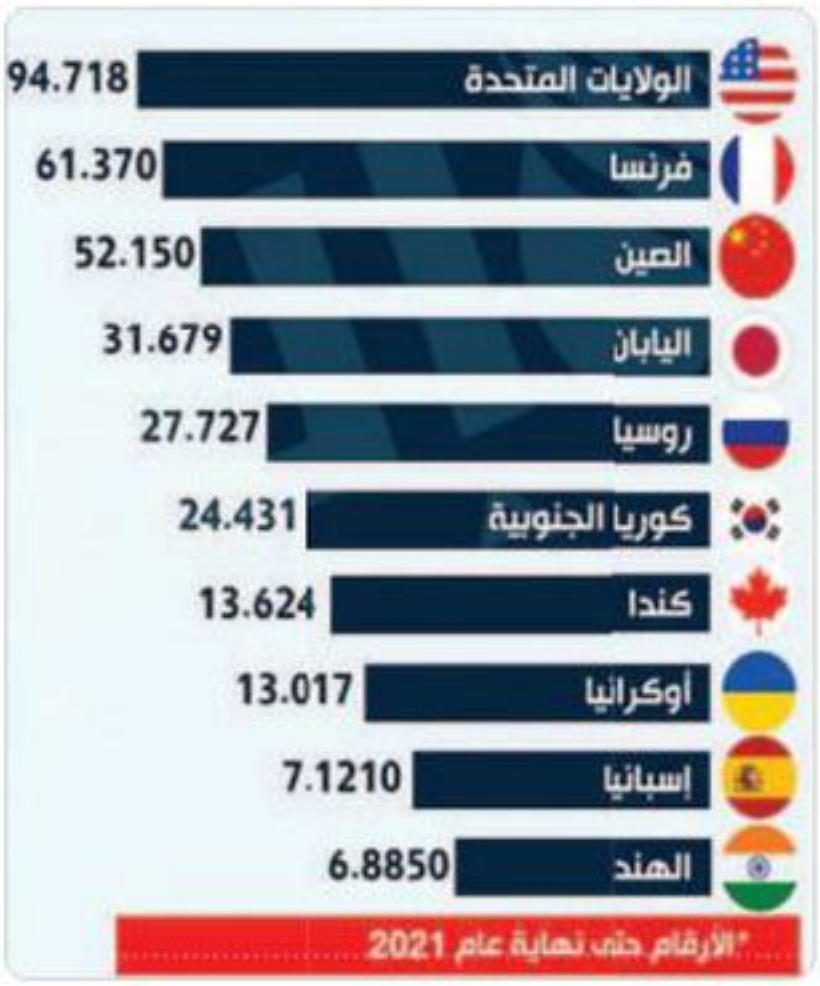
ماذا قرأت؟ ما فوائد الطاقة الذرية؟

أضرار الطاقة الذرية

Damage from atomic energy

على الرغم من وجود العديد من المزايا لاسـتخدام الطاقة النووية إلا أن هناك آثارًا سـلبية لها. ومن هذه الآثار السلبية: الأثر البيئي من خلال التعدين وتصريف المياه والاسـتهلاك الكثيف للمياه في المفاعلات، وكذلـك خطر الحوادث النووية مثل: تسرب الإشعاعات الضارة، وكذلك مشـكلة التخلص من النفايات المشعة حيث تظل هذه النفايات مشعة لآلاف السنين.

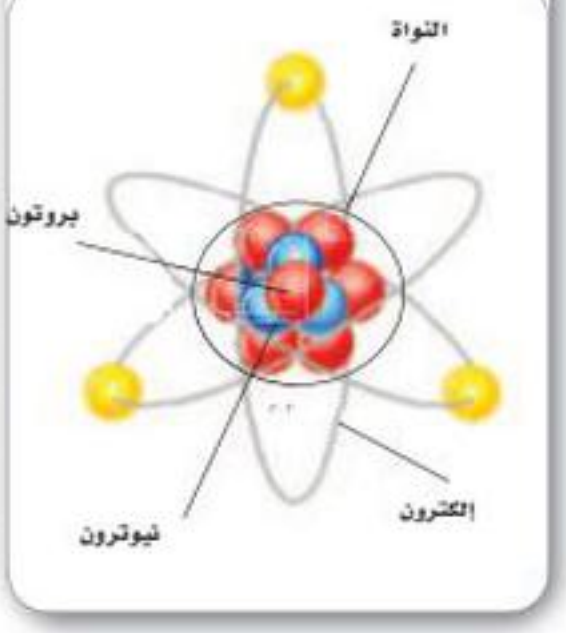
وهـي أيضًا طاقة غـير متجددة؛ لأن الوقود النووي المسـتخدم في المفاعلات النووية هو اليورانيوم، وهو محدود وعندما يتم تعدينه باسـتمرار تسـتنفذ الكمية المتاحة منه ولا تتجدد خلال حياة الإنسان.



الشكل 21–5 أكبر 10 دول حسب سعة الطاقة النووية في العالم.

الربط مع الكيمياء

الـذرة أصغـر جـزء مـن العنصـر الكيميائـي وتتركـب مـن: النـــواة، والإلكترونـــات، والبروتونـــات، والنيوترونـــات.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

التقويم 4–5

الخلاصة

- **الطاقة النووية**: هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات.
- تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهة كثيرًا 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 اليورانيوم235 في المفاعلات النووية؟
4. عدد ثلاثًا 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 تقريرًا 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

مع تصدر المملكة العربية السعودية قائمة أكبر مصدّري 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 وكيماويات متكاملة على المستوى الدولي.

يقع حقل الجافورة في الأحساء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، واكتشفته شركة أرامكو خلال عمليات التكسير التي كانت تنفّذها في تلك المنطقة، وهو ما يُعدّ بمثابة مكمنا للغاز.

ويعد الجافورة أكبر حقل مكتشَف 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 البتروكيماوية 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.

وتؤكد أرامكو أن خصائص حقل الجافورة تمكّنه من إنتاج نحو 425 مليون قدم مكعبة يوميًا من غاز الإيثان، كما سيتج نحو 550 ألف برميل يوميًا من سوائل الغاز والمكثفات اللازمة للصناعات البتروكيماوية.

ورغم أن الغاز الطبيعي أحد أنواع الوقود الأحفوري، فإنه يعدّ بمثابة وقود انتقالي نحو الطاقة المتجددة كونه الأقل إطلاقًا للانبعاثات مقارنة 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 انتاج الهيدروجين الأزرق، حيث سيتم استخدام أحد أكبر مشروعات الغاز الطبيعي في العالم لإنتاج الهيدروجين الأزرق، مع تكثيف جهودها لتصدير وقود مهم يستخدم في التحول الى الطاقة الخضراء النظيفة.

كما سيتم استخدام انتاج الحقل من الغاز وسوائله في الصناعة والكهرباء وتحلية المياه والتعدين.



خارطة حقل الجافورة الجيولوجية.

مختبر الجيولوجيا

صمم بنفسك : المكمن الصدعي

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 يحـدث عندما تتعرض الصخور إلى إجهادات معينة مسـببه كسر الطبقات وإزاحتها كما يحدث في الصدوع، بحيث تتحرك الكتلتان الناتجتان بشـكل مواز لسطح الكسر.

الأدوات:

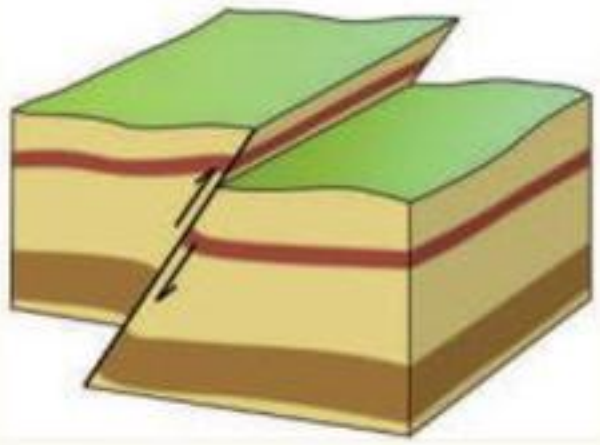
15 شريحة من الكرتون أو الفلين بطول 30 سم وعرض 10 سم.
صمغ قوي – الوان زيتية – أداة قطع حادة.

خطوات العمل

1. اقراء نموذج السلامة في المختبر.
2. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل التنفيذ.
3. قـم بلصق كل 5 شرائح من الكرتـون أو الفلين مع بعضها البعض ، وانتظر حتى يجف الغراء تماما.
4. لديك الأن ثـلاث مجموعات من الفلـين 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 بلصـق المجموعات الثلاث مـع بعضها البعض، مكونة نموذج لتتابع الطبقات.
6. بأداة حادة (وكن حذرا) قم بقص الطبقات بزاوية مقدارها 45 درجة تقريبا مكونة كتلتين.
7. قم برفع أحدى الكتلتين بمقدار 5 سـم، ثم قم بلصقهم مع بعضهم البعض مكونة كتلة واحدة.

التحليل والأستنتاج

1. فسر ماذا حدث للتتابع الطبقي للصخور (الرملية – الطينية – الجيرية).
2. حدد الطبقة التي تتوقع تكون السوائل فيها ، وسبب ذلك؟
3. اسـتنتج ما الطبقة ذات المسـامية والنفاذيـة العالية في هذا النموذج.
4. وضح الطبقة ذات النفاذية الأقل.
5. لخص السبب في تكون المكمن في هذا النموذج.
6. قـارن بين المكمـن الصدعي الذي قمـت بتصميمه وباقي المكامن من حيث كمية المخزون.



نموذج لمكمن صدعي.

الكتابة في الجيولوجيا

من خلال مـا قمت بتنفيذه بين أهـم خصائص المكامن الصدعية.

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالًا متنوعة. منها الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5-1 النفط والغاز وأماكن تواجدهما	
النظرية العضوية النظرية المعدنية النظرية الكيميائية النظام النفطي المصائد النفطية	**الفكرة الرئيسة** تعد نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز الطبيعي هي الأكثر قبولًا لدى العلماء المعاصرين، حيث تعتبر منطقة الخليج العربي من أغنى المناطق في العالم بالنفط والغاز. • النفط الخام عبارة عن هيدروكربون مكون من ذرات الكربون والهيدروجين. • الغاز الطبيعي مكون من الميثان والبروبان والبيوتان. • نظرية النشأة العضوية للنفط والغاز هي الأكثر قبولًا 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.
5-2 طرق استكشاف النفط والغاز وخصائصه	
الهجرة الأولية الهجرة الثانوية	**الفكرة الرئيسة** 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. • 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

دليل مراجعة الفصل

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3-5 أنواع الطاقة المتجددة	
الطاقة الحيوية طاقة الهيدروجين	**الفكرة الرئيسة** الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفد، 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. • الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفد وتتجدد باستمرار. • للطاقة المتجددة مصادر عديدة. • تبرز جهود المملكة العربية السعودية في مجال الطاقة المتجددة. • لاستخدام الطاقة المتجددة فوائد بيئية وإنسانية.
4-5 الطاقة النووية	
الطاقة النووية الانشطار النووي	**الفكرة الرئيسة** الطاقة النووية هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات، وتنتج عبر طريقتين: الانشطار النووي أو الاندماج النووي. • الطاقة النووية: هي الطاقة الناتجة عن نواة الذرة التي تتكون من البروتونات والنيوترونات. • تنتج محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مشابهه كثيرًا لمحطات الطاقة التقليدية. • الانشطار النووي يحدث عندما تنقسم نواة الذرة إلى نواتين أو أكثر ويصاحب ذلك انبعاث للطاقة. • لليورانيوم نظيران بدائيان هما: اليورانيوم238 واليورانيوم 235 ويشكل اليورانيوم 238 الغالبية. • تعد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف.

تقويم الفصل 5

مراجعة المفردات

اكتب المصطلح الصحيح في مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يلي :

1. الغاز سائل كثيف قابل للاحتراق يتكون أساسًا من ذرات كربون وهيدروجين.
2. الفورامنيفرا 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 تنفد وتتجدد باستمرار.
5. يشكل اليورانيوم 238 النسبة الغالبية في العالم وينتج تفاعلًا انشطاريًا متسلسلًا.

املأ 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.

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. القبب الملحية. b. التركيبية.
c. المركبة. d. الطبقية.

14. من أسباب قبول العلماء المعاصرين لنظرية نشأة النفط العضوية:

a. خاصية النشاط الضوئي للنفط. b. وجود كربيد الكالسيوم.
c. الرشح النفطي. d. 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

5 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

استعن بالأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة رقم 18–19–20.



شكل (أ)	شكل (ب)

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.

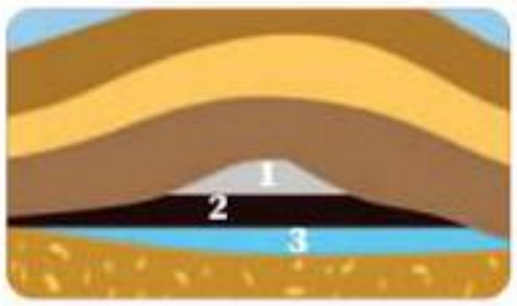
22. وضح كيفية نشأة القبب الملحية.

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.



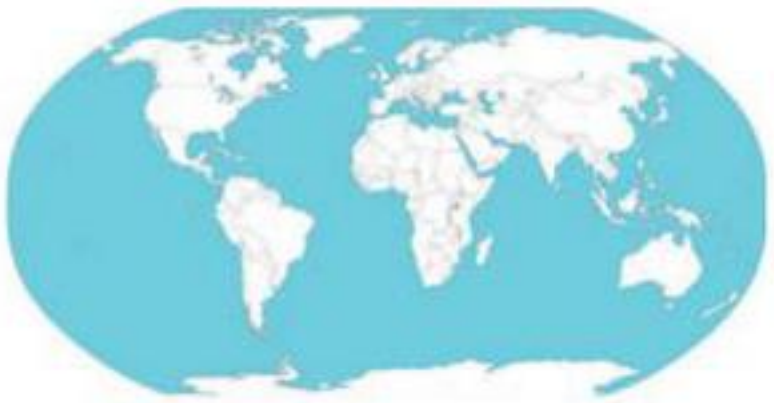
25. على ماذا تدل الأرقام في الشكل السابق (1 – 2 – 3)؟

26. فسر سبب التتابع في الشكل السابق.

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 مستعملًا المصطلحات الآتية :

صخور المصدر، صخور المكمن ، صخور الغطاء ، المصائد التركيبية ، مصائد القبب الملحية ، المصائد الطبقية ،المصائد المركبة.

سؤال تحفيز

31. فسر تكوّن عدد من المكامن 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.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. النفـط الموجود في بعـض الصخـور النارية أو المتحولة مصدره هو:
   a. الشقوق والفوالق.
   b. الهجرة من صخور رسوبية.
   c. النشأة من الصخر الناري.
   d. الطي والصدوع.

2. يعـد من أفضل الصخـور لتجمـع النفط نتيجة لاحتوائه على المسامية والنفاذية العاليتين:
   a. الرملي.
   b. الجيري.
   c. الطيني.
   d. الدلومايت.

3. تبلغ الطاقـة 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. تسـتخدم معظم محطات الطاقـة النووية لإنتاج الطاقة المادة الآتية:
   a. اليورانيوم.
   b. الكبريت.
   c. الكربون.
   d. الراديوم.

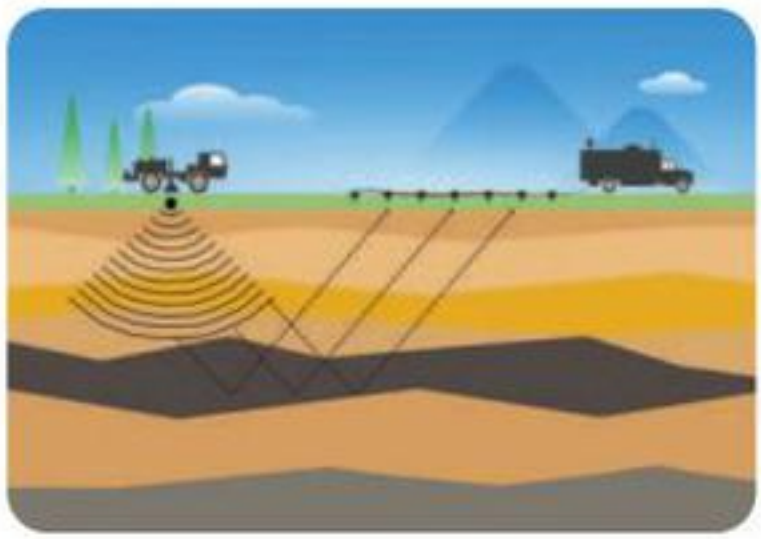
أسئلة الإجابات القصيرة

6. كيف تتم عملية الانشطار النووي؟

7. كيف تنشأ مصائد القبب 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. مـاذا تسـمى الأجهـزة المسـتقبلة للموجات المنعكسة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

ويقـع حقل الغوار في شرق المملكة العربية الســعودية ، إذ يمتد من مدينة الأحســاء حتى جنوب شرق الرياض ، أي يمتد على مســاحة 256 كيلومترا مربعًا؛ لذلك يوصف بأنه أكــبر حقل في العالم ، من حيث المســاحة والاحتياطيات و كميات إنتاج، و يعد الحقل تكوينًا محدبًا على مســافة طولية متصلــة ، يتجاوز طوله 240 كيلومترًا وعرضه 40 كيلومترًا ، وينقســم إلى 6 مناطق أساســية ، هي : فوران ، وعين دار ، وشــدقم ، والعثمانية والحوية وحــرض ، وفي عام 2019 نشرت شركة أرامكو الســعودية تقريرًا تضمن إحصاءات عن الحقل، كشفت عن أن بإمكانه ضخ 3,8 مليو ن برميل يوميًــا ، أي ثلث إنتاج المملكة النفطــي ، وهو رقم أقل مما كان ينتجه في الســابق ، إذ كان ينتــج على مدار 60 عاما ما يزيد على 5 ملايين برميل يوميًا . وتشير التقارير إلى أن حقل الغوار يضــم أكثر من ربع احتياطيات النفط الســعودي ، إذ تقدر احتياطيات النفــط المكافئ فيه بنحو 32 , 58 مليار برميــل ، وهو عبارة عن صخور جيرية ترســبت في بيئات بحرية ضحلة ، عمرها الجيولوجي يتراوح بين 155 و 145 مليون ســنة . ويســهم حقل الغوار النفطي في ما يصل إلى ثلث إنتاج المملكة العربية الســعودية، وهو رقم ضخم إذا أخذ في الحسبان أن المملكة هي أكبر عضو منتج للنفط الخام في منظمــة أوبك ، بجانب كونها ثاني أكبر منتج للنفط عالميًا بعد الولايات المتحدة الأمريكية.

11. تبلغ مساحة حقل الغوار بوحدة (كم^2):
- a. 256.
- b. 652.
- c. 1200.
- d. 340 .

12. يقع حقل الغوار بالنســبة للمملكة العربية الســعودية ناحية:
- a. الغرب.
- b. الجنوب.
- c. الشرق .
- d. الشمال.

13. لمــدة 60 ســنة تقريبًــا كان إنتاج حقل الغــوار اليومي بالبرميل يقدر بـــ:
- a. 10 مليون.
- b. 5 مليون.
- c. 3 مليون.
- d. 7 مليون.

14. يقدر إنتاج حقل الغوار حاليا بملايين البراميل:
- a. 5.7 مليون.
- b. 40.8 مليون.
- c. 16.5 مليون.
- d. 3.8 مليون.

الفصل 6

جيولوجيا المملكة العربية السعودية
Geology of Saudi Arabia



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.

6–1 صخور المملكة العربية السعودية

الفكرة الرئيسة تقسم صخور المملكة العربية السعودية حسب نشأتها إلى عدة أقاليم من أكبرها، الدرع العربي والرف العربي.

6–2 الصفيحة العربية وتكويناتها

الفكرة الرئيسة 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.

6–3 المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية

الفكرة الرئيسة 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 افريقيا 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

تجربة استهلالية

تحديد أقسام الجزيرة العربية جيولوجيًا

تنقسم الجزيرة العربية جيولوجيًا إلى كتلتين كبيرتين هما الدرع العربي والرف العربي.



الخطوات

1. أقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. تمعن في الخريطة التي أمامك، ثم وضح على الخريطة حدود الدرع والرف العربي.

التحليل

1. سجل ملاحظاتك حول النسبة التي يشكلها كل من الدرع العربي والرف العربي من مساحة الجزيرة العربية.
2. استنتج نوع صخور كل من الدرع العربي والرف العربي.

المطويات
منظمات الأفكار

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين خصائص الدرع العربي - خصائص الرف العربي.



الخطوة 1 استعمل ورقة طولية وحدد وسطها.



الخطوة 2 اثن الورقة من أعلى ومن أسفل نحو وسطها لعمل مطوية ذات مصراعين.



الخطوة 3 عنون اللسانين: خصائص الدرع العربي - خصائص الرف العربي.

استخدم هذه المطوية من خلال درستك للقسم 1-6 و القسم 2-6 بين خصائص كل من الدرع العربي والرف العربي.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

صخور المملكة العربية السعودية

Rocks of Saudi Arabia

الأهداف

- **تقارن** بين الدرع العربي والرف العربي وصخورهما.
- **توضح** سبب تكون الحرات وانتشارها في الجزء الغربي من المملكة.
- **تلخص** كيف تشكلت الكثبان الرملية.
- **تميز** بين السباخ الساحلية والسباخ الداخلية.

مراجعة المفردات

المتبخرات: صخور رسوبية ترسب المعادن المكونة لها كيميائيًا، من خلال تبخر الماء وتركيز الأملاح.

المفردات الجديدة

الدرع العربي

الرف العربي

الحرّات

الكثبان الرملية

السباخ

الفكرة الرئيسة **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 تحلّق 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 أيضًا باسم الرصيف العربي، وإقليم البحر الأحمر، وإقليم الحرات. ويضاف إلى هذه الأقاليم إقليمين مهمين هما: إقليم الكثبان الرملية، وإقليم السباخ.

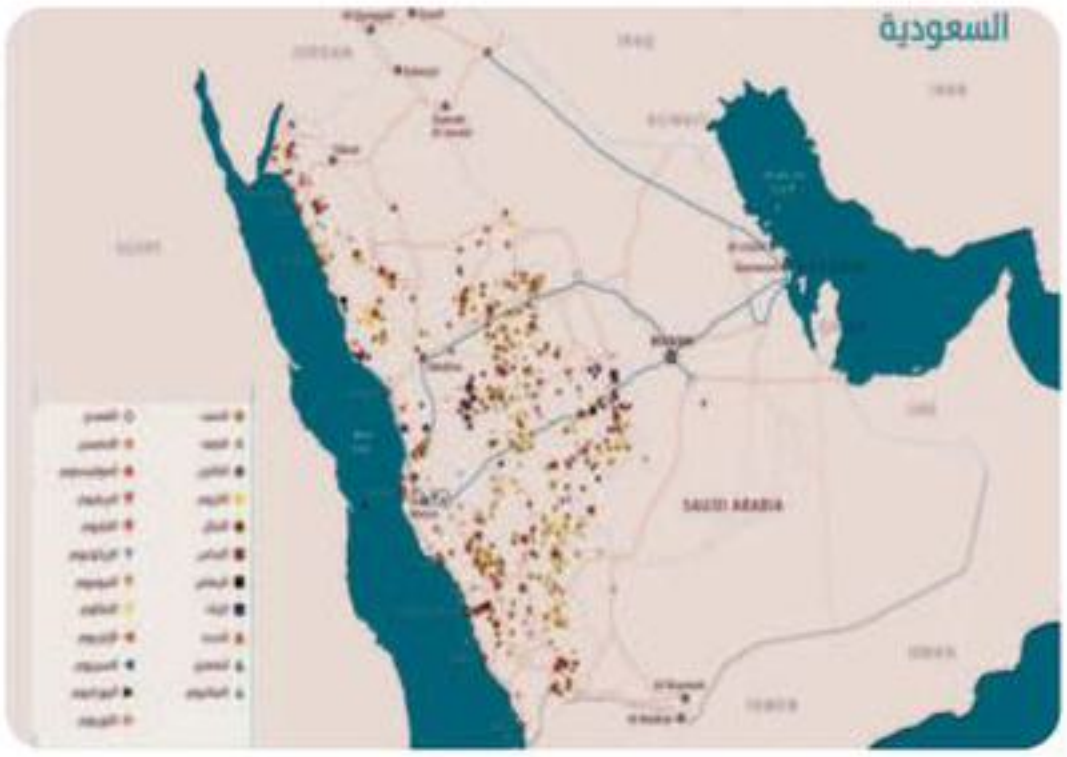
أولًا : إقليم الدرع العربي

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 يتراوح اتساعه بين 200 و250 كيلومترًا، 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**.



الشكل 1–6 الدرع العربي والرف العربي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445



الشكل 2–6 خريطة تبين غنى الدرع العربي بالفلزات الاقتصادية.

وقد تعرض الدرع العربي لـدورات تكتونية وحركات بناء وهدم متلاحقة، ويعتقد بأن تكـون الدرع العربي قد اكتمل خلال الفـترة ما بين 550 إلى 1150 مليون سنة. أي أن استقراره استغرق حوالي 600 مليون سنة.

وينكشـف أوضح تماس بين صخور الدرع العـربي وصخور الرف العربي، الـذي يقع إلى الشرق منه، عند مدينة القويعية، التي تقع إلى الغرب من العاصمة الرياض بحوالي 180 كيلومتر، حيث تظهر صخور الرف الرسوبية الفاتحة اللون فوق صخور الدرع النارية والمتحولة الداكنة اللون.

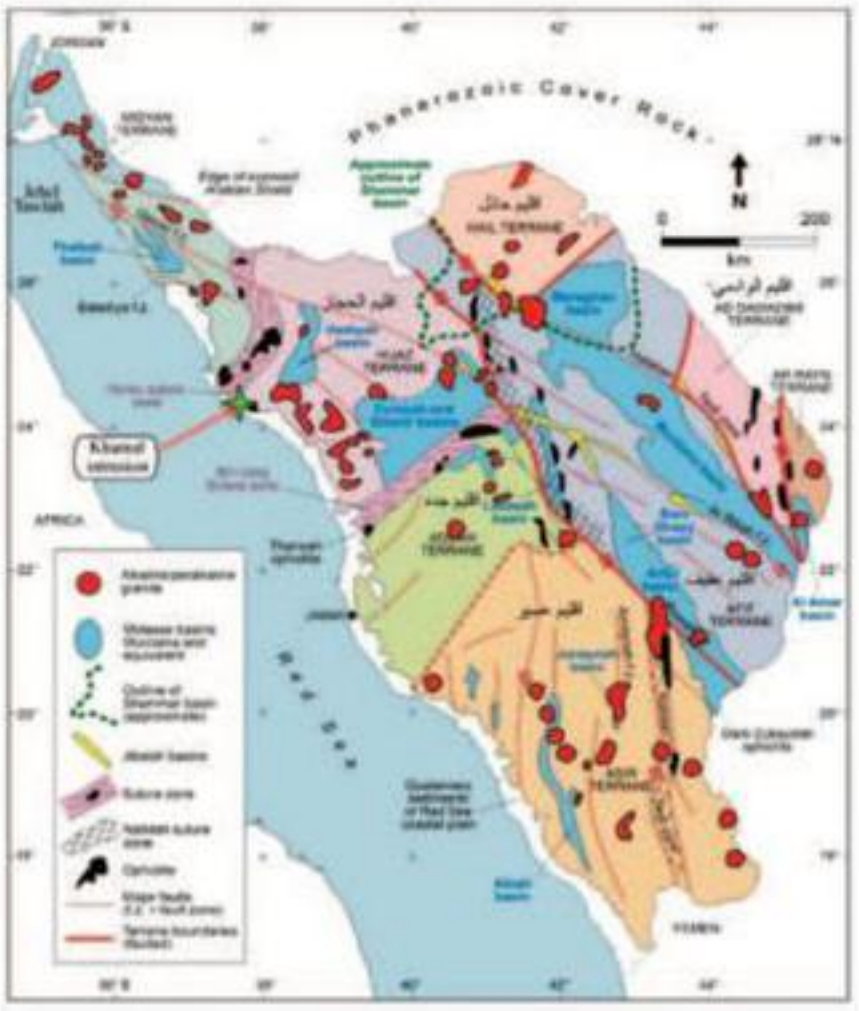
وتشـير الدراسـات الجيولوجية إلى أن صخور الدرع العربي تكونت بسبب أندفاعات من كتل من صخور نارية جوفية، وصخور سطحية بركانية، وكذلك صخور رسوبية قديمة، ثم تعرضت هذه الصخورلعمليات بنائية معقدة ليتحول بعضها إلى أنواع أخرى من الصخور تعرف بالصخور المتحولة.

ماذا قرأت؟ ما المنطقة التي يتماس فيها الدرع العربي بالرف العربي؟

والدرع العربي غني بثرواته الطبيعية المعدنية، وخاصة الفلزية منها: كالذهب والفضة والنحـاس والقصدير والحديـد وغيرها، كما أنه غنـي بصخور البناء والزينة: كالجرانيت والرخام وغيرها **الشكل 2–6**.

ويقسم الجيولوجيون الدرع العربي إلى ثمانية أقسام جيولوجية وهي:

1. **عسـير**: يحتوي على صخور البازلـت والأنديزايت والصخور الرسـوبية ويتراوح عمرها بين800 و950 مليون سنة.
2. **الحجاز**: يحتوي عـلى الصخور النارية كالجرانيـت والبازلت، يقدر عمرها بحوالي 805 مليون سنة.



الشكل 3–6 خريطة توضح مواقع أقاليم الدرع العربي.

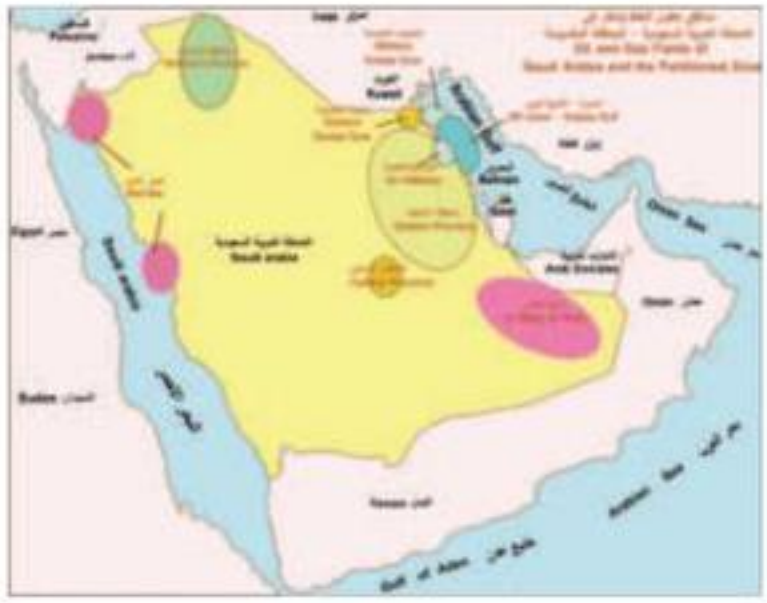
3. **مدين**: هو أقل الأقاليم وضوحًا من النواحي الجيولوجية التكتونية نظرًا لتعرضه للتهشم الشديد والإزاحات ، يقدر عمره بحوالي 680 مليون سنة.
4. **عفيف**: يحتوي على صخور جرانيتية حديثة نسبيًا، عمرها أحدث من حوالي 580 إلى 640 مليون سنة كما يحتوي على تتابعات من صخور بركانية وصخور رسوبية.
5. **الريـن (البدع)**: أصغر الأقاليم في الدرع العربي مساحة، ويقع في الطرف الشرقي للدرع، ويحتوي صخورا جوفية وصخورًا متطبقة.
6. **جدة**: يحتوي على صخور الأندزيت والبازلت والصوان والرخام.
7. **الدوادمي**: يحتوي صخور الجرانيت والصخور المتحولة.
8. **حائل**: يحتوي على العديد من الصخور مثل: صخور الرايوليت والصخور الرسوبية الفتاتية، والمدملكات (Conglomerate)، حيث أمكن قياس عمر صخور الرايوليت 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 أشارات 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 5–6 تجمعات حقول النفط والغاز في المملكة العربية السعودية.

ثانيًا: إقليم الرف العربي (الرصيف العربي)

يقــع إقليم **الرف العربي Arabic Basin** إلى الشرق والشــمال والجنوب من الدرع العربي، ويشــكل نحو ثلثي مساحة شــبه الجزيرة العربية، وقاعدته إقليم الدرع العربي نفسه. والرف العربي هو تتابع من الصخور الرسوبية، التي ترسبت على اليابســة وفي المياه الضحلة، وتمتد أعمار صخور الــرف العربي، من العصر الكمبري إلى الفترة الحديثة، أي أن أعمارها أقل من 540 مليون سنة **الشكل 1–6**.

تميل طبقات صخور الرف العربي باتجاه الشرق والشــمال الشرقي والجنوب الشرقي، أي بعيدًا عن الدرع العربي، ويكون ميلها خفيفًا، بحيث يتراوح سمكها بين الصفر في الطــرف القريب من الدرع العربي في الغرب، إلى نحو 6 آلاف متر في حوض الخليج العربي والربع الخالي. وتتكون الصخور الأقدم، التي ترســبت خلال حقب الحياة القديمة، من الحجر الرملي والطفل والقليل من أحجار الجير والمتبخرات. أما الصخور التي ترســبت في الحقب المتوسطة، فتتألف إجمالًا من الحجر الجيري، والطفل، وأحجار الرمل، ورمال الســيليكا. فيما تتكون صخور حقب الحياة الحديثة من أحجار رمل وغريــن وأحجار الجير، وقد تكون النفط في الطبقات الرســوبية الغنيــة بالمواد العضوية، وذلك بفعــل 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 الوســيع، وخزان المنجور في المنطقة الوسطى من المملكة، وخزان أم رضمة في الجزء الشرقي منها، وخزان ساق في الوسط والشمال الغربي، وخزانات طبقات مجموعة الوجيد في الجنوب.

والرف العربي غني بثرواته الطبيعية، وخاصة اللافلزية منها، كالفوســفات، والبوكســايت، والكاولينيت، والأملاح، والجبس، بالإضافة إلى النفط وغيرها، كما أنه يحــوي صخور البناء والزينــة كأحجار الرمل، وأحجــار الجير، ورمال السيليكا وغيرها **الشكل 6–6**.



الشكل 6–6 يبين شــحنات الفوسفات من شمال المملكة.

إثراء

يمكنك الرجــوع للمُتحــف الوطني الافتراضي للاطلاع على: المعادن الفلزية واللافلزية.

ماذا قرأت؟ ما نوع الصخور المكونة للرف العربي؟



الشكل 7–6 البحـر الأحمر ويتضح على جانبية الدرع العربي والدرع النوبي.

ثالثًا: إقليم البحر الأحمر

هو عبارة عن حوض طولي يتجه من الشـمال الغـربي إلى الجنوب الشرقي، حديث العمر جيولوجيًا، تكوّن قبل 30 مليون سنة **الشكل 7–6**.

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 غربًا والمرتفعات الغربية (جبـال السروات) شرقًا، ويتكـون من عدد من أحواض الترسـيب المختلفة، وصخوره عبارة عن مدملـكات (Conglomerate)، وأحجار رملية، وطفل، وأحجار جيرية، وصخور شـعاب مرجانيـة، ومتبخرات (أمـلاح)، وقباب ملحية، وتصل سماكة هذه الصخور إلى حوالي 5000 متر، وأبرز ثرواته الطبيعية هي: الأملاح، والمعادن، والنفط.

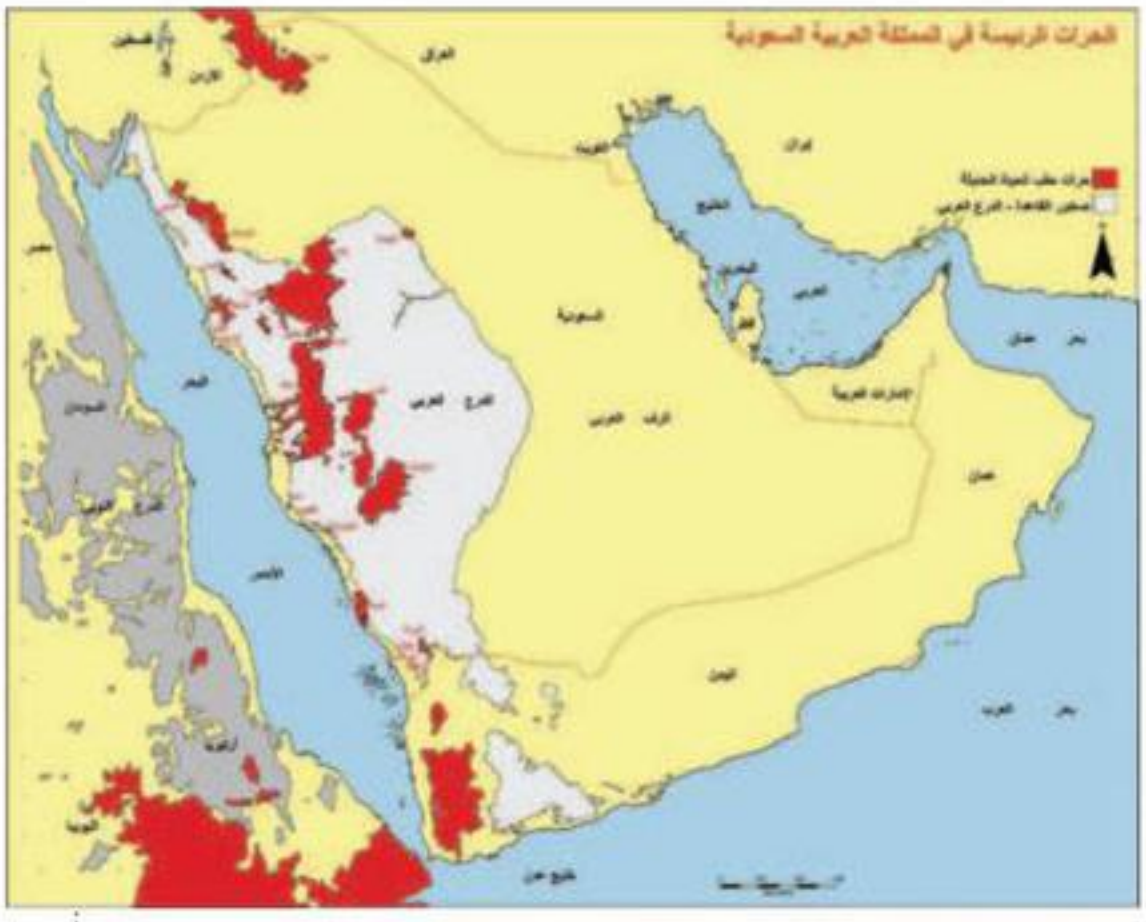
رابعًا: إقليم الحرّات

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 نشـاطات حركية وزلزالية، ويطلق مسـمى «الحـرة» على البراكين من مخاريط وفوهات، وعـلى مخرجاتها من الصخور التي تكون اللابة (lava) والرماد وغيرها. وتعد الحرات معالم طبوغرافية متميزة، إذ يمكن للمسـافر برًّا من منطقة القصيم أو منطقة حائل إلى المدينة المنورة أن يرى بوضوح حجارة البازلت السـوداء 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 **الحرات Alharat** في الجزء الغربي من المملكة، ويتكون معظمها من صخور البازلت، وتكون صخورها فـوق صخور الدرع العربي، وهي تمتد بشـكل رئيس من جنوب المملكة إلى شمالها، ويبلغ إجمالي مساحاتها، في المملكة، حوالي 90 ألف كيلومتر مربع، تمثل حوالي 4.6% من مساحة المملكة. وتقع جميع الحـرّات في الجانب الغربي من المملكة عدا حرة "الهتيمة" إذ تقع في الوسـط في منطقة حائل، وأكبر حرات الإقليم هي حرة "رهاط"، التي تبلغ مساحتها حوالي 20 ألف كيلومتر مربع، وأصغرها حرة "طفيل"، التي تبلغ مسـاحتها حوالي 80 كيلومتراً مربعاً، وتعد حرة "سراة عبيدة في منطقة عسـير، أقدم حرات المملكة، إذ يتراوح عمرها بين 25 و30 مليون سـنة، وتبلغ مساحتها حوالي 700 كيلومتر مربع **الشكل 8–6**.

أما البراكين، التي هي السـبب – في الغالب – في نشـأة الحرات، فأشهرها وأحدثها بركان المدينة المنورة؛ جبل الملساء، الذي ثار سنة654 للهجرة (1256م)،

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 8–6 خريطة تبين مواقع بعض الحرات في المملكة العربية السعودية.

وكاد أن يصل فيضه إلى الحرم المدني. كما أن من فوهات البراكين النادرة براكين الأبيض، والبيضاء، والمنسف، وهي براكين نادرة صخورها بيضاء اللون تتكون من صخور بركانية حمضية تعرف بالكوموندايت.

خامسًا: إقليم الكثبان الرملية

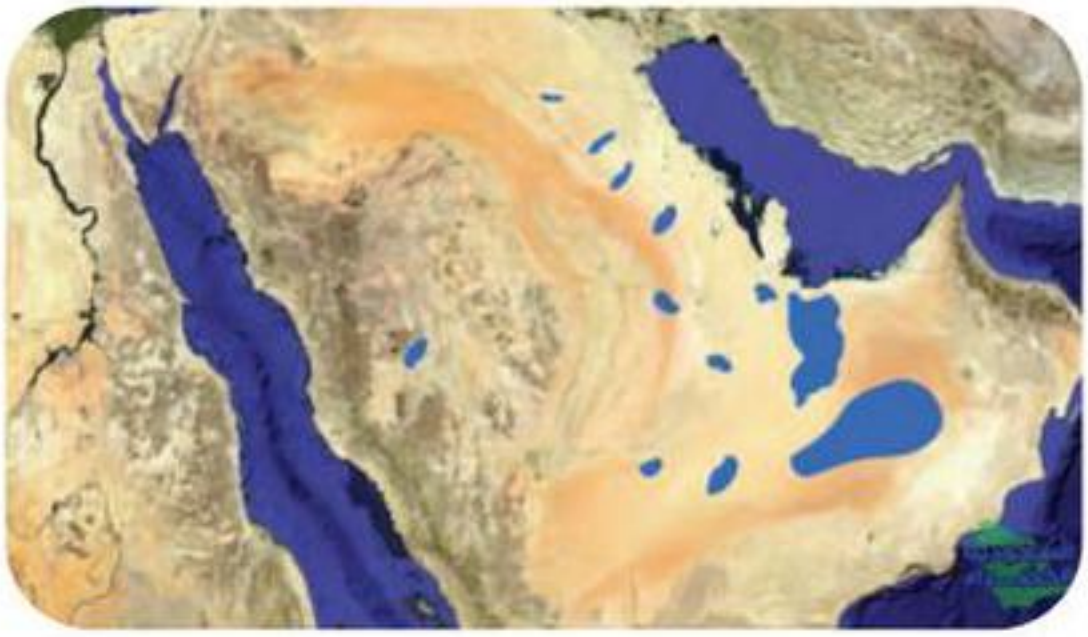
يعــرف الرمل، جيولوجيًا، بأنه حبيبات يتراوح قطرها بين 0.06 مليمتر إلى 2 مليمتر، بغض النظر عن مكوناتهــا أو ألوانها. ويتدرج حجم حبيبات الرمل من الخشــن إلى الناعم، وأخشــن منها الحصباء (الحصى)، وأنعم منها الغرين (الطين)، وتتكون معظم الرمال من حبيبات كوارتز، أو ملح، أو جير، أو كسارة أصــداف، أو رماد بركاني، أو نيازك، أو مواد أحرقتها النيازك، أو معادن ثقيلة؛ كالزركون والحديد والتيتانيــوم. وإذا التحمت حبيبات الرمل ببعضها كونت ما يعرف بأحجار الرمل. وأصــل الرمال أنها ناتجة من تعرض صخور قديمة، تشــمل صخورًا نارية جوفية وبركانية سطحية، وصخورًا رسوبية، ومتحولة، وبقايا عضوية، لعوامل التعرية المختلفة، ثم نقلت وترســبت بواســطة شبكة مــن الأنهار الجارية، خلال الفترات المطــيرة. وفي فترات الجفاف، تعرت تلك الرواسب، وعملت الرياح على نقلها وترسيبها على هيئة كثبان رملية، أما ألوان الرمال فمتنوّعة، منها الأبيض، والأصفر، والأحمر، والأســود، وذلك حسب ألوان مكونات مصادرها المعدنية والعضوية.

وتشكل **الكثبان الرملية Sand dunes** وحدة جيولوجية وجيومورفولوجية متميزة في إقليمي الــرف العربي والدرع العربي، وهــي تغطي نحو 635 ألف كيلومتر مربع، أي نحو 33%، من مســاحة المملكة. وأكبر بحار الرمال مساحة في المملكة هو الربع الخالي، الذي تبلغ مســاحته 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 المظهور، 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 الرمليـة التي تغطي جزءاً من الدرع العربي والرف العربي.



الشكل 10–6 الموقع الجغرافي لبعض السباخ في المملكة العربية السعودية.

سادسًا: إقليم السباخ

السباخ Swampy Ground جمع سـبخة وهي أرض مستوية، عادة ما تقع بـين الصحراء والبحر، أو ربما كانت فيما سـبق بحرًا أو بحـيرة ملحية، ويتميز سـطحها بوجود ترسـبات ملحية وجبسية وترسـبات لكربونات الكالسيوم، وكذلك رواسـب جلبتها الرياح والمد المائي، وكذلك الميـاه الجوفية القريبة من السـطح، وقد تحتوي على الماء طبقًا لطور تكونها، وبعضها ممالح تُستخرج منها الأملاح لمختلف الأغراض **الشكل 10–6**.

والسباخ نوعان؛ ساحلية قريبة من البحار ومحاذية لها، وداخلية حيث القيعان عديمة النفاذية كتلك التي في فوهات البراكين الواسعة وبين كثبان الرمال.

وأكبر السباخ هي سبخة أم السميم، التي تقع في جنوب شرقي الربع الخالي، بين حدود المملكة وعمان، وتبلغ مسـاحتها 3500 كيلومتر مربع، ثم سبخة مطي ومسـاحتها حوالي3300 كيلومتر مربع، وأصغرها سـبخة قاع قصيباء في شمالي القصيم.

ومـن السـباخ الداخلية المعروفة، سـبخة حضوضـاء، في منطقة الجوف، ومسـاحتها 540 كيلومتر مربع، والعديد من السباخ الواقعة بين الكثبان الرملية للربع الخالي. وتبلغ المسـاحة الكلية للسباخ الرئيسـة أكثر من 11 ألف كيلومتر مربع **الشكل 11–6**.



الشكل 11–6 صورة تبين سـباخ في شـمال غرب المملكة العربية السعودية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 السباخ إلى نوعين: ساحلية قريبة من البحر، وداخلية في فوهات البراكين والكثبان الرملية.

فهم الأفكار الرئيسة

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 السباخ.
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 الكثبان الرملية في المملكة العربية السعودية.

الكتابة في الجيولوجيا

9. اكتب عن الفوسفات في شمال المملكة العربية السعودية، موضحًا دوره في زيادة إجمالي الناتج المحلي من القطاعات غير النفطية.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

6-2

الصفيحة العربية وتكويناتها

Arabic plate and it's structure

الأهداف

- **توضح** نشأة الصفيحة العربية قبل انفصالها عن الصفيحة الإفريقية.
- **تقارن** بين وضع الصفيحة العربية قبل نشأة البحر الأحمر وبعده.
- **تميز** حدود الصفيحة العربية.
- **تصف** الآثار المترتبة على حركة الصفيحة العربية واصطدامها بالصفائح من حولها.
- **تتعرف** التكوينات الجيولوجية للصفيحة العربية.

مراجعة المفردات

الدرع العربي: هو جزء من الصفيحة 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

الفكرة الرئيسة 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.

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 للصفيحة، وكذلك المادة المنصهرة واللزجة التي تقع عليها الصفيحة، وتحركها في اتجاهات مختلفة.

نشأة الصفيحة 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 رئيستين 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 بالصفيحة العربية، التي كانت متصلة بالصفيحة الإفريقية، وكان يحيط بها محيط ضخم يدعى **بحر «التيثس» Tethys Ocean** من الشمال والشرق. وقبل ملايين السنين، تحركت الصفيحة العربية، وكانت لا تزال جزءًا من الصفيحة الإفريقية، وتعرضت لعمليات جيولوجية تكتونية من تصادم، وتحطم، وزوال صخور قديمة، وانحسار بحار، وتباعد، وتكون بحار فتية، وظهور صخور جوفية. كما ثارت فيها البراكين، وسالت عليها الحمم الملتهبة. وتحركت هذه الصفيحة، 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.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: الصفيحة العربية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

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 التيثس بسبب تحرك الصفائح ، وانفصلت عن إفريقيا قبل نحو ثلاثين مليون سنة، وذلك بسبب حدوث صدع كبير، تكون على امتداده خليج عدن، والبحر الأحمر، وخليجا 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 زاجروس في غربي إيران، وجبال عمان في شرقي الجزيرة العربية، ولم يبق من بحر التيثس الضخم إلا الخليج العربي وبحر عمان والبحر الأبيض المتوسط. ولا تزال الصفيحة العربية تتحرك ، باتجاه الشمال الشرقي، بزحزحة جانبية على امتداد صدوع خليج العقبة والبحر الميت، وصدوع بحر العرب الانزلاقية، بعيدًا عن الصفيحة الإفريقية بمعدل سنتيمتر ونصف إلى سنتيمترين سنويًا ، ولعل هذا هو تفسير الزلازل التي تضرب غربي إيران وجنوب شرقي تركيا ، والهزات الزلزالية التي يشعر بها سكان الساحل الشرقي للبحر الأحمر، و الساحل الغربي للخليج العربي بين الحين والآخر **الشكل 7–6**.

حدود الصفيحة العربية

Boundary of Arabic plate

الصفيحة العربية تشمل المنطقة الممتدة من بحر العرب جنوبا، إلى سلاسل جبال طوروس شمالاً، ومن البحر الأحمر غرباً إلى سلاسل جبال زاجروس شرقاً، وهي تمثل وحدة جيولوجية واضحة المعالم والحدود الطبيعية. حيث مرت عليها فترات مطيرة فاكتست أرضها بالغابات الخضر الكثيفة الوارفة الظلال، و أعقبتها فترات جفاف فتصحرت وأجدبت.

الآثار المترتبة على حركة الصفيحة العربية :

- تكوُّن جبال ترودس في قبرص ، وجبال طوروس في تركيا، وجبال زاجروس في إيران و جبال عمان في سلطنة عمان.
- نشأة البحر الأحمر و خليج عدن، و انغلاق بحر التيثس و انحساره مكونًا 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 جزءًا من الدرع العربي، وهزات زلزالية على طول مناطق الاصطدام.

- حدوث طي لطبقات الخليج العربي والمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية التي أصبحت مكامن مناسبة لتجمع وهجرة النفط و الغاز؛ لتصبح المنطقة من أغنى مناطق العالم بالنفط والغاز.

التكوينات الجيولوجية للصفيحة العربية

Geological formations of Arabic plate

تُقسم الصفيحة العربية جيولوجيًا إلى كتلتين كبيرتين هما: الدرع العربي والرف العربي، حيث يعد الدرع العربي الأساس الذي ترسبت عليه الطبقات الرسوبية ويبرز في الجزء الغربي من الصفيحة العربية، ويتكون بصورة رئيسة من صخور نارية جوفية وصخور متحولة يعود عمرها إلى ماقبل عصر الكامبري.

وتغطيها بعض الهضاب البازلتية التي تكونت في العصر الثلاثي والتي تسمى بالحرات البركانية.

أما الرف العربي فيقع إلى الشرق من الدرع العربي ويشكل ثلثي الصفيحة 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 متراصة من الصخور الرسوبية لها نفس العمر تقريبا.

وسنتطرق 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 الشيحية 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 مترًا ويتكون من الحجر الرملي الأحمر والبني الفاتح ومن الحجر الرملي ذو التطبق المتقاطع وبه نطاقًا 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 أساسًا من حجر الجير في الأجزاء العلوية والسفلية وفي جزئه الأوسط يتكون من الطفل المختلط بأملاح الجبس والأنهيدريت ويبلغ سمكه في المقطع النموذجي 292 مترًا.



الشكل 13–6 جبل الساق.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

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 يكّون هذا التكوين حافات نتيجة تعرضه للتعرية ولا يشاهد سوى تلالًا ورفوفًا 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 الأنهيدريت ويقسم إلى أربعة أجزاء هي عرب (أ) وعرب (ب) وعرب (ج) وعرب (د) مرتبة من الأعلى إلى الأسفل، ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي 124مترًا، ويتميز هذا التكوين بوجود مخزون كبير من النفط.

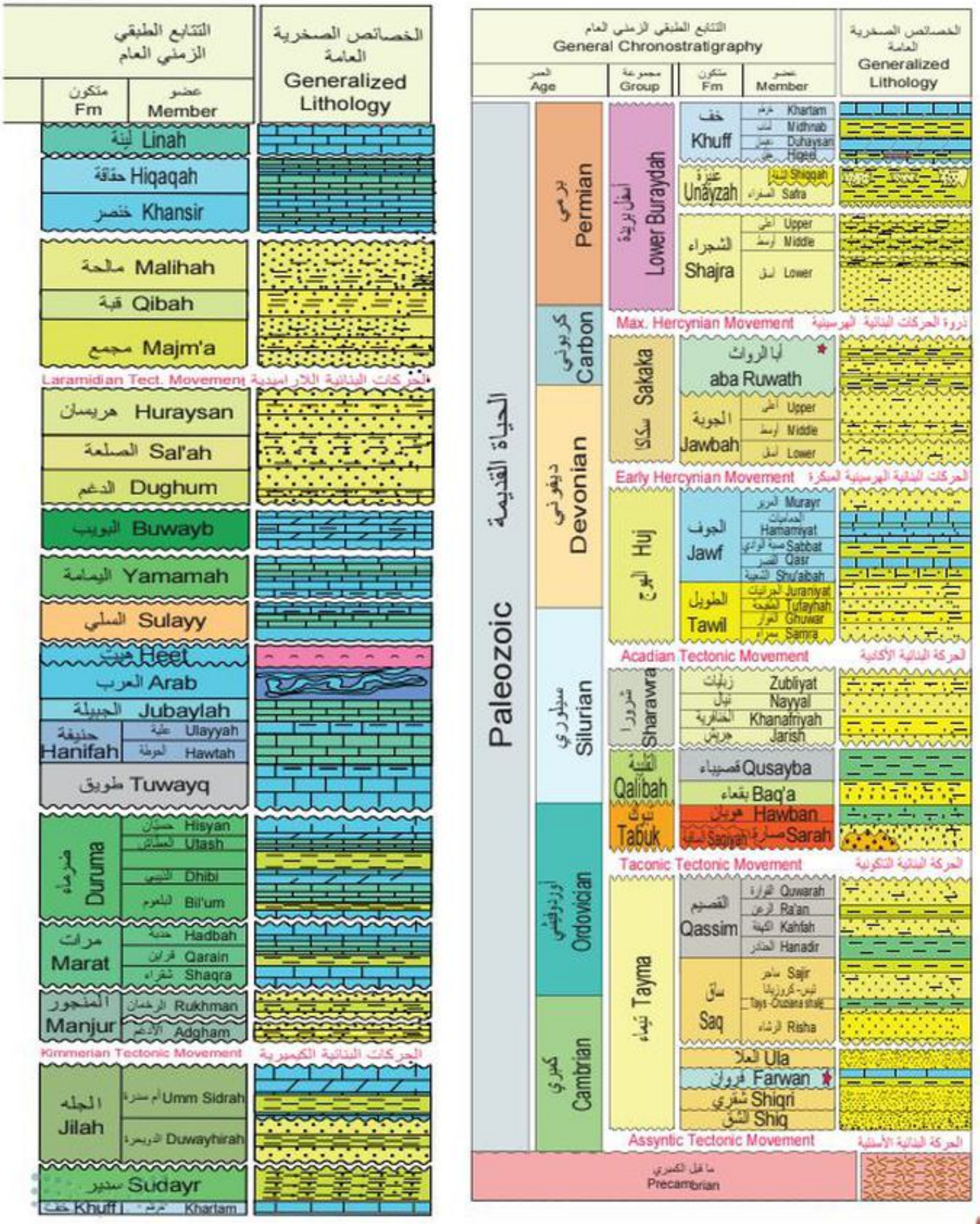
7. تكوين أم رضمة:

ينسب هذا التكوين إلى آبار أم رضمة 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 241مترًا وفي مواقع أخرى قد يصل إلى 490 مترًا.

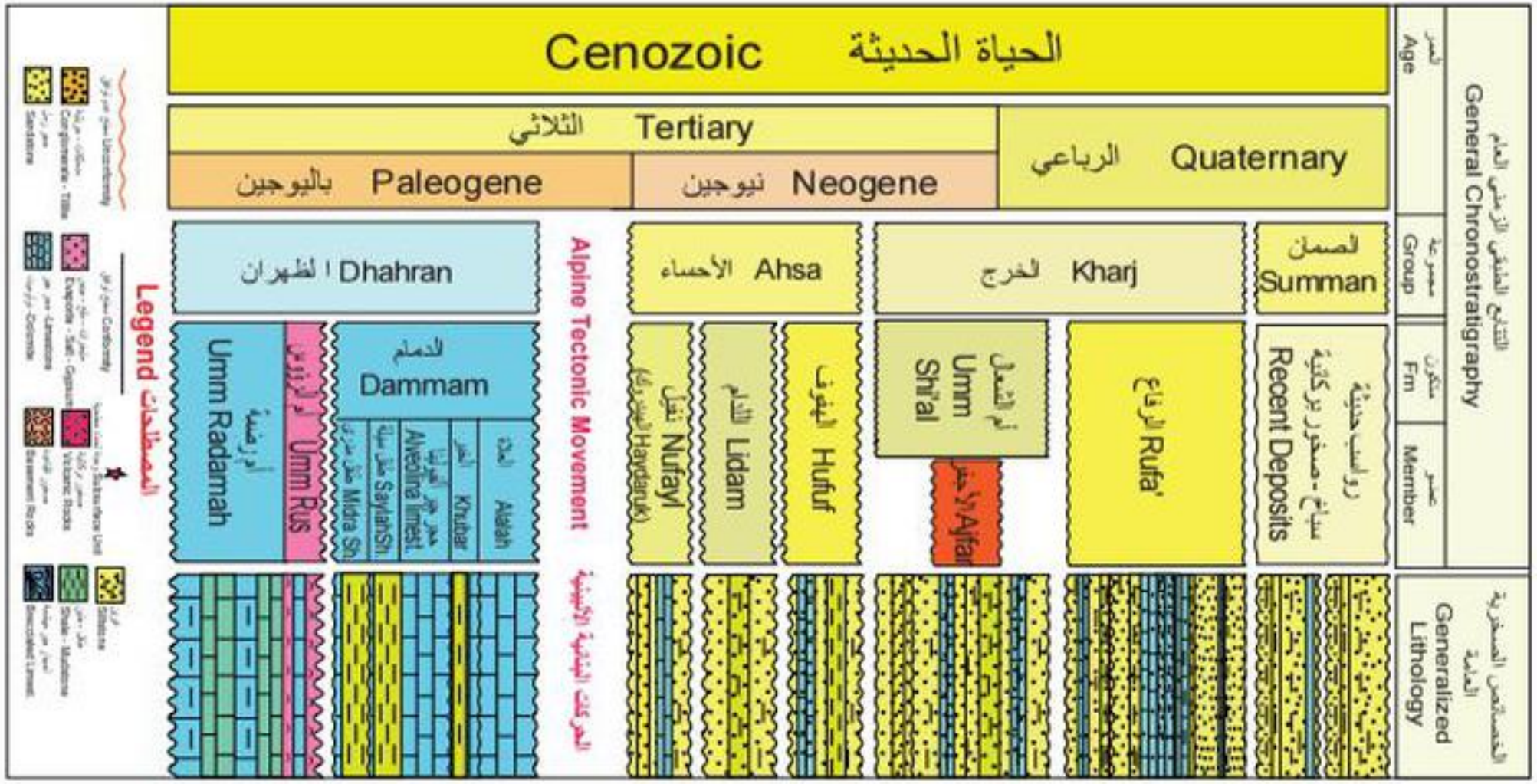
8. تكوين الدمام:

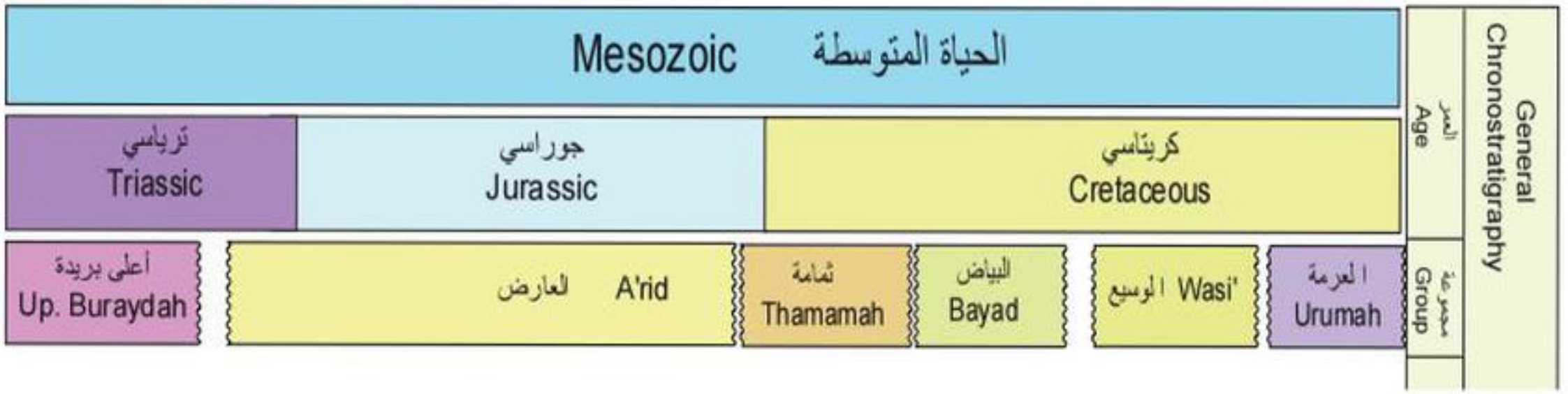
يسمى بهذا الاسم نسبة إلى قبة الدمام الملحية التي تظهر كامل التتابع الجيولوجي لهذا التكوين ويتراوح العمر الجيولوجي لصخوره بين الأيوسين المبكر والمتوسط صخوره عبارة عن مزيج من الحجر الجيري والمارل والطفل ويقسم إلى خمسة أعضاء، ويبلغ السمك الكلي له عند منكشفه حوالي 33مترًا.

الشكل 12–6 التتابع الطبقي الصخري لتكوينات المملكة العربية السعودية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2015 - 1447


التتابع الطبقي الزمني العام
General Chronostratigraphy
العمر Age
مجموعة Group
تكوين Fm
عضو Member
الصخاتس الصخرية العامة Generalized Lithology
Cenozoic الحياة الحديثة
Tertiary الثلاثي
Quaternary الرباعي
Paleogene باليوجين
Neogene نيوجين
Dhahran الظهران
Ahsa الأحساء
Kharj الخرج
الصمان Summan
رواسب حديثة سباخ - صخور بركانية Recent Deposits
الرفاع Rufa'
أم الشعل Umm Shi'al
الأفلاج Al Aflaj
الهفوف Hufuf
الليدام Lidam
نفيل Nufayl
الدمام Dammam
أم الرضمة Umm Rus
أم رضمة Umm Radamah
الحدة Al Hdah
الخبر Khubar
Alveolina limest.
Saylah Sh.
Midra Sh.
Alveolina limest.
Saylah Sh.
Midra Sh.
Alpine Tectonic Movement
الحركات الجبلية الألبية
Legend المفاتيح
Unconformity
Carbonate
Conglomerate - Tillite
Evaporite - Salt - Gypsum
Volcanic Rocks
Limestone
Basement Rocks
Sandstone
Dolomite
Siltstone
Shale - Mudstone
Basement Rocks


General Chronostratigraphy
العمر Age
مجموعة Group
Mesozoic الحياة المتوسطة
Cretaceous كريتاسي
Jurassic جوراسي
Triassic ترياسي
Urumah العرمة
Wasi' الوسيع
Bayad البياض
Thamamah ثمامة
A'rid العارض
Up. Buraydah أعلى بريدة

التقويم 2-6

الخلاصة

- كانت الصفيحة العربية جزءًا من الصفيحة الإفريقية حيث يطلق عليها الدرع العربي النوبي.
- تكّون فالق البحر الأحمر منذ 30 مليون سنة تقريبًا.
- المملكة العربية السعودية تقع كاملة على الصفيحة العربية.
- تكونت جبال طوروس وجبال زاجروس وجبال عمان بسبب حركة الصفيحة العربية.
- يتكون الرف العربي من تكوينات رسوبية ذات خصائص مختلفة.

فهم الأفكار الرئيسة

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 تقريرًا حول تأثير بحر التيثس القديم في تكوين الطبقات الرسوبية العديدة في الرف العربي، موضحًا كيفية انحسار و زوال هذا البحر الكبير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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.

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

المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية

Groundwater in Saudi Arabia

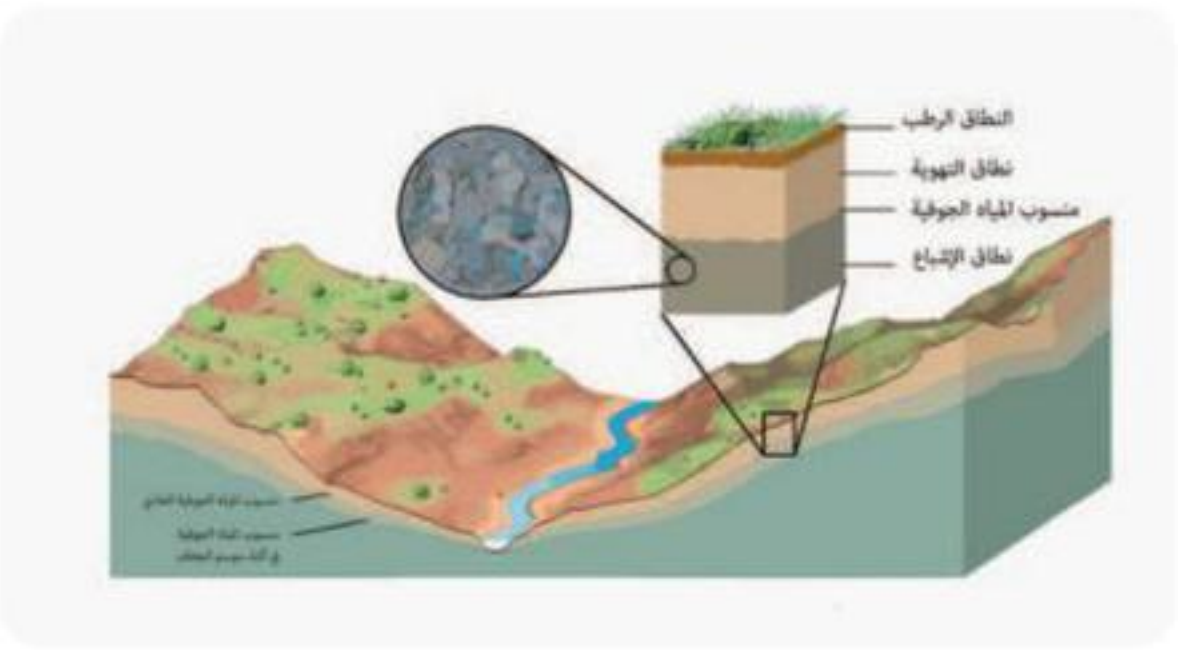
الفكرة الرئيسة **المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية.**

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.

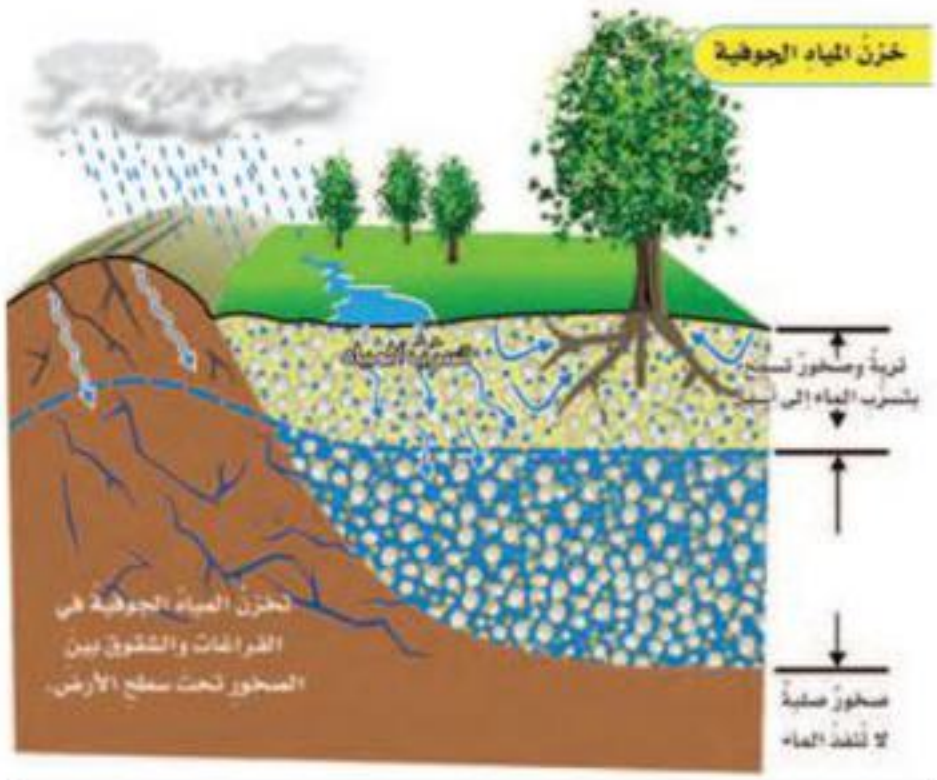
ما المياه الجوفية ؟ What is Groundwater?

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.



الشكل 14–6 المياه الجوفية.



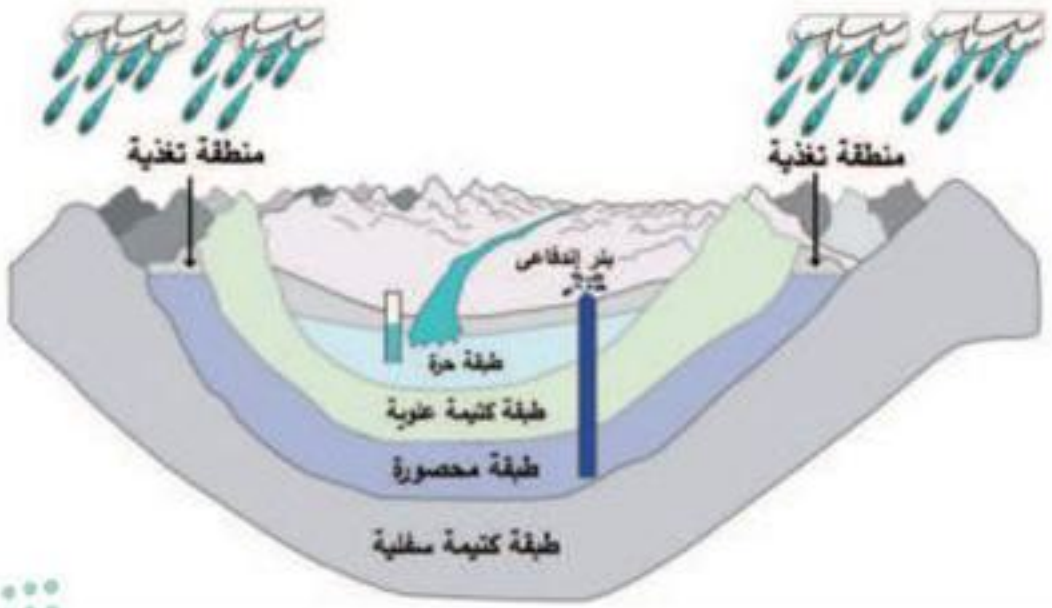
الشكل 15–6 تخزين المياة الجوفية.

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 المشـبعة التي تحتوي على طبقات حاملة للمياه، تكون كل الفراغـات المتصلة ببعضها مملوءة بالماء، ويكـون 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.

تجربة عملية
قياس معدل النفاذية
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447



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 وصولًا 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 الطبيعة 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، بهـا مخازن محدودة للمياه الجوفيـة. أما الرف العربي فصخـوره عبارة عن صخور رسوبية تحوي كميات كبيرة من المياه.

وعنـد تتبع مصادر تكون المياه الجوفية في المملكة العربية السـعودية يتضح لنا أن السـبب الرئيس لوجود التكوينات الحاملة للمياه ليس الأمطار التي نشـهدها اليـوم بمعدلاتها المتدنية وإنـما هناك فترات ذات أمطار غزيـرة مرت على المملكة عرفت بالعصور المطيرة أدت إلى تخزين كميات ضخمة من المياه الجوفية في طبقات الصخور الرسـوبية 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، الوسيع، البياض، أم رضمة، الدمام، النيوجين).

- التكوينات السـت الأولى تعود لحقبة الحياة القديمة والمتوسـطة. 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 مسـاحة منكشفه حوالي 65000 كم2 وسـمكه 600 م ويتكون من الحجر الرملي التابع لعصر الكامبري ويتميز حجر رمل السـاق بأنه متماسـك إلى جانب وفرة مائه وعذوبته وهو من أهم خزانات المياه الجوفية بالمملكة العربية السعودية . تغذي مياه السـاق مناطق تبوك والقصيم وحائل والعـلا وتيماء، وتتميز الآبار في الجزء الشرقي من منطقة القصيم بمسـتوى مرتفع وإنتاجية عالية بينما في تبوك ذات مستوى منخفض وإنتاجية متوسطة.

2. تكوين الوجيد wajid formation

(يبلغ سـمكه من 200م – 1000 م) ويوجد في وسـط وجنوب المملكة ويظهر منكشـفه لمسـافة 300 كم جنوبًا من وادي الدواسر وعـرض لا يزيد عن 100 كـم، وعمره مماثل لعمر تكوين السـاق بالجنوب،ويتكون مـن الحجر الرملي مع بعض الدلوميت والكونجلوميرات وهو متجانس وذو نفاذية عالية،ويعد من أهم الخزانات الجوفية حيث تسـتغل مياهه في جنوب المملكة وهي مياه جيدة وصالحة للشرب.

تجربة عملية
تحليل مياه الشرب
إرجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1446

3. تكوين تبوك Tebuk formation

يمتـد هذا التكوين من داخل الحدود الأردنية إلى وادي الرمة جنوبًا وينكشـف على سطح الأرض بمسـاحة 7700 كم وعمره الجيولوجي أرد وفيشي سفلي – ديفوني سـفلي وهو عبارة عن تتابع سـميك من الطفل والغرين وحجـر الرمل مع بعض الجبـس والأحجار الجيرية، ويتكون من ثلاث طبقـات 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 سـمكه من منطقة لأخرى ويبلغ سمكه 1070 م حيث يعد من أغنى التكوينات الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.

4. تكوين المنجور Manjur formation

يظهر منكشـف هذا التكوين إلى الغرب من جبال طويق غرب مدينة الرياض وتبلغ مساحة منكشـفه حوالي 6500 كم وهو من العصر الترياسي العلوي ويبلغ سمكه 400 م نحو الشـمال 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 شـكل شريط هلالي مـن وادي الدواسر جنوبًا حتى وادي العتش شـمالًا لمسافة 650 كم ويبلغ عرض منكشفه 50 كم في وادي الدواسر.

وهو من العصر الطباشيري الأسـفل 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 ورديئة جدًا في المنطقة الشرقية وجيدة جدًا في وادي نساح، ويستغل في مناطق الخرج ووادي السهباء ووادي نساح وخريص.

6. تكوين الوسيع Wasia formation

يوجد منكشـف الوسيع في شكل مقطع كامل في خشم الوسيع شمال وادي السهباء، ويشكل متكون البياض والوسيع وحدة مائية واحدة. ويعد من خزانات المياه الجوفية الممتازة في المملكة وهو من العصر الطباشـيري الأوسط ويتكون من حبيبات رملية غير متماسـكة متوسطة إلى خشنة الحبيبات. وتتميز آباره بإنتاجية عالية يغذي تكوين الوسيع مع تكوين البياض منطقة الرياض وحفر الباطن.

ماذا قرأت؟ ما المدن التي يغذيها تكوين الوسيع وتكوين البياض بالمياه؟

الربط مع الكيمياء

الزرنيخ، عنصر كيميائـي رمزه As وهو من أشـباه الفلزات وهو عنصر سام تسـبب زيادة تركيزه إلى التسمم ويدخل في صناعة المبيدات .

7. تكوين أم رضمة umm- Radmah formation

سمي بهذا الاسم نظرًا لوجود جزئه العلوي في آبار أم رضمة الواقعة على بعد 65 كم شمال شرق الأرطاوية. 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 180كم . تبلغ مساحة منكشفه 2000كم وهو من عصر الأيوسين الأوسط. يتكون من خمس طبقات. اثنتان منها تحمل الماء وهي طبقة العلاه (العليا) وطبقة الخبر (السفلى) . يبلغ أقصى سمك للمتكون في مدينة الدمام 235م.

تتكون طبقة العلاه 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 يختزن كميات كبيرة من المياه، ومعظم مياه العيون والآبار في الأحساء تأتي من تكوين النيوجين.

ثانيًا : التكوينات الثانوية الحاملة للمياه

وتعد مصدرًا هامًا للمياه على النطاق المحلي على الرغم من عدم جودة مياهها وكمياتها القليلة .

ومنها تكوينات (الجوف، أبو رواث، الخف، الجلة، ضرما، سكاكا، العرمة).

ثالثًا : 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 شبة المحصورة.

رابعًا : التكوينات المائية في رواسب الوديان

يوجد في صخور الدرع العربي العديد من الأودية المكونة من عدد كبير من الشِّعاب

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

والأودية الفرعية.

توجد مناطق تغذيــة الأودية عادة في مناطق مرتفعة في جبال السراوات وتصب مياه الأودية إما في البحر الأحمر غربًا 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 شرقًا 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 يدويًا، أو بواسطة آلات الحفر كما توجد بعض العيون مثل عين الزيباء.

المحافظة على المياه الجوفية

Groundwater conservation

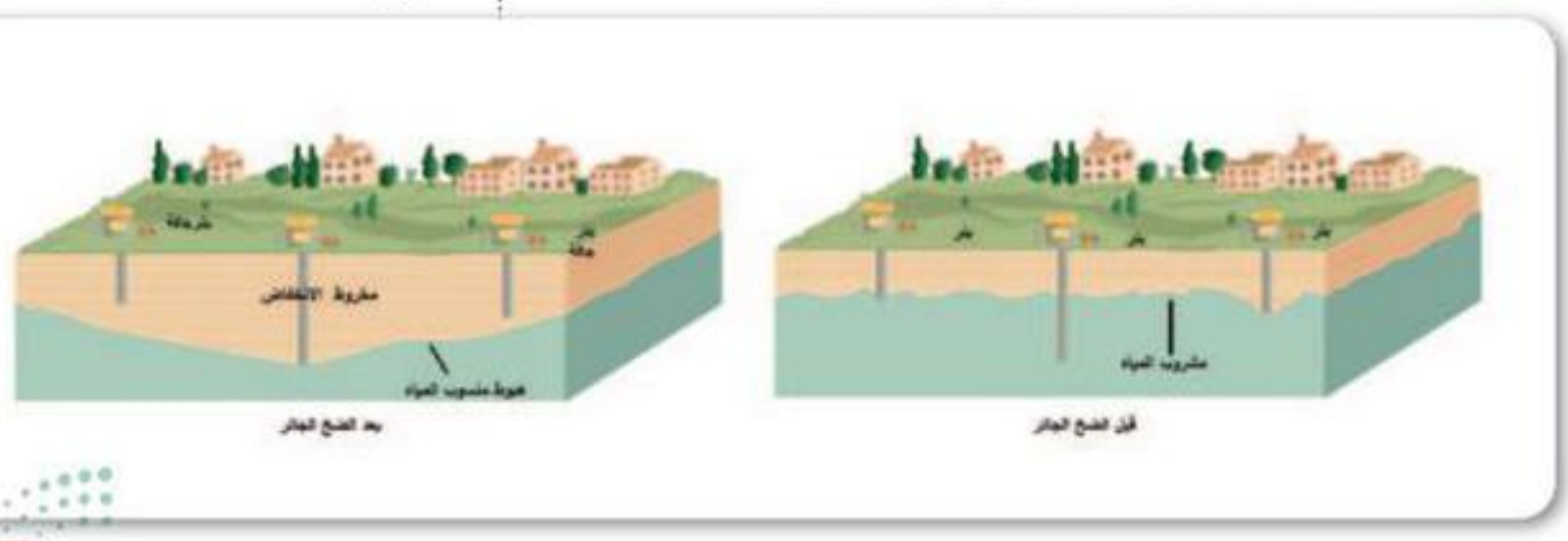
تعد المياه العذبة موارد طبيعية نفيسة؛ لأنها عنصر أساسي في الحياة ويعتمد عليها الإنسان بصورة كبيرة ولها استعمالات متعددة مثل الزراعة والصناعة.

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 الخســف (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 كثيرًا بالتلوث المحلي؛ لأنهــا محمية بطبقة عازلة، ومن مصادر تلوث المياه الجوفية: مياه الصرف الصحــي والمزارع ومكاب النفايات الأخرى. وأيضًا مــن المواد الكيميائية مثل عنصر الزرنيخ وكذلك التلوث بالأملاح أحد المخاطر الرئيسة التي تهدد مصادر المياه الجوفية وخصوصًا في المناطق الشــاطئية؛ حيث تختلط المياه المالحة مع المياه العذبة ويحدث التلوث.

ماذا قرأت؟ أي الخزانات المائية أكثر عرضة للتلوث؟



الشكل 18–6 تأثــير الضخ الجائــر على المياه الجوفية.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

• من أهداف الرؤية: الحد من التلوث بمختلف أنواعه (مثل التلوث الهوائي، الصوتي، المائي، الترابي).

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.
- تختزن 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 الرئيسة

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 شكلًا يبين كلًا من الطبقات المحصورة والطبقات غير المحصورة.

التفكير الناقد

6. صف التركيب الجيولوجي للطبقات المحصورة.
7. وضح التركيب الصخري لتكوين الوسيع.
8. قوم الجملة الآتية: (90% من مياه الشرب لمدينة الرياض مستمدة من تكوين الساق).

الكتابة في الجيولوجيا

9. اكتب تقريرًا يوضح طرق المحافظة على المياه الجوفية من التلوث.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

جبال طويق
(معلم جيولوجي وترفيهي)

جبال طويق هي إحدى أشـهر السلاسل الجبلية في المملكة العربية السعودية وتمتد لما يقارب من 800 كم

تقـع جبال طويـق في منطقة نجد من الزلفي شـمالًا وحتى مشارف وادي الدواسر والربع الخالي جنوبًا على شكل قوس وأغلبه يتكـون من الحجر الجيري كما تُعرف بأنها مطل حافة العالم وتشـبه تلك الموجـودة في ولاية أريزونـا بالولايات المتحدة الأمريكية.

تاريخيـا كان العرب يطلقـون على جبل طويق اسـم جبل العارض أو عارض اليمامـة وبقي معروفا 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 قديما على جانبي جبل طويق وثمة دلائل على وجود نشـاط بشري فيها يعـود إلى ما قبل التاريخ. ويقع القسـم الأوسط من هذه السلسلة الجبلية على بعد 50 كيلو متراً غربي الرياض.



احدى الحواف العالية لجبال طويق.

يعتبر جبل طويـق من أقدم الآثار في نجـد منذ زمنٍ طويلٍ فالحفريـات الأثرية العالميـة الجارية اليوم تغـوص عميقًا لتكشف عن الكثير من التفاصيل المثيرة التي تتعلق بالهجرات الإنسانية القديمة وتؤكد وجود قرى قديمة على امتداد هذه الجبـال يوجد أعلى قمم حافة طُويق؛ قمة (فريدة الشَّـظْية) الواقعة شـمال غرب مدينة الحَريق في منطقة الرياض ويبلغ ارتفاعها نحو 1200 مترًا.

تمتد العديد من الوديان الضيقة على جانب الجبل وأحد أهم هذه الأودية هـو وادي حنيفة، وتقـع مجموعة من المدن في الجزء الأوسط منه، بما في ذلك العاصمة السعودية الرياض

كما وجدت العديد من المدن تاريخياً على جانبيها، مثل سدير والوشـم وقد ورد ذكر جبـل طويق في موسـوعة ياقوت الجغرافية للقرن الثالث عشر تحت اسم "العارض".

ويعتبر مـشروع القدية الذي سـيقام في منطقة جبال طويق وجهة عالمية مميزة تضم أكثر التجارب ابتكارًا وإثارة وتنوعًا في مجالات الترفيه والرياضة والفنون.

سـيتمكن الـزوار من الاسـتمتاع بمجموعـة 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 ستستضيف المسـابقات الدولية وأكاديميات الرياضة والفنون ومضمار سـباق لعشاق رياضة السيارات بالإضافة إلى الأنشـطة الخارجية لمحبي المغامرة كما ستشمل القدية مجموعـة متنوعة من الخيـارات العقارية والخدمات المجتمعية.

وستصبح القدية وجهة شـباب المملكة ومزارًا يمكنهم فيه الاستمتاع بمواهبهم وهواياتهم وإمكانياتهم لبناء مجتمع أكثر ازدهارًا وتقدمًا.



احدى الحـواف المطلـة لجبال طويـق والتـي تكـون مقصدا للزوار.

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، ولها أهمية كبيرة في تكون مكامن النفط وكذلك خزانات المياه.

الأدوات

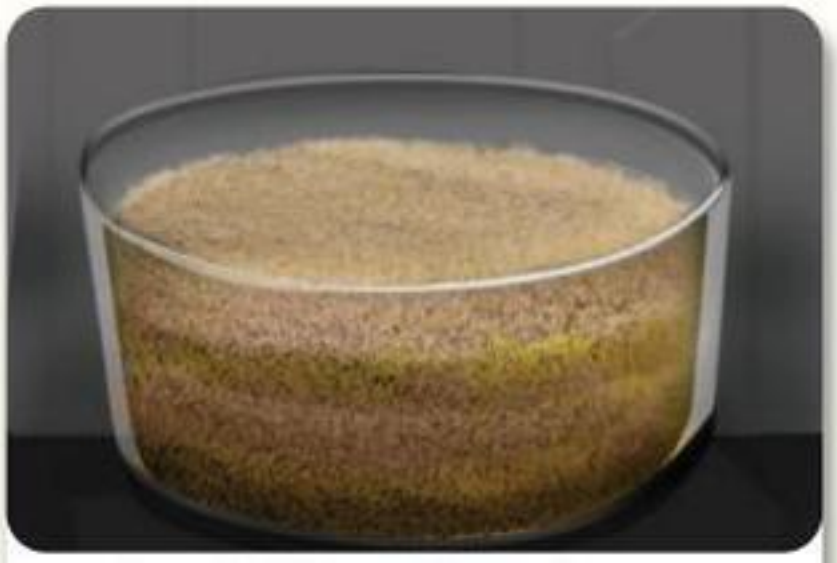
- حوض زجاجي كبير بعمق 25 سم تقريبا – كميات متساوية من الطين و الرمل الناعم و الرمل الخشن.
- و الحصى – 500 ملم من المياه.

خطوات العمل

1. ضع طبقة من الطين في قاع الحوض الزجاجي بسماكة 2,5 سم تقريبا وقم بضغطها حتى تتساوى.
2. ضع طبقة من الرمل الخشن فوق الطين بسماكة 5 سم تقريبا وقم بضغطه حتى يتساوى تماما.
3. ضع طبقة من الطين فوق الرمل الخشن بسماكة 2,5 سم تقريبا وقم بضغطه برفق.
4. ضع طبقة من الرمل الناعم فوق الطين بسماكة 5 سم وقم بضغطها برفق.
5. أخيرا ضع الحصى فوق الرمل الناعم بشكل متساوي حتى يمتلئ الحوض.
6. قم بسكب 500 ملم من المياه بشكل متساوي على كامل الحوض الزجاجي، أنتظر 3 دقائق، ولاحظ تسرب المياه خلال الطبقات.

التحليل والأستنتاج

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 أجراء 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تقع المملكة العربية السعودية ضمن الصفيحة العربية التي تضم كلًّا من الدرع العربي، والرف العربي الذي يحتوي على مخزون كبير من النفط والمياه.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6-1 صخور المملكة العربية السعودية	
الدرع العربي الرف العربي الحرات الكثبان الرملية السباخ	**الفكرة الرئيسة** تقسم صخور المملكة العربية السعودية حسب نشأتها إلى عدة أقاليم من أكبرها: الدرع العربي والرف العربي. • 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 السباخ إلى نوعين: ساحلية قريبة من البحر، وداخلية في فوهات البراكين والكثبان الرملية.
6-2 الصفيحة العربية وتكويناتها	
بحر التيش تكوين منكشف	**الفكرة الرئيسة** 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. • كانت الصفيحة العربية جزءًا من الصفيحة الإفريقية حيث يطلق عليها الدرع العربي النوبي. • تكون فالق البحر الأحمر منذ 30 مليون سنة تقريبًا. • المملكة العربية السعودية تقع كاملة على الصفيحة العربية. • تكونت جبال طوروس وجبال زاجروس وجبال عمان بسبب حركة الصفيحة العربية. • يتكون الرف العربي من تكوينات رسوبية ذات خصائص مختلفة.
6-3 المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية	
الطبقة المحصورة الطبقة غير المحصورة الطبقة المعلقة الماء الاحفوري الماء الصهاري	**الفكرة الرئيسة** المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية. • المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور. • تتكون المياه الجوفية عندما تتسرب المياه بشكل عام إلى الطبقات تحت السطحية. • تختزن 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.

تقويم الفصل 6

مراجعة المفردات

ضع المصطلح الصحيح مكان الكلمات التي تحتها خط فيما يأتي::

1. الصفيحة الأفريقية تشمل المنطقة الممتدة من بحر العرب جنوبًا، إلى سلاسل جبال طوروس شمالًا، ومن البحر الأحمر غربًا إلى سلاسل جبال زاجروس شرقًا.
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 الأنهيدريت، 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 الصفيحة العربية عن الصفيحة الأفريقية منذ ما يقارب:
   a. 10 ملايين سنة.
   b. 20 مليون سنة.
   c. 30 مليون سنة.
   d. 40 مليون سنة.
9. ما زالت الصفيحة العربية تتحرك ناحية:
   a. الشمال الشرقي.
   b. الشمال الغربي.
   c. الجنوب الشرقي.
   d. الجنوب الغربي.
10. طبقة العلاة تتبع تكوين:
    a. أم رضمة.
    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 رضمة إلى آبار تقع بالقرب من مدينة:
    a. الرياض.
    b. حفر الباطن.
    c. حائل.
    d. الخفجي.
13. طفوح بازلتية تكونت من حمم الصخور البركانية المنصهرة، التي تدفقت من باطن الأرض إلى سطحها تعرف بـ:
    a. الصهارة.
    b. الحرات.
    c. الماجما.
    d. الرماد.
14. يعود عمر صخور تكوين خف إلى العصر:
    a. البرمي.
    b. الكريتاسي.
    c. الكامبري.
    d. الجوراسي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

6 تقويم الفصل

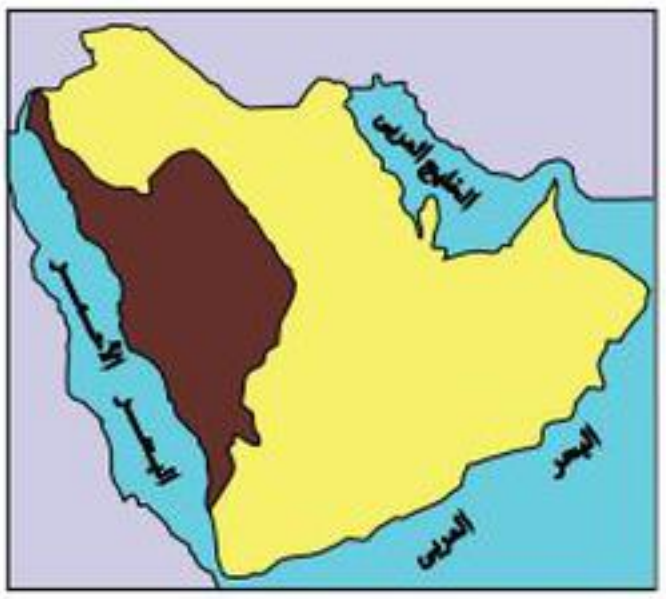
15. تعـرف جيولوجيًا، بأنها حبيبات يـتراوح قطرها بين 0.06 من المليمتر ومليمترين، بغض النظر عن مكوناتها أو ألوانها:
    a. الجير.
    b. الطين.
    c. الرمل.
    d. الكونجلوميرات.

أسئلة بنائية

16. فسر وجود السباخ قريبة 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 شـكل الصفيحة العربية وحجمها ثابتًا مع مرور ملايين السنين؟ وضح إجابتك.

استعمل الصـورة الآتيـة للإجابـة عـن السـؤال 21.



21. الصورة التـي أمامك تبين بعض السـباخ في المملكة العربية السعودية، تعرف على اسـم السباخ المشار لها بالأرقام 1–2.

خريطة مفاهيمية

22. اسـتعمل المصطلحات الآتية في عمل خريطة مفاهيم تبين العلاقات بـين التكوينات المائيـة والمواقع التي تغذيهـا: (المنجور، الوسـيع، الدمـام، النيوجين، أم رضمـة، الرياض، حفـر الباطن، الظهـران، المنامة، الأحساء، الخرج، حرض).

سؤال تحفيز

23. تحتوي تكوينات الرف العربي على كميات متفاوتة من المياه الجوفية، بينما تقل نسـبة وجودها كثيرًا في صخور الدرع العربي، فسر ذلك.
24. علل عدم وجـود 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:
   a. الغربية.
   b. الجنوبية.
   c. الشرقية.
   d. الشمالية.

3. أوضح منطقة للتماس بين صخور الدرع العربي والرف العربي تقع عند مدينة:
   a. القويعية.
   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. الأندزيت.

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 و العمر 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 التكثيف لتقطير مياه البحر، وذلك بالتحديد عام 1928 عندما تم إنشاء وحدتي تكثيف 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.

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 محطةً موزعةً على الساحلين الشرقي والغربي من المملكة، تنتج هذه المحطات 5,9 مليون متر مكعب يوميًّا، ويمثل إنتاج المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة أكثر من 74.6% من إنتاج مياه التحلية في المملكة، والبقية تنتج من خلال محطات القطاع الخاص، ويبلغ إنتاج المملكة من المياه المحلاة أكثر من 7.9 مليون متر مكعب يوميًّا، وهذه الكمية تمثل ما نسبته 55% خليجيًّا، كما تبلغ نسبة إنتاج المملكة من المياه المحلاة عالميًّا 22.2% وبهذه الإنجازات تكون المملكة رائدة هذا المجال عربيًّا وعالميًّا.

12. أكثر الدول إنتاجًا للمياه المحلاة هي:
a. المملكة العربية السعودية.
b. سنغافورة.
c. أمريكا.
d. ليبيا.

13. يبلغ عدد محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية:
a. 29
b. 30
c. 31
d. 32

14. أنشئت أول محطة لتحلية المياه في المملكة العربية السعودية عام:
a. 1928
b. 1929
c. 1930
d. 1931



مرجعيات الطالب

قائمة المحتويات

Reference Tables الجداول المرجعية:

- Minerals with Metallic Luster - صفات المعادن ذات البريق الفلزي
- Minerals with Nonmetallic Luster - صفات المعادن ذات البريق اللافلزي
- Properties of Rocks خواص الصخور
- Geological Time Scale - سلم الزمن الجيولوجي

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

Reference Geological Features المعالم الجيولوجية المرجعية:

-Harrats in Kingdom of Saudi Arabia - الحرات في المملكة العربية السعودية

Glossary المصطلحات:

الجدول - 1 صفات المعادن ذات البريق الفلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص أخرى
البورنيت Bornite Cu_5FeS_4	برونزي باهت إلى أزرق غامق أرجواني	رمادي-أسود	3	4.9–5.4	هرم رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	مصدر للنحاس ويسمى خام الطاووس بسبب اللون الأرجواني اللامع.
الكالكوبيريت Chalcopyrite $CuFeS_2$	أصفر إلى أصفر ذهبي	أسود مخضر	3.5–4	4.2	رباعي الأوجه	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	الخام الرئيس للنحاس.
الكروماييت Chromite $FeCr_2O_4$	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 Cu	نحاسي أحمر	نحاسي أحمر	3	8.5–9	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صناعة العملات المعدنية والأنابيب والمزاريب، والأسلاك، أواني الطبخ، والمجوهرات، طباعة لوحات الديكور.
الجالينا Galena PbS	رمادي	رمادي إلى أسود	2.5	7.5	مكعب	الانفصام مكعبات واضحة	مصدر الرصاص الذي يستعمل في صناعة الأنابيب، الدروع لأشعة إكس، وصيد الأسماك ومعدات الغطاسين.
الذهب Gold 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 C	أسود إلى رمادي	أسود إلى رمادي	1–2	2.3	سداسي	سطح انفصام واحد	يستعمل في أقلام الرصاص ومواد التشحيم، قضبان للسيطرة على بعض التفاعلات النووية الصغيرة، أقطاب البطارية.
الهيماتيت Hematite Fe_2O_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 Fe_3O_4	أسود	أسود	6	5.2	مكعب	مكسر محاري	خام الحديد، مغناطيس طبيعي. ويسمى حجر المغناطيس.
البيريت Pyrite FeS_2	أصفر نحاسي فاتح	أسود مخضر	6.5	5.0	مكعب	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	غني بالحديد، يسمى ذهب المجانين لأن مظهره يشبه الذهب، ويتأكسد إلى معدن الليمونايت.
البيروتيت Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$ • يزيد الكبريت على الحديد بذرّة واحدة	برونزي	رمادي-أسود	4	4.6	سداسي	مكسر غير مستو (حواف مسننة)	خام للحديد والكبريت، وقد يكون ممغنطًا.
الفضة Silver Ag	أبيض فضي يدون بريق إلى أسود	رمادي فاتح إلى فضي	2.5	10–12	مكعب	مكسر متفتت	يستعمل في صك النقود، حشوات الأسنان، ورقائق الفضة ، الأسلاك، الموصلات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الجدول 2- صفات المعادن ذات البريق اللافلزي

اسم المعدن وصيغته الكيميائية	اللون	المخدش	القساوة	الوزن النوعي	النظام البلوري	الانفصام والمسكر	الاستعمالات وخصائص اخرى
الأوجيت Augite $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)(Al, Si)_2O_6$	أسود	شفاف	6	3.3	أحادي الميل	الانفصام في اتجاهين	المقطع العرضي للبلورة على شكل مربع أو مضلع ثماني.
الكورونـدم Corundum Al_2O_3	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستو	يستعمل لشحذ القطع أكثر حدة؛ واللون منه الكورونـدم الأحمر حجر كريم (الياقوت) والأزرق الحجر الكريم الزفير.
الفلسبار البوتاسي Feldspar (orthoclase) $KAlSi_3O_8$	شفاف، أبيض إلى رمادي، أخضر، أصفر	شفاف	6	2.5	أحادي الميل	مستويان من الانفصام متعامدين	لا يذوب في الأحماض ويستعمل في صناعة البورسلان.
الفلسبار البلاجيوكليزي Feldspar (plagioclase) $NaAlSi_3O_8$ $CaAl_2Si_2O_8$	رمادي، أخضر، أبيض	شفاف	6	2.5	ثلاثي الميل	مستويان من الانفصام يميلان ويتقابلان بزاوية 86^O	يستعمل في صناعة الخزف.
الفلوريت Fluorite CaF_2	شفاف، أبيض، أزرق، أخضر، أحمر، أصفر، أرجواني	شفاف	4	3–3.2	مكعب	تظهر مستويات انفصام	يستعمل في صناعة الأجهزة البصرية، يتوهج تحت الأشعة فوق البنفسجية.
الجارنت Garnet $(Mg, Fe, Ca, Mn)_3(Al, Fe, Cr)_2(SiO_4)_3$	أصفر غامق، أحمر، أخضر، أسود	شفاف	7.5	3.5	مكعب	مكسر محاري	يستعمل كمادة صاقلة، ويستعمل في صناعة المجوهرات.
الهورنبلند Hornblende $Ca_2Na(Mg, Fe_2)_4(Al, Fe_3, Ti)_3Si_6O_{22}(O, OH)_2$	أخضر إلى أسود	رمادي إلى أبيض	5–6	3.4	أحادي الميل	انفصام 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 $(Mg, Fe)_2SiO_4$	أخضر زيتوني	شفاف	6.5	3.5	معيني	مكسر محاري	حجر كريم، رمل مقاوم للاصفرار. يستعمل في تبطين أفران الصهر.
الكوارتز Quartz SiO_2	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 $Al_2SiO_4(F, OH)_2$	شفاف، أبيض، أصفر، وردي، أزرق باهت	شفاف	8	3.5	معيني	مستوى انفصام أساسي	حجر ثمين.

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 الريولايت. 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.
رسوبية فتاتية Sedimentary (clastic)	الكونجلوميرات conglomerate	حبيباته كبيرة مستديرة. بحجم الحصى أو الجلاميد.
	الحجر الرملي sandstone	يتراوح حجم حبيباته مابين $\frac{1}{16}$ – 2mm . ألوانه متعددة.
	حجر الطمي siltstone	حجم حبيباته أقل من الرمل لكن أكبر من الطين.
	الطُفل 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. وغالبًا 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.
رسوبية كيميائية Sedimentary (chemical)	الملح الصخري rock salt	يتكون عادة من تبخر مياه البحر.
متحولة متورقة (صفائحية) Metamorphic	النايس gneiss	تظهر فيه طبقات واضحة بسبب وجود أشرطة متبادلة من معادن مختلفة الألوان. عادة ينتج عن تحول الجرانيت.
	الشيست schist	ترتيب واضح للمعادن الصفائحية (رقائق) مثل المايكا. وينتج بشكل رئيس عن تحول الطُفل والفيليت.
	الفيليت phyllite	مظهر لامع أو حريري. يبدو سطح الصخر مجعدًا. وينتج عن تحول الطُفل والإردواز.
	الإردواز slate	ينتج عن تحول الطُفل وهو صلب وأثقل وأكثر لمعانًا من الصخر الأصلي.
متحولة غير متورقة (غير صفائحية) Metamorphic (nonfoliated)	الرخام marble	تظهر فيه بلورات الكالسيت أو الدلومايت. وينتج عن تحول الصخور الجيرية.
	الحجر الصابوني soapstone	يتكون بشكل رئيس من معدن التلك. طري. وملمسه دهني أو صابوني.
	الكوارتزيت quartzite	صلب جدًا. حبيباته متماسكة ومتلاحمة ببلورات كوارتز. يتحول عن الحجر الرملي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2018 - 1440

جداول مرجعية

سلم الزمن الجيولوجي

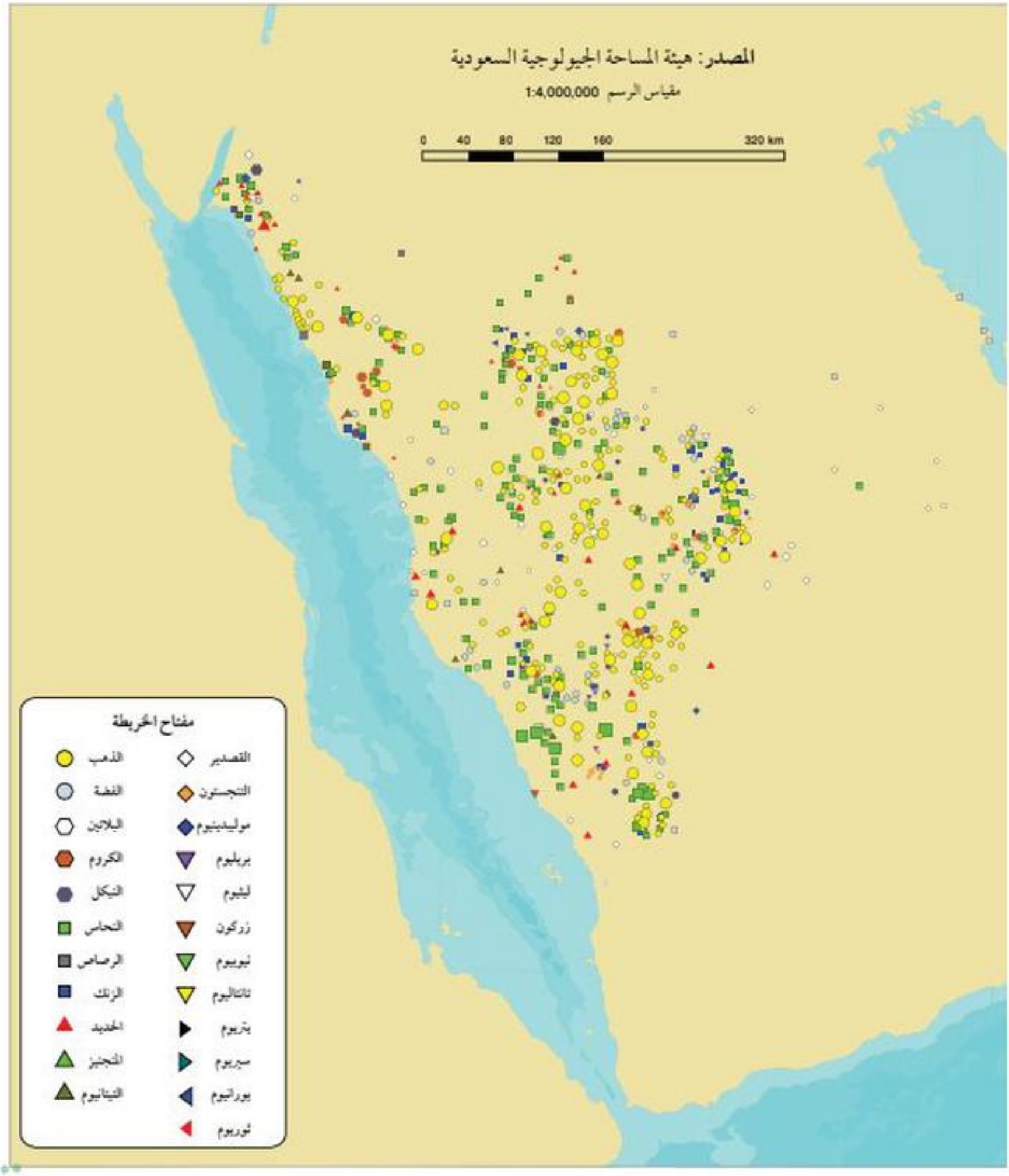
الدهر	الحقبة	العصر	الحين	الفترة الزمنية (my)	التنوع الجيولوجي والحيوي	الحركات الأرضية والسلاسل الجبلية
دهر الحياة الظاهرة	حقبة الحياة الحديثة	الرباعي	هولوسين	1.8	الإنسان. ازدهار معظم الثدييات العملاقة ثم انقراضها.	حركات أرضية بنائية في معظم نصف الكرة الأرضية الشمالي. انفصال الصفيحة العربية عن الإفريقية. الحركات الألبية سلاسل جبال الألب والهملايا و زاجروس وطوروس، واستمرار ارتفاع جبال الأنديز
			بلايستوسين			
		الثلاثي / نيوجين	بليوسين		عائلات الثدييات الحديثة والطيور والخيول والفيلة.	
			ميوسين		ظهور الخشائش على نحو واضح.	
			أوليجوسين		الماموث الصوفي، أسلاف الكلاب والدببة.	
		الثلاثي / باليوجين	ايوسين		نمو سريع، وتنوع الثدييات والنباتات الزهرية.	
			باليوسين	65.5	تنوع الثدييات (أكلات اللحوم، عجول البحر، ذوات الخوافر، ذوات القرون، والثدييات الكبيرة بحجم الدب وفرس النهر). النباتات.	
	حقبة الحياة المتوسطة	الكريتاسي	علوي		انقراض الديناصورات والأمونيت ظهور الطيور الحديثة	استمرار تكون جبال الأنديز بداية تكون جبال الأنديز بداية الحركة الأنديزية.
			سفلي	145.5	بداية ظهور النباتات الزهرية المغطات البذور.	
		الجوراسي	علوي		بداية ظهور الثدييات والفقاريات الأرضية.	
			متوسط		ظهور الطيور الأولى	
			سفلي	199.6	سيطرة الديناصورات على القارات وسيادتها.	
		الترياسي	علوي		ظهور الرأسقدميات ذات الأصداف الملتفة المعروفة باسم الأمونيت.	
			متوسط		انقسام بانجيا إلى كتلتين قاريتين، هما: غوندوانا، ولوراسيا	
			سفلي	251	ظهور العديد من البرمائيات الضخمة. انتشار النباتات المعراة البذور.	
	حقبة الحياة القديمة	البيرمي	علوي		تكون قارة بانجيا	الحركة لهرسينية أدت إلى تكوّن الجبال الهرسينية والفارسكية والإبلاشية.
			متوسط		انتشار الزواحف الشراعية الظهر.	
			سفلي	299	انتشار النباتات البذرية المعراة البذور، انتشار النباتات.	
		الكربوني	بنسلفيني		انتشار النباتات الوعائية اللازهرية (السرخسيات) المسؤولة	
			مسيسيبي	359.2	عن تكون الفحم الحجري.	
		الديفوني	علوي		تطور الأسماك	
			متوسط			
			سفلي	416		
		السيلوري	علوي		العقارب المائية.	الحركة الكاليدونية
			متوسط		بداية ظهور الأسماك.	
			سفلي	443.7	الجرابتوليت.	
		الأردوفيشي	علوي		تنوع اللافقاريات.	
			متوسط		تشكل قارة غوندوانا.	
			سفلي	488.3	انتشار واسع للحياة البحرية.	
		الكامبري	فيرونيان		الترايلوبيت.	
			بقية 3			
			بقية 2			
			تريبوفيان	542		
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 الهوارنية

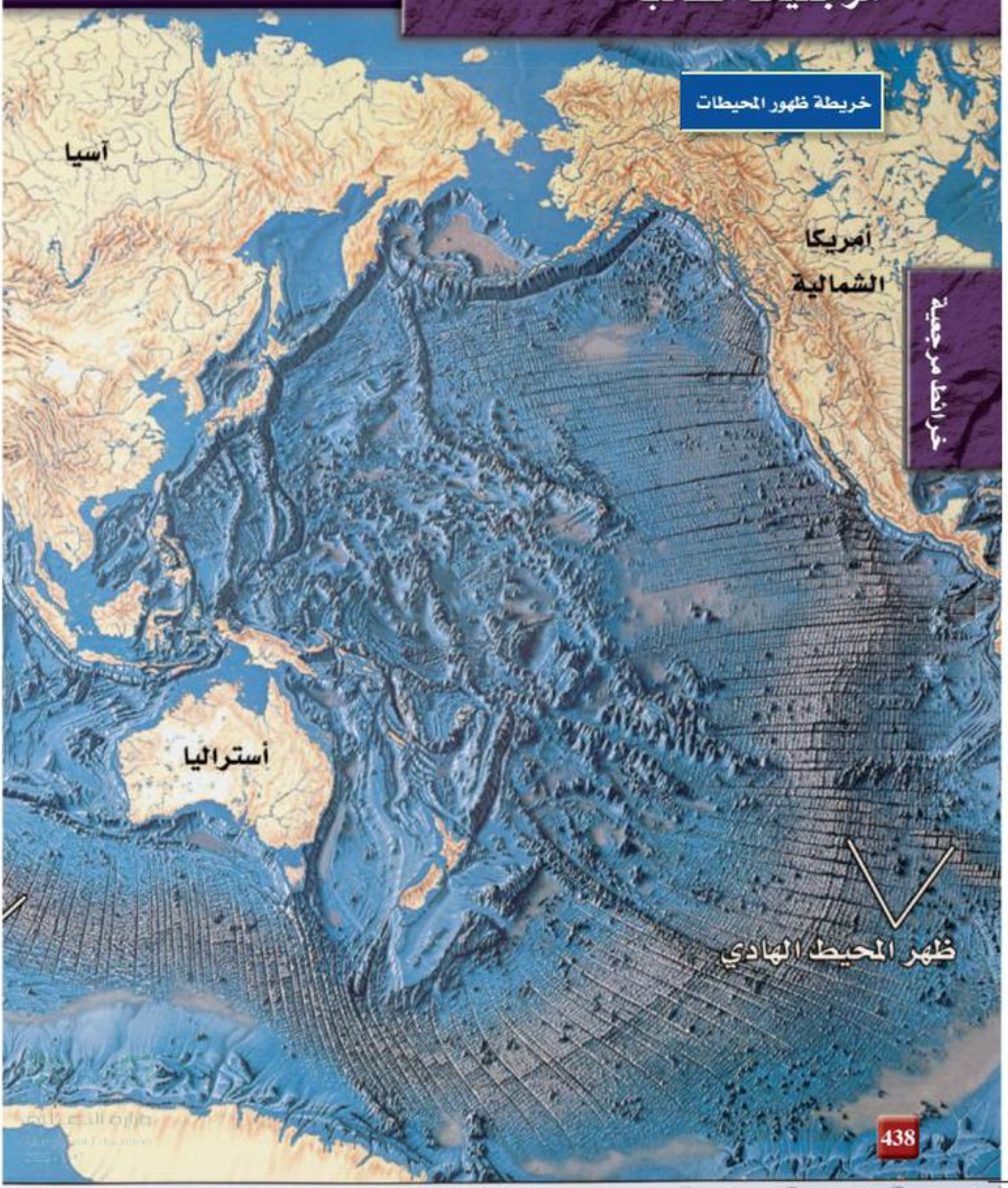
المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

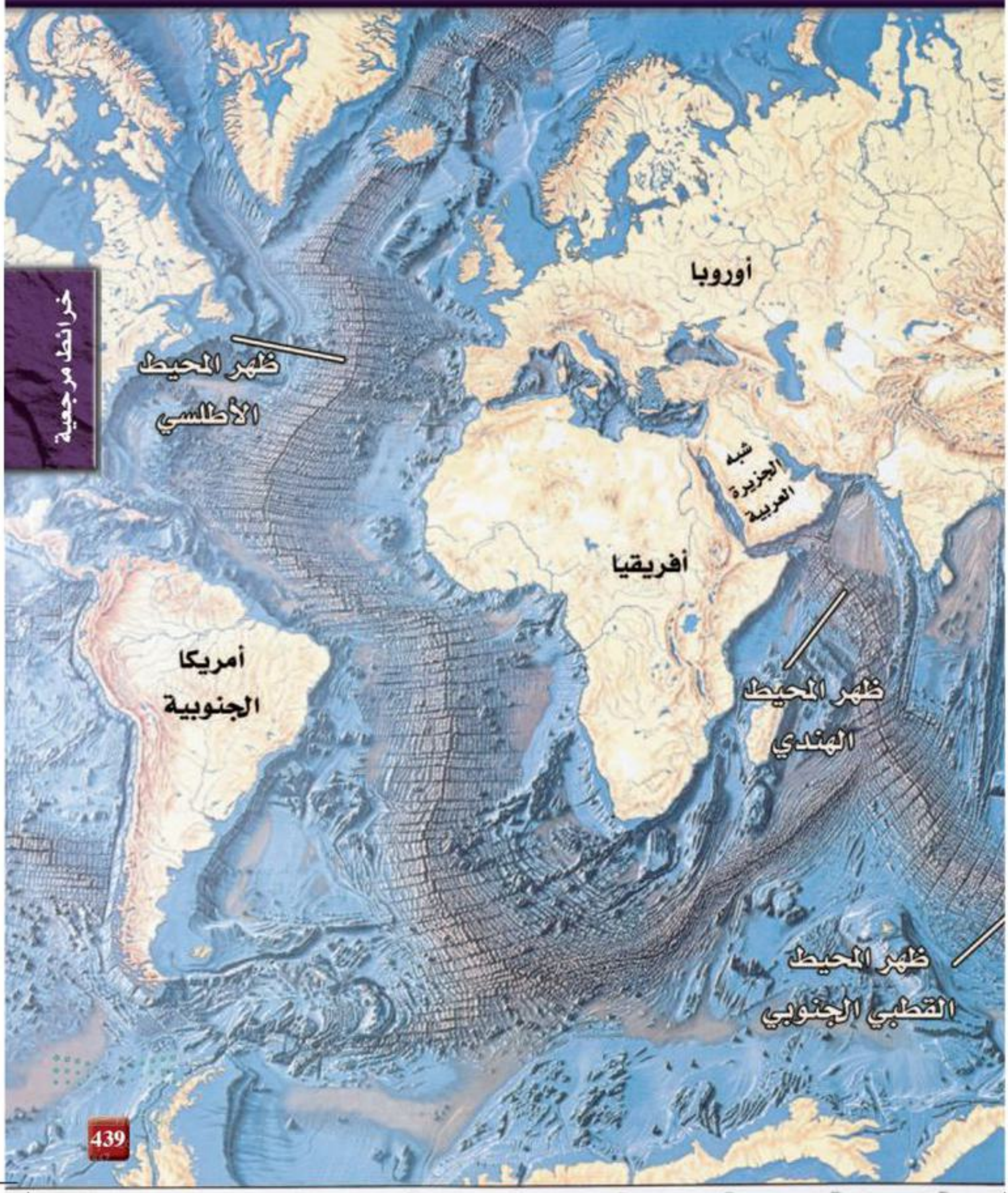
تصاحب العديدُ من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعًا محددة من الصخور. فالذهب مثلًا يتواجد عادةً في عروق الكوارتز المصاحبة لصخور الجرانيت أو لصخور الديورايت والجرانوديورايت، ويوجد كذلك في الصخور البركانية الغنية بالسيليكا. بينما تصاحب خامات الكوبالت والنيكل والتيتانيوم الصخورَ النارية القاعدية وفوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسربنتينيت.

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، والصخيبرات، 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 تغيّر 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. وتتبنى 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.

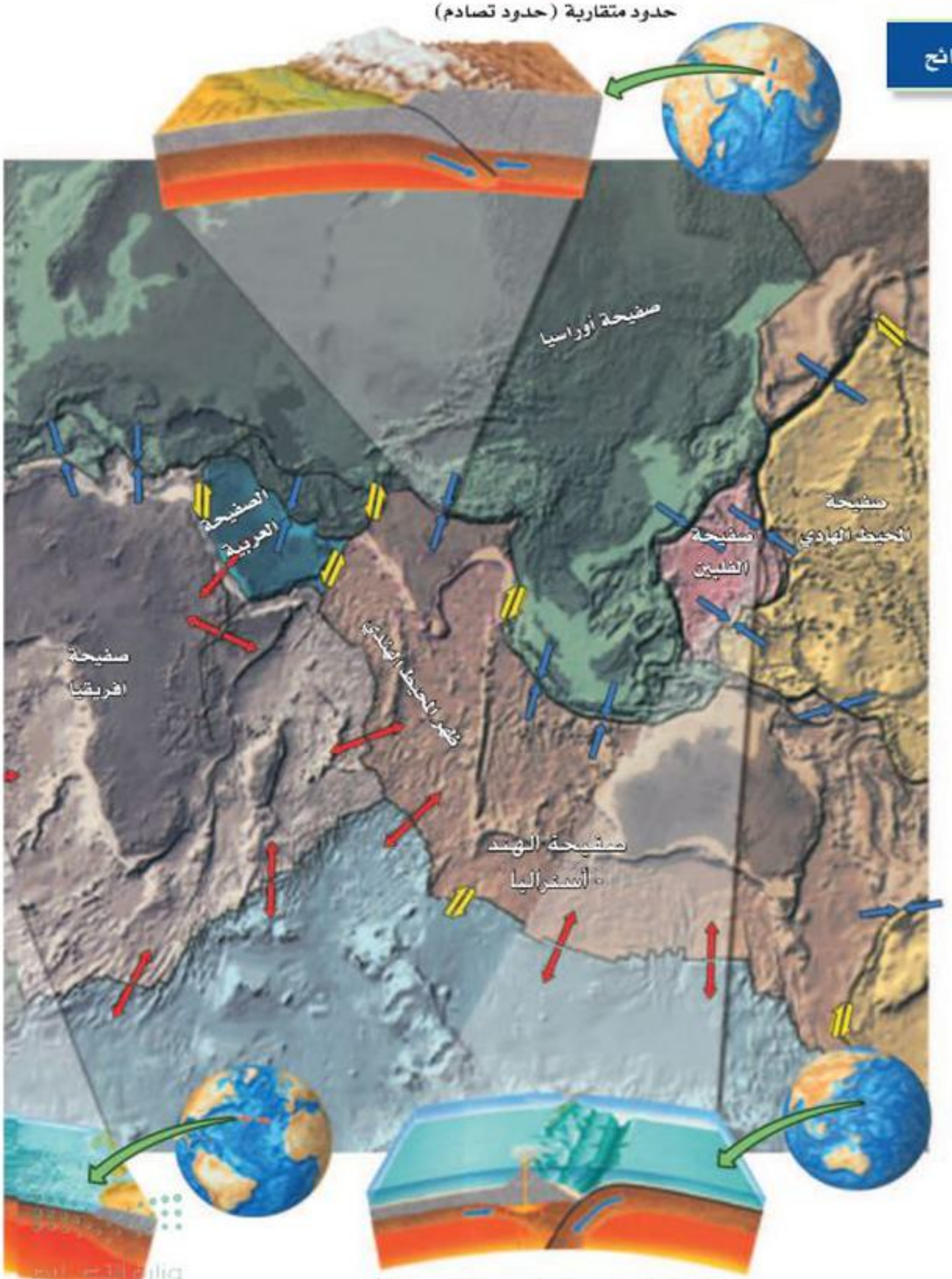

المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
مقياس الرسم 1:4,000,000
0 40 80 120 160 320 km
مفتاح الخريطة
الذهب
الفضة
البلاتين
الكروم
النيكل
النحاس
الرصاص
الزنك
الحديد
المنجنيز
التيتانيوم
القصدير
التنجستون
موليبدينيوم
بريليوم
ليثيوم
زركون
نيوبيوم
تانتاليوم
يتريوم
سيريوم
يورانيوم
ثوريوم


خريطة ظهور المحيطات
آسيا
أمريكا الشمالية
أستراليا
ظهر المحيط الهادي


أوروبا
أفريقيا
أمريكا الجنوبية
شبه الجزيرة العربية
ظهر المحيط الأطلسي
ظهر المحيط الهندي
ظهر المحيط القطبي الجنوبي

حدود الصفائح

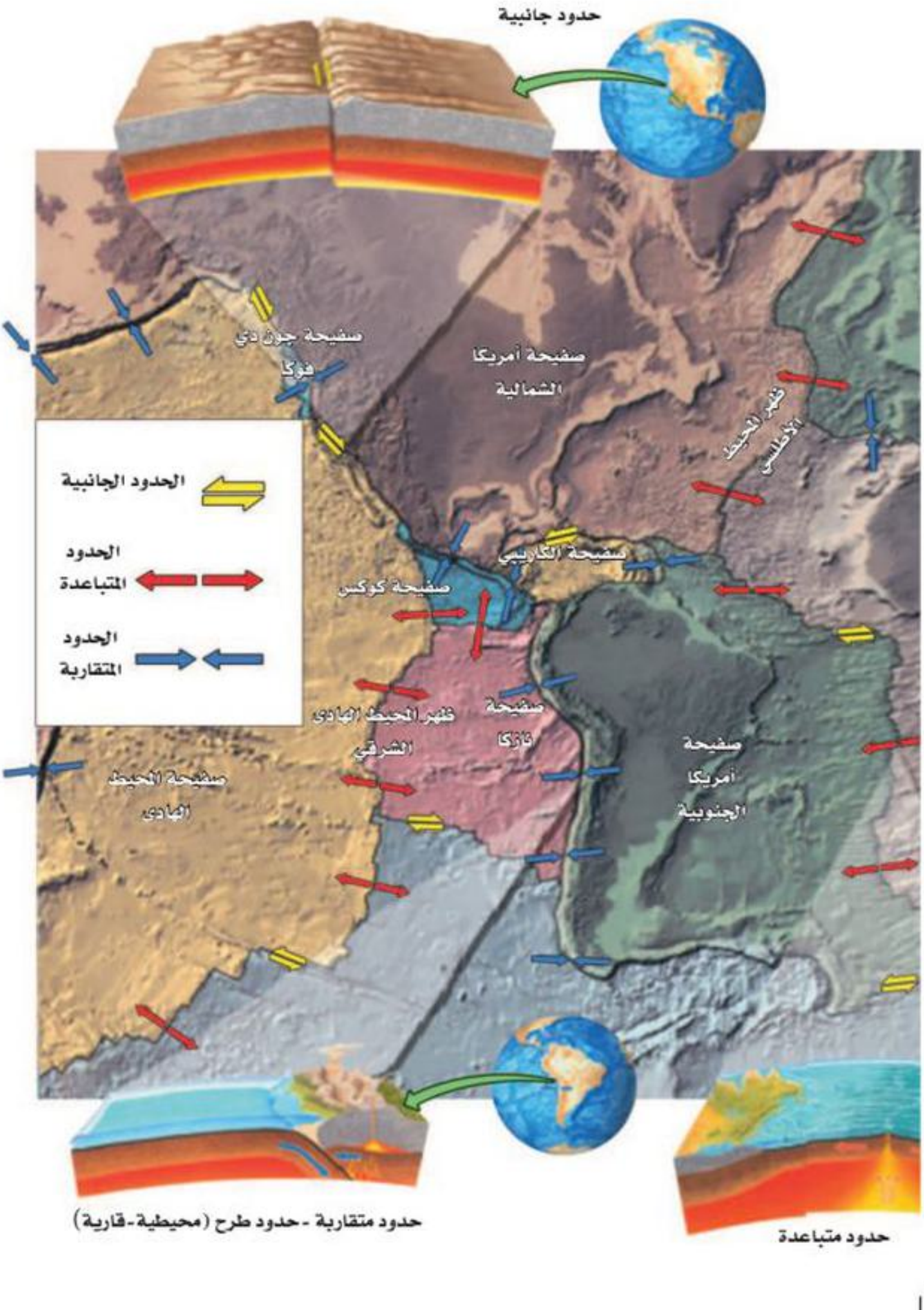
حدود متقاربة (حدود تصادم)



حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-محيطية)

خرائط مرجعية

خرائط مرجعية



جيولوجية شبه الجزيرة العربية

خرائط مرجعية



خرائط مرجعية

صخور بركانية (حرات)

الصفيحة الإفريقية

صخور الدرع العربي

الصفيحة العربية

الصفيحة الأوراسية

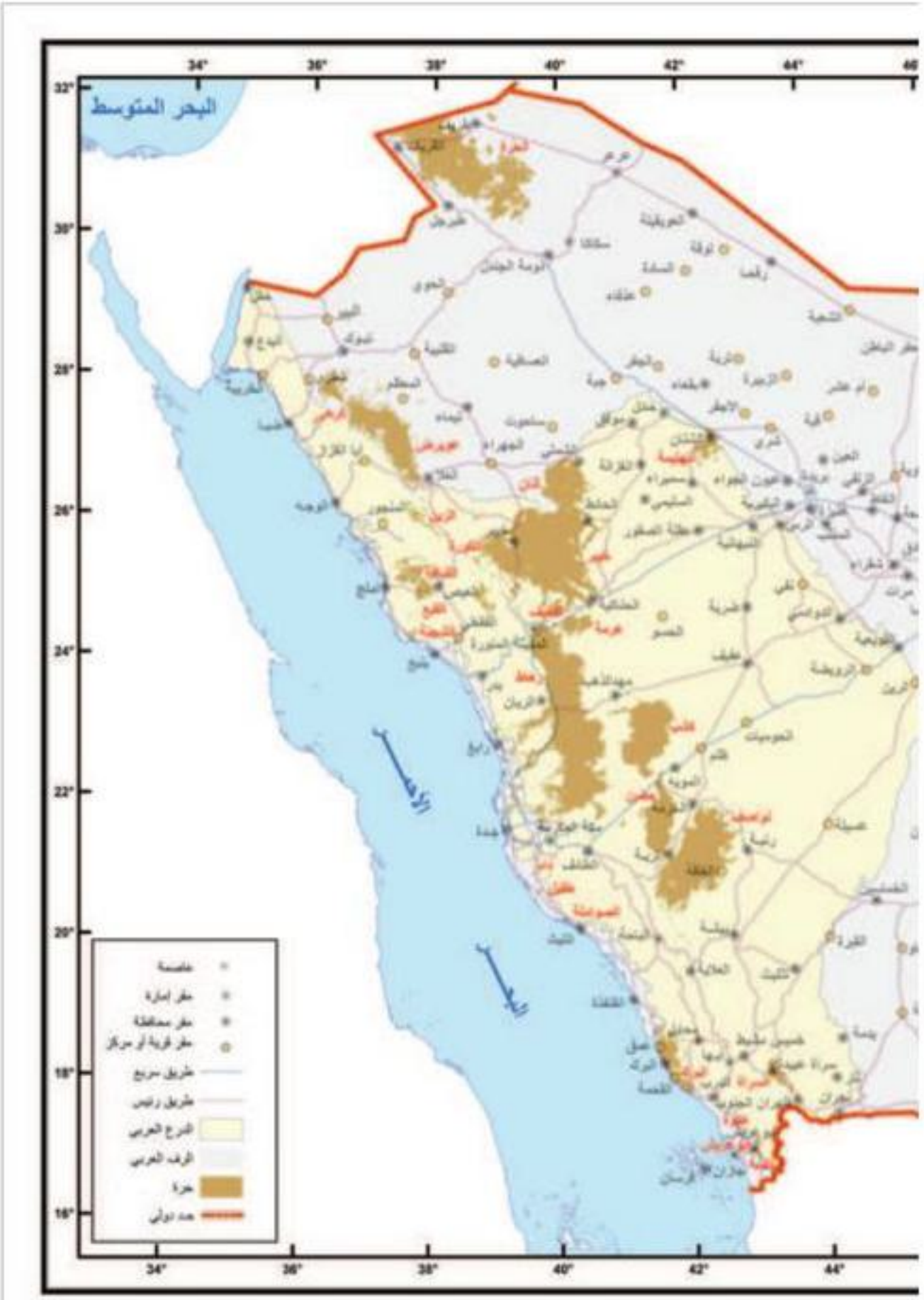
Km 0 200

mi 0 200

توزيع الحرّات في المملكة العربية السعودية



* المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية


البحر المتوسط
34°
36°
38°
40°
42°
44°
32°
30°
28°
26°
24°
22°
20°
18°
16°
عاصمة
مقر إمارة
مقر محافظة
مقر قرية أو مركز
طريق سريع
طريق رئيس
الشرق العربي
الغرب العربي
حرة
حد دولي

الحرات في المملكة العربية السعودية

الحرّات طفوح بازلتية خرجت إلى سطح الأرض عبر الشقوق، وغطت مساحات واسعة منها. وتوجد الحرات 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 تكوُّن الحرات 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 الحرات 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 الحرات المشهورة في الجزيرة العربية: الرحا، الحرّة، ثِنان، هتيمة، خيبر، رهاط، كشب، نواصف، الشامة.



حرة رهاط

تمتدّ حرة رهاط من وادي فاطمة شمال مكة حتى جنوب المدينة المنورة، وتغطي مساحة $20000km^2$ تقريبًا، وهي أكبر الحرات في المملكة. وتحتوي هذه الحرة على الكثير من البراكين المخروطية المكونة من السكوريا، والبراكين الدرعية والقبب البركانية. ويعد جزؤها الشمالي أكثر أجزائها نشاطًا؛ حيث يقع إلى الجنوب من المدينة المنورة. ومن أشهر براكين هذه الحرة بركان جبل الملسا ذو الشكل المخروطي.



حرة خيبر

تبعد حرة خيبر حوالي 65km شمال شرق المدينة المنورة، وهي من أكبر الحرات البركانية في المملكة، تغطي حرة خيبر مساحة تقدر بأكثر من $14000km^2$. 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

حرة ثنان



بدأ الثـوران البركاني في حرة ثِنـان قبل حوالي 3 ملايين سـنة، وتبلغ مسـاحتها $4000km^2$ تقريبًـا، وتحتـوي عـلى العديد مـن البراكين الدرعيـة والبراكـين المخروطية التـي تتكوّن معظم صخورها من البازلت. وتقع هذه الحرة إلى الشمال من حرة خيبر. وتتميز الحرة بالعديد من الكهوف ومنها كهف الشويمس.

حرة الهُتيمة



تعـد حـرة الهُتيمـة مـن أحدث الحرات؛ حيث لا يتعـدى عمر صخورهـا مليوني سـنة. وتبلغ مساحتها حوالي $900km^2$، لذلك تعد من الحرات الصغيرة بالنسـبة إلى باقي الحـرات. وتتميز حرة هتيمة بمحتبسات من الستار في صخورها، لذلك فهي مهمة في تعرُّف بنيـة الأرض الداخلية. ومن المعـالم البركانية التي تتميز بهـا هذه الحرة حلقات الفتات والرماد الـبركاني، والبراكين المخروطية، والفوهات البركانية المنهارة.

حرة الحَرة



تقع حرة الحرة شمالي غرب المملكة بجانب حدود المملكة الأردنية الهاشـمية. حيث تغطي مساحة $15200km^2$ تقريبًـا. وتعـد هذه الحـرة الجزء الجنوبي لحرة الشام، التي تمتد في كل من الجمهورية العربية السـورية، والمملكة الأردنية الهاشـمية، وشمال المملكة العربية السـعودية. وقد بدأ النشاط البركاني في هذه الحرة في عهد الميوسـين، وأحدث نشـاط بركاني فيها كان في العصر الحديث. وتعد الآن إحدى المحميات الطبيعيـة التي تحافظ فيها المملكة على التنوع النباتي والحيواني.

مسرد المصطلحات

(أ)

آثار الحفر traces of excavation: هي الآثار التي تتركها بعض الحيوانات في الرواسب الطرية عندما تحفر جحورًا وممرات تمتلئ فيما بعد بالرواسب التي تتصلد وتحفظ كنوع من الأحافير.

الأحافير fossils: بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور حفظا 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 المشعّة 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 التيش 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)

تاريخ إشعاعي Radiometric dating: طريقة تستعمل في تحديد العمر المطلق لصخر أو أحفورة بتحديد نسبة النظير المشع إلى النظير الثابت في عينة منه.

التاريخ بالكربون المشع Radiocarbon dating: عملية تحديد عمر مادة عضوية حديثة نسبيًا، سواء أكانت المادة العضوية لمخلوق ميت، أو لمادة غير حية مثل كربونات الكالسيوم.

التاريخ المطلق Absolute age dating: طريقة تمكّن العلماء من تحديد العمر الحقيقي للصخور أو لأجسام أخرى.

التاريخ النسبي relative-age dating: طريقة لترتيب الأحداث الجيولوجية بحسب حدوث بعضها نسبة إلى البعض الآخر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

التفحم carbonization: هو ميل لـون المخلوق إلى اللون الأسود بعد موته وترسـبه بسبب تركيز الكربون في خلاياه نتيجة زيادة الضغـط ودرجة الحرارة العالية والزمن الطويل.

التكوين rock formation: هوطبقات متراصة من الصخور الرسوبية لها نفس العمر تقريبا.

التمعدن mineralization : عملية ترسيب الأملاح والمعادن الذائبـة في المـاء في الفراغـات ومسـام الأصداف والعظام.

التوهج الشمسي Solar flare: هـو عملية إطلاق الشـمس للكثير من الجسـيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.

(ح)

الحرات Alharat: تمتد بشـكل رئيس من جنوب المملكة إلى شمالها، ويتكون معظمها من صخور البازلت، وتكون صخورها فوق صخـور الدرع العربي، وتمثل حوالي 4.6% من مساحة المملكة.

الحركة التراجعية Retrograde motion: هـي حركة ظاهرية وهمية تحدث عندما يسبق الأرض الكوكب الخارجي فيبـدو الأخير وكأنه يتراجع عن الأرض.

حزام كويبر Kuiper Belt: هي منطقة مليئة بالأجسـام الجليدية تقع بعد مدار نبتون.

الحقبة Era: ثـاني أكـبر وحـدة زمنية في سـلم الزمن الجيولوجي، وتـتراوح مدتها بـين عشرات إلى مئات ملايين السنين، وحُددت 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 سـلم الزمن الجيولوجي، وهي أصغر من العصر، وتتراوح مدتها بين مئات آلاف السنين إلى ملايين السنين.

(خ)

الخزان الارتوازي artesian aquifer: الخـزان المائي الجوفي الذي تقع مياهه تحت الضغط.

خطوط امتصاص Absorption lines: خطوط تنتج عند مرور طيف مستمر على غازات باردة.

(د)

الدرع العربي Arabic shild: هـو إقليـم يقع في غربي المملكة العربية السعودية، وقد تكونت صخوره بسـبب اندفاعات من صخور متنوعة تعرضت لعمليات بنائية معقـدة ليتحول بعضها إلى أنواع أخرى من الصخور تعـرف بالصخور المتحولة، وتبلغ مسـاحته ما يزيد على 32% من مسـاحة المملكة العربية السعودية.

الدوران التراجعي Retrograde rotation: هي حركة مدارية أو دورانية لجسم ما في عكس اتجاه دوران جرمة الأساسي الذي يشكل الجسم المركزي لذا تشرق الشمس في الزهرة من الغرب وتغرب من الشرق.

الدوران التفاضلي للشمس Differential Sun rotation: اختـلاف معـدل دوران الشـمس في المناطـق الاستوائية عن المناطق القطبية.

دورة النشاط الشمسي Solar activity cycle: هـي الدورة التي يمر بها المجال المغناطيسي للشـمس كل 11 عامًا تقريباً.

الدهر Eon: أكـبر الوحـدات الزمنية في سـلم الزمن الجيولوجي.

ديوتيريوم Deuterium: هي نواة هيدروجين تحتوي على بروتون واحد ونيترون واحد.

مسرد المصطلحات

(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 المياة الضحلة.

(ز)

الزيغ 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.

الزيغ اللوني Chromatic aberration: هو عيب من عيوب العدسات، وينتج عن تركيز الضوء الأبيض في نقاط مختلفة مما يؤدي لظهور الجسم المرئي محاط بأهداب ملونة.

الزيغ الهالي Coma aberration: هو نوع من التشوه تظهر فيه صورة الأجرام البعيدة عند مركز الرؤية فقط متطاولة وعلى شكل قطرة.

(س)

السباخ 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 وتبتعد عن الشمس 2000 إلى 100 ألف وحدة فلكية.

سلسلة بروتون Proton chain: سلسلة تفاعلات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم في لب الشمس.

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 للانشطار أو الاندماج النووي.

طاقة الهيدروجين Hydrogen fuel: استخدام الهيدروجين لتوفير الوقود للقطاعات ذات الاستخدام الكثيف للطاقة كالصناعات الثقيلة ووسائل النقل الكبيرة.

الطبع print: هو الأثر والطبعة التي تتركها المخلوقات الحية على المواد الرسوبية الطرية، وعندما تجف هذه الرواسب يحفظ الطبع كنوع من الاحافير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

مسرد المصطلحات

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 مؤشرًا 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 مرئيًا 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 مكانيًا وزمانيًا في النشاط الشمسي والغلاف المغناطيسي الأرضي والأيونوسفير، والتي قد تلحق الضرر بالنظم التكنولوجية في الفضاء وعلى الأرض.

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 وجيومورفولوجية متميزة في إقليمي الرف العربي والدرع العربي، وهي تغطي نحو33% من مساحة المملكة، وأكبر بحار الرمال مساحة في المملكة هو الربع الخالي .

الكواكب الداخلية Inner planets: هي كواكب صخرية تتشابه في التركيب مع كوكب الأرض، وهي: عطارد، الزهرة، الأرض، والمريخ.

الكواكب الخارجية Outer planets: هي كواكب غازية عملاقة، وهي: المشتري زحل، أورانوس، ونبتون.

مسرد المصطلحات

الكواكب القزمة Dwarf Planets: هي أجرام سماوية ذات قطر صغير تدور حول الشمس، وبسبب 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، والبروتيروزوي.

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.

مبدأ القاطع والمقطوع Cross-cutting relationship: مبدأ ينص على أن القاطع أحدث من المقطوع. ويعني من ناحية جيولوجية أن الصخور أو الصدوع التي تقطع صخورًا أخرى تكون هي الأحدث، والصخور المقطوعة هي الأقدم.

مبدأ التعقية Uniformitarianism: مبدأ ينص على أن العمليات الجيولوجية حدثت وتكررت منذ نشأة الأرض (الحاضر مفتاح الماضي).

المخدش streak: لون مسحوق المعدن.

المذنبات Comets: هي أجرام سماوية تتكون في الغالب من الجليد.

المصائد 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 الاشعاع 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1445

(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 كربيدات 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 نشاطًا كيميائيًا نتج عنه تكون النفط.

النموذج Model: تحلل المادة الرخوة من جسم المخلوق وامتلاء التجويف الداخلي لها بالرواسب فيتكون النموذج.

النيازك Metroids: 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.

(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.