تم تحميل وعرض المادة من :

مراجعاتي
www.mrajati.net

موقع مراجعاتي هو منصة تعليمية مستقلة وجهد تعليمي تطوعي تهدف إلى تقديم محتوى تعليمي مساعد وخدمات مساندة مجانية للطلاب وأولياء الأمور والمعلمين، بما في ذلك – على سبيل المثال لا الحصر – الحلول التعليمية، الملخصات، أوراق العمل، المراجعات، نماذج الاختبارات التدريبية، الشروحات، والمواد التعليمية المساندة، نحن نسعى جاهدين للتكامل مع المنظومة التعليمية الرسمية بما يخدم مصلحة الطالب والمعلم وولي الأمر،، جزى الله خيراً من بادر وتعاون في تقديم النفع والفائدة.

خلك قريب منا.. حمل تطبيقنا للوصول الدائم لأسرع المراجعات والحلول التعليمية.

GET IT ON Google Play

Download on the App Store

تابع حساباتنا على :

المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

علوم الأرض والفضاء

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثالثة

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة 1447-2025

يُوزع مجاناً ولا يُباع

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ح 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 ٥-١٨-٨٥٣٣-٦٠٣-٩٧٨

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 منسكبة، 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 أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، البود، 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، الكبروسين، 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 مفتوحًا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (الطالبات)، 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 الرَّحْمٰنِ 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 تضمّن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة: التمهيدي، والتكويني، والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية والتجربة 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

الجزء الثاني (1-2)

قائمة المحتويات

الفصل 1

المجموعة الشمسية **258**

1–1: الكواكب الداخلية 260

2–1: 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**

1–2: 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**

1–3: الطيف الكهرومغناطيسي 304

2–3: 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**

1–4: تعريف الأحافير وشروطها 330

2–4: طرق حفظ الأحافير وأهميتها 334

3–4: السجل الصخري 338

4–4: العمر النسبي والعمر المطلق 343

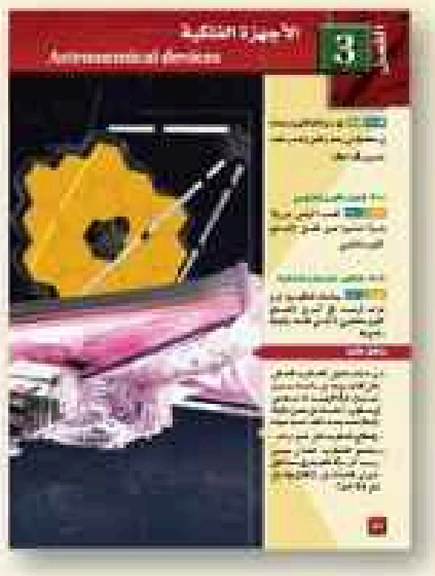
علم الأرض والتقنية 355

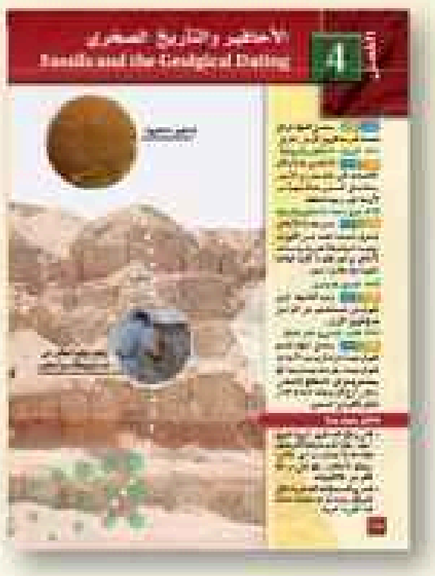
مختبر الجيولوجيا 356

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 وخصائصهما 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

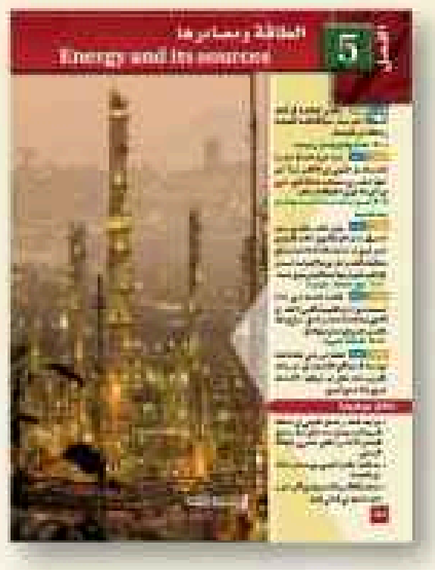
خريطة ظهور المحيطات 438

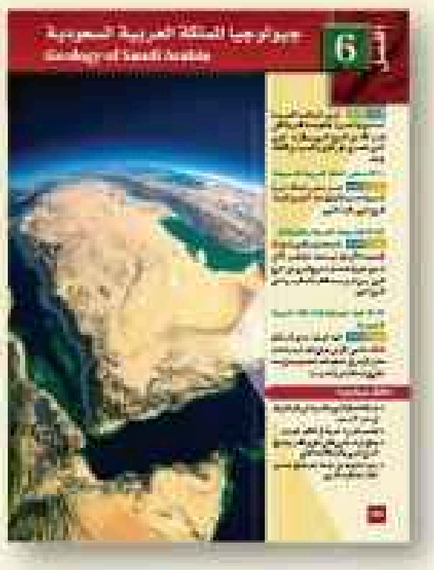
حدود الصفائح 440

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

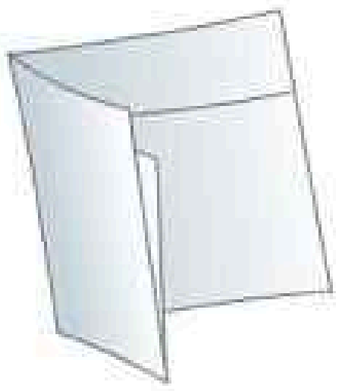
المطويات

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 جزئين 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 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، و v 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

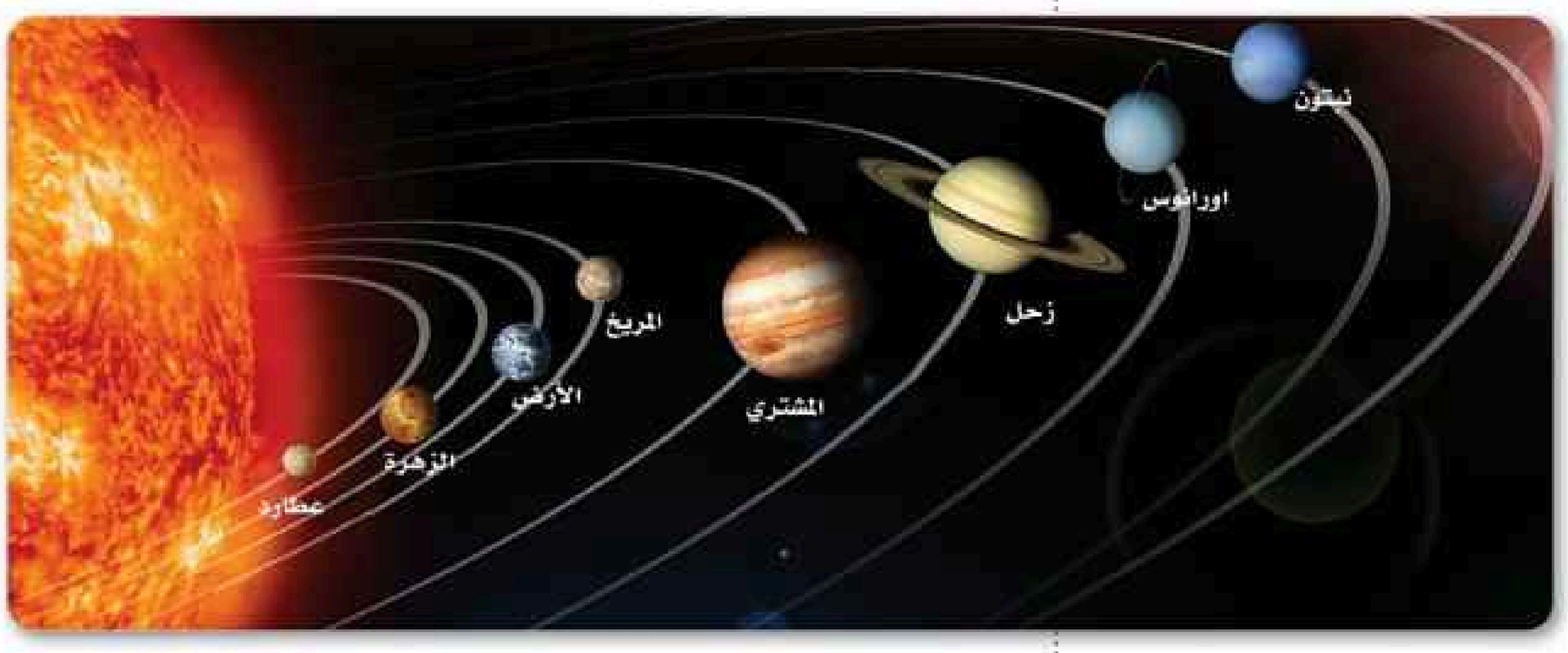
(IAU) الاتحاد الفلكي الدولي هو السلطة المعترف بها رسميًا في علم الفلك الحديث لتعيين التسميات للأجرام السماوية، مثل: النجوم، والكواكب، والكواكب القزمة بما في ذلك أي ميزات على سطحها، وفي ظل الحاجة لأسماء لا لبس فيها للأجسام الفلكية، فقد أنشأ الاتحاد الفلكي الدولي عددًا من الأنظمة للتسمية المنهجية للأجرام المختلفة الأنواع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ويمكن تحويل الثانية إلى دقائق بالقسمة على 60

$$t = \frac{500}{60} = 8.3 \text{ min} \qquad (3)$$

أي إن ضوء الشمس يستغرق 8 دقائق و20 ثانية للوصول إلى الأرض. وتختلف مدة وصول أشعة الشمس للكوكب بحسب بعده عن الشمس **الشكل 3–1** يوضح ترتيب الكواكب.



الشكل 3–1 ترتيب كواكب المجموعة الشمسية (لا تمثل الأبعاد الحقيقية).

الكواكب الداخلية The inner planets

الكواكب الداخلية Inner planets هي كواكب صخرية، تتشابه في التركيب مع كوكب الأرض (لب من الحديد والنيكل، وستار، وقشرة)، تشترك في بعض الخصائص، فهي كواكب تدور ببطء، ولا توجد حولها حلقات، ولها عدد قليل من الأقمار كما أنها صغيرة وذات كتلة ضئيلة، لذا ينتج عنها جاذبية أقل مقارنة بالكواكب الخارجية.

عطارد Mercury

أصغر كواكب المجموعة الشمسية وأقربها إلى الشمس، وهو أكبر بقليل من قمر الأرض، يدور كوكب عطارد حول نفسه ببطء، كما يدور حول الشمس بسرعة عالية بسبب تأثير جاذبية الشمس عليه.

التركيب

يحوي عطارد على نواة من الحديد كبيرة نسبيًا حوالي 85% من قطر الكوكب؛ مما يولد مجالًا مغناطيسيًا، 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%) والهيدروجين (22%) والهيليوم (6%) مع (1%) خليط من العناصر الأخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 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 روبس 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.

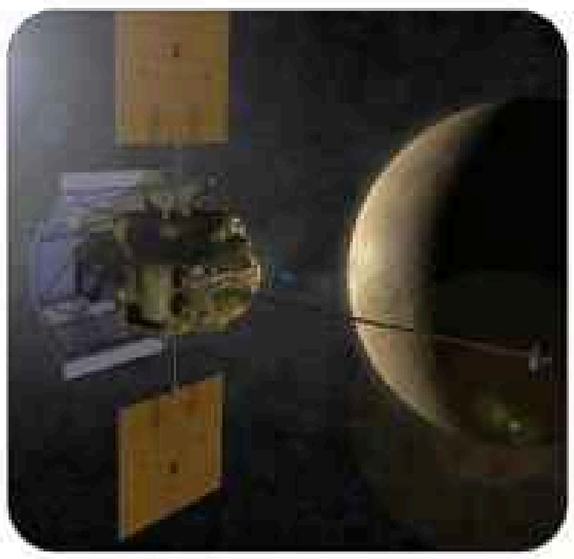
مدة دورانه حول الشمس: يكمل دورة كاملة في 88 يومًا.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 يُشكِّل 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

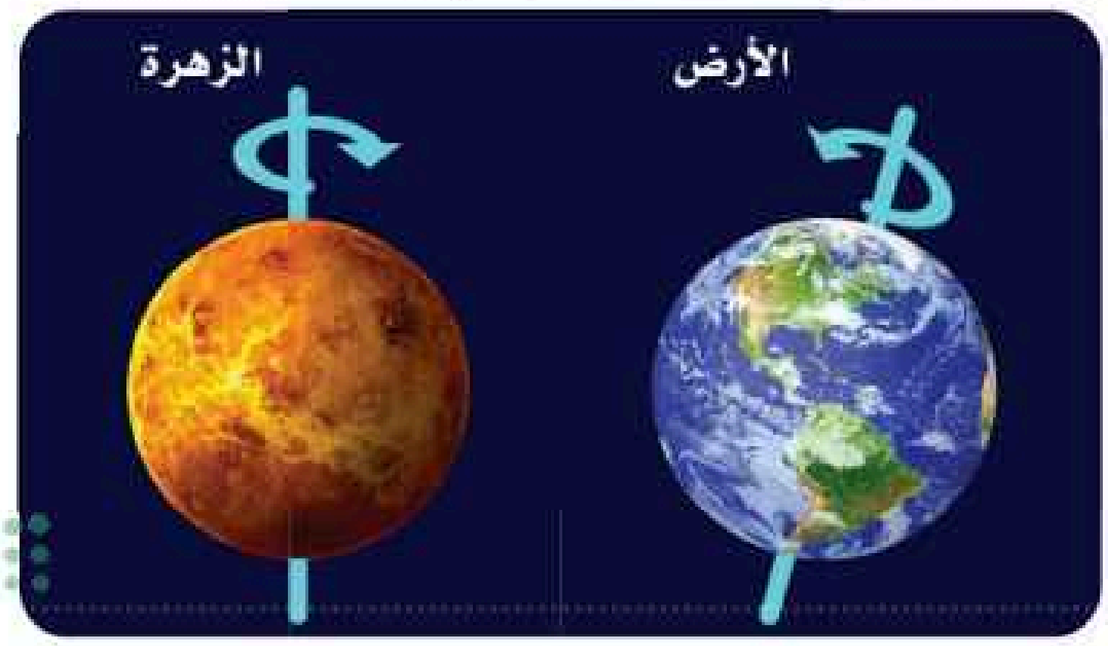
يتكون الغلاف الجوي في الزهرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بنسبة 97% تقريبًا مع حوالي 3% من النيتروجين (N_2) وقليل من الغازات الأخرى.

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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

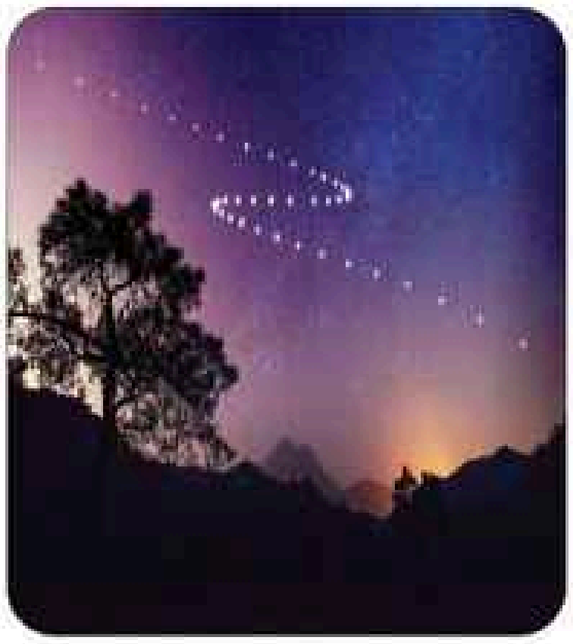
الحلقات: لا يوجد.

المريخ Mars

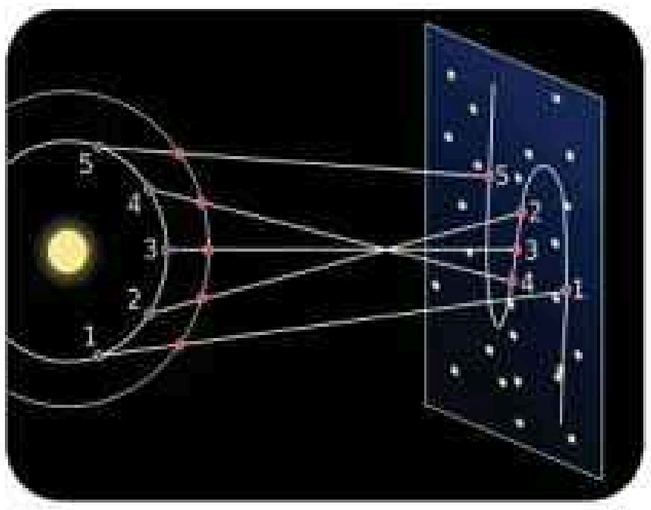
الكوكب الرابع وآخر الكواكب الصخرية، يميل محوره 25.19 درجة، وهذا الميل يجعله يتشارك مع الأرض في تغير فصول السنة. لذا كان المريخ المرشح الأفضل لإيواء حياة غير الحياة الأرضية. ولدى الكواكب ذات المدار الأكبر من مدار الأرض ظاهرة تسمى **الحركة التراجعية(Retrograde motion)**، وهي حركة ظاهرية وهمية تحدث عندما 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**.



الشكل 7–1 حركة تراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.



الشكل 8–1 مراقبة ورصد الحركة التراجعية مدارية ظاهرية لكوكب المريخ.

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.

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 أُرسل لها مركبات فضائية ومركبات متحركة للتجول في سطحه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 9–1 صورة لمركبة هبوط مهمة Tianwen–1

- في عام 1962 أرسلت أول المركبات الفضائية (مارينر 2 – Mariner 2) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) التي تمكنت من التحليق بالقرب من المريخ.
- في عام 1975 أرسلت مركبة (الفايكنج–Viking) التي شملت مركبتين مدارية ومركبات هبوط لدراسة سطح المريخ.
- في عام 1997 انطلقت مهمة (Mars Global Surveyor) بكاميرات عالية الدقة.
- في عام 1997 انطلقت مركبة (باثفايندر– Pathfinder) التي نجحت في الهبوط والتجول في سطح المريخ.
- في عام 2014 أطلقت وكالة الفضاء الهندية مركبة مدارية للمريخ (MOM).
- في عام 2021 أطلقت الصين مركبة (تانوين 1–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
2025 - 1447

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

الفكرة الرئيسة تتشابه الكواكب الخارجية للنظام الشمسي مع بعضها في التركيب الغازي، وحجمها الكبير ووفرة توابعها.

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

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 صورة لكوكب المشتري وأقماره.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 المشتري مجال مغناطيسي قوي جدًا بسبب دورانه السريع حول محوره.

الحرارة

متوسط الحرارة في المشتري $-110^{\circ}C$.

تجربة عملية

الطبعات 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

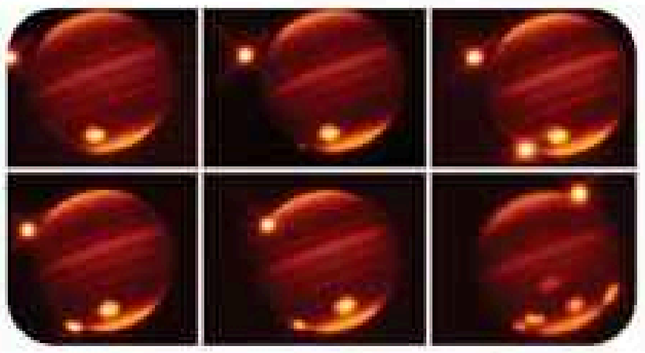
تمت زيارة كوكب المشتري من قبل مركبات فضائية في طريقها إلى النظام الشمسي الخارجي ومركبات خاصة أرسلت لدراسته.

- 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
2025 - 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 – Pioneers 11).

- في عـام 1980 مرت بالقـرب منه مركـبة (فـويجـر 1 – Voyager 1) ومركبة (فويجـر 2 – Voyager 2).
- 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 هيرشـل الـذي كان يعتقد انه مذنب ،ما يميز كوكب أورانوس أن محوره يميل في زاوية 90° درجة لذا تشرق الشـمس وتغرب فوق كل قطب ويعتقد أن سبب ميل محوره هـــو تصادمه مع جرم بحجم كوكـب الأرض. يتشـــارك كوكب أورانوس مـع كوكب الزهـرة في الدوران التراجعي، ويدور مع عقارب الســاعة.

يحيط بكوكب أورانــوس 13 حلقة خافتة تصنـف ب 9 حلقات داخلية و 4 حلقات خارجية.

التركيب

صنف أورانوس بأنه عمــلاق جليدي، معظم كتلته (80% أو أكثر) عبارة عن سائل كثيف ساخن من المواد الجليدية – الماء والميثان والأمونيا – فوق لب صخري صغير.

الغلاف الجوي

يشـكل الهيدروجين والهيليوم الغلاف الجوي مع 2% ميثان وهو المسؤول عن اللـون الأخضر والأزرق للكوكب، حيث يمتص الميثـان النطاق الأحمر من ضوء الشمس مما يؤدي إلى ظهور اللون الأزرق والأخضر.

الحرارة

متوسط درجة الحرارة في أورانوس 195°C–.

إثراء

وليام هرشل مكتشف أورانوس

ولد وليام هرشـل في عـام 1738 م ،وهو فلكي بريطاني كان رائدًا في رصد الأجرام السماوية، واكتشف كوكـب أورانوس الذي كان يظنه في أول الأمر أنه أحد المذنبات، ثم أعاد رصده، وأكد أنه كوكب جديد يضاف إلى الكواكب الست التي عرفها الإنسان على مدى قرون مضت.

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
2025 - 1447

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–.

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 ومستقبلاً.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 12–1 صورة لكويكب إيروس.

الشكل 11–1 موقع حزام الكويكبات.

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 13–1 نيزك عثر عليه في صحراء الربع الخالي ويعرض في المتحف الوطني السعودي.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على النيزك.

الشكل 14–1 صورة لفوهة ناتجة عن ارتطام نيزك في ولاية أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية.

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**.

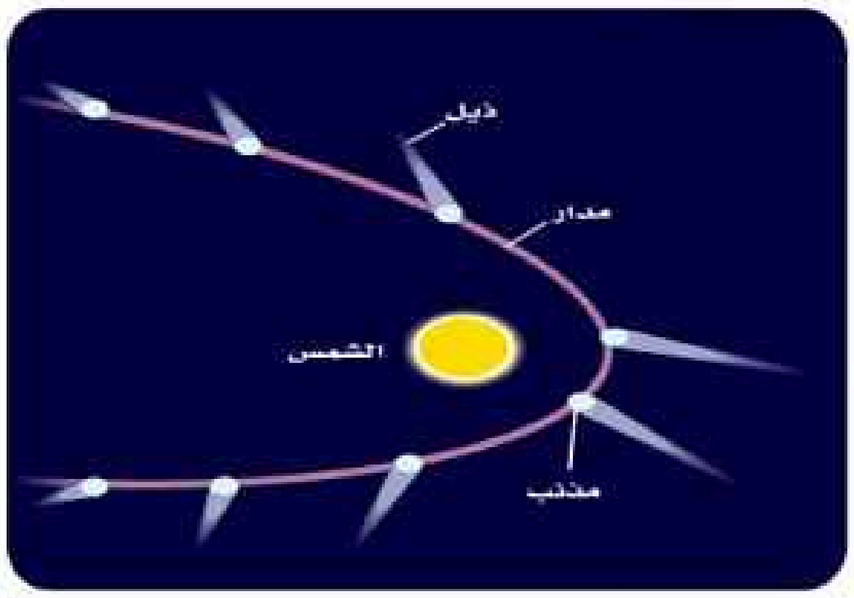
ويمكن تصنيف الحجارة النيزكية تبعًا لتركيبها إلى ثلاثة أنواع:

- 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**.

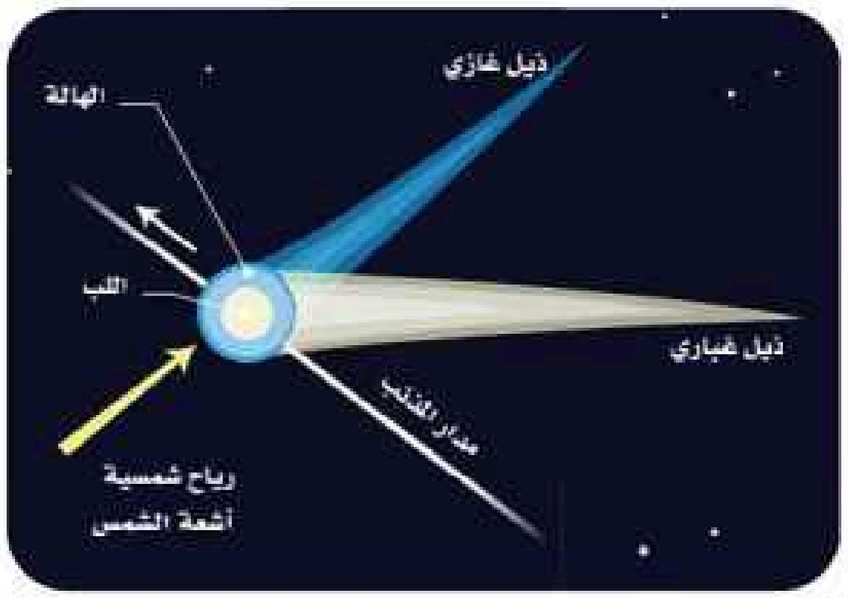
والنيازك الحديدية أكثر وفرة من النيازك الصخرية؛ وذلك حسب ما تم جمعه منها على سطح الأرض.

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، ويفعل 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.



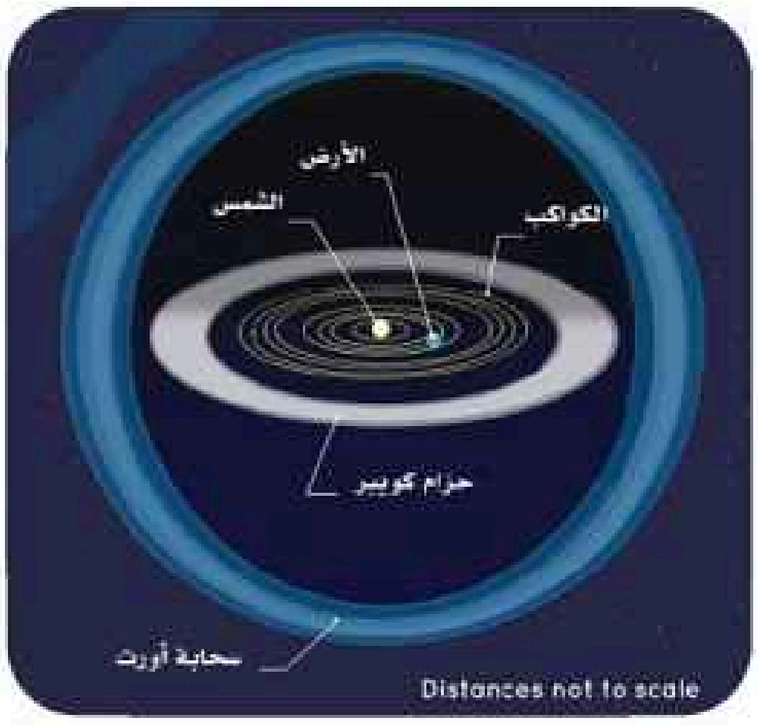
الشكل 20–1 تركيب المذنبات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 اسحاق 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 أبيضًا 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
2025 - 1447

مختبر تحليل البيانات

التحليل

حدد أي العوامل الواردة أمامك الذي يؤثر بشكل مباشر في تقليل عمر المذنب أثناء دورته حول الشمس ولماذا؟

التفكير الناقد

هذه المذنبات قصيرة الدورة بعضها 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.

المذنب	دورته YT	البعد الحضيضي AU
إنكي	3.3	0.33
يمقوبيني- زينر	6.6	1.03
ولف	8.2	2.41
تيمبل - تتل	33.2	0.98
هالي	76	0.59

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 ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

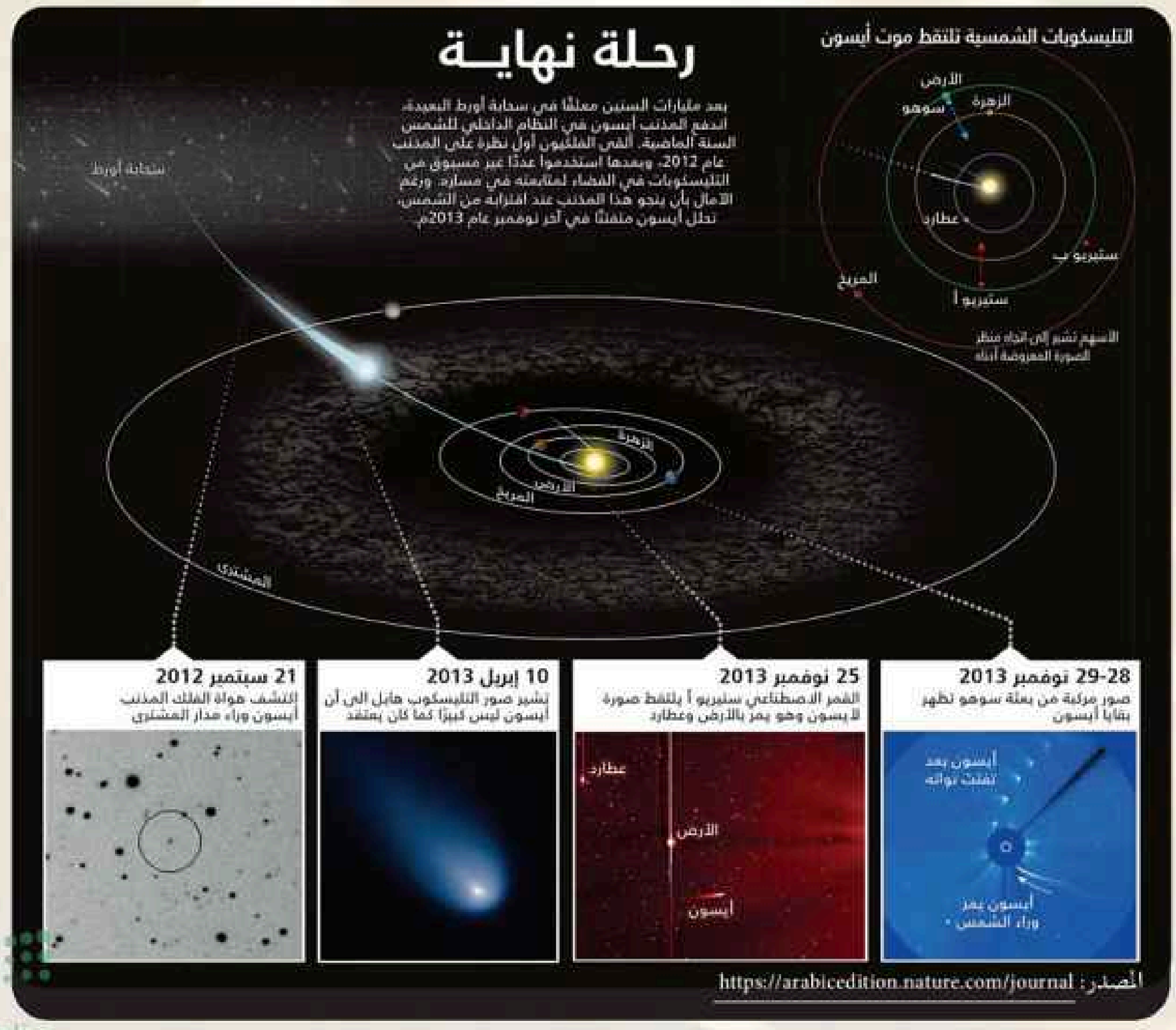
ما مصير مذنبات كروتز

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 تيمُّنًا 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.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.
1 – 2 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 سماوي ذو قطر صغير يدور حول الشمس بمدارات مشتركة مع أجرام أخرى.....
2. وحدة فلكية تستخدم لقياس المسافات الهائلة في النظام الشمسي وتساوي 150 مليون كم .....
3. دوران الكوكب باتجاه عقارب الساعة .....
4. منطقة مليئة بالأجسام الجليدية تقع بعد مدار نبتون، وهي منشأ المذنبات قصيرة المدى .....
5. جرم ذو حجم صغير يخترق الغلاف الجوي للأرض .....

قارن بين كلٍ من:

6. الكوكب القزم والكويكب.
7. الحركة التراجعية الدورانية والحركة 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. لماذا كوكب نبتون هو الأبطأ في إكمال دورة كاملة حول الشمس؟
11. ما هو أقرب كوكب إلى الأرض عند لحظة معينة؟
12. كيف نستطيع تحديد الفترة المدارية للمذنب؟
13. لماذا يظهر كوكب أورانوس باللون الأخضر والأزرق؟
14. ما الدور المهم الذي يقوم به المشتري لحماية كوكب الأرض؟

علل ما يلي:

15. لماذا كوكب الزهرة أشد حرارة من كوكب عطارد على الرغم من قرب عطارد للشمس؟

أسئلة بنائية

الأسئلة الممتدة:

16. **وضح** أسباب عدم اعتبار بلوتو من كواكب المجموعة الشمسية؟
17. **اشرح** ماهي الفروقات بين الكواكب الداخلية والكواكب الخارجية؟
18. **فسر** سبب ظهور بقعه حمراء ضخمة على كوكب المشتري.
19. **اذكر** الكواكب التي تدور باتجاه عقرب الساعة، وماذا يطلق على دورانها؟

باستخدام الجدول الآتي:

المذنب	البعد (وحدة فلكية)	مدة دورانه حول نفسه	مدة دورانه حول الشمس
عطارد	0.4	59 يوم	88 يوم
الزهرة	0.723	243 يوم	224.7 يوم
الأرض	1	23.9 ساعة	365.25 يوم
المريخ	1.5	24.6 ساعة	687 يوم
المشتري	5.2	10 ساعة	11.86 سنة
زحل	9.58	10.7 ساعة	29.46 سنة
أورانوس	19.8	17.14 ساعة	84 سنة
نبتون	30	15.58 ساعة	164.79 سنة

20. كم يستغرق زمن وصول ضوء الشمس لكل الكواكب المذكورة أعلاه؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تقويم الفصل 1

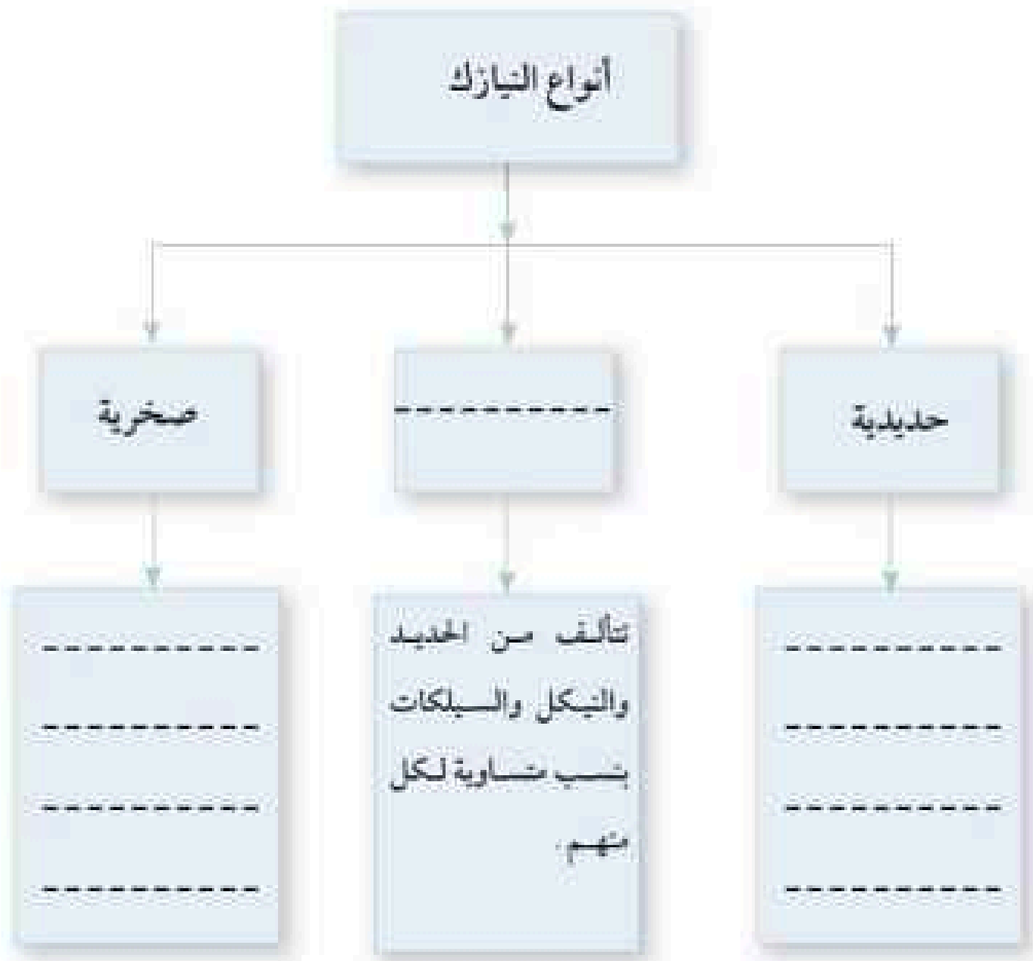
التفكير الناقد

تمكّنت جاذبية المشـــتري من تفتيت أحد المُذنّبات المعروف باسم(شوميكر–ليفي 9) .

21. ما العوامل التي قد تســاعد 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؟

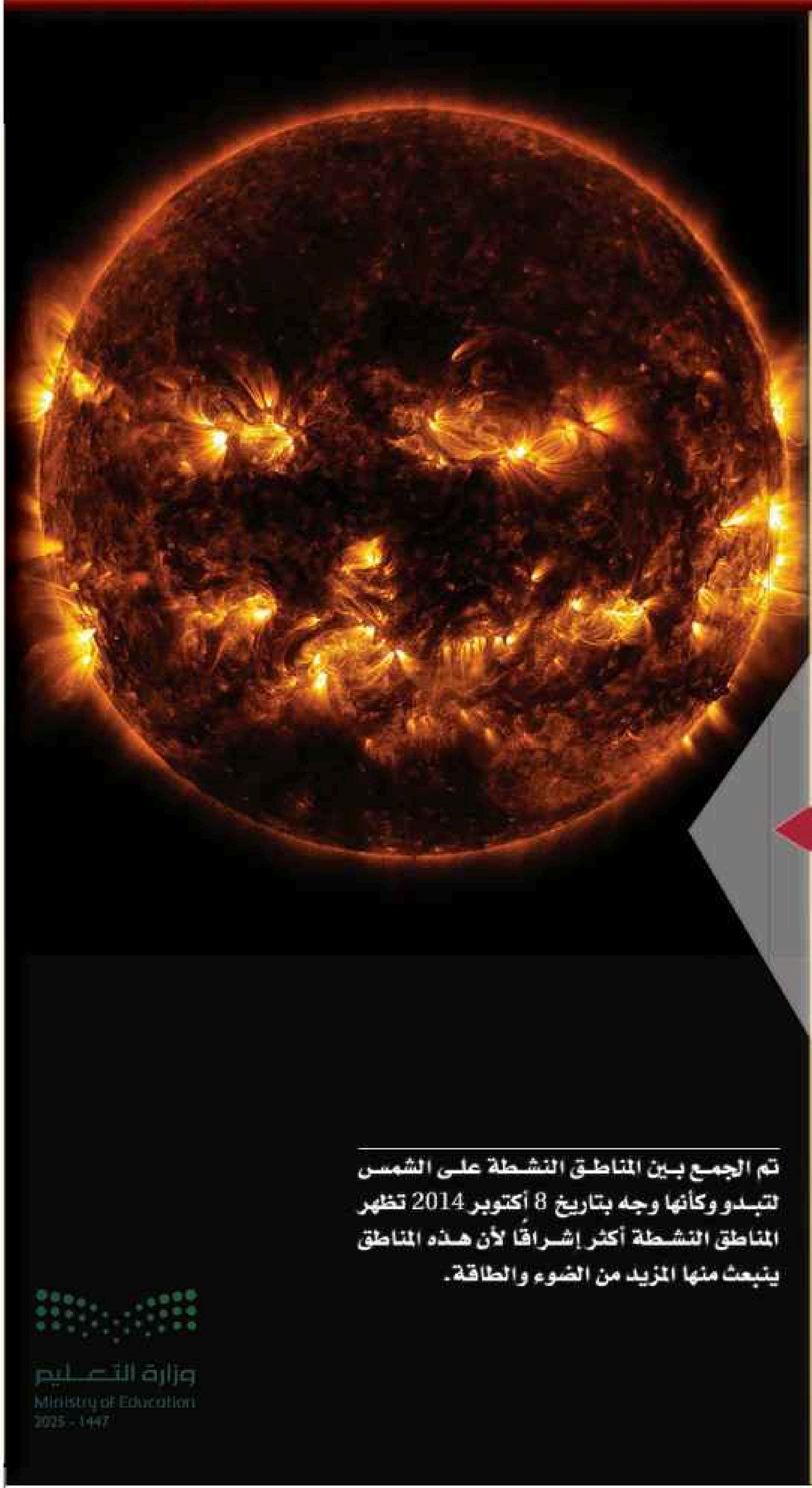
11. ما الذيل في المذنب الذي يتأثر بالرياح الشمسية؟

12. ما سبب ظهور هالة المذنب؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 2

البيئة الفضائية
Space Environment



الفكرة العامة يدرس العلماء الشمس كنجم ذي أهمية كبرى للأرض وكمفتاح لإدراك تركيب النجوم التي يتعذر رصدها عن كثب.

2-1 الشمس

الفكرة الرئيسة تصورنا لبنية الشمس ناشئ عن أرصاد مباشرة لطبقاتها الخارجية إضافة إلى حسابات نظرية غير مباشرة لسلوك الغازات في أعماقها.

2-2 النشاط الشمسي

الفكرة الرئيسة تؤثر الظواهر الناشئة عن النشاط الشمسي بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة المحيطة بالأرض.

حقائق فلكية

- في عمليات الاندماج النووي يتم تحويل 600 مليون طن من الهيدروجين إلى 596 مليون طن من الهيليوم، ويتم إطلاق 4 ملايين طن المتبقية كإشعاع.
- تقدر الطاقة التي تخرج من أحد التوهجات الشمسية بما يضاهي الطاقة التي تحتاجها البشرية لمدة مائة عام.

تم الجمع بين المناطق النشطة على الشمس لتبدو وكأنها وجه بتاريخ 8 أكتوبر 2014 تظهر المناطق النشطة أكثر إشراقًا لأن هذه المناطق ينبعث منها المزيد من الضوء والطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

نشاطات تمهيدية

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

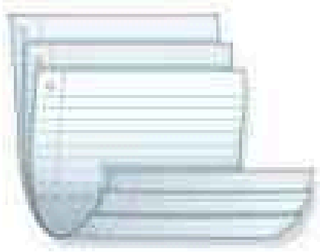
5. ماذا تلاحظ ؟ فسر ما لاحظته؟
6. ما هي العلاقة بين ملاحظتك لأثر المغناطيس ومجال الأرض المغناطيسي؟

المطويات

منظمات الأفكار

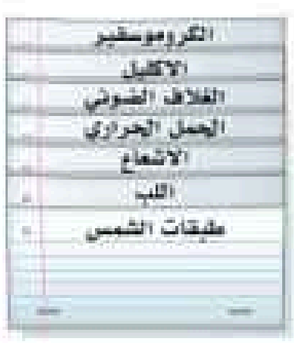
اصنع المطوية الآتية لتقارن بين طبقات الشمس.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

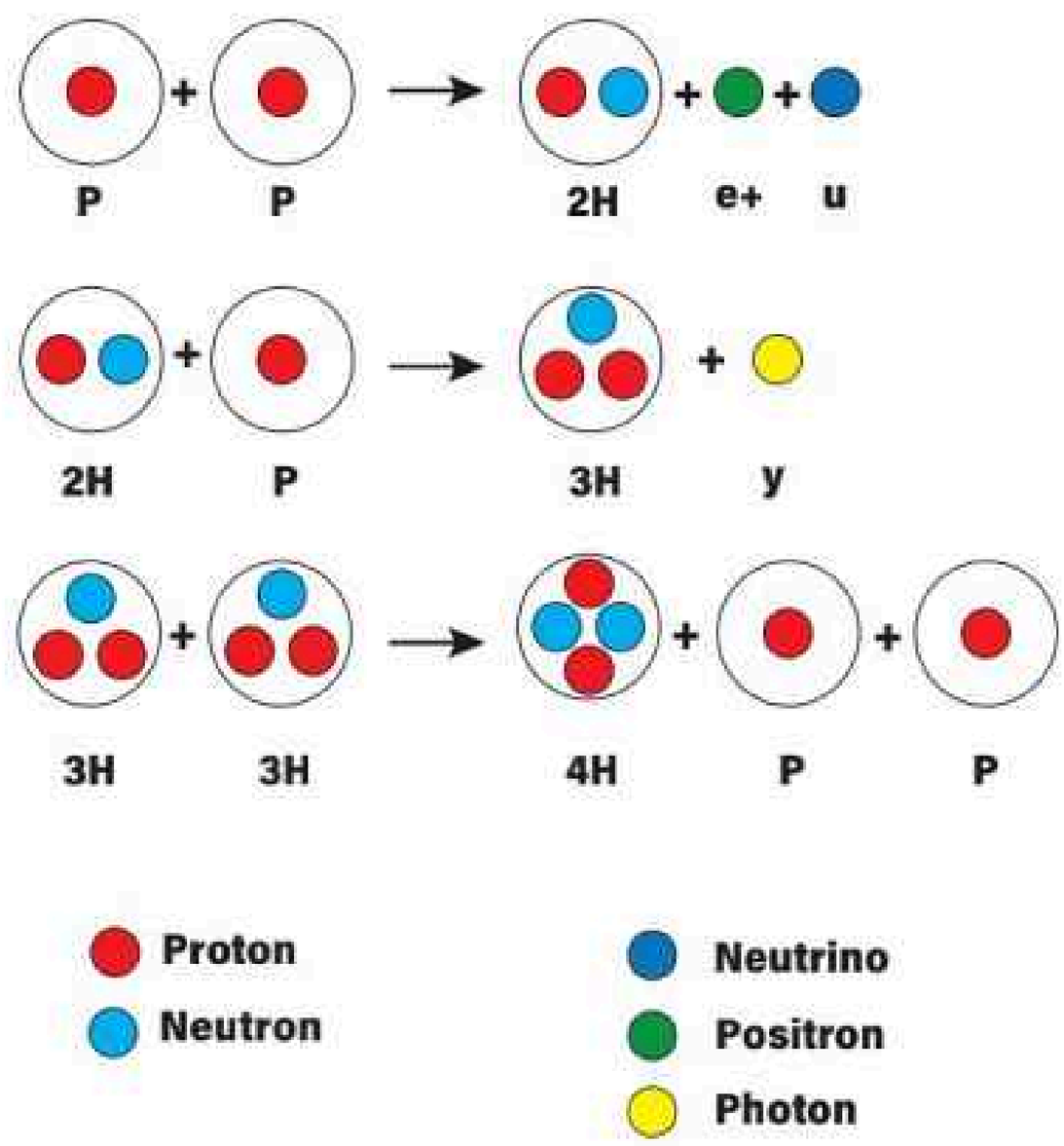
تتكون الشمس من لب ساخن جدًا يصل الى 15 مليون درجة مئوية ولديه سمك يقدر بـ 0.3 من مركز الشمس. يعد اللب موقع عمليات الاندماج النووي وتحول الهيدروجين إلى هيليوم عبر سلسلة من التفاعلات تسمى **سلسلة بروتون-بروتون The Proton-Proton Chain** الشكل 2-2 وهي سلسلة تمر بثلاث مراحل:

المرحلة الأولى:

تتصادم نواتي هيدروجين (بروتونين) وتتغلب على تنافرها بسبب سرعتها العالية نتيجة درجة الحرارة العالية في اللب، وتندمج ليتحول أحد البروتونين إلى نيوترون بانبعاث البوزيترون (الذي له شحنة موجبة) وينتج أيضًا نواة **ديوتيريوم Deuterium**، وهي نواة تحتوي على بروتون واحد ونيترون واحد، ويرمز لها $^{2}_{1}H$.

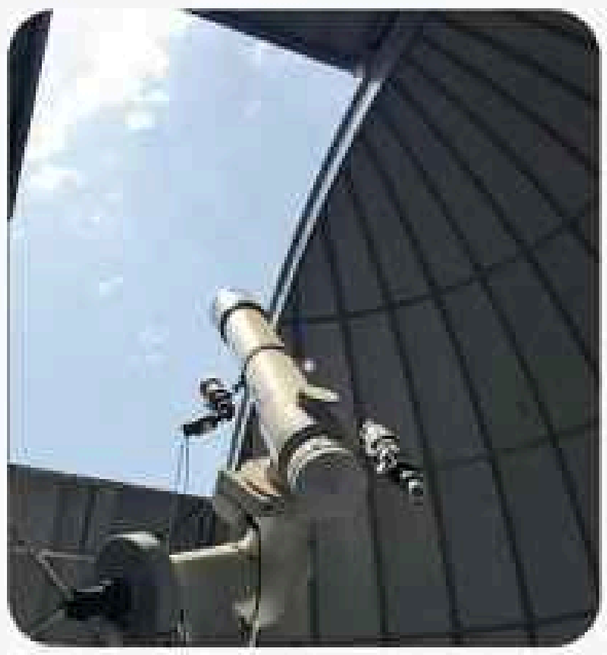
المرحلة الثانية:

تصطدم نواة الديوتيريوم بالبروتون، فتندمج لتكوين هيليوم خفيف، $^{3}_{2}He$. وتنطلق الطاقة على شكل أشعة جاما.



الشكل 2-2 سلسلة بروتون-بروتون وتحول الهيدروجين إلى هيليوم.

المرصد الشمسي
بجامعة الملك عبدالعزيز



يقع المرصد في قبة بقطر 8 m، ويقوم الفنيون المتخصصون فيه برصد الشمس يوميًا لمتابعة النشاط الشمسي من بقع وشواظ، ويتم مشاركة بعض الجهات العلمية الدولية بهذه الأرصاد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المرحلة الثالثة:

أخيرًا، تصطدم نواتان $^{3}_{2}He$ وتندمجان لتكون نواة الهيليوم، $^{4}_{2}He$ ويتم إطلاق بروتونين في هذه الخطوة التي تتحد مرة أخرى في سلسلة بروتون- بروتون.

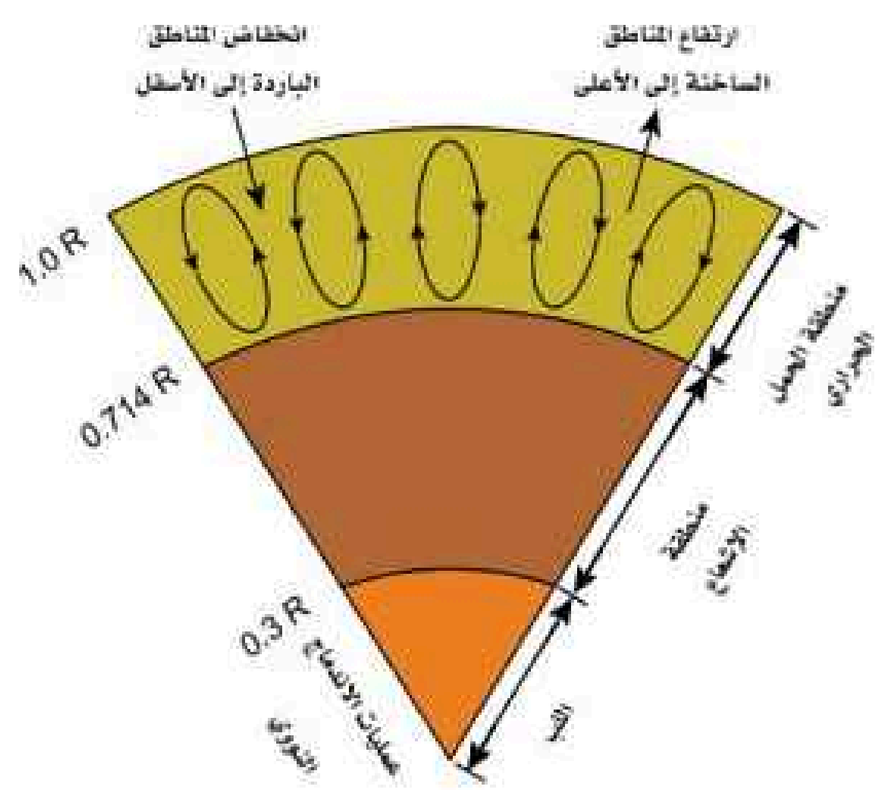
بعد هذه التفاعلات وإنتاج الطاقة يمكن أن تستغرق الطاقة المنتجة في اللب ما يصل إلى 50 مليون سنة حتى تشق طريقها عبر منطقة الإشعاع.

منطقة الإشعاع Radiative Zone

منطقة الإشعاع Radiation zone هي المنطقة التي تلي اللب وتقع ما بين 0.3 إلى 0.7 من مركز الشمس، وتعد المسؤولة عن نقل الطاقة من اللب إلى الطبقات الخارجية، وتنتقل الطاقة في هذه المنطقة عن طريق الإشعاع (غالبًا أشعة جاما والأشعة السينية) وتبلغ درجة الحرارة في هذه المنطقة 4 مليون درجة مئوية.

منطقة الحمل الحراري Convection Zone

فوق منطقة الإشعاع توجد **منطقة الحمل الحراري Thermal convection zone** التي تقع بين 0.7 إلى 1 من مركز الشمس، حيث تكون درجة الحرارة أقل، وتصل إلى 2 مليون درجة مئوية، يتم نقل الطاقة إلى الخارج عن طريق الحمل الحراري ترتفع المناطق الساخنة إلى أعلى. في الوقت نفسه، تنخفض المناطق الباردة إلى الأسفل (مثل الغليان)، ويمكن رؤية حركات الحمل الحراري على السطح على شكل حبيبات. 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 $5500^{\circ}C$، 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 $6000^{\circ}C$ إلى حـوالي $20000^{\circ}C$. 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**.

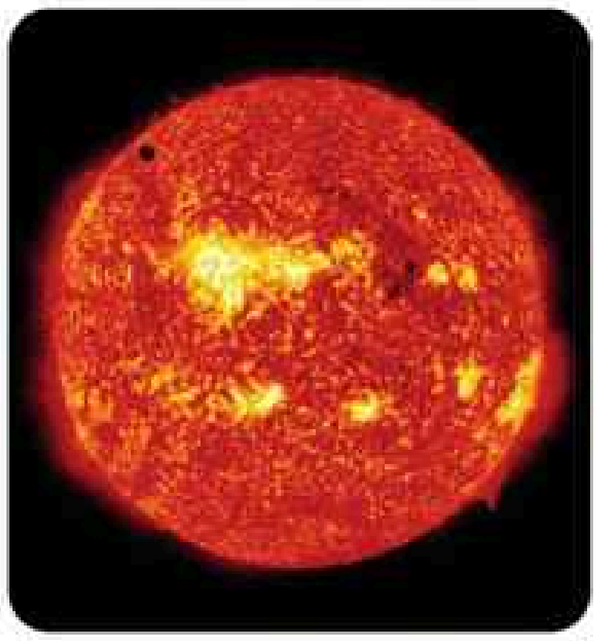
الإكليل Corona

الإكليل Corona هي الطبقة الخارجية الأبعد والأشـد حرارة بين طبقات الشـمس الخارجية، تمتد إلى ملايين الكيلومترات وتبلـغ درجة حرارتها حوالي $2x10^{6^{\circ}}C$، 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

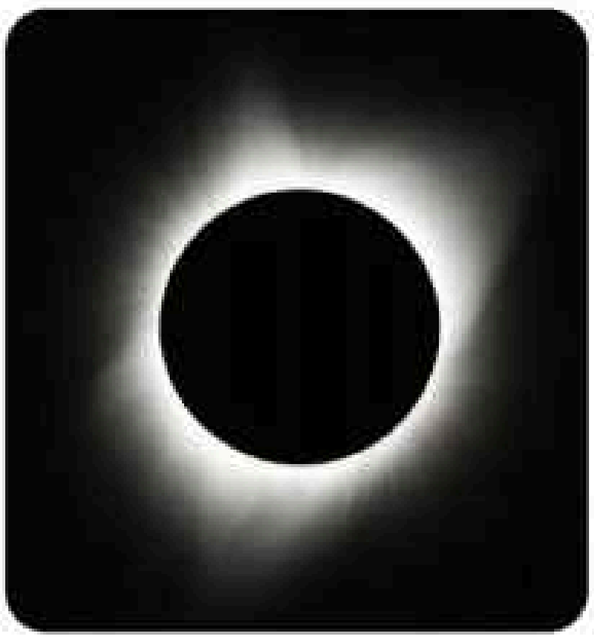
إكليل الشمس

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.

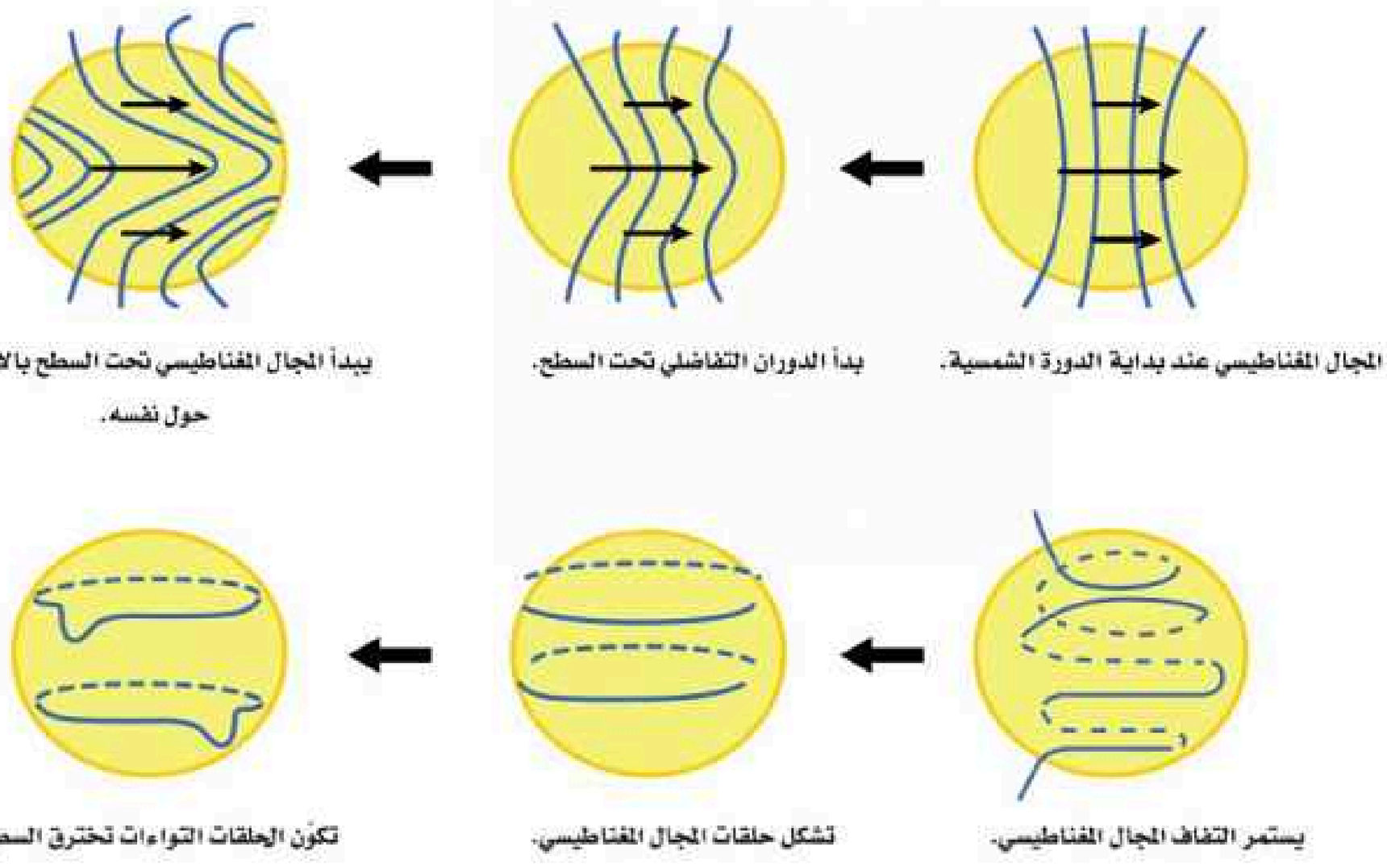
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

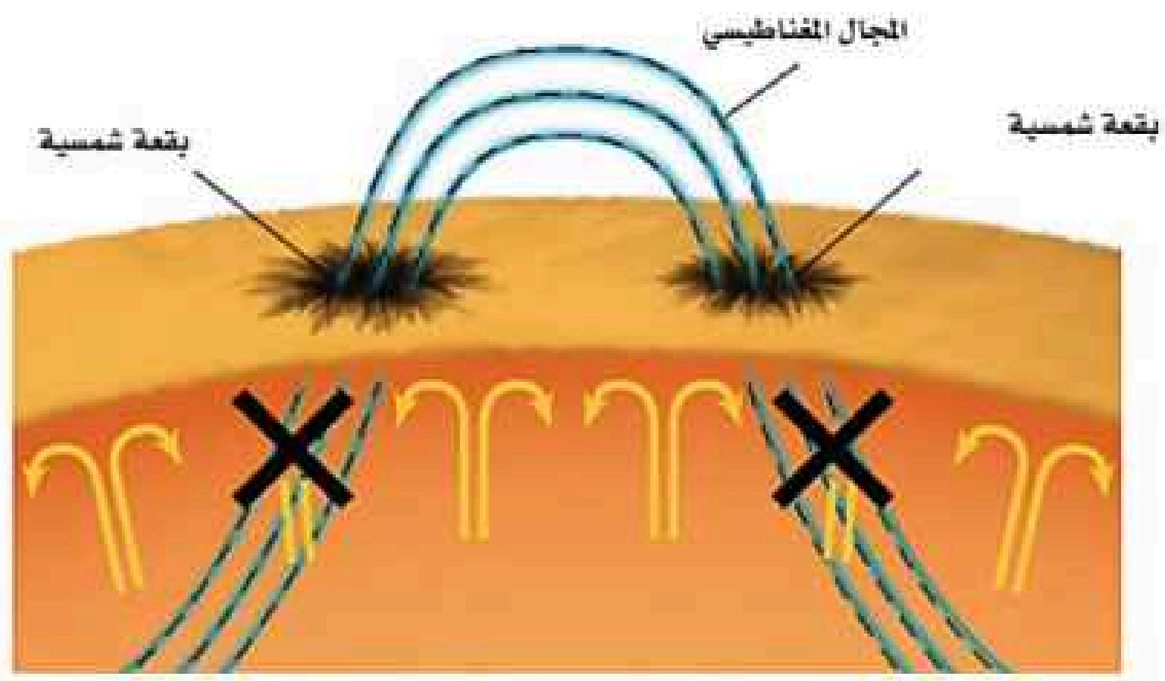
الدوران التفاضلي للشمس

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.

2-2 النشاط الشمسي Solar Activity

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

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.**

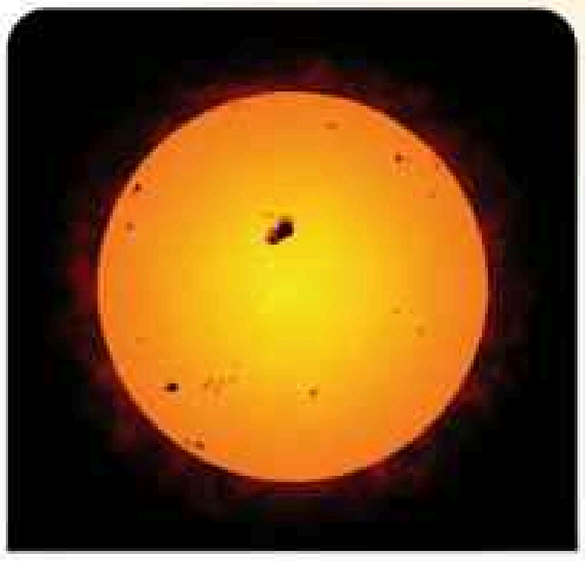
الربط مع الحياة تعد الشمس نجمًا نشيطًا مغناطيسًا، هذا النشاط المغناطيسي يعد المسؤول الأول عن الظواهر الشمسية التي تؤثر على الغلاف المغناطيسي الأرضي، وعلى طبقة الأيونوسفير وتعطل الاتصالات اللاسلكية والملاحة، وتسبب في حالات انقطاع التيار الكهربائي كما حدث في عام 1989 حينما طغت عاصفة مغناطيسية أرضية مقاطعة 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.



الشكل 8–2 البقع الشمسية على سطح الشمس.

الظواهر الشمسية Solar Phenomena

النشاط الشمسي مسؤول عن عدد من الظواهر الشمسية منها:

البقع الشمسية The Sunspots

تعد **البقع الشمسية The Sunspots** الظاهرة الأكثر وضوحًا عند التقاط صور للغلاف الضوئي للشمس، وهي ظاهرة مؤقتة قد تمكث البقع عدة ساعات فقط على سطح الشمس وقد تمكث عدة أشهر، تميل البقع الشمسية إلى الظهور في أزواج ذات قطبية مغناطيسية متعاكسة، تبدو البقع الشمسية داكنة، وذلك لانخفاض حرارتها عما يجاورها من الفوتوسفير حيث إن درجة حرارتها $4000^{\circ}C$ مقارنة بالسطح ذو درجة الحرارة $5500^{\circ}C$، 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التوهجات الشمسية Solar Flares

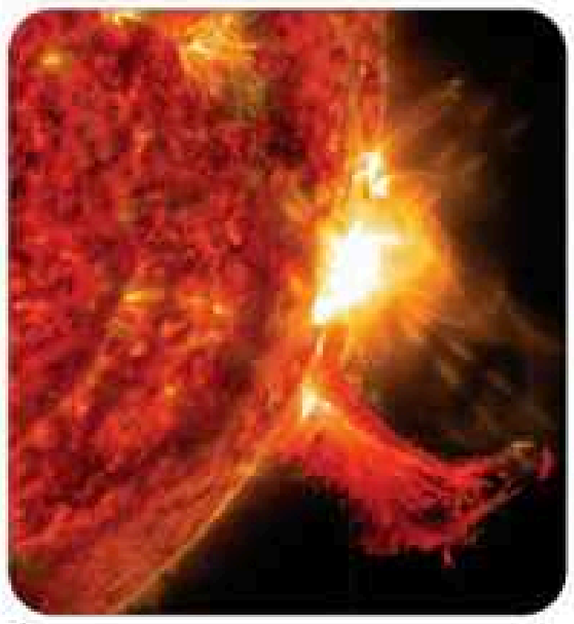
غالبًا ما تتشابك خطوط المجال المغناطيسي بالقرب من البقع الشمسية وتتقاطع معها وتعيد تنظيمها. يمكن أن يتسبب التشابك في انفجار مفاجئ للطاقة **الشكل 9–2** يسمى **التوهج الشمسي Solar Flares**. تطلق التوهجات الشمسية الكثير من الجسيمات المشحونة إلى الخارج بسرعات عالية.

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.

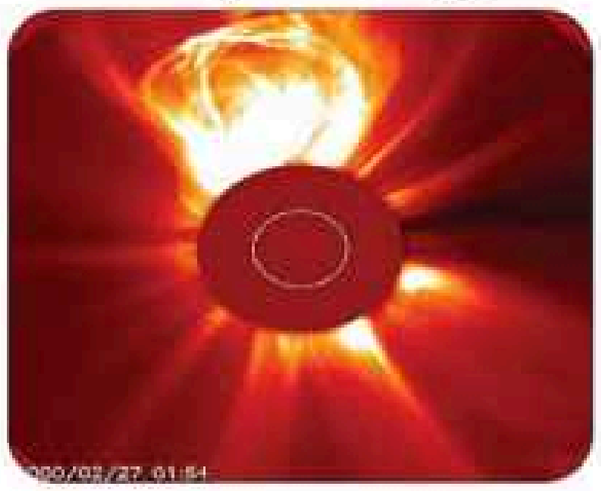
الانبعاث الكتلي الإكليلي Coronal Mass Emission

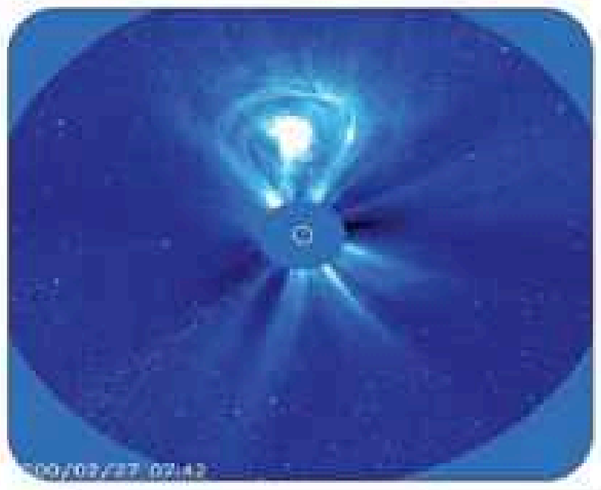
هي عملية قذف لكميات كبيرة من مادة الشمس (غازات متأينة غالبيتها إلكترونات وبروتونات) **الشكل 11–2**، تنتقل من الشمس إلى الفضاء بسرعات عالية من 250 Km /s إلى 3000 Km /s، ويمكن أن تصل إلى كوكب الأرض في غضون 15 ساعة، وهي تصاحب التوهجات الشمسية والشواظ الشمسي.



الشكل 9–2 التوهجات الشمسية.

الشكل 10–2 مقارنة بين الحجم التقريبي للأرض مع الشواظ الشمسي.





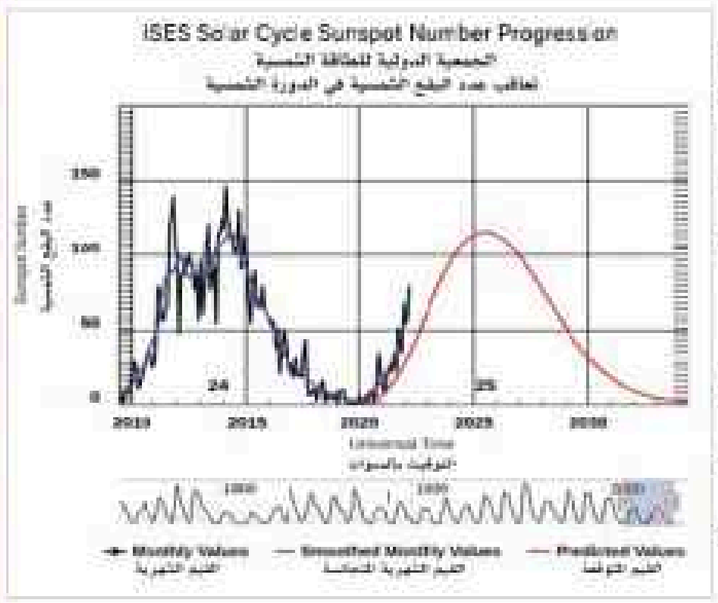
الشكل 11–2 الانبعاث الكتلي الإكليلي.

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:



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ماذا قرأت؟ ماهي طريقة تتبع الدورة الشمسية؟

تفاعل النشاط الشمسي مع المجال المغناطيسي الأرضي
Solar–Terrestrial Interactions

غالباً ما يصاحب التوهجات والشواظ الشمسي قذف كميات كبيرة من الجسيمات المشحونة، عندما تصل إلى الأرض تحدث اضطرابات في مجال الأرض المغناطيسي. هذا القذف الكُتلي مع التوهجات الشمسية يمكن أن يربك الاتصالات الراديوية ويسبب أضرارًا للأقمار الصناعية. كما يصاحب هذه الظاهرة شفق قطبي قوي جدًا.

تجربة عملية

الكاميرا الشمسية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الاتصالات Communications

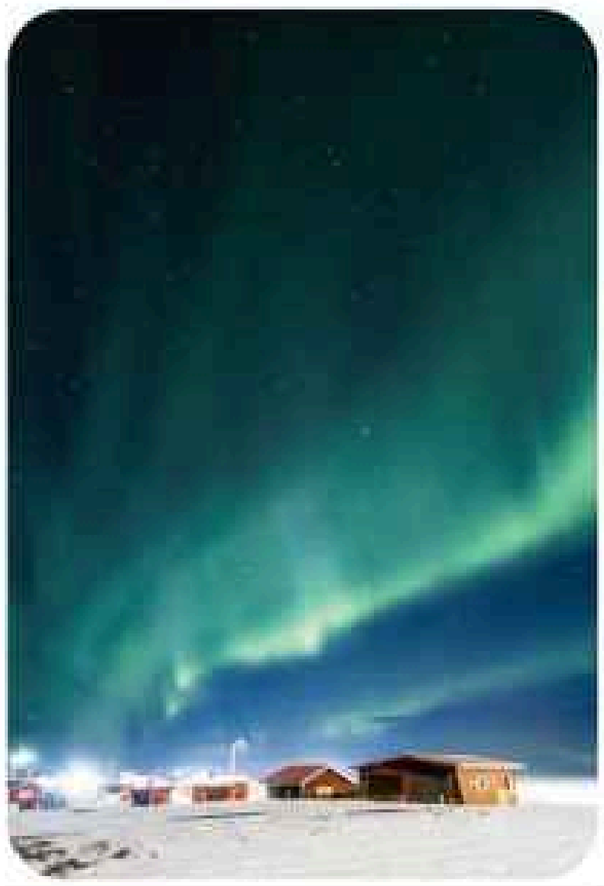
تستخدم العديد من أنظمة الاتصالات طبقة الأيونوسفير لعكس إشارات الراديو عبر مسافات طويلة نظرًا لأن الأيونوسفير يتغير أثناء العواصف المغناطيسية، فإن هذه الاتصالات المنعكسة يمكن أن تتشوه أو تتلاشى تمامًا.

الأقمار الصناعية Satellites

عند وصول الجسيمات المشحونة إلى الغلاف الجوي يحصل تصادم بينها وبين جزيئات الغلاف الجوي فيحصل احتكاك يرفع درجة حرارة الغلاف الجوي للأرض ويتمدد بفعل هذه الحرارة وهذا يؤثر على الأقمار الصناعية ذات المدار المنخفض (أقل من 1000 Km) ويمكن أن يؤدي ذلك إلى سقوط الأقمار الصناعية في حال لم يتم تعديل أنظمة الدفع وإعادتها إلى مداراتها.

الشفق القطبي Aurora

عندما تصل الأجسام المشحونة الصادرة من التوهجات الشمسية والانبعاث الكتلي الإكليلي إلى الأرض فإنها تتحرك في مسارات تتبع الخطوط المغناطيسية للمجال المغناطيسي الأرضي، حيث تتجمع هذه الجسيمات عند قطبي الكرة الأرضية (الشمالي والجنوبي)، يمكن للجسيمات أن تصطدم بالذرات والجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي العلوي للأرض، وهذا يؤدي إلى إطلاق طاقة على شكل ضوء في منظر بديع الشكل12–2 ويسمى **الشفق القطبي Aurora**، ويمكن مشاهدته في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، وتكون متواجدة في معظم أيام السنة ولكن في فصل الشتاء تكون واضحة ومرئية بسبب طول ليل الشتاء وظلمته.

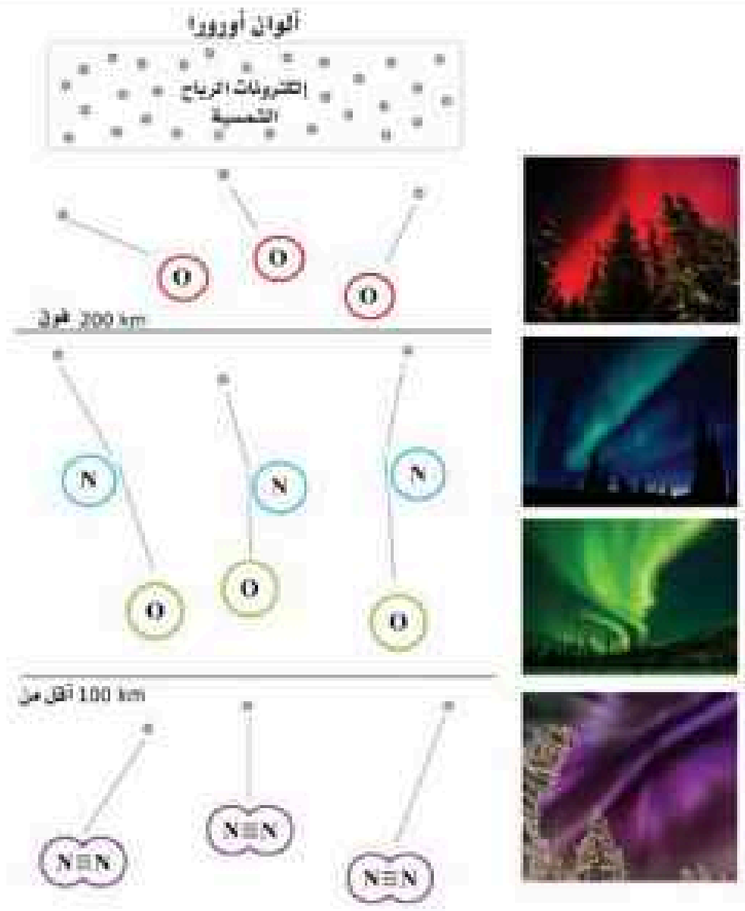


الشكل 12–2 الشفق القطبي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 تقريباً.
- 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

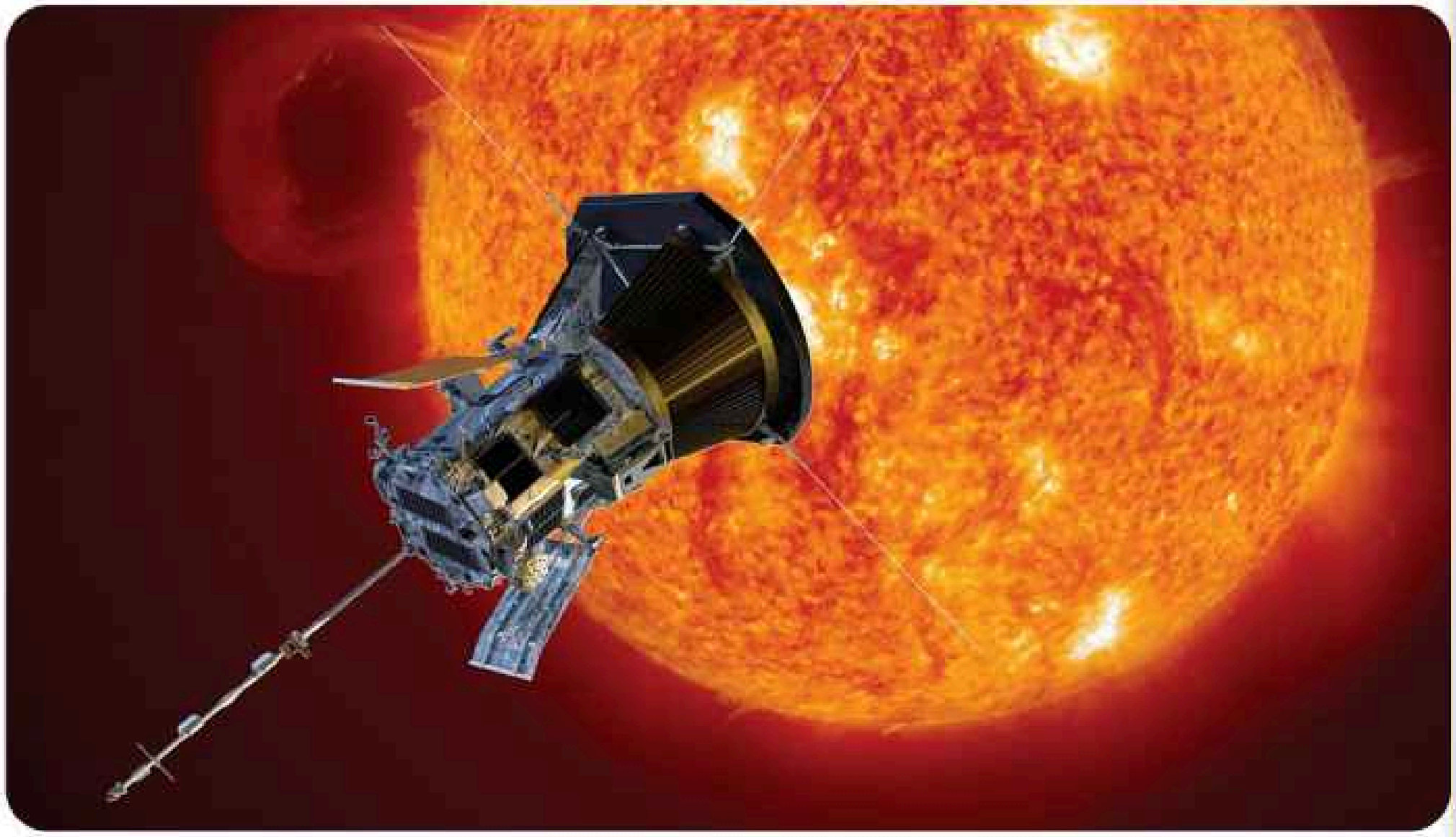
5. ما أفضل طريقة يجب أن يقوم بها مرصد سوهو الشمسي؛ لتجنب ضوء الشمس؛ وليتمكن من التقاط صورة للمذنب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 اختبِرَ 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 مؤلفة من أحد عشر عامًا (دورة النشاط الشمسي). في السنوات التي تظهر فيها البقع الشمسية تكون الشمس أكثر نشاطًا وتصدر إشعاعات أكثر.

سؤال هل الشمس هذا الشهر أكثر نشاطًا؟

الأدوات: منظار فلكي صغير أو منظار ثنائي.
ورقة بيضاء.
ورق رسم بياني.
نظارة للوقاية.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 $^{3}_{2}He$. • المرحلة الثالثة و ينتج فيها $^{4}_{2}He$. 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، تعد أبرد من المناطق المحيطة بها تظهر على سطح الشمس.....
2. أشد طبقات الشمس حرارة، بدرجة $15x10^6$ °C، وبها تحصل تفاعلات الاندماج النووي.....
3. أشد طبقات الشمس الخارجية حرارة .....
4. ذرة تتكون من بروتون واحد ونيترون واحد .....
5. أقل طبقة من طبقات الشمس حرارة وهي الطبقة التي نراها .....
6. دورة مدتها 11 عامًا وفيها تتبدل الأقطاب الشمالية والجنوبية .....

تثبيت المفاهيم الرئيسية

الأسئلة الممتدة:

7. **قارن** بين طبقات الشمس الداخلية.
8. **اشرح** سلسلة تحول الهيدروجين إلى هيليوم باستخدام المعادلات؟
9. **وضح** بالرسم سبب ظهور البقع الشمسية في الشمس.

أسئلة بنائية

10. **اشرح** سبب حدوث ظاهرة الشفق القطبي.
11. **ما** الظاهرة الشمسية التي تظهر 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 الكروموسفير خلال الكسوف الكلي للشمس. برر ذلك.
17. **علل** ظهور حبيبات على طبقة الفوتوسفير؟

التفكير الناقد

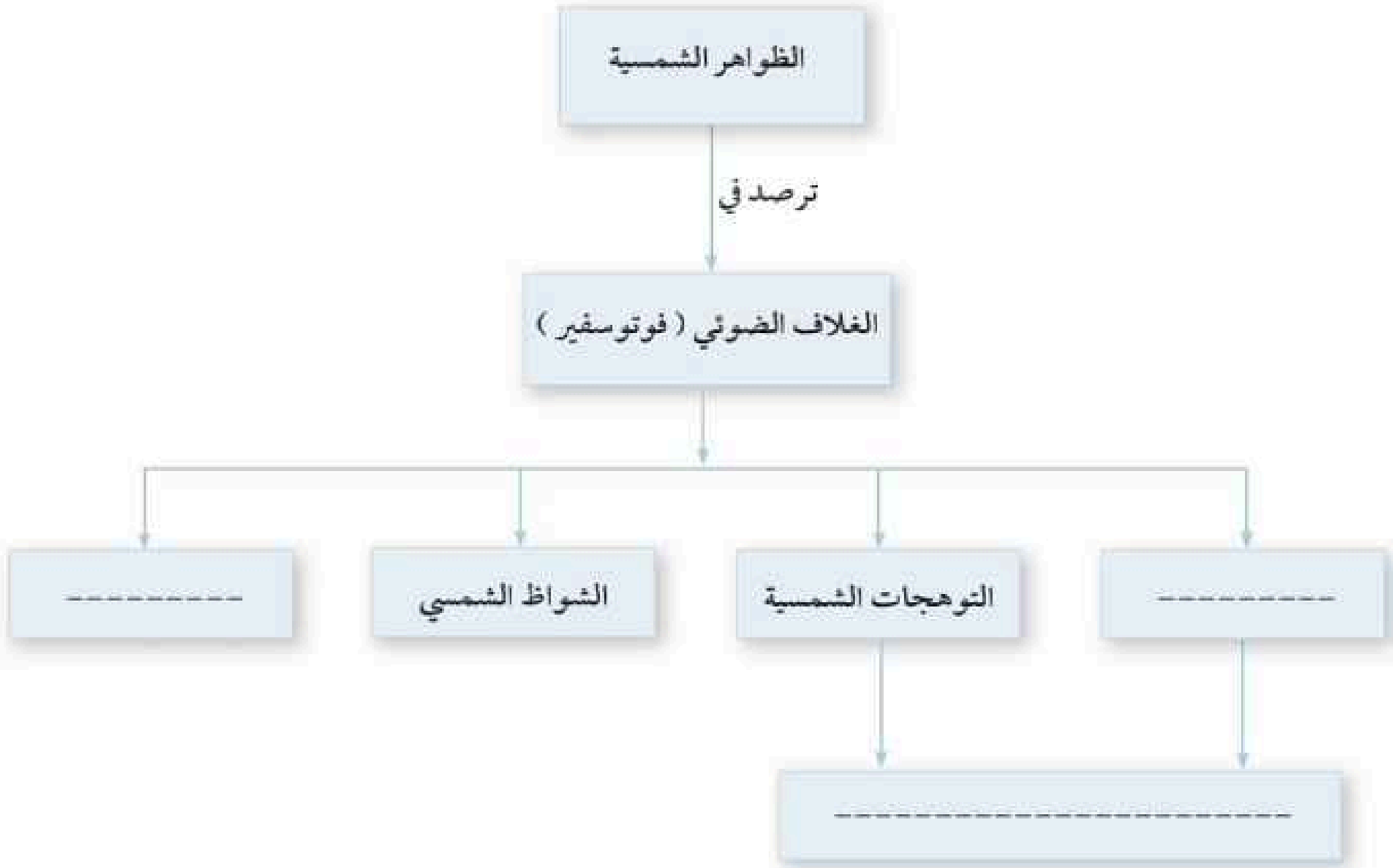
18. الشفق القطبي ظاهرة مألوفة في القطبين الشمالي والجنوبي، هل بالإمكان مشاهدة هذه الظاهرة في إحدى مدن المملكة؟ قدم مبرراتك في ضوء العوامل التي قد تؤثر في انتشار الشفق القطبي في سماء الكرة الأرضية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

2 تقويم الفصل

خريطة مفاهيمية

19. أكمل خريطة المفاهيم:



سؤال تحفيز

20. أعد قراءة الإثراء العلمي والذي تناول مرصد باركر الشمسي. إذا حدث انطلاق شواظ شمسي بالقرب منه فهل سيكون 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.

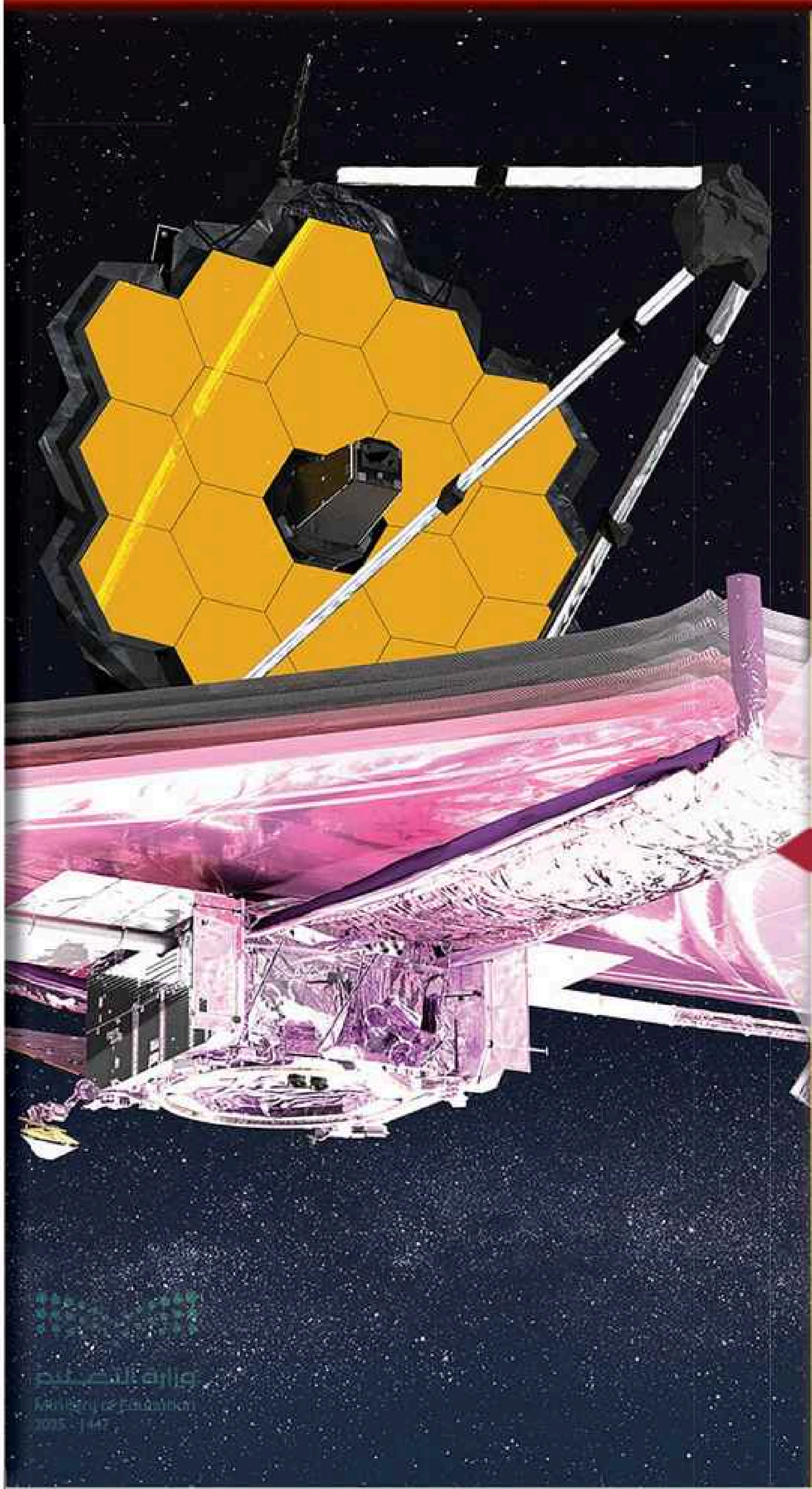
9. سبب عدم دقة بيانات المركبات الفضائية السابقة:

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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^0 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
2025 - 1447

تشترك جميع أجزاء الطيف الكهرمغناطيسي بنفس السرعة 3×10^{8} m/s وهي سرعة الضوء.

كل نطاق من النطاقات الطيفية له طول موجي وتردد مختلف، وتجمعهم علاقة عكسية ، حيث إنه كلما زاد الطول الموجي كلما قل التردد كما في المعادلة:

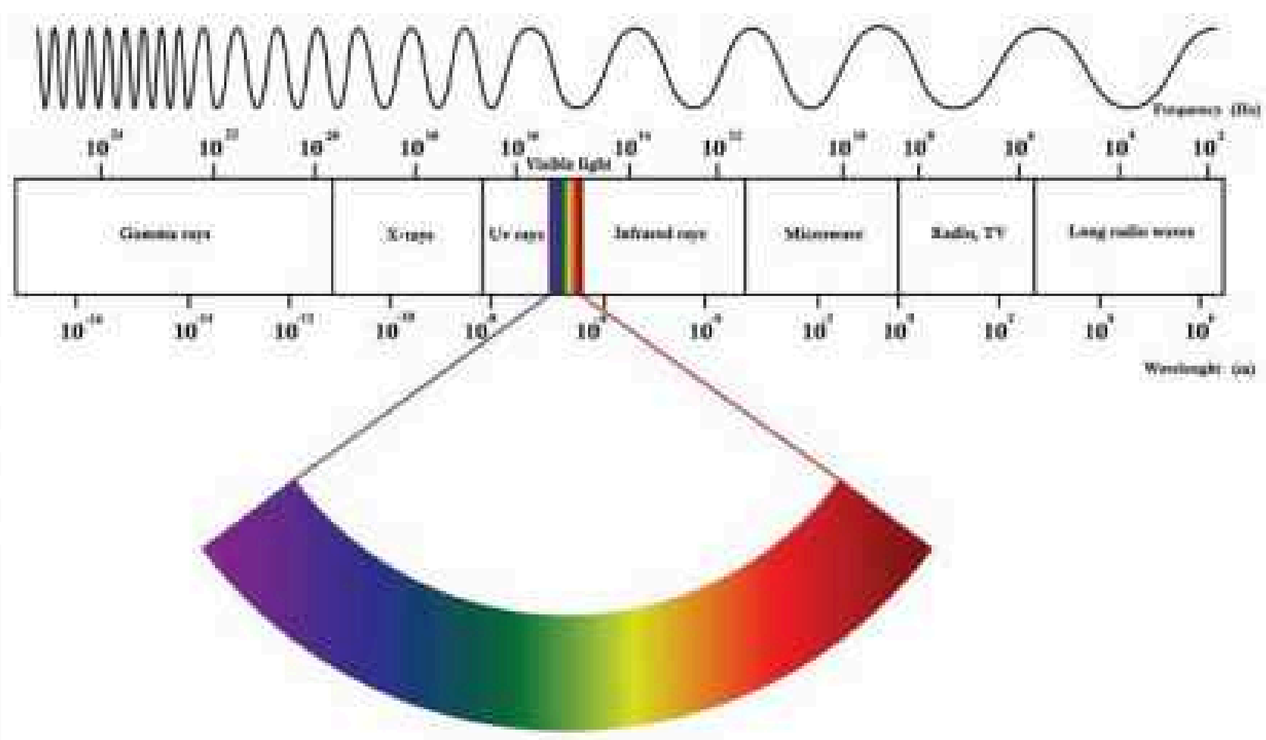
$$f=\frac{c}{\lambda}$$

حيث c هي سرعة الضوء م/ ث ، f هي التردد بالهرتز ، 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 تتناسب عكسيًا مع الطول الموجي؛ أي إن كلما قل الطول الموجي زادت طاقته، ولهذا فإن الأشعة فوق البنفسجية قد تتسبب في الإصابة بأمراض سرطانية عند التعرض لها؛ لأنها ذات طول موجي قصير وطاقة عالية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

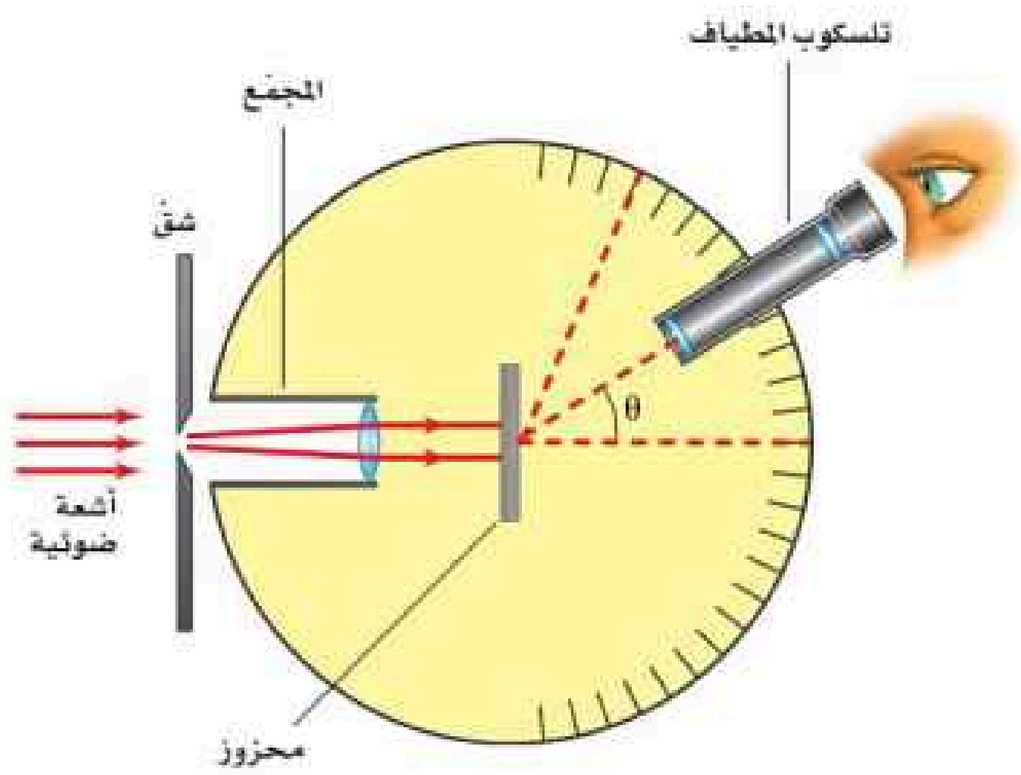
يستخدم جهاز **المطياف Spectrograph** الشكل 2–3 في تحليل أشعة النجم الذي نرصده إلى أطياف، حيث تستقبل بعد ذلك على شاشة أو كاشف detector لدراسته بشكل تفصيلي.

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.

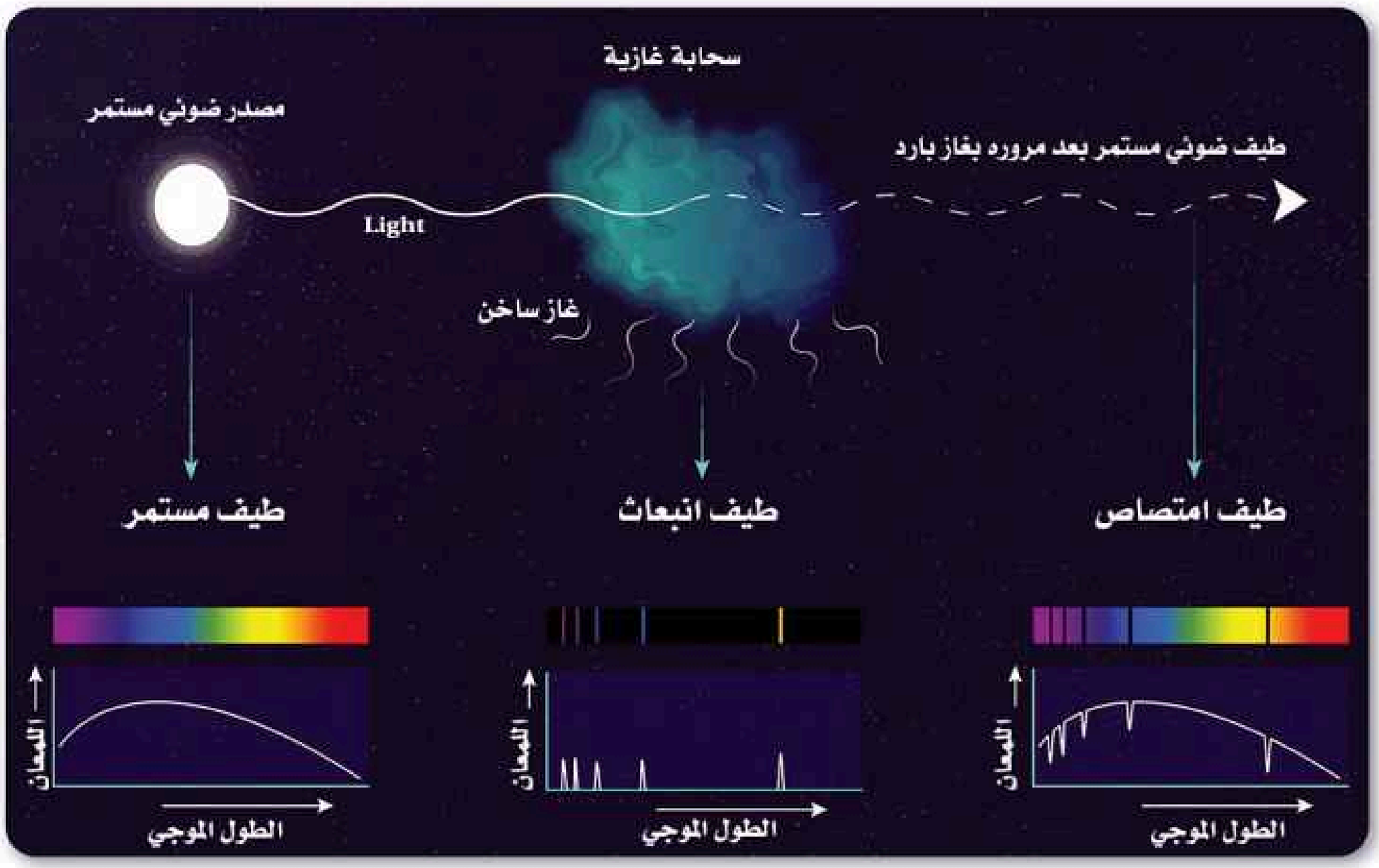


الشكل 2–3 تحليل الضوء بالمطياف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

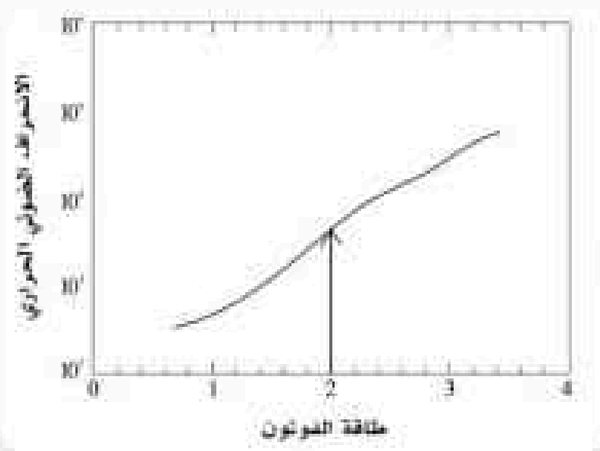
مـــثال 1

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.

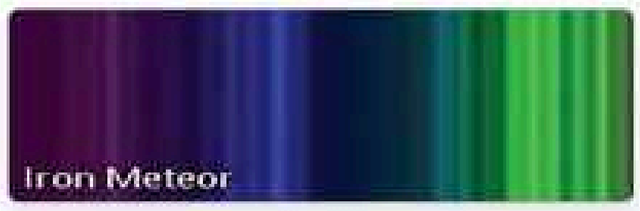
- **تقويم الجواب:**

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.

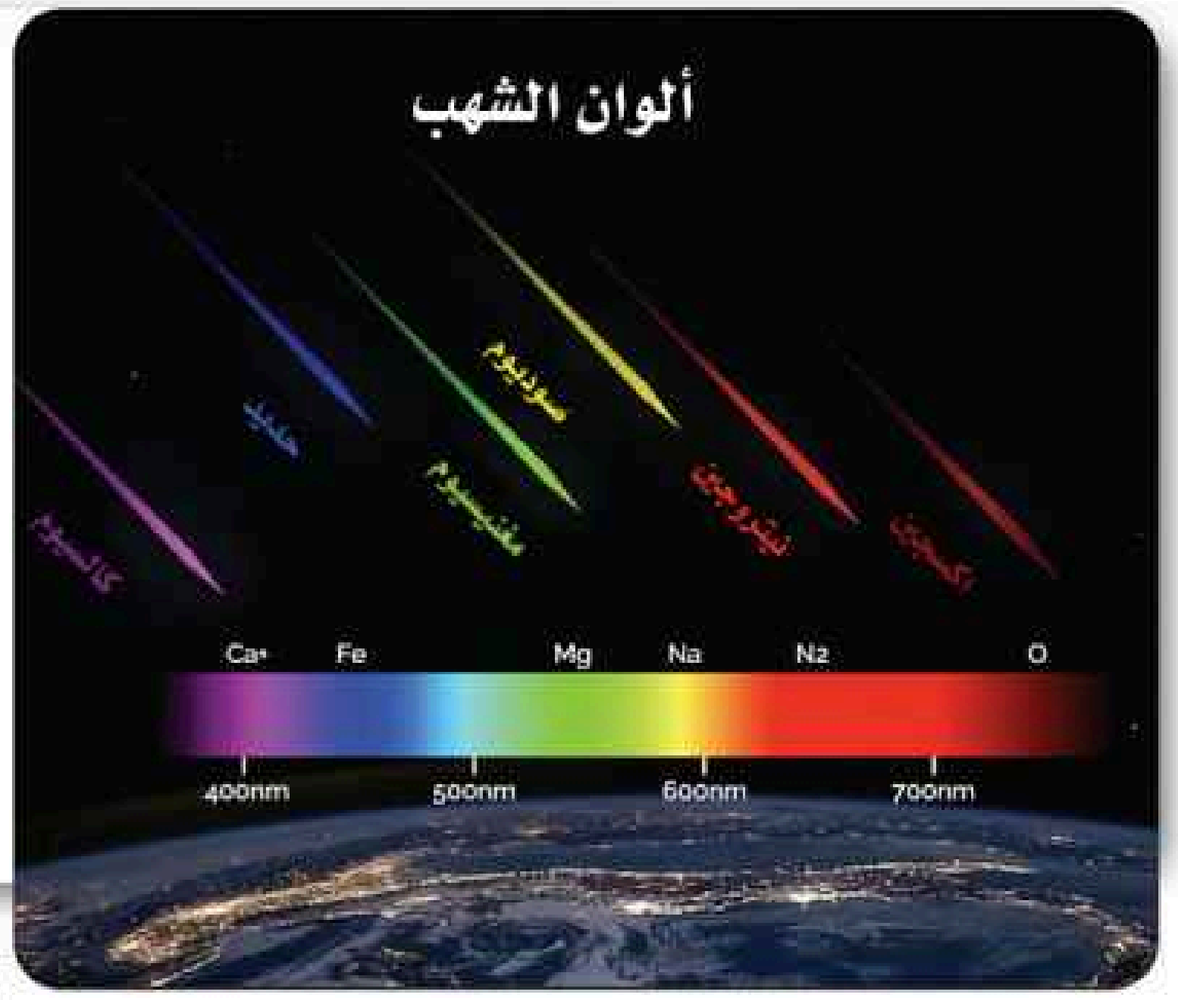
عندما تحترق شهب الأسديات (حديدية – صخرية) في الغلاف الجوي للأرض، فإنها تحتك بالعديد من جزيئات الهواء. هذه الاحتكاكات تبعثر الطبقات الخارجية للجسيم، مما يخلق بخارًا من ذرات الصوديوم والحديد والمغنيسيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.



الشكل 4–3 تنوع ألوان الشهب بعد احتكاكها بجزيئات هواء الغلاف الجوي.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

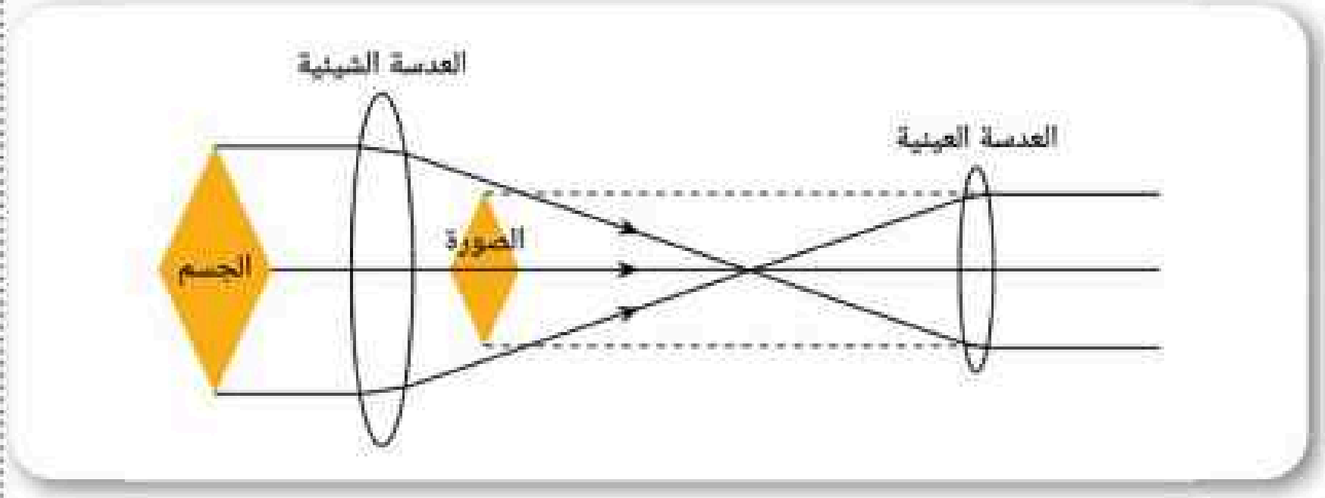
ثانيًا: بالرغم من أن فتحة بؤبؤ العين تتسع في العتمة لتسمح بمرور أكبر كمية من الضوء، لكنه يبقى اتساعًا محدودًا، حيث متوسط اتساعها في حدود سبعة ملليمترات.

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
2025 - 1447

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. راينر فايس
2. كيب ثورن
3. باري باريش

استطاعوا اكتشاف موجات الجاذبية.

بواسطة جهاز كاشف موجات الجاذبية العامل بتداخل الليزر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

2-قــوة التفريق Resolution power: وهي القدرة على تفريق وتحليل صور الأجســام البعيدة عن بعضها، وتحدد بأقل زاوية بين نقطتين يمكن تفريقهما عن بعض بوضوح. فمثلاً تلســكوب 10سـم له قدرة تفريق 1.4 ثانية قوسـية. ولو نظرنا بهذا التلســكوب لنجمين يبعدان عن بعضهما بمسافة تزيد عن 1.4 ثانية قوسية فســنرى 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 للشــيئية والبعد البؤري للعينية، ولذلك فإن تغيير العينية يعني تغيير القوة التكبيرية للتلســكوب. وكلما قصر البعد البؤري للعينية ازدادت قوة التكبير، فلو أخذنــا 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.

ولكــن هناك حدين يقع بينهما تكبير المنظار ويعتمدان على قطر الشــيئية، 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 يســتخدمها 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 تســتقبله 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 لقيــاس الزاويــة، الدرجة الواحدة تســاوى 60 دقيقة قوســية، والدقيقة القوســية تســاوي 60 ثانية قوسية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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:

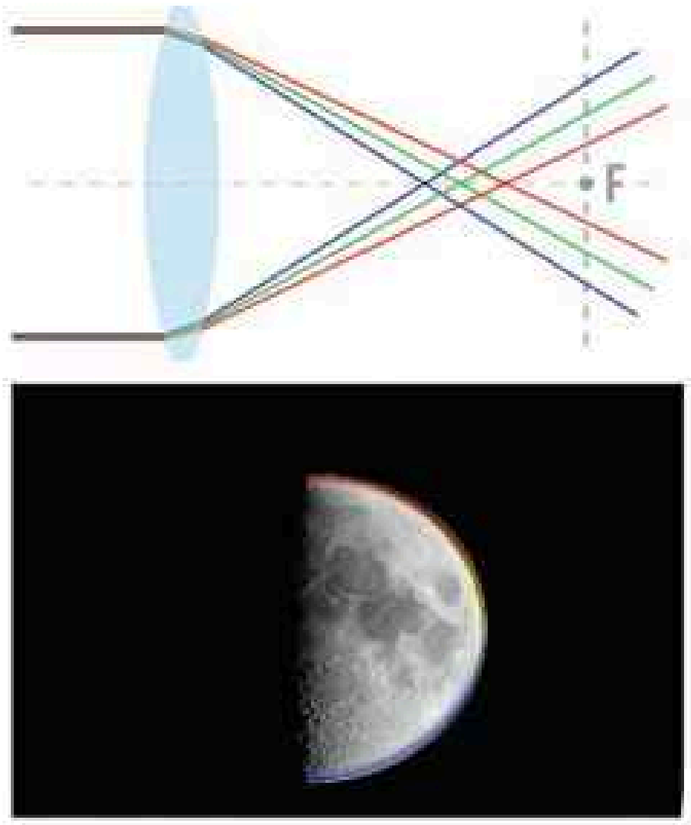
- إن العدسة ذات القطر الكبير تكون ثقيلة الوزن ويتركز سمكها في وسطها، أما أطرافها فتكون أقل كثيرًا في السمك، وتحمل عادة من أطرافها مما قد يعرضها لبعض الانحناءات وتغير الشكل تحت تأثير وزنها الكبير، ولهذا السبب فإن أكبر منظار كاسر يبلغ قطر عدسته 102 سم فقط، في مرصد (Yerkes) **الشكل 6–3** التابع لجامعة شيكاغو، 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الزوغان اللوني في التلسكوب

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 8–3 صورة توضح الزيغ الكروي.

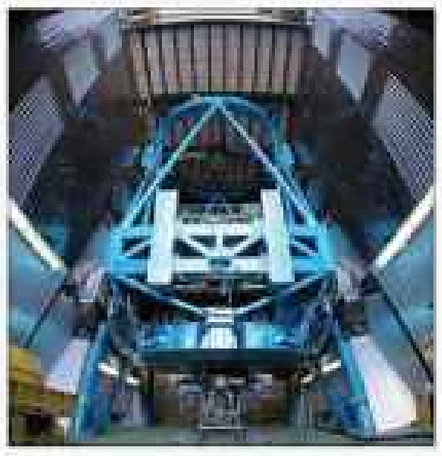
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الخوسية 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

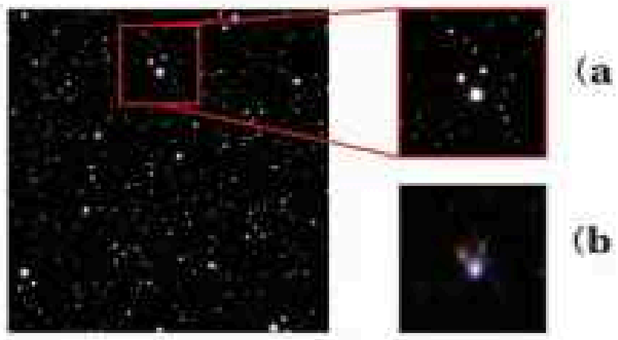
التليسكوب العاكس

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الاثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.



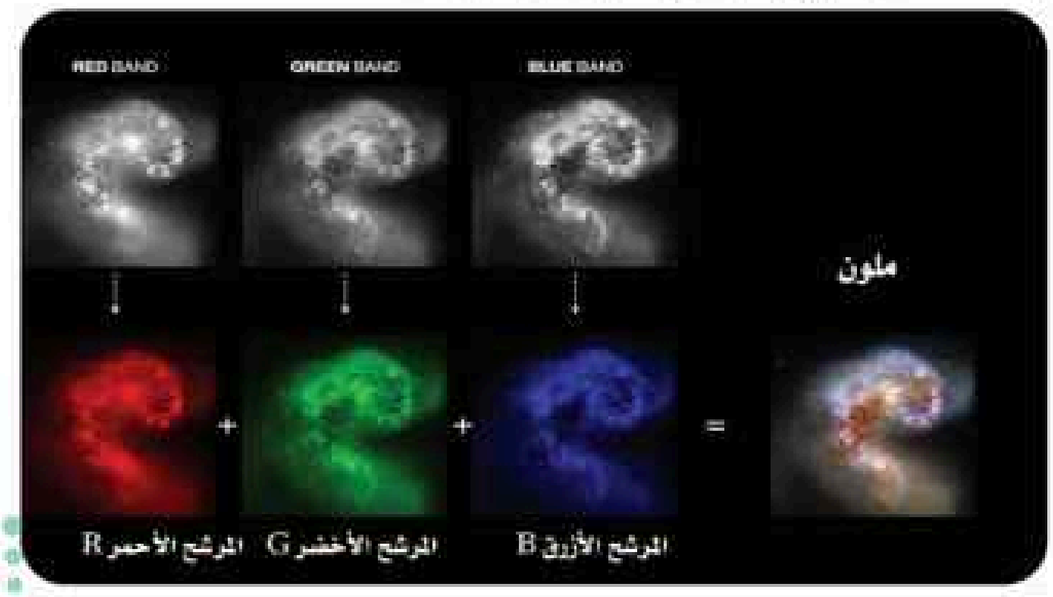
الشكل 10–3 صورة توضح الزيغ الهالي.

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.

الشكل 11–3 CCD كاميرا مثبتة بأسطوانة فلاتر.

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**، وكذلك الفلاتر الطيفية الشكل **12–3** وأجهزة قياس الطيف وتحليله.



الشكل 12–3 صورة لجرم سماوي بعد التقاطه بعدة نطاقات بواسطة الفلاتر الطيفية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 KeckI على اليمين، و Keck II على اليسار.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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).

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 17–3 صور لسدم بنطاق الأشعة السينية بواسطة مرصد شاندرا.
المصدر: وكالة ناسا.

الشكل 18–3 مرصد شاندرا للأشعة السينية.
المصدر: وكالة ناسا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

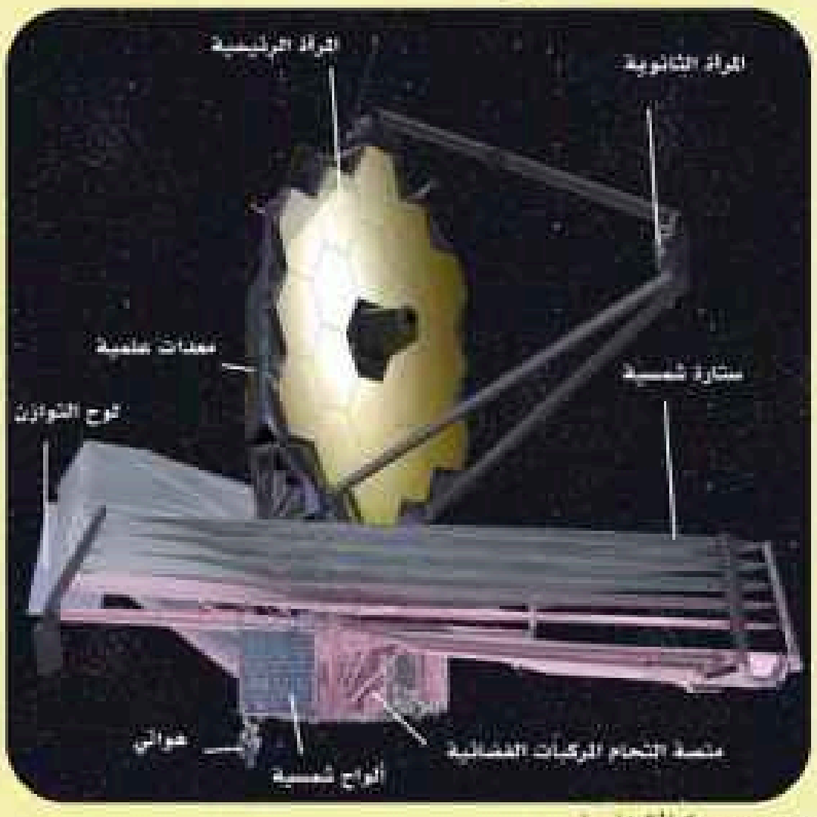
يأتي تلسكوب جمس ويب تتويجًا لجهود آلاف المهندسين ومئات من علماء الفضاء حول العالم، ومن المرتقب أن يقود هذا المرصد العالم إلى عصر جديد من الاستكشافات الفضائية.

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:



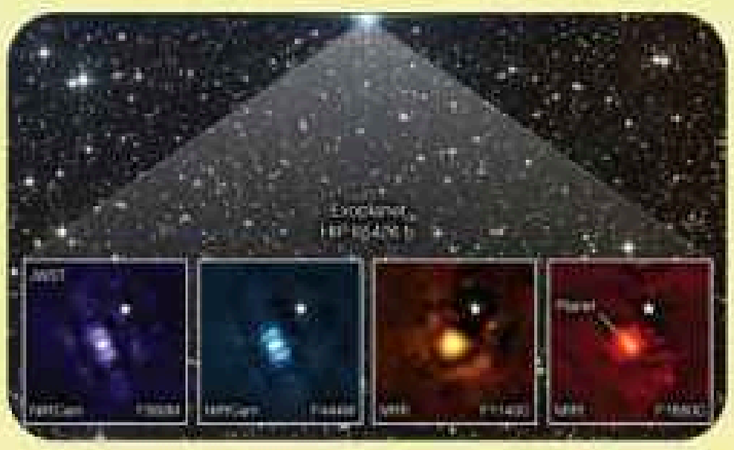
المصدر: وكالة ناسا.

- **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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الهالي	**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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

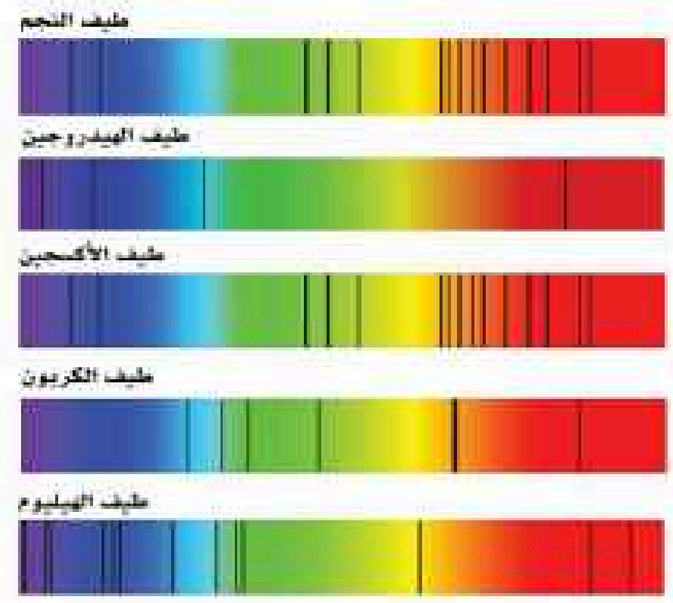
c. أعلى في قوة التكبير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

3 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

17. أي مـن العناصر التالية تمثل طيف النجم في الشـكل 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. اذكـر ثلاثًا من مميـزات المنظار الراديـوي 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.

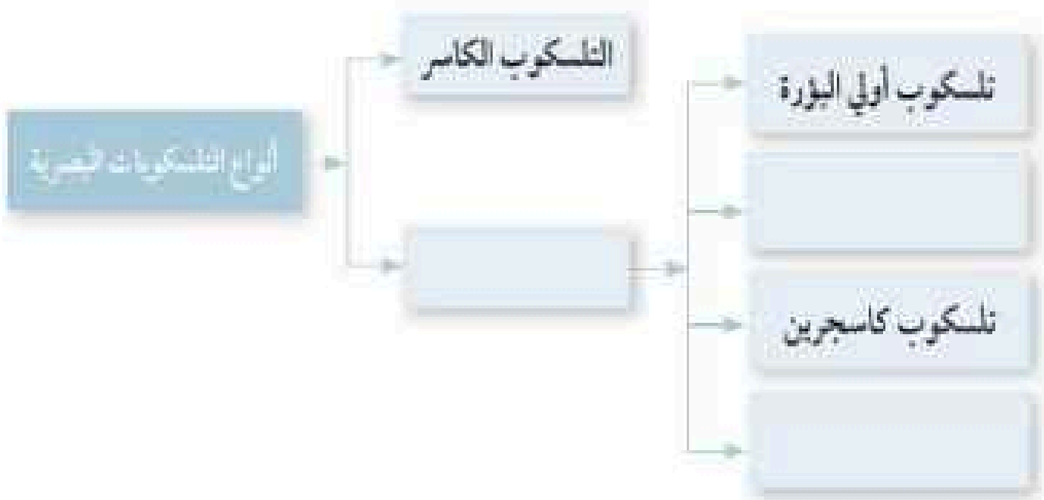
24. قارن بين قدرة العين والمنظار.

التفكير الناقد

25. تم رصد الثقب الأسود بواسطة المنظار الراديوي. أيهما برأيك الخصائص الطيفيـة 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 4

الأحافير والتأريخ الصخري
Fossils and the Geolgical Dating

أحافير لافقارية

ينقب عالم أحافير في الصخور بحثًا عن أحافير

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة استهلالية

كيف تتكون الأحافير؟

لعلك زرت أحد المتاحف، ووقفت أمام عظام متحجرة لأحد الديناصورات. تقدم العظام المتحجرة دليلاً على وجود الديناصورات وبقايا المخلوقات الأخرى في الزمن الماضي. وتتكون الأحفورة عند دفن عظام المخلوق أو الأجزاء الصلبة منه بسرعة في مواد مثل الطين أو الرمل أو رسوبيات أخرى، وتصبح متحجرة بعد مرور مدة طويلة من الزمن؛ إذ تمتص العظام والأجزاء الصلبة المعادن من الأرض.

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اسكب 500mL من الرمل في علبة اللبن البلاستيكية بعد إزالة الجزء العلوي.
3. ادفن **قطعة إسفنجية** في وسط الرمل.
4. اسكب 250 mL من **ماء ساخن في إناء سعته 500 mL**.
5. أضف 100 mL من **الملح** إلى الإناء 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

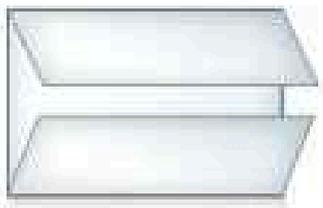
1. صف في دفتر علوم الأرض والفضاء ما حدث للقطعة الإسفنجية.
2. فسّر كيف ينمذج هذا النشاط عملية تكون الأحافير؟

المطويات منظمات الأفكار

التأريخ النسبي مقابل التأريخ المطلق

اعمل المطوية الآتية للمقارنة بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق لأعمار الصخور.

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: التأريخ النسبي، التأريخ المطلق.

استخدم هذه المطوية في القسم 4–4 في أثناء دراستك التأريخ النسبي والتأريخ المطلق، لخص المعلومات عليها، واكتب فيها أمثلة على إيجابيات وسلبيات كل منهما.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.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 للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: قبل المستودون.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

شروط تكون الأحافير

لتكون الأحافير لابد من توفر شروط معينة وبيئة ملائمة تعمل على حفظها أو حفظ بعض بقاياها. وهناك شرطان أساسيان لحدوث ذلك وهما:

1. أن يحوي جسم المخلوق على أجزاء صلبة:

حيث إن المادة الرخوة يتم تحللها بعد موت الكائن في مدة زمنية قصيرة إلا إذا وجدت ظروف خاصة تساعد على حفظها؛ كأن تدفن وتغطى بالثلج، أو مواد حافظة أخرى مثل: الإسفلت.

بينما المادة الصلبة في الكائن تكون فرصة حفظها أكبر، لذلك يكون من النادر وجود أحافير للكائنات التي ليس لها هياكل صلبة كالديدان.

2. أن يدفن الكائن 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**.

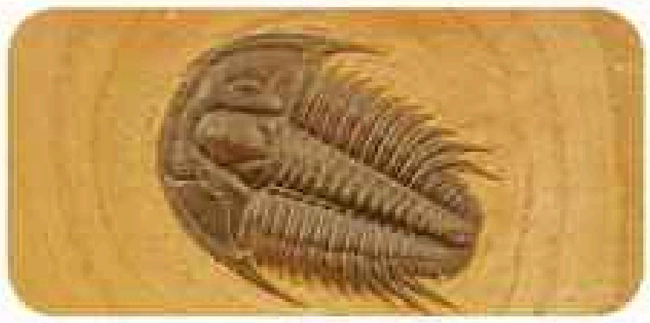
ماذا قرأت؟ بيّن سبب كثرة انتشار أحافير الكائنات البحرية؟

ومن خلال **الجدول 1–4** ستتعرف على أشكال مختلفة للأحافير الحيوانية والنباتية والأزمنة الجيولوجية التي عاشت فيها.

الشكل 1–4 أحافير كائنات بحرية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 لآثار 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 طرق الحفظ المختلفة للأحافير.
- **تناقش** أهمية الأحافير في معرفة البيئات القديمة وكيفية الاستفادة منها.

مراجعة المفردات

علم الأحافير:
العلم الذي يدرس المخلوقات الحية التي عاشت في الماضي.

المفردات الجديدة

التمعدن
التفحم
الاحلال
الطبع
آثار الحفر
النموذج
القوالب

الفكرة الرئيسة يتم حفظ الأحافير بطرق عديدة تعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالأحفورة، وتساعد الأحافير في فهم كيفية تكون البيئات القديمة منذ ملايين السنين.

الربط مع الحياة عندما تذهب مع زملائك أو عائلتك في نزهة برية خارج المدينة تلاحظ أشكال مميزة داخل الصخور الرسوبية، يشد انتباهك فيها جمال وتنوع أشكالها، هذه هي الأحافير.

طرق حفظ الأحافير

Methods of preserving fossils

تفيد عمليات حفظ الأحافير في معرفة المخلوقات الحية التي كانت موجودة في تلك الأزمنة التي تمثلها هذه الأحافير والتي حفظت ضمن الصخور الرسوبية، 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 كاملًا بجميع أجزائه الصلبة والرخوة، ويعد العثور على هذه الأحافير كاملة نادر جدًا؛ لأن حفظها يحتاج إلى بيئات وظروف خاصة، ويتميز

الشكل 2–4 الماموث الصوفي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

هذا النوع من الحفظ بأهميته لأنه يعطينا معلومات مهمة عن أجزاء الحيوانات اللحمية وتشريحها، ومن المخلوقات التي حفظت حفظًا كاملًا الماموث الصوفي في ثلوج سيبيريا **الشكل 2–4**، كما وجد وحيد القرن الصوفي محفوظًا في الطبقات الإسفلتية في شرق أوروبا **الشكل 3–4**، كما حفظت بعض الحشرات وحبيبات اللقاح في الصمغ النباتي (الكهرمان) **الشكل 4–4**.

الشكل 3–4 وحيد القرن الصوفي.

ثانيًا: الحفظ بتغيير التركيب الأصلي

وهو الذي يحدث نتيجة تغير كيميائي في تركيب المادة الأصلية للمخلوق مع بقاء الشكل الخارجي والتفاصيل الأخرى دون تغيير، وتعد هذه الطريقة من أهم طرائق حفظ الأحافير، وتتم من خلال ما يلي:

a. التمعدن:

تسمى عملية ترسب الأملاح والمعادن الذائبة في الماء في الفراغات ومسام الأصداف والعظام **بالتمعدن mineralization**، ومن أمثلتها: أكاسيد الحديد، وكربونات الكالسيوم، والسيليكا 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:

عندما يموت المخلوق الحي ويدفن في الرواسب، ومع زيادة الضغط ودرجة الحرارة العالية إضافة إلى عامل الزمن الطويل، تبدأ عمليات **التفحم carbonization**؛ وذلك بأن يتطاير الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين الموجود في خلايا المخلوق ويبقى الكربون الذي يمثل الشكل الأصلي؛ حيث يميل لونها إلى اللون الأسود بسبب غناها بالكربون، وغالبًا ما تكون البيئة التي تحفظ فيها بيئة كيميائية مختزلة (خالية من الأكسجين) مثل: بيئة المستنقعات **الشكل 6–4**.

الشكل 4–4 حشرة في الكهرمان.

c. الإحلال:

تسمى عملية إحلال معدن ثانوي (السيليكا – كربونات الكالسيوم – أكاسيد الحديد) إحلالًا كاملًا أو جزئيًا محل المادة الأصلية للمخلوق **بالإحلال substitution**، مثل بعض الأصداف عندما يحل معدن الكوارتز مكان الكالسيت أو مثل ما يحدث للأشجار المتحجرة عندما حلت مادة السيليكا مكان المادة العضوية في الخشب **الشكل 7–4**.

ماذا قرأت؟ في التفحم **ماهي** المواد التي يفقدها المخلوق، وماهي المادة الوحيدة التي تبقى لتشكل الأحفورة؟

ثالثًا: الطبع

يتكون **الطبع print** عندما تترك المخلوقات طبعة آثارها على المواد الرسوبية الطرية، وعندما تجف هذه الرواسب يحفظ الطبع كنوع من الأحافير، ومن الأمثلة على ذلك: طبع أقدام الطيور والديناصورات وأوراق الأشجار **الشكل 8–4**.

الشكل 5–4 التمعدن في أحفورة الأمونيتات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 يُمكّن 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.

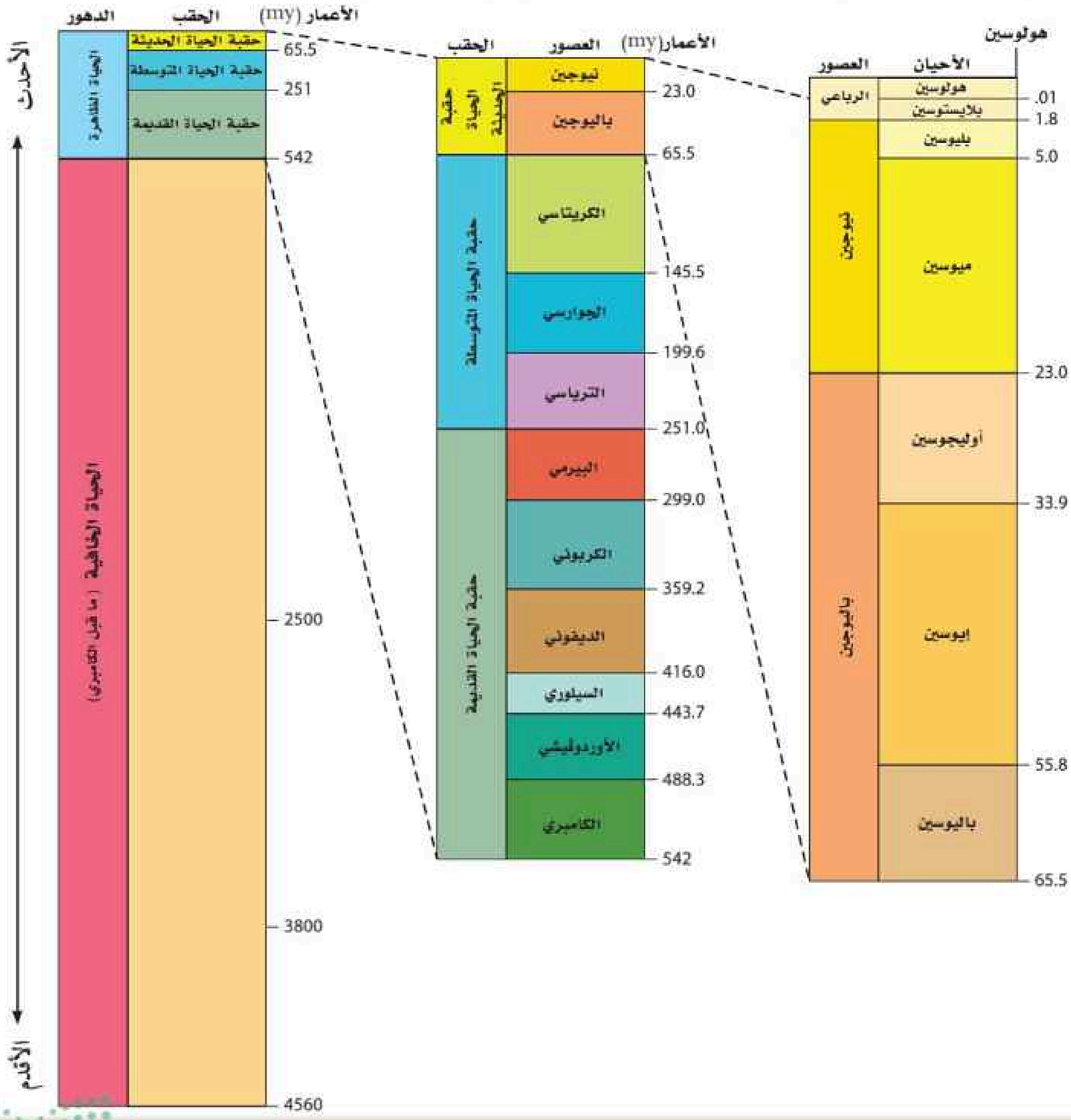
الشكل 12–4 تمثل الطبقات أحداثًا جيولوجية تقدر أعمارها بمئات الملايين من السنين. ويدرس الجيولوجيون الصخور والأحافير في كل طبقة لمعرفة تاريخ الأرض باستعمال وحدات زمنية مختلفة.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

سلم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

الشكل 13–4 يبدأ سلم الزمن الجيولوجي قبل 4.6 بلايين عام. ويقسّم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى مجموعات، أكبرها الدهور؛ حيث يحتوي كل منها على حقب، وكل حقبة على عصور، وكل عصر على أحياء. ويسمى الحين الحالي هولوسين. ويوجد لكل وحدة في سلم الزمن الجيولوجي اسم ومدى زمني بملايين السنين.

حدد أحدث وحدة زمنية لكل من الأحياء 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.

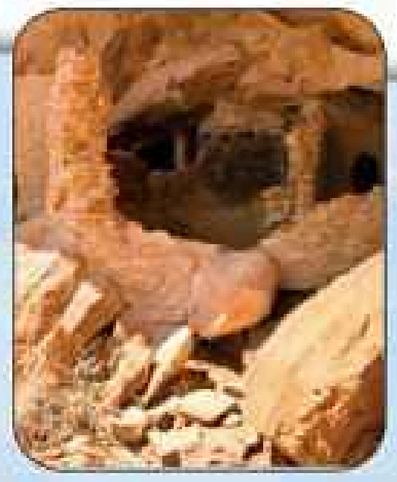
استنتج كيف كان هذا المخلوق يتحرك؟

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.



1857 اكتشف عمّال المقالع هيكلاً عظميًا يسمى نيندرتال.

1929 يُعدّ أناسازي أول موقع أثري يؤرخ باستعمال حلقات الأشجار السنوية.

1796 رسم المساح وليام سميث أول خارطة جيولوجية اعتمادًا على أحافير محددة في الطبقات الصخرية.

1820 اكتشفت ماري آنج أحافير عدة لمخلوقات حية قديمة، وأثارت بذلك اهتمامًا كبيرًا بعلم الأحافير.

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
2025 - 1447

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.

الشكل 16–4 أحفورة الأمونيت إحدى الأحافير المرشدة البحرية التي ميزت الحقبة المتوسطة.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تعاقب أشكال الحياة Succession of Life-Form

بدأت المخلوقات الحية العديدة الخلايا في التنوع في دهر الحياة الظاهرة. لذلك فإن أحافيرها أكثر شيوعًا من أحافير ما قبل الكامبري القليلة نوعًا ما. وفي أثناء أول حقبة من دهر الحياة الظاهرة – وهي حقبة الحياة القديمة– امتلأت المحيطات بأنواع مختلفة من الحياة، ومن بينها الترايلوبيت (ثلاثية الفصوص) ، وهي حيوانات صغيرة ذات أصداف صلبة مقسمة إلى ثلاثة أجزاء، انظر **الشكل 17-4**، وتعد من أشكال المخلوقات الحية الأولى ذوات الأصداف، وقد سادت هذه المخلوقات في المحيطات في بدايات حقبة الحياة القديمة. أما نباتات الأرض فظهرت لاحقًا وتبعها ظهور حيوانات اليابسة، كما وفرت مستنقعات العصر الكربوني بيئة مناسبة لنمو النباتات، والتي تحولت لاحقًا إلى فحم حجري. وقد شهدت نهاية حقبة الحياة القديمة أكبر أحداث الانقراض الجماعي في تاريخ الأرض؛ إذ اختفت 90% من المخلوقات الحية البحرية. **والانقراض الجماعي Mass extinction** هو اختفاء مجموعات من المخلوقات الحية في السجل الصخري في فترة زمنية محددة.

واشتهرت حقبة الحياة المتوسطة بظهور الديناصورات، التي سادت على اليابسة، كما ظهرت مخلوقات حية أخرى كالزواحف المفترسة الكبيرة، التي عاشت في المحيطات، وتميزت نهاية حقبة الحياة المتوسطة بحادث انقراض ضخم؛ إذ انقرضت مجموعات كبيرة من المخلوقات الحية ومنها الديناصورات غير الطائرة والزواحف البحرية الضخمة. وفي حقبة الحياة الحديثة ظهرت الثدييات وتنوعت وزادت أعدادها.

الشكل 17–4 الترايلوبيت أحافير من حقبة الحياة القديمة توجد في بقاع مختلفة من العالم. وقد أدى الانقراض الجماعي الذي حدث في نهاية هذه الحقبة إلى اختفاء 90% تقريبًا من أشكال الحياة.

استنتج ما علاقة انقراض المخلوقات الحية بتسمية العصر الكربوني؟

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني 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
2025 - 1447

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.**

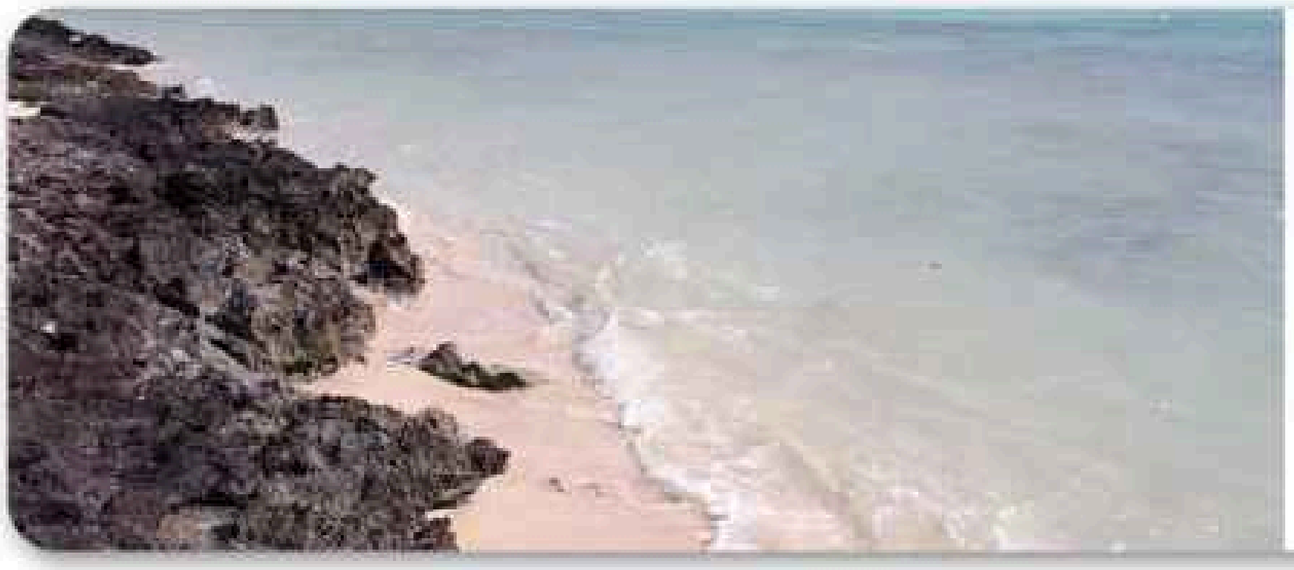
الربط مع الحياة إذا طلب إليك أن ترتب الأحداث الآتية: زمنيًّا من الأقدم إلى الأحدث، فكيف تفعل ذلك؟ (ذهابك إلى المدرسة، استيقاظك من النوم، ارتداؤك الملابس، تناولك الطعام). ستعتمد على الأرجح على خبرتك السابقة في ترتيب هذه الأحداث. يستعمل العلماء أيضًا معلومات من الماضي لترتيب الأحداث في تعاقب زمني مماثل. 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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

ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك

المفردات

مفردات أكاديمية

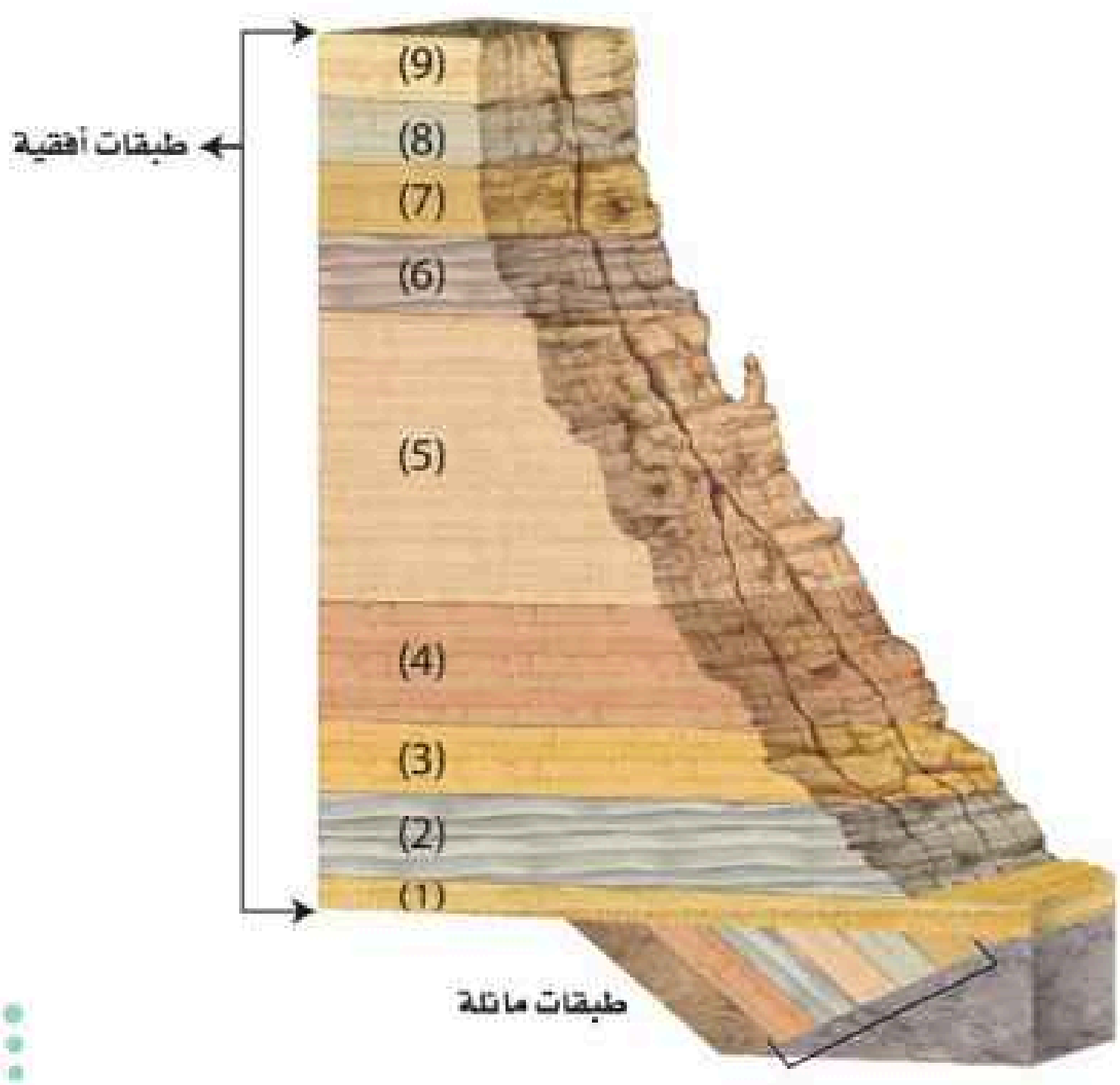
المبدأ

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 تصلُّب 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 ناريًّا رأسيًّا 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 قطريًّا 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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 21–4 عدم التوافق هو سطح تعرية يفصل بين طبقتين صخريتين ترسّبتا في أوقات مختلفة. ويوضح الشكل أدناه الأنواع الثلاثة لعدم التوافق.

عدم توافق انقطاعي

اللاتوافق

عدم توافق زاوي

وينص مبدأ القاطع والمقطوع Cross-cutting relationship على أن القاطع أحدث من المقطوع. لذلك فإن قواطع الجرانيت في **الشكل 20–4** أحدث من صخور الشيست. ولأن الصدوع كسور في الأرض يمكن أن تحدث حركة على طولها، لذا يمكن تطبيق مبدأ القاطع والمقطوع عليها؛ حيث يكون الصدع أحدث من الطبقات والمعالم الجيولوجية التي يقطعها.

عدم التوافق Unconformity يتغير سطح الأرض باستمرار بفعل التجوية والتعرية والزلازل والبراكين وعمليات أخرى، لذلك من الصعب أن تجد تعاقبًا صخريًّا لم يطرأ عليه أي تغيرات. وفي بعض الأحيان قد تُفقَد أحداث زمنية ماضية كليًّا من تاريخ الأرض. فعلى سبيل المثال لو أن صخورًا رسوبية تكشفت على السطح وتعرضت لعمليات حت وتعرية ففقدت جزءًا منها، ثم حدث ترسب جديد وغطيت هذه المنطقة بطبقة جديدة من الرسوبيات فإن سطح التعرية هذا سيمثل فراغًا (فترة زمنية مفقودة) في السجل الصخري. وتسمى سطوح التعرية المدفونة عدم توافق Unconformity؛ حيث تكون الطبقة الصخرية التي تعلو سطح عدم التوافق مباشرة أحدث عمرًا من الطبقة التي تقع تحته. ويميز العلماء ثلاثة أنواع من سطوح عدم التوافق موضحة في **الشكل 21–4**.

عدم التوافق الانقطاعي Disconformity عندما تعلو طبقة رسوبية أفقية طبقة رسوبية أفقية أخرى، يسمى سطح التعرية بين هاتين الطبقتين عدم التوافق الانقطاعي. ويمكن تمييز سطح عدم التوافق الانقطاعي عندما يكون سطح التعرية متعرجًا، ولكن تصعب رؤيته عندما يكون مستويًا.

اللاتوافق Nonconformity هو سطح يتكون عندما تعلو طبقة رسوبية صخورًا نارية أو متحولة كالجرانيت أو الرخام، وسطح اللاتوافق سطح تعرية يسهل تعرُّفه. ولأن الجرانيت والرخام يتكوّنان في الأعماق فإن سطح اللاتوافق سوف يشير إلى فترة زمنية ضائعة في السجل الصخري، وهي الفترة التي انقضت في أثناء رفع هذه الصخور من باطن الأرض إلى أعلى وتعريتها على سطح الأرض وترسب طبقة صخرية جديدة فوقها.

ماذا قرأت؟ ميِّز بين عدم التوافق الانقطاعي واللاتوافق.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

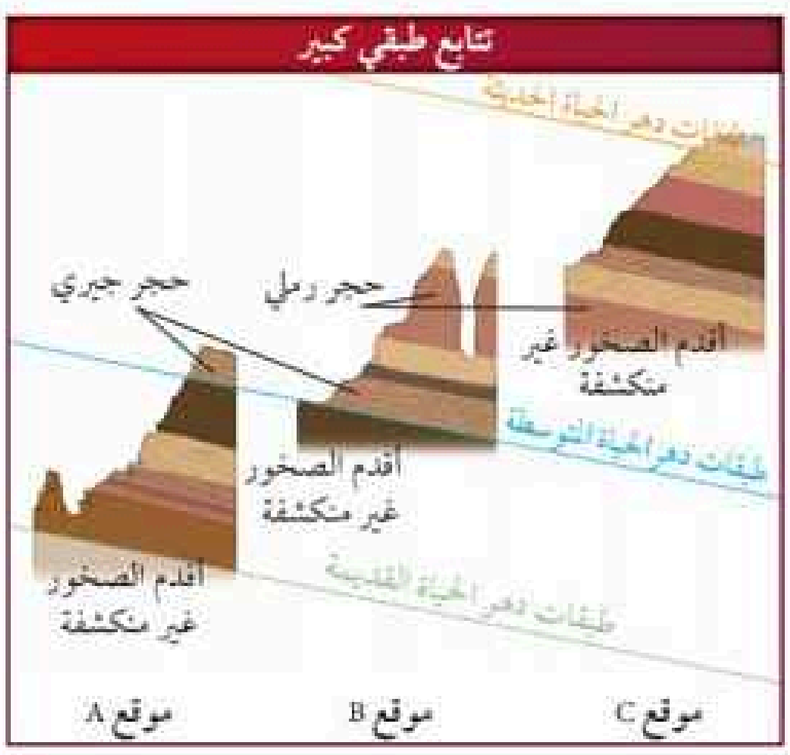
عدم التوافق الزاوي Angular unconformity تتعرض الطبقات الصخرية الرسوبية الأفقية إلى تشوه بسبب حركة الصفائح؛ حيث تتعرض للرفع والميلان، كما تتعرض خلال هذه العمليات للتجوية والتعرية، ثم إذا ترسّبت فوق هذه الطبقات المائلة بعد تعريتها طبقة أفقية من صخور رسوبية فسيتكون سطح عدم توافق يسمى عدم التوافق الزاوي. 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 نسبيًّا 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.

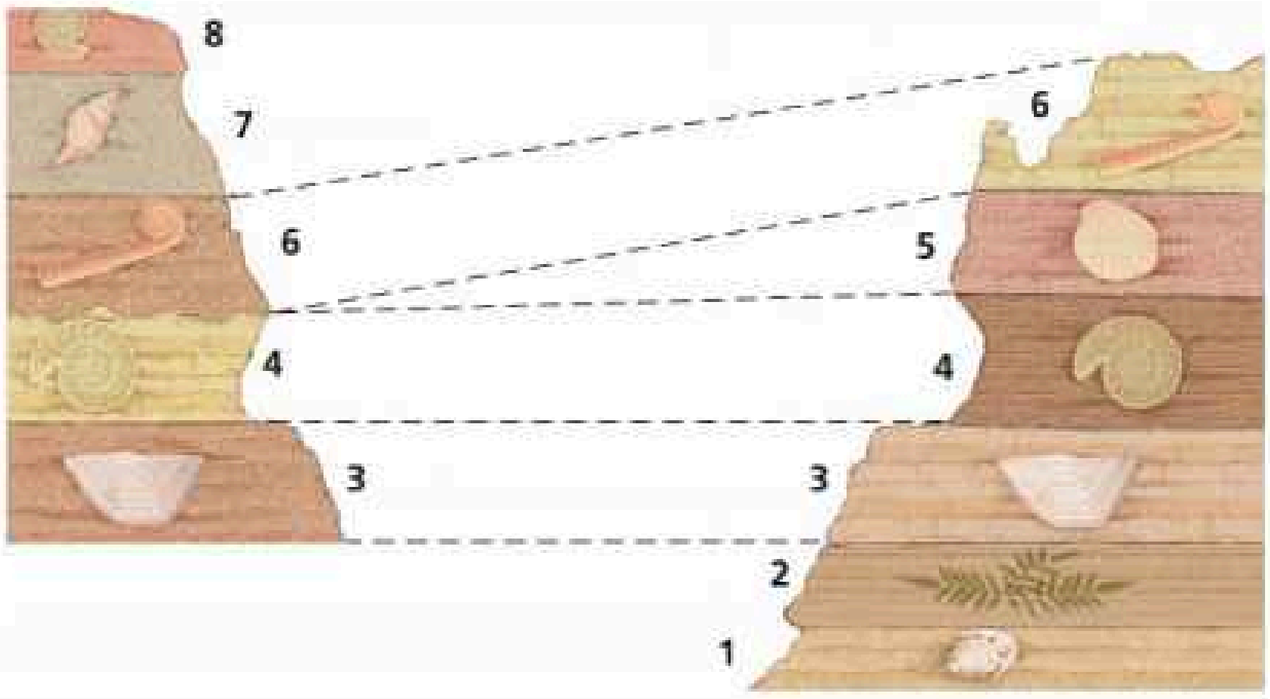


الشكل 23–4 يمثل الحجر الجيري أحدث الطبقات الصخرية في الموقع A وأقدمها في الموقع B، وطبقة الحجر الرملي تمثل أحدث الطبقات الصخرية في الموقع B ولكنها تعد صخورًا غير منكشفة في الموقع C.

استنتج تركيب الطبقة المدفونة أسفل طبقة الحجر الجيري عند الموقع B.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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

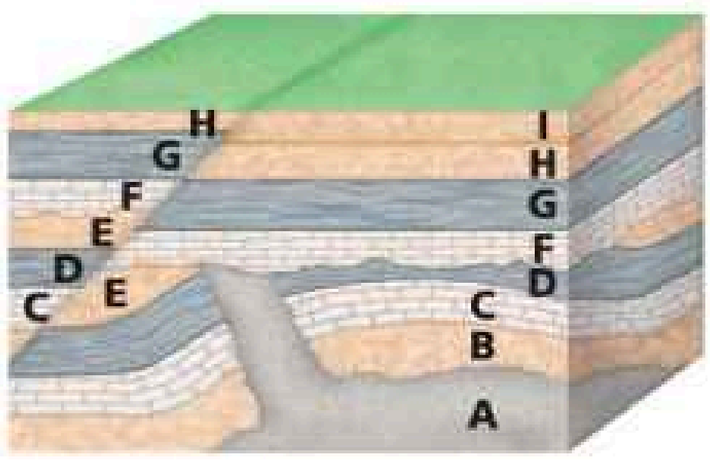
جيولوجي البترول

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
2025 - 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.

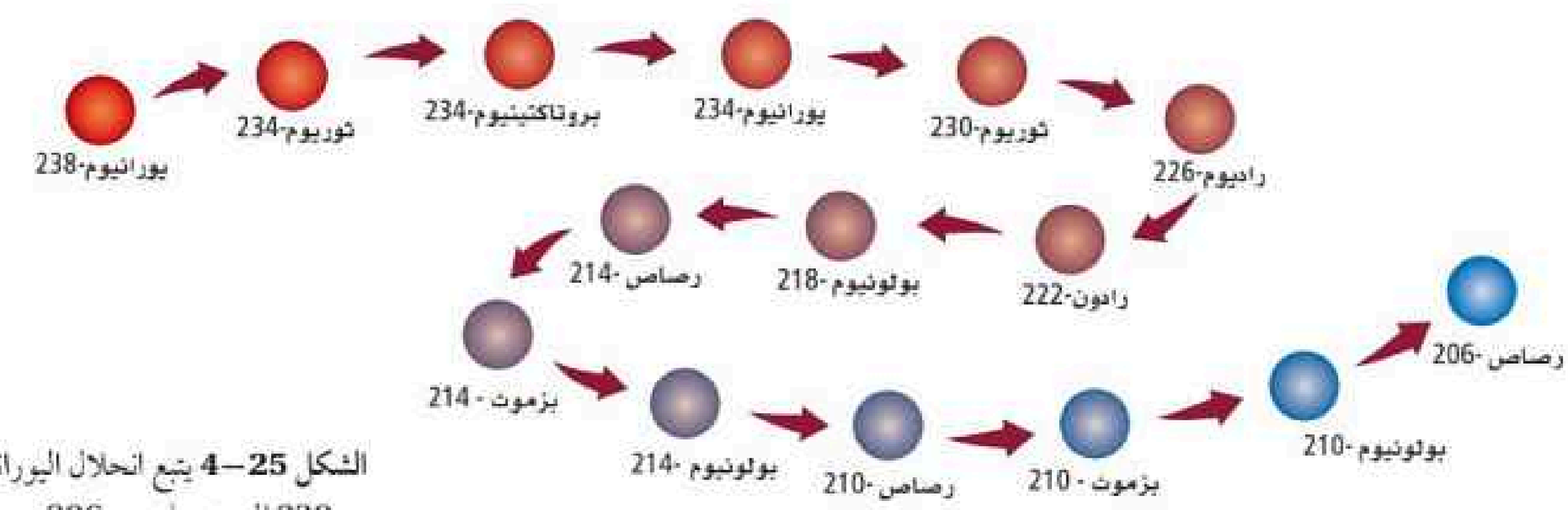
الربط مع الكيمياء

تنبعث 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

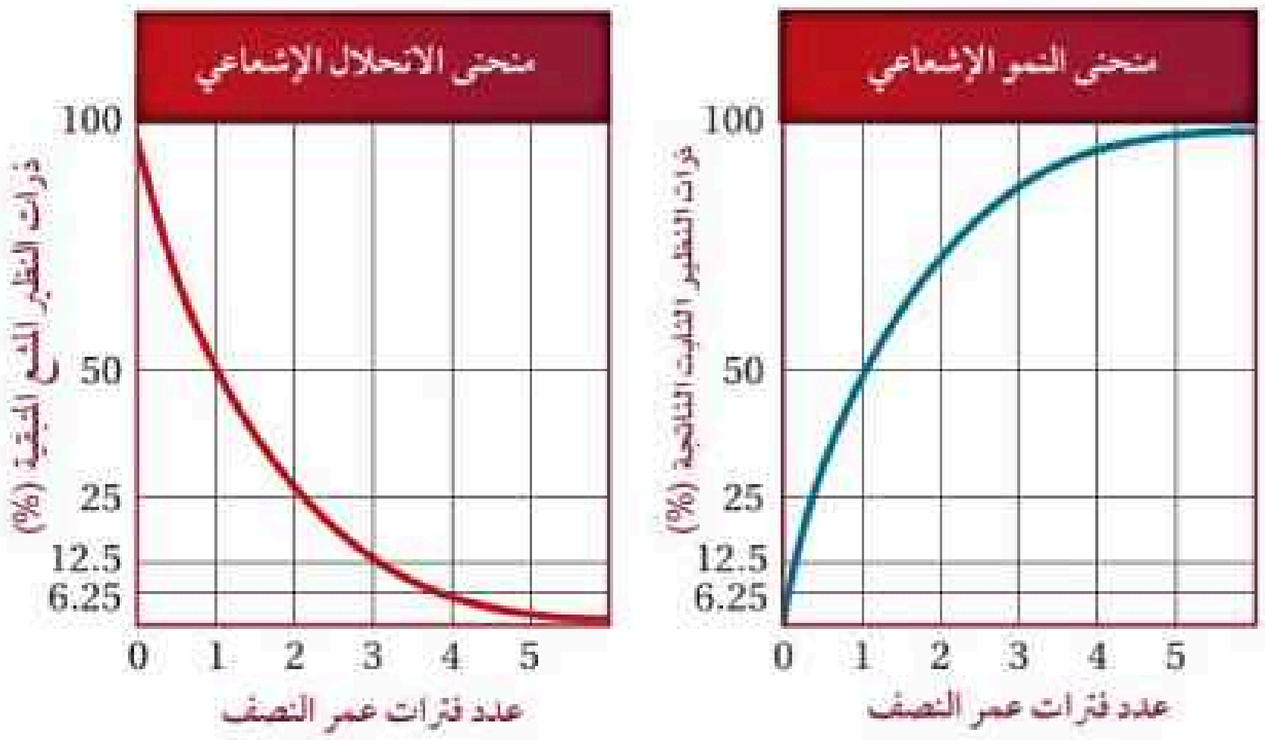
إن التأريخ النسبي طريقة لمقارنة الأحداث الجيولوجية السابقة بناء على ترتيب الطبقات في السجل الصخري، في المقابل فإن **التأريخ المطلق absolute age dating** يُمَكِّنُ العلماء من تحديد عمر الصخور والأجسام الأخرى بدقة (بالأرقام). وباستعمال طرائق التأريخ المطلق يقيس العلماء انحلال النظائر المشعة في الصخور النارية 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



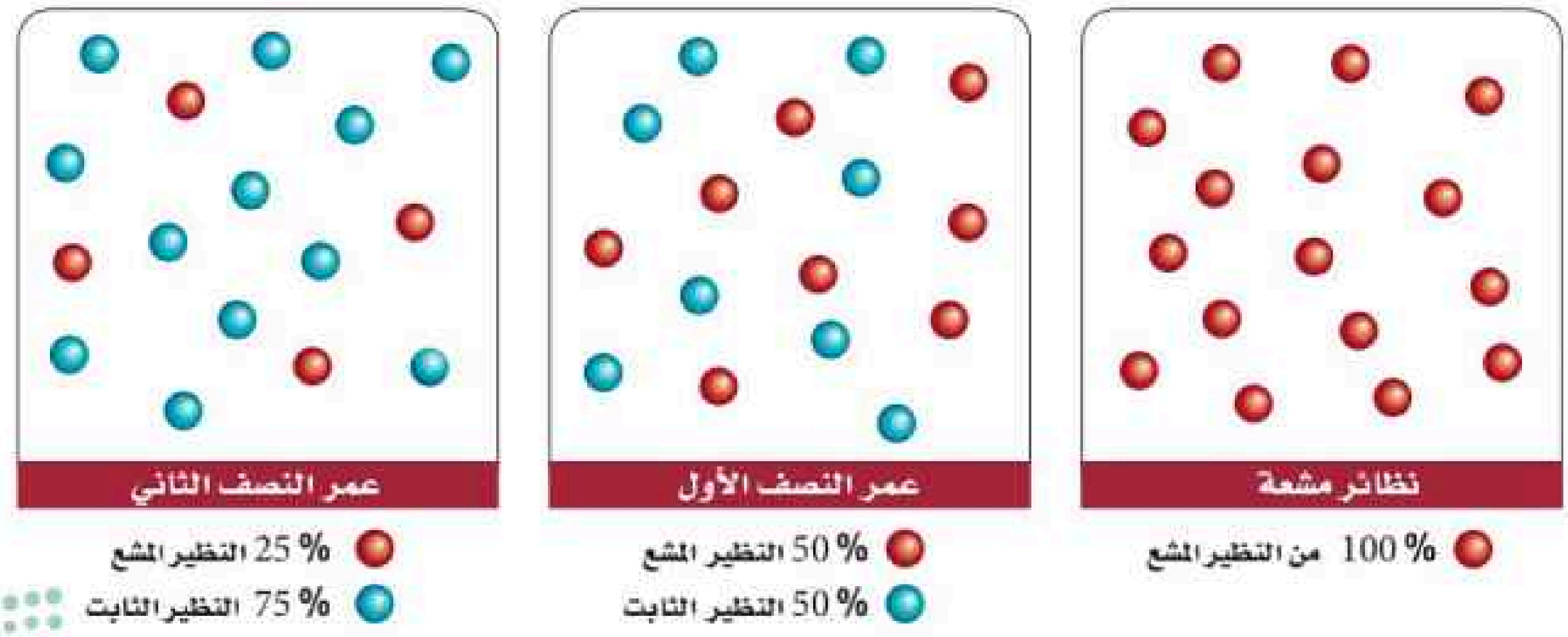
الشكل 26–4 ينقص عدد ذرات نظير المشع بينما يزداد عدد ذرات النظير الثابت بالقدر نفسه في أثناء عمليتي الانحلال والنمو الإشعاعي.

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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

النوع مـــن التأريخ موادَّ من أصل حيواني أو نبـــاتي، ومنها العظام والفحم النباتي والعنبر.

تحتوي أنســـجة المخلوقات الحية جميعها -ومنها الإنســـان - على كمية قليلة من الكربون-14. وينحـــل الكربون-14 في أثناء حياة المخلوق الحي ولكنه يتجدد باســـتمرار بعمليـــة البناء الضوئي أو التغذي. وعندما يموت المخلوق الحـــي فإنه يتوقف عن الحصول على الكربـــون-14، لذا تنقص كمية الكربون-14 في جســـمه مع مرور الوقت.

ويســـتطيع العلماء من خلال قياس كمية الكربـــون-14 في المادة العضويـــة أن يحددوا الزمن الـــذي انقضى منذ موتـــه. وتعد هذه الطريقة مفيدة عمليًّا في تحديد أعمار الأحداث الجيولوجية الحديثة التي تحوي بقايا المادة العضوية.

طرائق أخرى لتحديد العمر المطلق

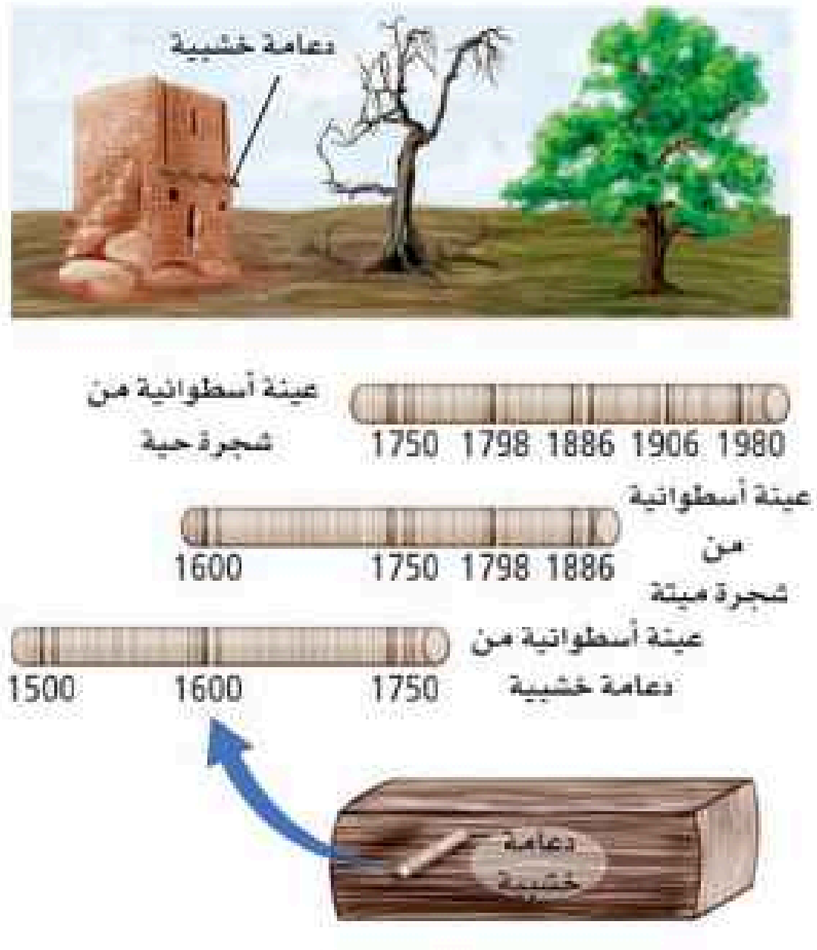
Other Ways to Determine Absolute Age

تُعدّ طريقة التأريخ الإشـــعاعي من أكثر الطرائق الشائعة لدى الجيولوجيين لتحديد عمر المـــواد الجيولوجية؛ إلا أن هناك طرائق تأريخ أخرى كثيرة تســـاعدهم على تحديد أعمار بعض الأجسام أو الأحداث، ومن ذلك حلقات الشـــجر وعينات الجليد الأسطوانية ورسوبيات قيعان البحيرات ورسوبيات قيعان المحيطات.

حلقات الأشجار Tree rings يحوي الكثير من الأشجار سجلًّا زمنيًّا في حلقات جذوعها. تســـمى حلقات الأشجار السنوية انظر الشكل 29-4.

ماذا قرأت؟ صف كيف يمكن لحلقات الأشـــجار السنوية أن تبين الظروف البيئية القديمة؟

عينـات الجليد الأسطوانية Ice cores تُعـــدّ عينات الجليد مماثلة لحلقات الأشـــجار الســـنوية في أنها تحوي سجلاً للظروف البيئيـــة الماضية في ترســـبات الثلج الســـنوية؛ حيـــث يحوي جليد الصيـــف فقاعات أكثر وبلورات أكبر مقارنة بجليد الشـــتاء كما في الشكل 30-4.

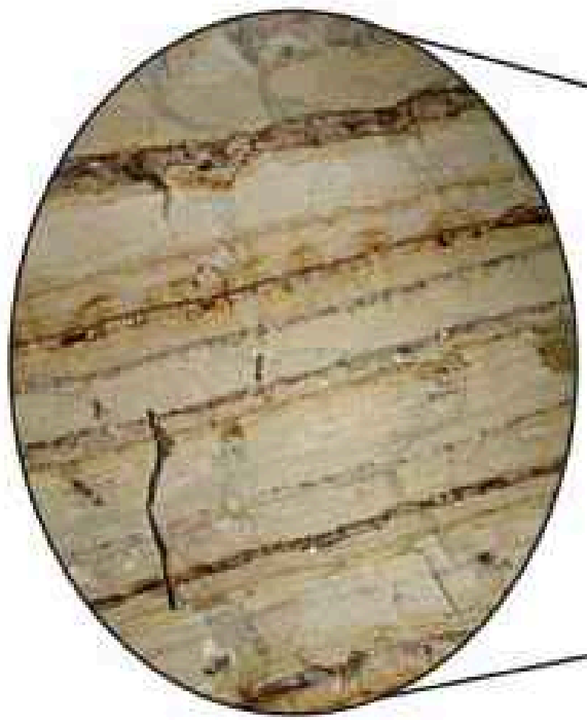


الشـــكل 29-4 يمكـــن تحقيـــق التأريخ بالحلقات الســـنوية الشـــجرية من خلال مضاهـــاة الحلقات الســـنوية بين عينات خشبية مختلفة حية وميتة. يسمى العلم الذي يستعمل حلقات الشجر السنوية في التأريخ المطلق التأريخ بالأشجار.

احســـب عدد السنين التي يمثلها الشكل أعلاه.

الشكل 30-4 يســـتعمل 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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، وتم العثور على عينات نباتية لا يمكن أن تعيش إلا في ظروف بيئية دافئة ورطبة.

وقد أعطت الأنسجة الرخوة أدلة حول العلاقة بين شكل الديناصور والأنواع الحية الحالية. على سبيل المثال في عام 2006م أثبتت البروتينات التي عثر عليها في أنسجة ديناصور التيرانوصور وجود علاقة بين الديناصورات والطيور. كما أن نوع الكولاجين الذي عثر عليه وجد أنه أكثر تطابقًا للكولاجين عند الدجاج، ولكثير من المخلوقات الحية التي ما زالت على قيد الحياة إلى اليوم.

الكتابة في الجيولوجيا

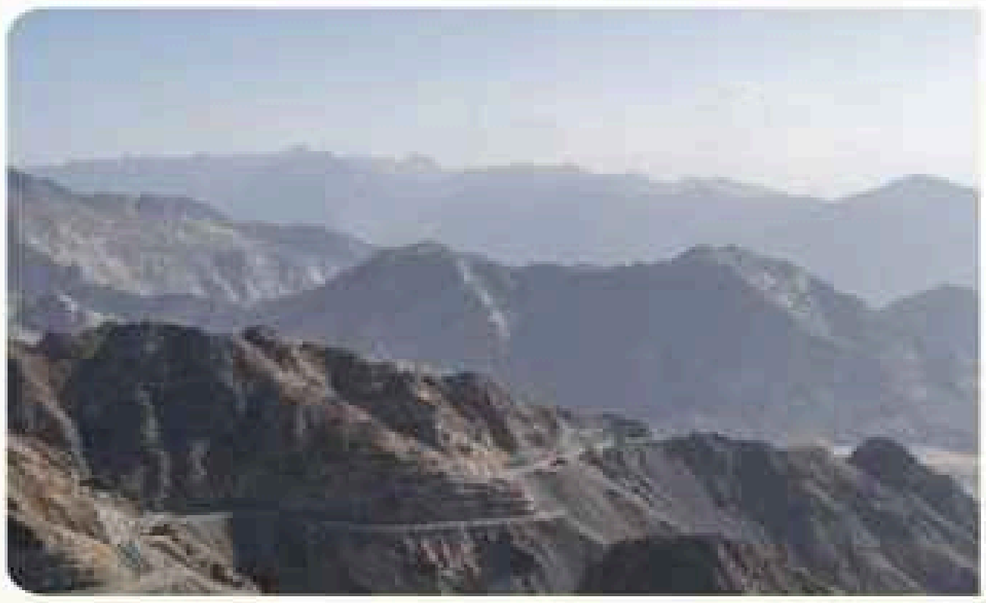
صمّم ملصقًا جداريًا يوضح أمثلة على أنسجة رخوة لديناصورات تم اكتشافها حديثًا، يحتوي على المعلومات التي قد يجمعها العلماء من خلال تحليلهم لهذه الأنسجة.

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. شكِّل 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
2025 - 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تقويم الفصل 4

19. ما المبدأ الذي يستعمله الجيولوجي عندما يُعاين منكشفًا صخريًا، ويحدد بناء عليه أن الطبقة السفلى هي الأقدم؟

a. النسقية. c. الترسيب الأفقي.

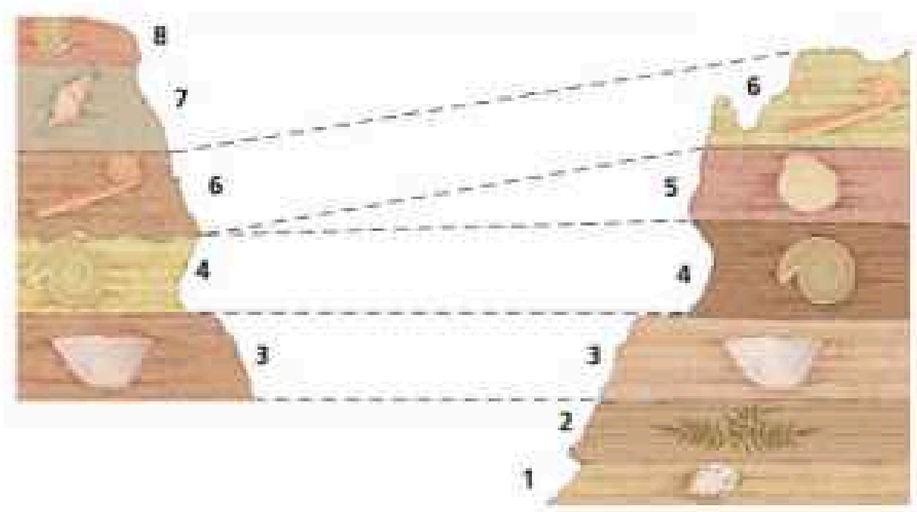
b. تعاقب الطبقات. d. الاحتواء.

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.

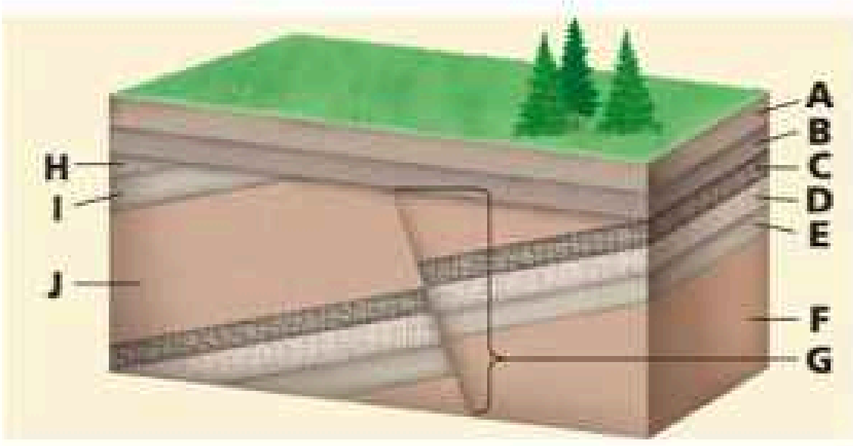
25. قيّم فائدة وجود سلّم زمن جيولوجي متفق عليه عالميًا.

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.

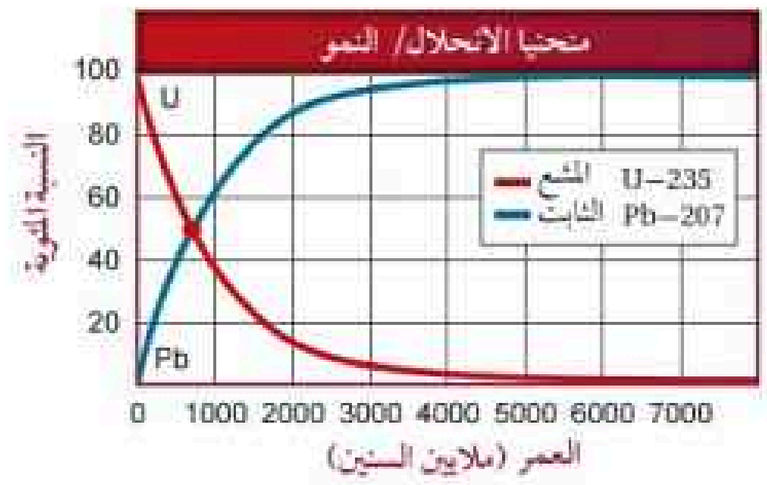
31. انقد العبارة الآتية: "تعتمد تقنيات استعمال مبادئ تحديد العمر النسبي على الحس المنطقي.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. ما الوحدة الزمنية الصغرى في الوحدات الزمنية الآتية؟

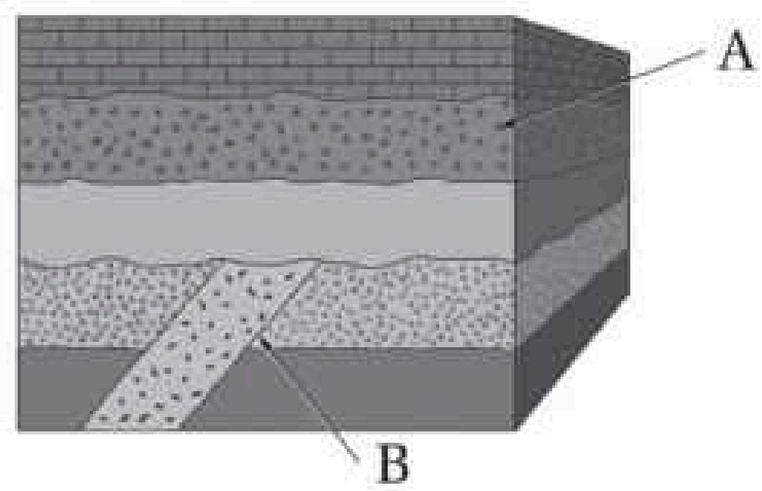
a. الدهر.

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؟

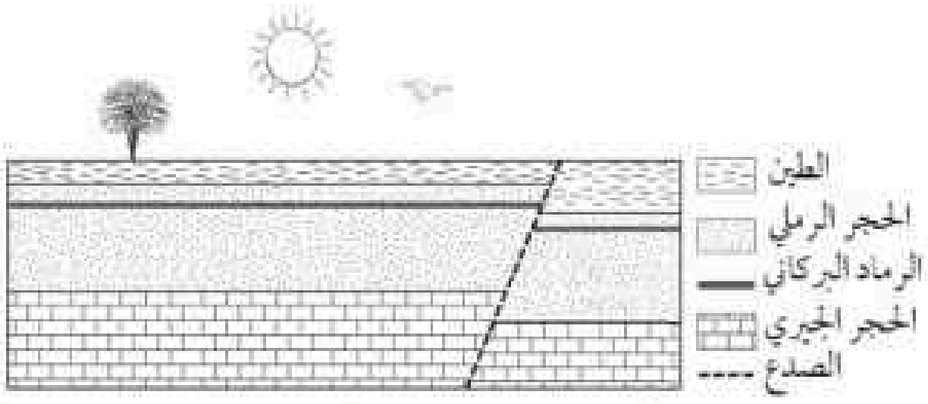
a. مبدأ الترسيب الأفقي.

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.

b. الرماد البركاني.

c. الحجر الرملي.

d. الحجر الجيري.

5. ما الطبقة الأكثر فائدة في تحديد العمر المطلق لهذه الصخور؟

a. الطين

b. الرماد البركاني

c. الحجر الرملي

d. الحجر الجيري

6. يتحلل البوتاسيوم – 40 إلى أرجون – 40 فإذا تم تحليل معدن 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.

b. 2.6 بليون سنة.

c. 1.3 بليون سنة.

d. 3.9 بلايين سنة.

7. ما الذي يستخدمه الجيولوجيون لمساعدتهم على تقسيم تاريخ الأرض لدراسة الصخور

a. الأحافير داخل الصخور.

b. تفاوت الطبقات الصخرية.

c. الصدوع المتواجدة عبر الطبقات الصخرية.

d. مكونات الصخور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 جدًا 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.

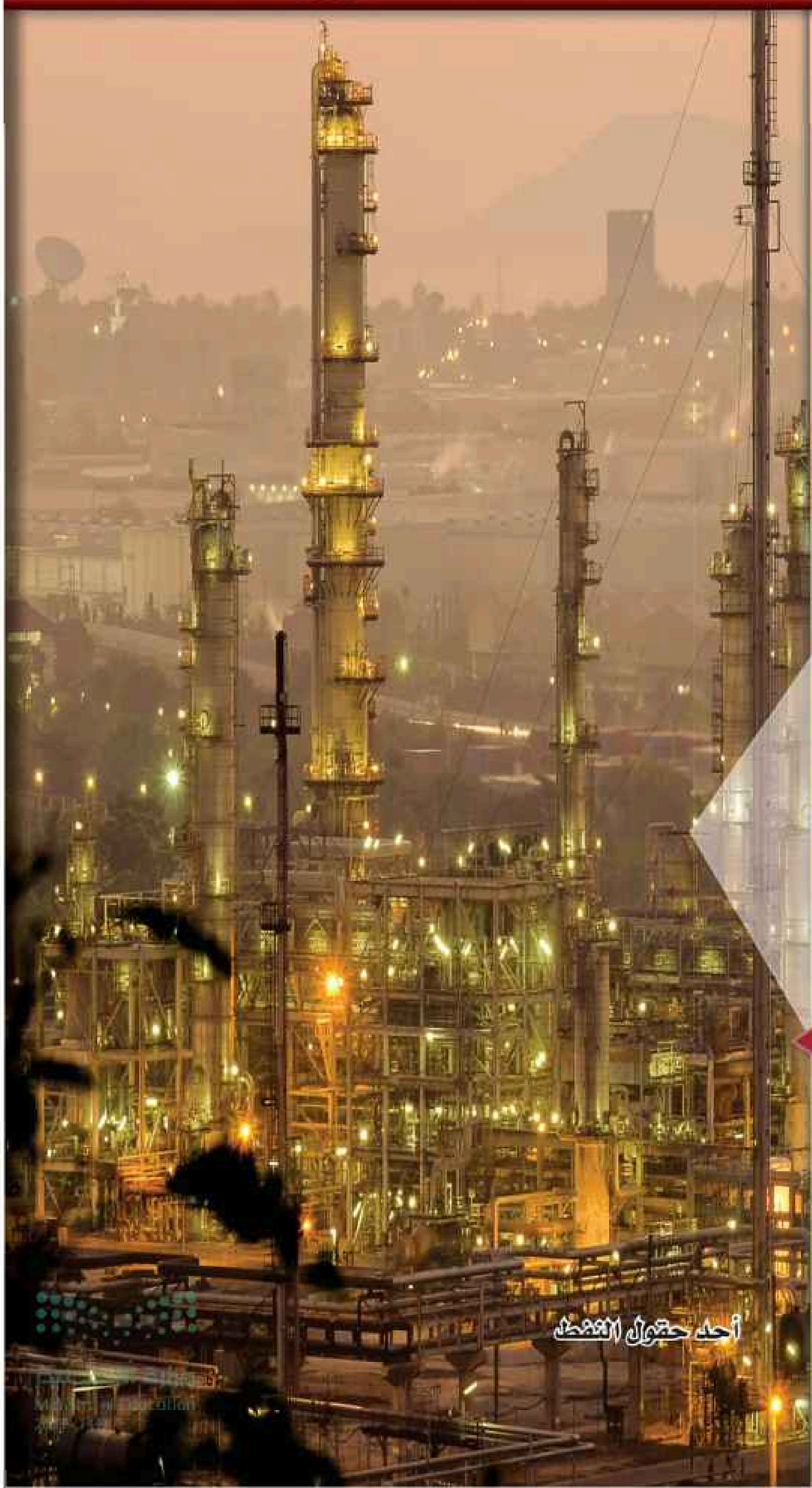
c. لدعم نموذج المتابر.

d. لتوضيح التحلل الإشعاعي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

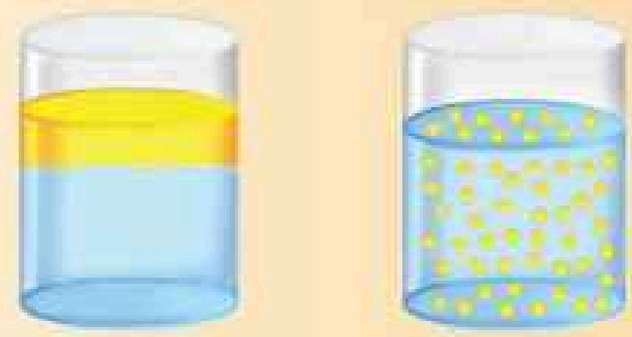
- يتواجد النفط والغاز الطبيعي في المملكة العربية السعودية في عدة أماكن منها: ساحل البحر الأحمر والخليج العربي والمنطقة الوسطى.
- يعد النفط والغاز الطبيعي من مصادر الطاقة غير المتجددة.
- تعد المملكة العربية السعودية من أكبر الدول ذات الاحتياطي العالمي للنفط.

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.

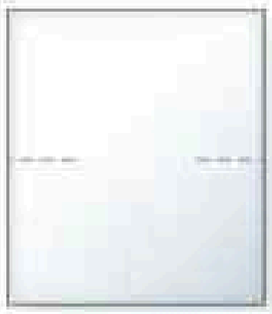
التحليل

1. سجل ملاحظاتك حول نتيجة التجربة.
2. استنتج سبب ما حدث أمامك في التجربة.
3. رتب محتويات المكمن النفطي بناءً على التجربة التي أجريتها.

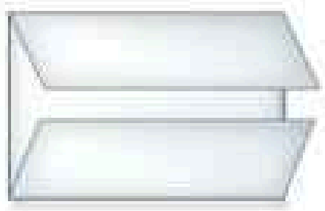
المطويات

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.

وزارة التعليم 365
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 مســاحتها كالخليج العربي، والذي يحتوي على ثلثــي الاحتياطي المؤكد للنفط العالمي، ولا يعقل أن تكون هذه المســاحة مكان تجمع بالغ الضخامة من بقايا الكائنات الحية. هذه النظرية تعني أن هناك احتــمالات كبيرة للغاز الطبيعي والنفط في أماكن كثيرة من الأرض، وأن باطن الأرض يحتوي على مصـــدر لا ينضب من الهيدروكربونــات 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 قـرأت؟ 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 الشــمالية (ولايات بنســلفانيا وكاليفورنيا وتكســاس 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
2025 - 1447

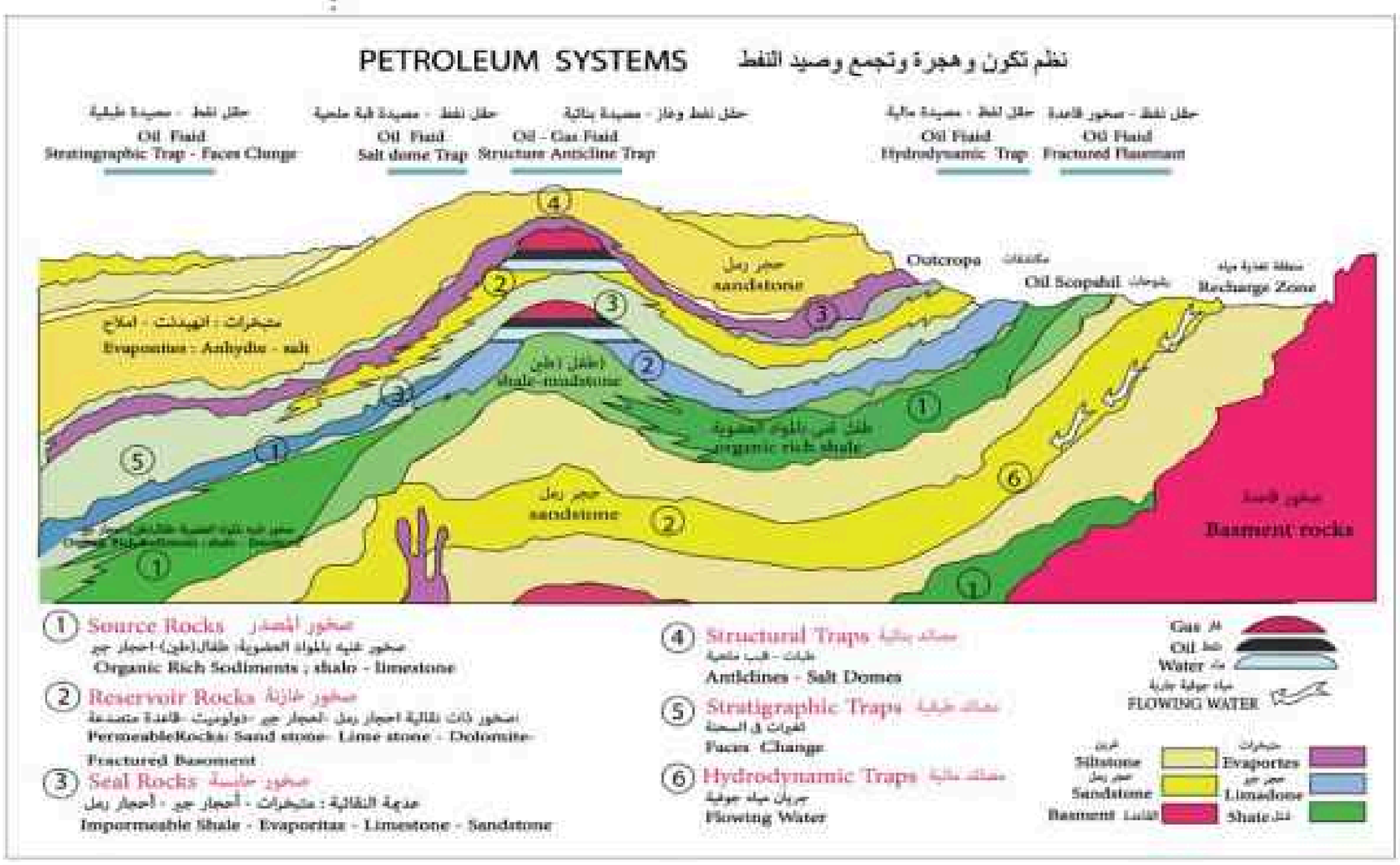
النظام النفطي Oil System

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 تختلط فيها المواد العضوية الناتجة من موت الكائنات الحية المختلفة النباتية والحيوانية بالرواسب الطينية والغرينية والجيرية أثناء الترسيب، ويتم حفظها وحجزها بعيدًا عن الأوكسجين، وتكون أغلبها عبارة عن طحالب وكائنات دقيقة، وبذلك يتم حفظها من الأكسدة، ومع مرور الزمن واستمرار الترسيب يزداد عمق المواد العضوية، وبالتالي تزيد كتلة الطبقات الضاغطة من الأعلى. ويؤدي تزايد الضغط ودرجة الحرارة لملايين السنين إلى نضج المادة العضوية وتحولها إلى هيدروكربونات. وتسمى الصخور الرسوبية التي تحتوي على المادة العضوية بصخور المصدر **الشكل 2–5**، وغالبًا ما تكون صخور طفلية أو طينية أو من أنواع معينة من الصخور الجيرية. ولكي يكون الصخر مصدرًا جيدًا لإنتاج الهيدروكربونات، يجب أن يتميز بثلاث خصائص وهي:

أولًا، توفر كمية كافية من المواد العضوية لا تقل عن 0.5 % من مجمل الكربون الكلي من وزن الصخر، وأن تكون قادرة على إنتاج النفط والغاز بكميات وفيرة.
ثانيًا، بلوغ المواد العضوية إلى مرحلة النضوج المناسبة (حرارة وضغط وتفاعلات حيوية وكيميائية).
ثالثًا، تضافر العوامل الجيولوجية الزمنية والتكتونية البنائية (تكون سبل الهجرة وتشكل المصائد).



الشكل 1–5 النظام النفطي.

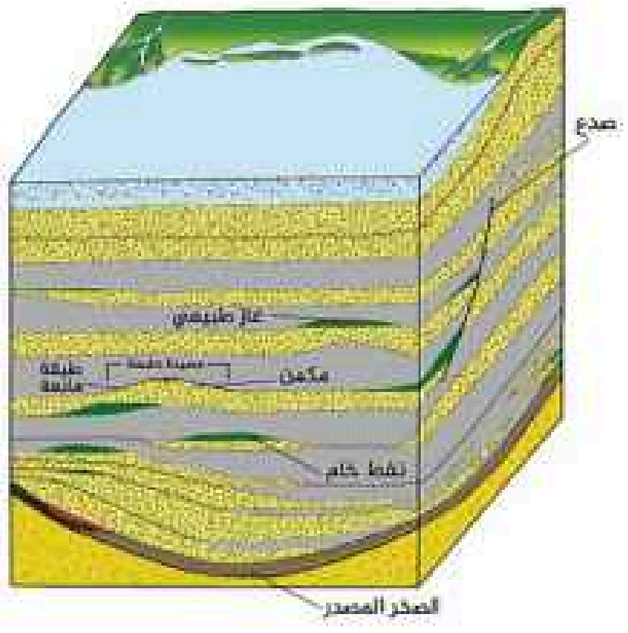
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.



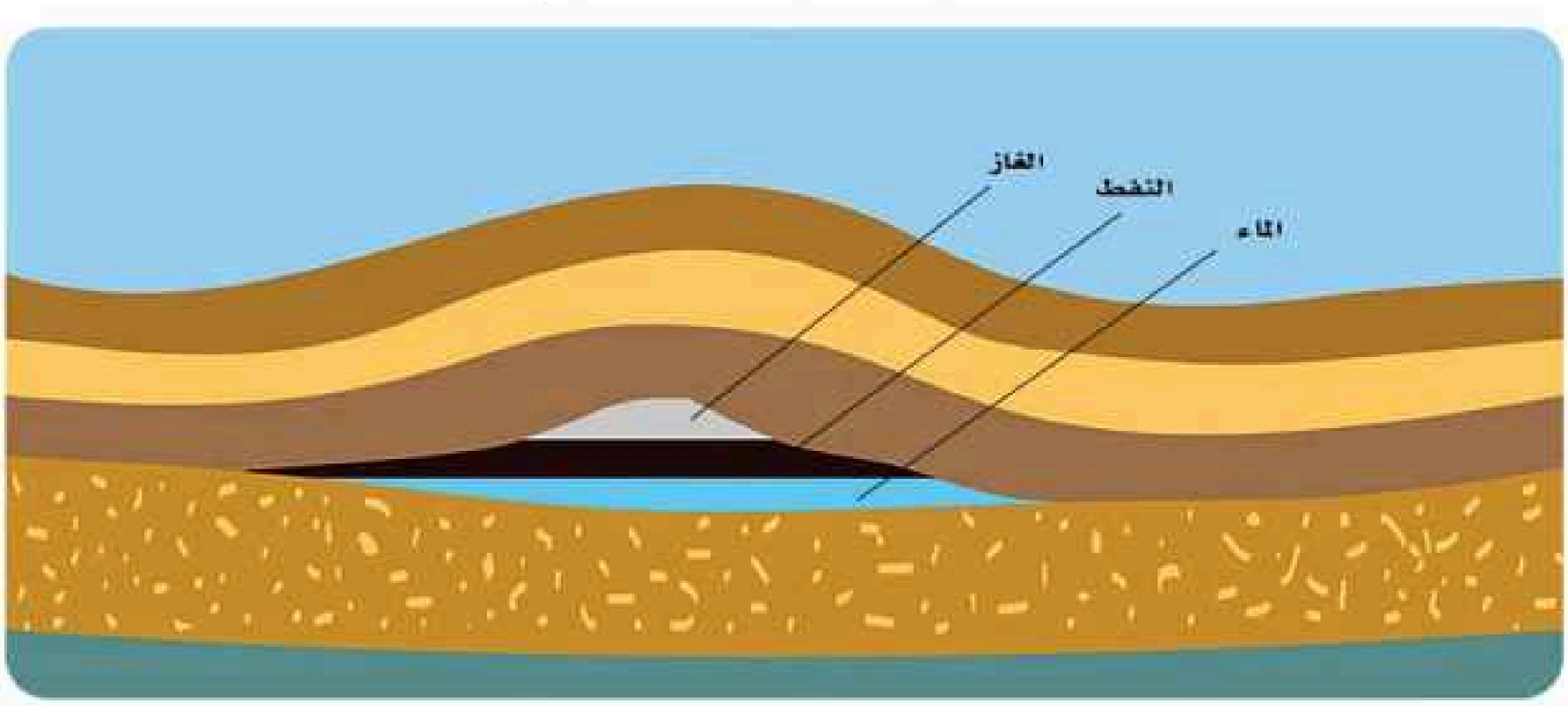
الشكل 2–5 صخر المصدر.

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.

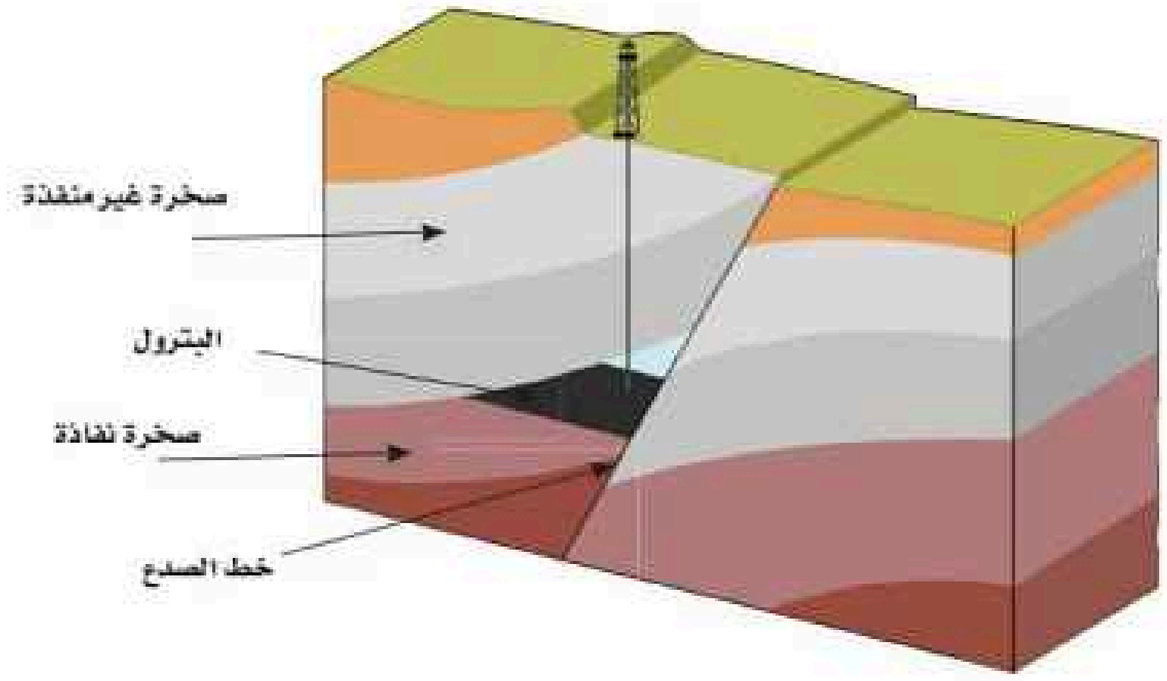
4- المصائد النفطية Petroleum and Gas Traps

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 تنشأ بفعل الحركات التكتونية التي تحدث لصخور القشرة الأرضية، وتشمل: مصائد الطيات المحدبة ومصائد الصدوع **الشكل 3–5** **الشكل 4–5**. حيث تقوم الصدوع بدور مهم ومباشر في تكوين المصائد؛ حيث تعمل على وضع الطبقات غير المنفذة في طريق الطبقات المنفذة الحاملة للنفط والغاز مما يمنع من هجرته وبالتالي اصطياده.

كما يمكن أن يكون للصدع دور غير مباشر في اصطياد النفط، بأن يشترك في ذلك مع ظواهر تركيبية أخرى، مثل: الطي، أو تغيير النفاذية. وقد يكون سطح تماس الغاز والنفط متصلًا في المصيدة المحدبة المتأثرة ببعض الصدوع، وعندئذ يكون عنصر الإصطياد الرئيس هو الطي، أو غير متصل فيكون الصدع هو العامل الرئيس في تكوين المصيدة، أو تكون الطية المحدبة قد تأثرت بالصدع فانفصل التجمع النفطي بها إلى أجزاء.

b. مصائد القبب الملحية Salt domes

تتكون نتيجة اختلاف كثافتي الملح والطبقات الرسوبية التي تعلوها، فالملح أقل كثافة، ومن ثم يندفع إلى أعلى، ويتسبب في تقبب الطبقات الرسوبية التي تعلوه، وعند هجرة النفط فإنه يتحرك نحو الجوانب الخارجية للطبقة الملحية، وينحصر بين الطبقات الرسوبية من جهة والقبة الملحية من جهة أخرى. ويؤدي النمو غير المنتظم للقباب الملحية إلى تكوين مصائد متعددة متتالية ومتنوعة. وأهم أسباب تكوين مصائد القباب الملحية هي اندفاع غازات مصاحبة لنشاط بركاني، ينتج عنها ترسيب الأملاح من المحاليل المائية، ثم

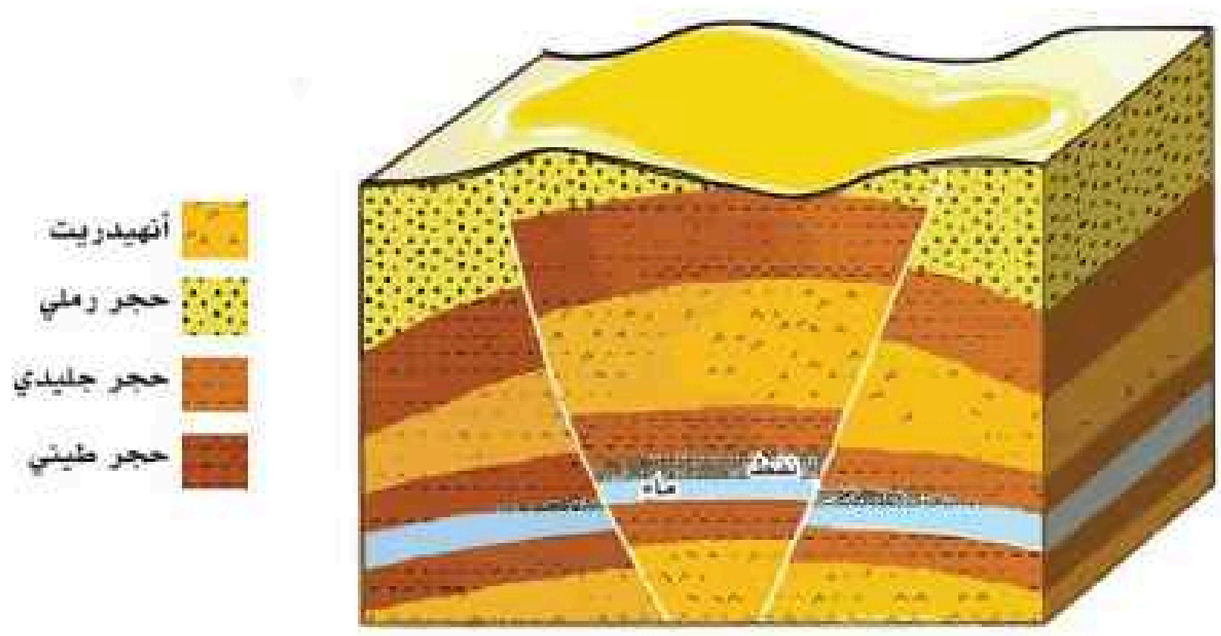
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 كميته وحجمه تدريجيًا نتيجة استمرار عمليات التبريد والتبلور، مما يؤدي إلى اختراق القباب الملحية للطبقات الرســـوبية 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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 $40^\circ C - 200^\circ C$.

2) **البارافين (الكيروسين):** عند حرارة $40^\circ C - 250^\circ C$.

3) **الديزل، زيت الوقود، النفط الثقيل:** عند حرارة $250^\circ C - 300^\circ C$.

4) **زيوت التشحيم، الشحوم، الشمع البارافيني والجازولين:** أكثر من $300^\circ C$.

أما ما يتبقى بعد ذلك فهي منتجات إسفلتية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 كالطَفَل الصفحي والتي تسمى بصخور الغطاء.

3. وجود مصائد تحفظ وتمنع حركة النفط والغاز أفقيًا.

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:

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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**.

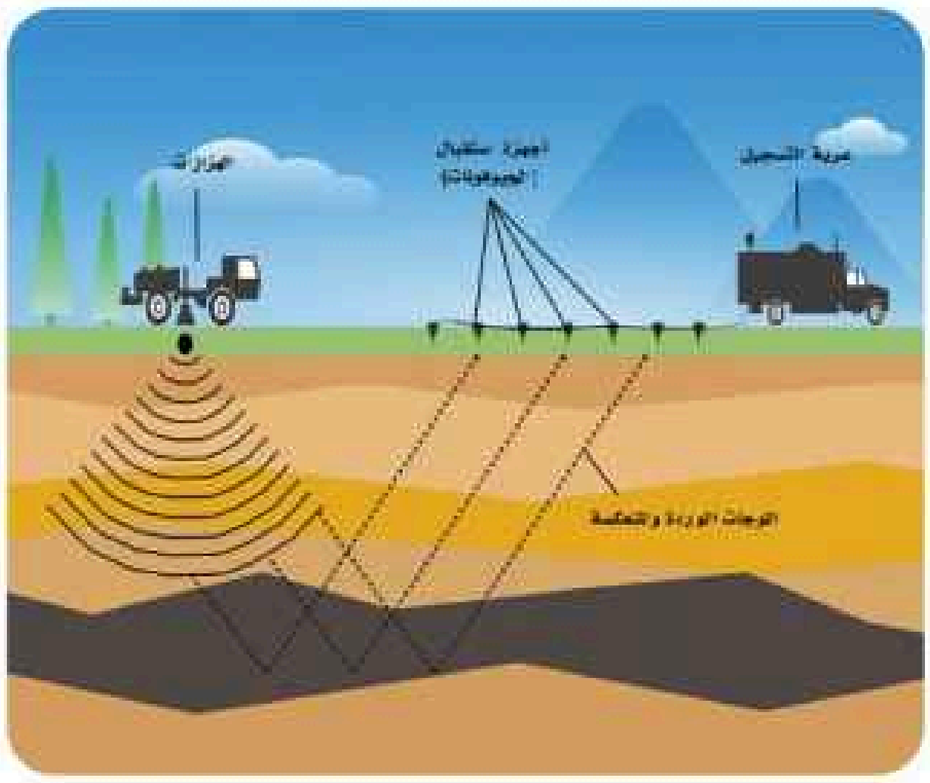
حيث تعتمد سرعة الموجات الصوتية على كثافة الصخور التي تمر بها، ومن خلالها يتم إنتاج خرائط تركيبية لتحديد أماكن الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية.

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.



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.

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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الأشعة الضوئية والحرارية الصادرة نتيجة التفاعلات في مركز الشمس وتصل إلى سطح الأرض على شكل حزمة من الأشعة بأطوال موجية مختلفة.

وتشكل الشمس المصدر الرئيس للطاقة على كوكب الأرض منذ ملايين السنين ولها الدور الأساس والحيوي في تنمية الحياة وتطورها. وخلال الفترات الزمنية المختلفة سعى الإنسان جاهداً للاستفادة من هذا المصدر الحيوي واستغلاله في مصلحته وقد تمكن من تطوير كثير من الأبحاث والابتكارات في مجال استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية حتى أصبح هذا المصدر لا يقل أهمية عن بقية مصادر الطاقة الأخرى **الشكل 9–5**.

الشكل 9–5 ألواح الطاقة الشمسية.

ماذا قرأت؟ ما الطاقة الشمسية؟

وقد عملت المملكة العربية السعودية من خلال خطط وأهداف رؤية 2030 على الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية؛ وذلك لأنها فرصة سانحه وواعدة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة وتوفر الظروف المناخية الملائمة وجدواها الاقتصادية الجيدة.

حيث تم تبني البرنامج الوطني للطاقة المتجددة مبادرة إستراتيجية تحت مظلة رؤية المملكة 2030 ومبادرة الملك سلمان للطاقة المتجددة حيث يستهدف البرنامج زيادة حصة المملكة العربية السعودية من إنتاج الطاقة المتجددة إلى الحد الأقصى.

وتم إنشاء مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة تحت مظلة وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية عام 2017م ؛ وذلك لتحقيق أهداف البرنامج الوطني للطاقة المتجددة تماشيًا مع رؤية المملكة 2030 وذلك بالتعاون مع مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية المتجددة وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج والشركة السعودية للكهرباء.

في عام 2018م وتحت مظلة المشروع الوطني للطاقة المتجددة أطلقت المملكة العربية السعودية بنجاح مشروعين للطاقة المتجددة في منطقة الجوف شمال المملكة، وهما: – مشروع سكاكا وهي محطة طاقة شمسية كهروضوئية تعمل بالطاقة الشمسية بقدرة 300 ميجا واط، وبدأت في نوفمبر 2018م حيث يشغل مساحة تزيد عن 6 كم^2، وهو أول مشروع ضمن سلسلة مشاريع الطاقة المتجددة التي أطلقها البرنامج الوطني للطاقة المتجددة التي يسعى إلى تحقيق مستهدفات الرؤية السعودية للطاقة المتجددة بإنتاج 58.7 جيجا واط بحلول عام 2030.

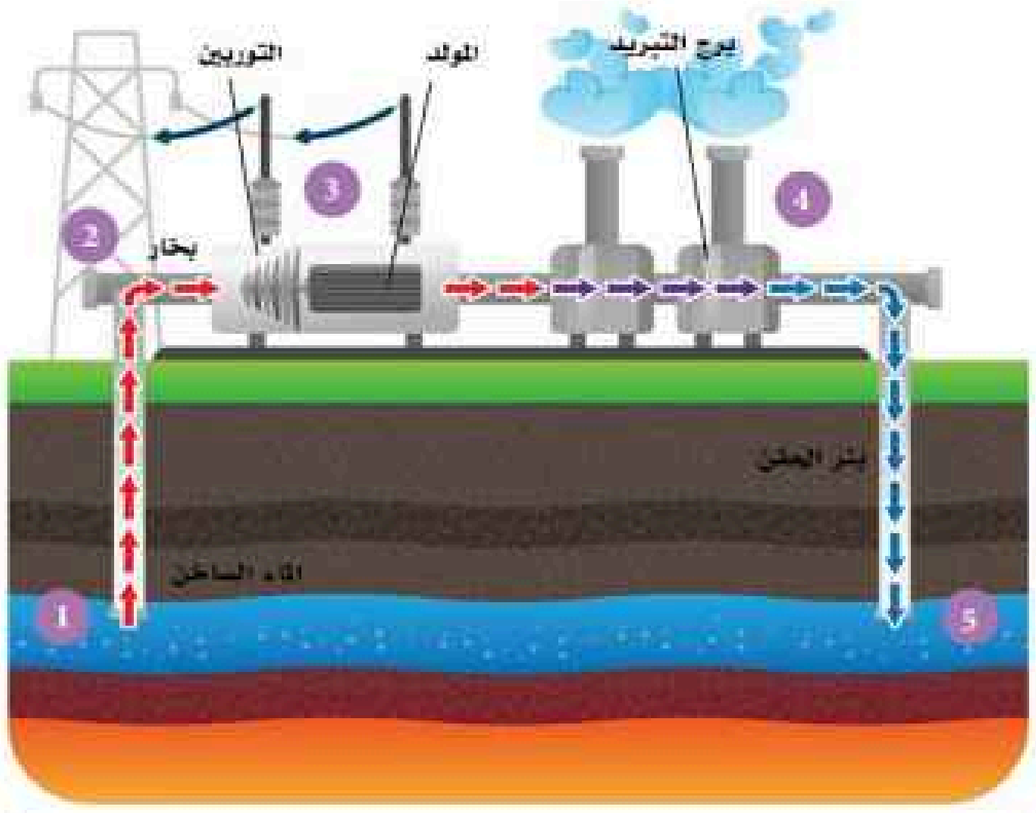
ومشروع دومة الجندل لطاقة الرياح والذي يعد الأول من نوعه بالمملكة والأكبر على مستوى الشرق الأوسط وتبلغ طاقته الإنتاجية 400 جيجا واط.

تجربة عملية

مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية)

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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.

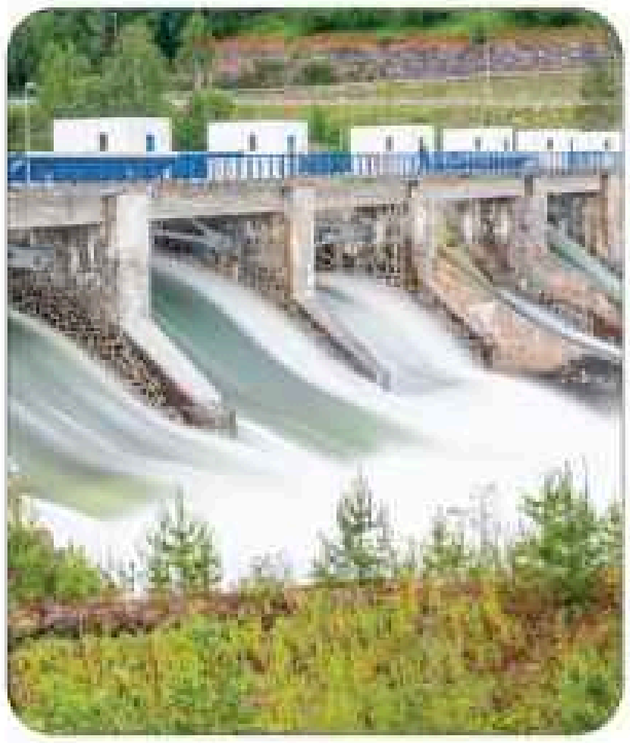
الشكل 12–5 طاقة الأمواج.

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

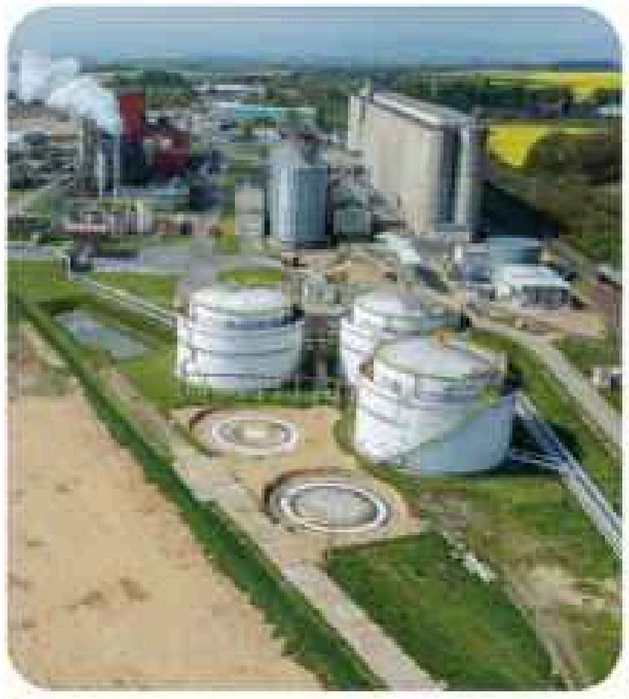
تعد **الطاقة الحيوية Biological Energy** مكونًا رئيسًا للطاقة المتجددة حتى في البلدان الصناعية. ونحصل على الطاقة الحيوية من المواد العضوية مثل الخشب والمحاصيل ومخلفات الحيوانات والنفايات الصلبة والسائلة وحتى الطحالب والبكتيريا.

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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة

الخلية الشمسية البسيطة:

تعد الشمس أكبر مصدر للطاقة لذلك يمكننا الاستفادة منها لتغطية احتياجات الطاقة لجميع بني البشر، ويكون ذلك باستخدام عدة طرق حديثة لتحويل طاقة الشمس الحرارية إلى أشكال أخرى متنوعة من الطاقة.

خطوات العمل

الجزء الأول:

1. اقرأ نموذج السلامة العامة في المختبر.
2. أحضر شريحة من النحاس النقي وأخرى من النحاس المؤكسد.
3. كأس زجاجي وماء وملح.
4. جهاز فولتميتر لقياس الجهد الكهربائي وأسلاك للتوصيل الكهربائي.
5. مصباح ضوئي.

طريقة العمل:

6. استخدم الكأس الزجاجي وضع فيه كمية من الملح والماء وحرك حتى يذوب الملح.
7. صل أحد أسلاك التوصيل الكهربائي بشريحة النحاس النقي والسلك الآخر بشريحة النحاس المؤكسد وضعهما داخل الكأس.
8. صل سلك الفولتميتر الموجب بالنحاس النقي وسلك الفولتميتر السالب بالنحاس المؤكسد.
9. سجل قراءة الفولتميتر الآن.
10. سلط الضوء على المحلول لفترة ثم سجل قراءة الفولتميتر مرة أخرى.

الجزء الثاني:

11. هل يمكن للخلية البسيطة إضاءة مصباح كهربائي صغير؟

التحليل

من خلال التجربة السابقة:

12. استنتج طريقة يمكن من خلالها الحصول على كمية أكبر من الطاقة الشمسية.
13. ما النتيجة المتوقعة عند الاعتماد بشكل أكبر على استخدام الطاقة الشمسية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

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**.

ماذا قرأت؟ كيف يتم الانشطار النووي؟

اكتشاف الطاقة النووية

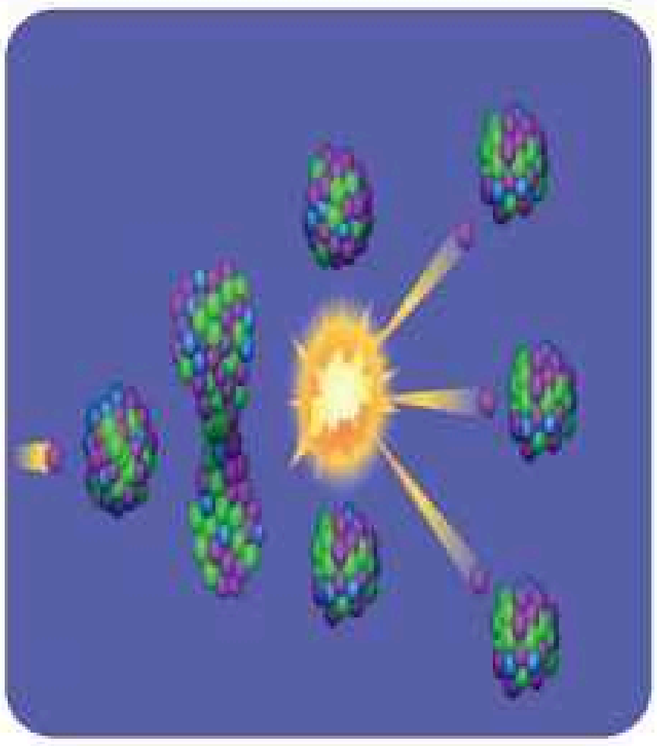
اكتشف العلماء في الثلاثينيات من القرن الماضي إمكانية جعل الانشطار النووي يحدث في أنواع معينة من الذرات. وقد تم هذا الاكتشاف مع ذرات مادة تسمى اليورانيوم. حيث قاموا بتقسيم نواة ذرة اليورانيوم إلى قسمين مما أدى هذا الانشطار النووي إلى إطلاق الكثير من الطاقة.

فعلى سبيل المثال ينتج من انشطار نصف كيلو غرام من اليورانيوم قدرًا من الطاقة يعادل حرق 3000 طن من الفحم.

اليورانيوم

تستخدم معظم محطات الطاقة النووية ذرات اليورانيوم الذي اكتشفه العالم الألماني 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 17—5 توليد الكهرباء باستخدام الطاقة النووية.



الشكل 18—5 الانشطار النووي.

الشكل 19—5 تعدين اليورانيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 20–5 تعدين اليورانيوم – الكعكة الصفراء

ولليورانيوم 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 يخصب 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 .

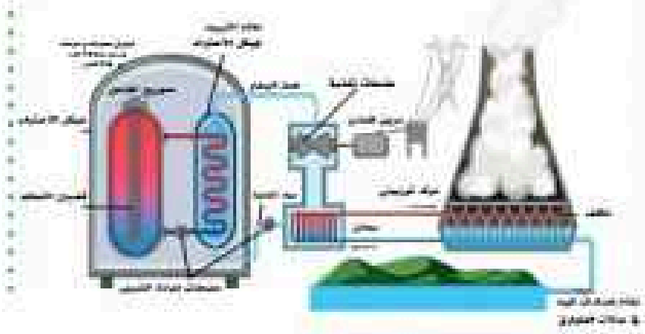
ومن أهم الفوائد من ذلك للمملكة تنوع مصادر الطاقة بها بدلًا من الاعتماد التام على النفط ومشتقاته في إنتاج الطاقة والإسهام في توليد الكهرباء، والمساهمة في معالجة الشح المائي الذي تعاني منه المملكة عبر التوسع في استخدام الطاقة الذرية لتحلية المياه المالحة.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

فوائد الطاقة الذرية
The benefits of atomic energy

تعد الطاقة الذرية طاقة منخفضة التكاليف حيث إن إنتاج الطاقة منها رخيص نسبيًا وتكاليف تشغيلها منخفضة، وكذلك تعد طاقة موثوقة بمعنى أنها مصدر موثوق للطاقة دون توقف كذلك لا تسبب انبعاثات كربونية تؤدي إلى تغير المناخ.

وهي كذلك طاقة ذات كثافة عالية أي أن الطاقة المنبعثة من الانشطار النووي أكبر بعشرة ملايين مرة من الطاقة عند حرق الوقود الأحفوري الشكل **21–5**.

ماذا قرأت؟ ما فوائد الطاقة الذرية؟

أضرار الطاقة الذرية
Damage from atomic energy

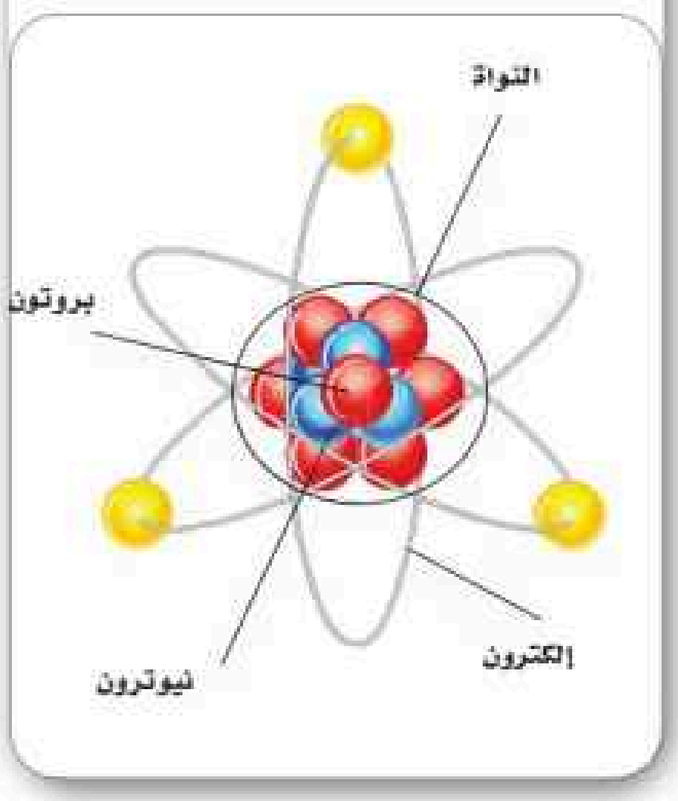
على الرغم من وجود العديد من المزايا لاستخدام الطاقة النووية إلا أن هناك آثارًا سلبية لها. ومن هذه الآثار السلبية: الأثر البيئي من خلال التعدين وتصريف المياه والاستهلاك الكثيف للمياه في المفاعلات، وكذلك خطر الحوادث النووية مثل: تسرب الإشعاعات الضارة، وكذلك مشكلة التخلص من النفايات المشعة حيث تظل هذه النفايات مشعة لآلاف السنين.

وهي أيضًا طاقة غير متجددة؛ لأن الوقود النووي المستخدم في المفاعلات النووية هو اليورانيوم، وهو محدود وعندما يتم تعدينه باستمرار تستنفذ الكمية المتاحة منه ولا تتجدد خلال حياة الإنسان.

الشكل 21–5 أكبر 10 دول حسب سعة الطاقة النووية في العالم.

الربط مع الكيمياء

الذرة أصغر جزء من العنصر الكيميائي وتتركب من: النواة، والإلكترونات، والبروتونات، والنيوترونات.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الجافورة أكبر حقل للغاز غير المصاحب في المملكة العربية السعودية

مـع تصدر المملكة العربية السـعودية قائمـة أكبر مصدّري النفط في العالم، تسـعى المملكة إلى دخـول عصر الغاز واحتلال مواقع متقدمة في إنتاج الغاز على مستوى العالم، عبر تطوير حقل الجافورة.

وتستهدف السـعودية من تطوير حقل الجافورة تنويع موارد اقتصاد البلاد ودعـم مكانتها في قطاع الطاقة العالمي لتكون أحد أهم منتجي الغاز عالميًا، بالإضافة إلى تحقيق هدف شركة أرامكو السـعودية في أن تكون أكبر شركة طاقة وكيماويات متكاملة على المستوى الدولي.

يقع حقل الجافورة في الأحسـاء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السـعودية، واكتشـفته شركة أرامكو خـلال عمليات التكسـير التي كانت تنفّذها في تلك المنطقـة، وهو ما يُعدّ بمثابة مكمنا للغاز.

ويعد الجافورة أكبر حقل مكتشَـف في السـعودية للغاز غير المصاحب وغير التقليدي، فبحسـب موقع شركة أرامكو، يبلغ طول حقل الجافورة نحو 170 كيلـو مترًا، وعرضه 100 كيلو متر.

وتقدّر الشركة حجـم موارد الغاز في حقـل الجافورة بنحو 200 تريليـون قدم مكعبة من الغاز الخـام، ما يعدّ ذلك عنصرًا مهمًا للصناعات البتروكيماوية والمعدنية.

وتسـعى المملكة العربية السـعودية إلى بدء الإنتاج من حقل الجافـورة مطلع عام 2024، مع سـعيها إلى رفع إنتاج الغاز منه بشـكل تدريجي ليصل إلى 2.2 مليار قدم مكعبـة يوميًا وذلك بحلول عام 2036.

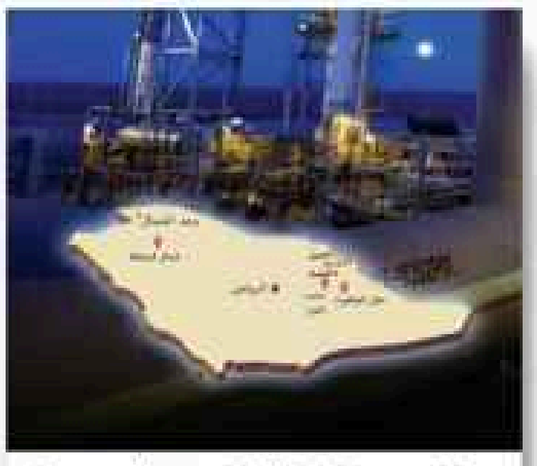
خصائص الحقل:

تتوقع وزارة الطاقة السعودية أن يسهم حجم موارد الغاز في مكمن حقل الجافورة بوضع المملكة العربية السـعودية 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 حقـل الجافورة تمكّنه من إنتاج نحـو 425 مليون قدم مكعبة يوميًا من غاز الإيثان، كما سـينتج نحو 550 ألف برميل يوميًا من سوائل الغاز والمكثفات اللازمة للصناعات البتروكيماوية.

ورغم أن الغاز الطبيعي أحـد أنواع الوقود الأحفوري، فإنه يعدّ بمثابة وقود انتقالي نحـو الطاقة المتجددة كونه الأقلّ إطلاقًا للانبعاثـات مقارنـة بأنواع الوقـود الأحفوري الأخرى التي تطلق انبعاثات كربونية ضارة بالبيئة.



موقـع حقل الجافورة بالنسـبة للمنطقـة الشرقية مـن المملكة العربية السعودية

وتخطط المملكـة العربية السـعودية لاسـتخدام حقـل الجافـورة في انتـاج الهيدروجـين الأزرق، حيث سـيتم اسـتخدام أحد أكبر مشروعات الغـاز الطبيعي في العـالم لإنتاج الهيدروجين الأزرق، مع تكثيـف جهودها لتصدير وقود مهم يسـتخدم 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 يحدث عندما تتعرض الصخور إلى إجهادات معينة مسببه كسر الطبقات وإزاحتها كما يحدث في الصدوع، بحيث تتحرك الكتلتان الناتجتان بشكل مواز لسطح الكسر.

الأدوات:

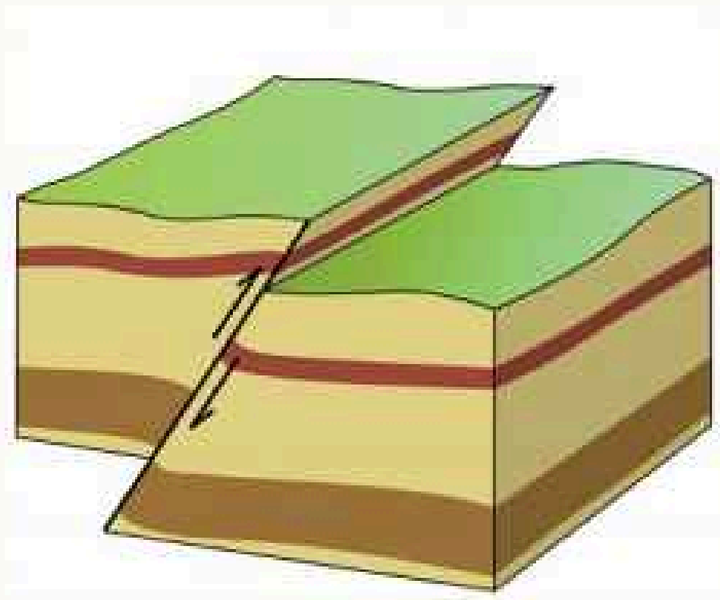
15 شريحة من الكرتون أو الفلين بطول 30 سم وعرض 10 سم.
صمغ قوي – الوان زيتية – أداة قطع حادة.

خطوات العمل

1. اقراء نموذج السلامة في المختبر.
2. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل التنفيذ.
3. قم بلصق كل 5 شرائح من الكرتون أو الفلين مع بعضها البعض ، وانتظر حتى يجف الغراء تماما.
4. لديك الأن ثلاث مجموعات من الفلين أو الكرتون ، قم بتلوين كل مجموعة بلون مختلف (بحيث يتم تلوين الشرائح الخمس جميعا) لتصبح كالتالي:
   - اللون الأصفر ويعني حجر الرمل.
   - اللون البني ويعني حجر الطين.
   - اللون الأخضر ويعني حجر الجير.
5. قم الآن بلصق المجموعات الثلاث مع بعضها البعض، مكونة نموذج لتتابع الطبقات.
6. بأداة حادة (وكن حذرا) قم بقص الطبقات بزاوية مقدارها 45 درجة تقريبا مكونة كتلتين.
7. قم برفع أحدى الكتلتين بمقدار 5 سم، 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. استنتج ما الطبقة ذات المسامية والنفاذية العالية في هذا النموذج.
4. وضح الطبقة ذات النفاذية الأقل.
5. لخص السبب في تكون المكمن في هذا النموذج.
6. قارن بين المكمن الصدعي الذي قمت بتصميمه وباقي المكامن من حيث كمية المخزون.



نموذج لمكمن صدعي.

الكتابة في الجيولوجيا

من خلال ما قمت بتنفيذه بين أهم خصائص المكامن الصدعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

دليل مراجعة الفصل

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–3 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.
5–4 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

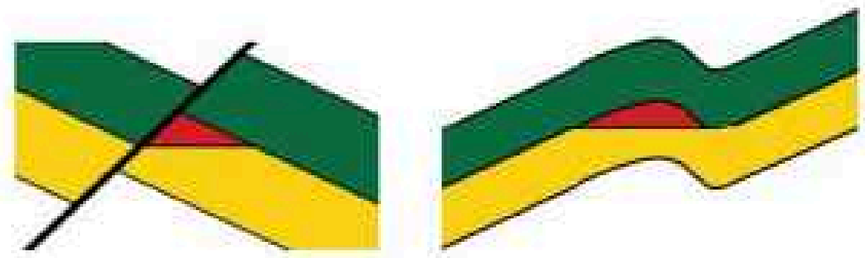
a. الأخضر. b. الأزرق.
c. الرمادي. d. الأمونيا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

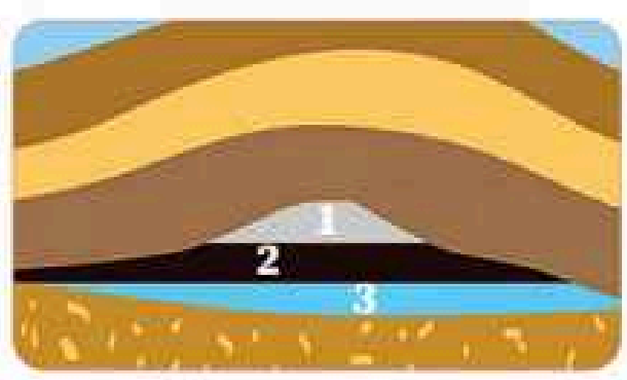
22. وضح كيفية نشأة القبب الملحية.

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.



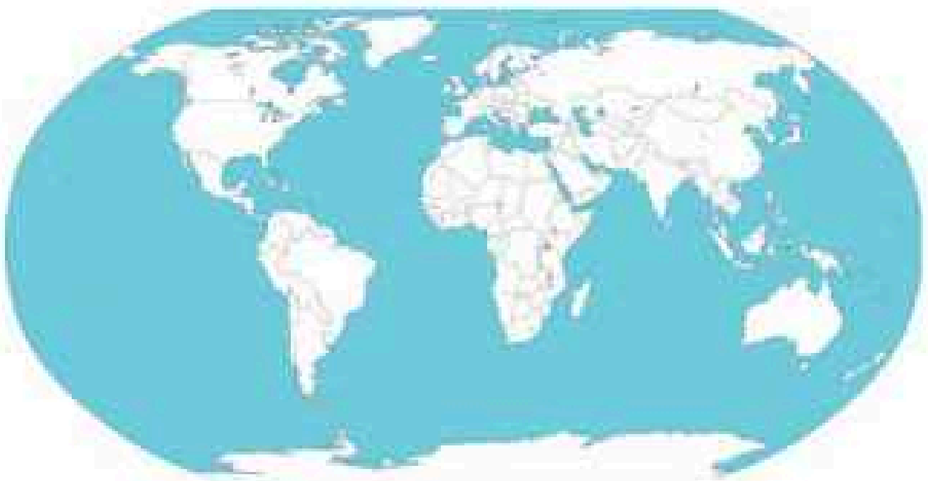
25. على ماذا تدل الأرقام في الشكل السابق (1 – 2 – 3)؟

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. النفط الموجود في بعض الصخور النارية أو المتحولة مصدره هو:

a. الشقوق والفوالق.
b. الهجرة من صخور رسوبية.
c. النشأة من الصخر الناري.
d. الطي والصدوع.

2. يعد من أفضل الصخور لتجمع النفط نتيجة لاحتوائه على المسامية والنفاذية العاليتين:

a. الرملي.
b. الجيري.
c. الطيني.
d. الدلومايت.

3. تبلغ الطاقة الإنتاجية بالجيجا واط لمشروع دومة الجندل لطاقة الرياح:

a. 200.
b. 300.
c. 400.
d. 500.

4. الطاقة التي نحصل عليها من المواد العضوية هي:

a. الشمسية.
b. الهيدروجين.
c. المياه.
d. الحيوية.

5. تستخدم معظم محطات الطاقة النووية لإنتاج الطاقة المادة الآتية:

a. اليورانيوم.
b. الكبريت.
c. الكربون.
d. الراديوم.

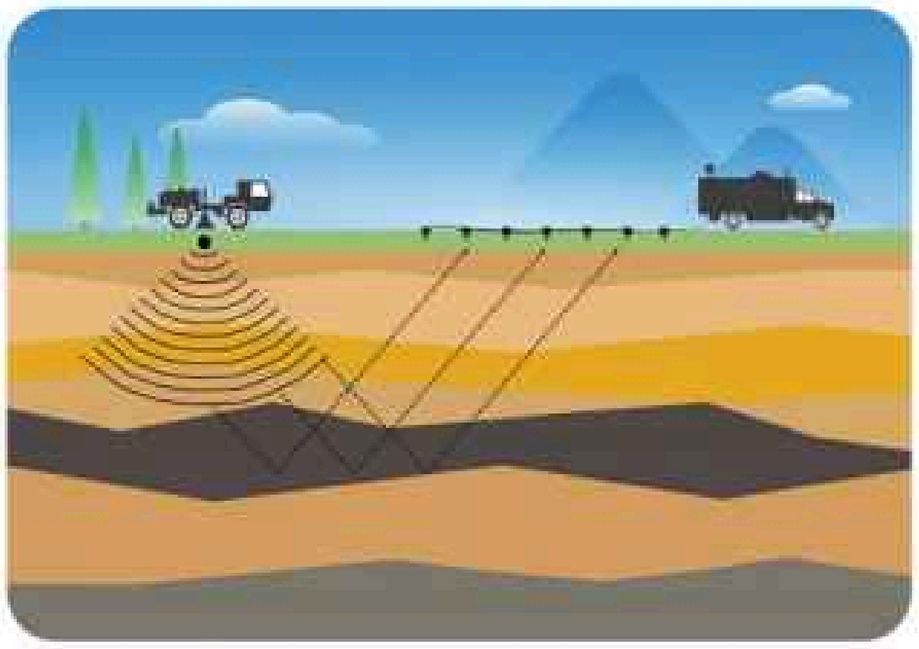
أسئلة الإجابات القصيرة

6. كيف تتم عملية الانشطار النووي؟

7. كيف تنشأ مصائد 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. ماذا تسمى الأجهزة المستقبلة 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.

ويقع حقل الغوار في شرق المملكة العربية السعودية ، إذ يمتد من مدينة الأحساء حتى جنوب شرق الرياض ، أي يمتد على مساحة 256 كيلومترا مربعًا؛ لذلك يوصف بأنه أكبر حقل في العالم ، من حيث المساحة والاحتياطيات و كميات إنتاج، و يعد الحقل تكوينًا محدبًا على مسافة طولية متصلة ، يتجاوز طوله 240 كيلومترًا وعرضه 40 كيلومترًا ، وينقسم إلى 6 مناطق أساسية ، هي : فوران ، وعين دار ، وشدقم ، والعثمانية والحوية وحرض ، وفي عام 2019 نشرت شركة أرامكو السعودية تقريرًا تضمن إحصاءات عن الحقل، كشفت عن أن بإمكانه ضخ 3,8 مليو ن برميل يوميًا ، أي ثلث إنتاج المملكة النفطي ، وهو رقم أقل مما كان ينتجه في السابق ، إذ كان ينتج على مدار 60 عاما ما يزيد على 5 ملايين برميل يوميًا . وتشير التقارير إلى أن حقل الغوار يضم أكثر من ربع احتياطيات النفط السعودي ، إذ تقدر احتياطيات النفط المكافئ فيه بنحو 58,32 مليار برميل ، وهو عبارة عن صخور جيرية ترسبت في بيئات بحرية ضحلة ، عمرها الجيولوجي يتراوح بين 155 و 145 مليون سنة . ويسهم حقل الغوار النفطي في ما يصل إلى ثلث إنتاج المملكة العربية السعودية، وهو رقم ضخم إذا أخذ في الحسبان أن المملكة هي أكبر عضو منتج للنفط الخام في منظمة أوبك ، بجانب كونها ثاني أكبر منتج للنفط 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 بالنسبة للمملكة العربية السعودية ناحية:

a. الغرب.
b. الجنوب.
c. الشرق .
d. الشمال.

13. لمدة 60 سنة تقريبًا كان إنتاج حقل الغوار اليومي بالبرميل يقدر بـ:

a. 10 مليون.
b. 5 مليون.
c. 3 مليون.
d. 7 مليون.

14. يقدر إنتاج حقل الغوار حاليا بملايين البراميل:

a. 5.7 مليون.
b. 40.8 مليون.
c. 16.5 مليون.
d. 3.8 مليون.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 6

جيولوجيا المملكة العربية السعودية
Geology of Saudi Arabia

الفكرة العامة تقع المملكة العربية السعودية ضمن الصفيحة العربية التي تضم كلًا 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

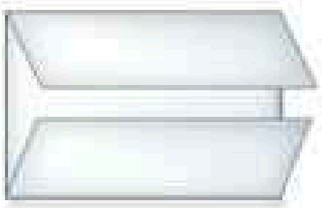
1. سجل ملاحظاتك حول النسبة التي يشكلها كل من الدرع العربي والرف العربي من مساحة الجزيرة العربية.
2. استنتج نوع صخور كل من الدرع العربي والرف العربي.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

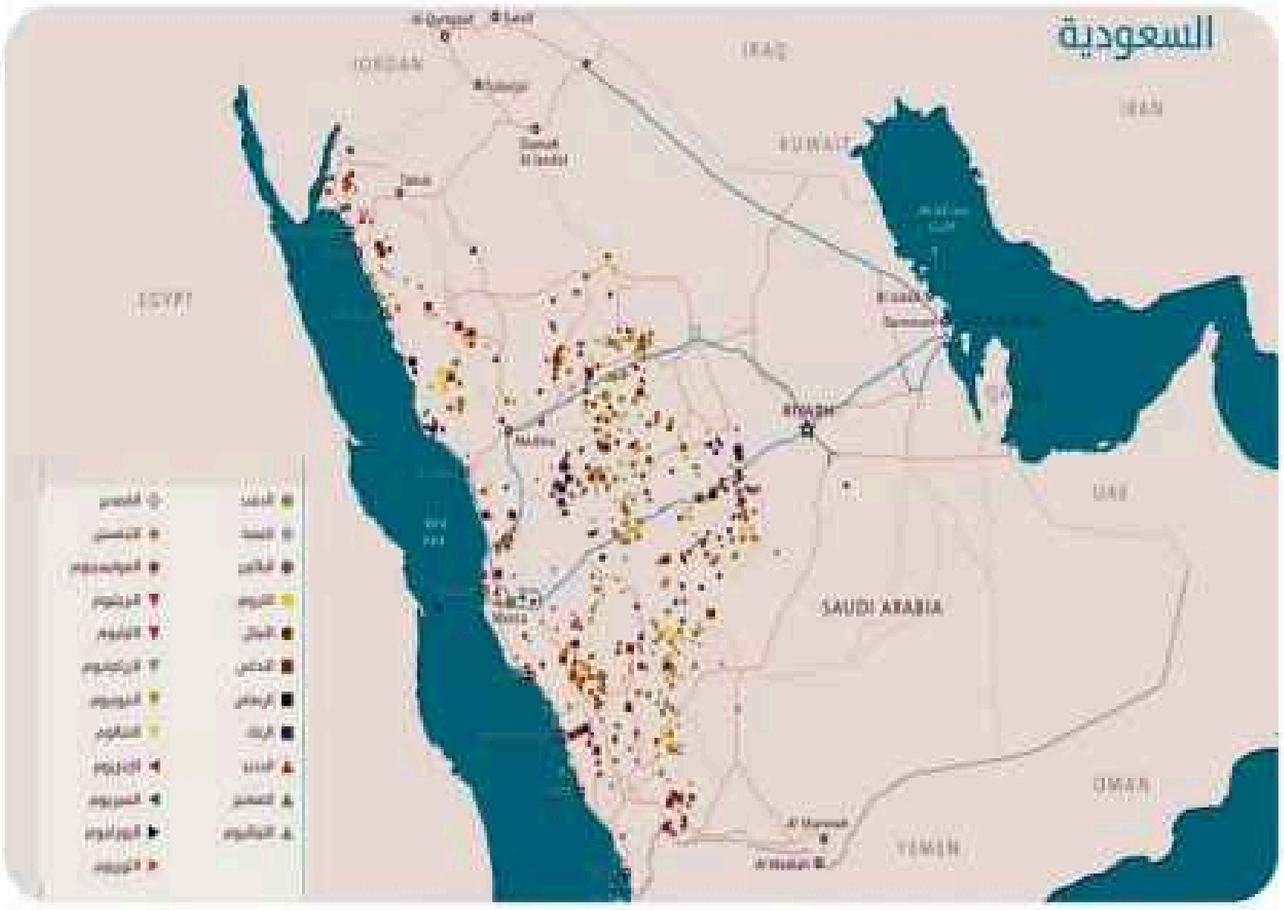
يقسم الجيولوجيون المملكة إلى أربعة أقاليم جيولوجية بالنسبة لصخورها هي: إقليم الدرع العربي أو صخور القاعدة، وإقليم الرف العربي، والذي يعرف أيضًا باسم الرصيف العربي، وإقليم البحر الأحمر، وإقليم الحرات. ويضاف إلى هذه الأقاليم إقليمين مهمين هما: إقليم الكثبان الرملية، وإقليم السباخ.

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.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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.

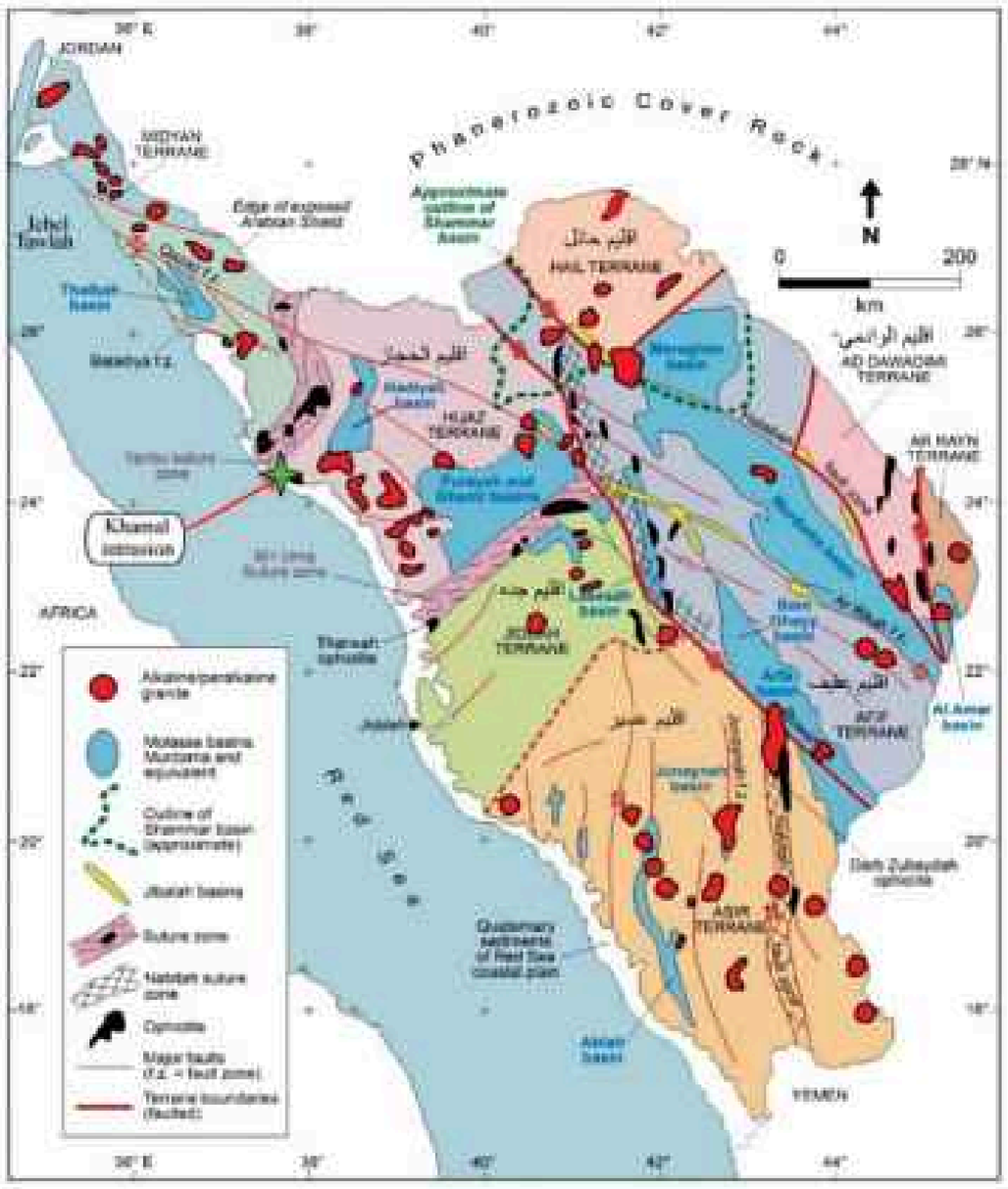
ماذا قرأت؟ ما المنطقة التي يتماس فيها الدرع العربي بالرف العربي؟

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



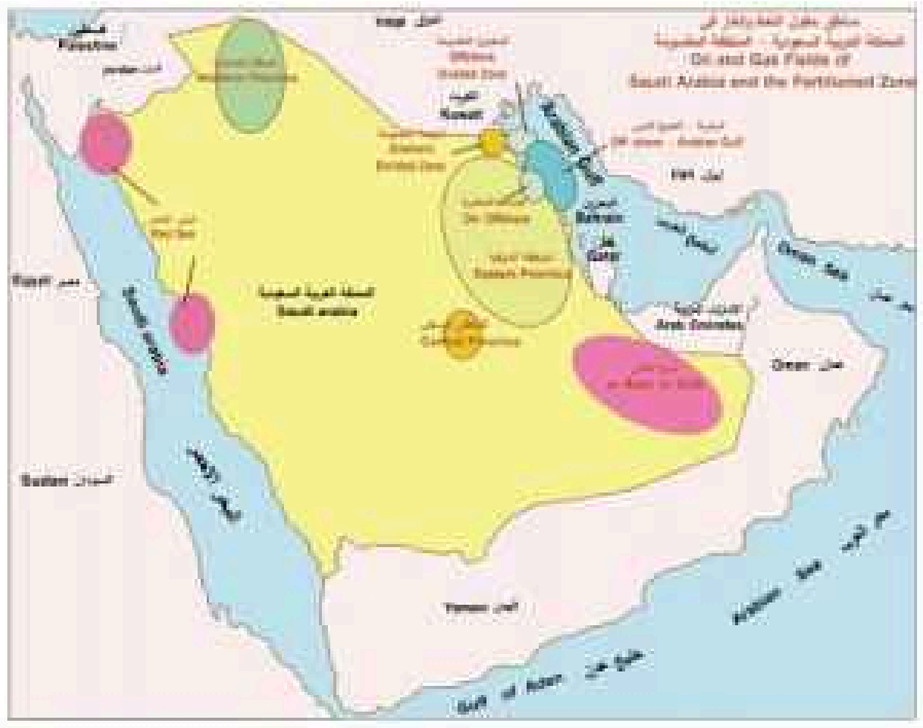
الشكل 3–6 خريطة توضح مواقع أقاليم الدرع العربي.

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. **الربع (البدع)**: أصغر الأقاليم في الدرع العربي مساحة، ويقع في الطرف الشرقي للدرع، ويحتوي صخوراً 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)

يقع إقليم **الرف العربي Arabic Basin** إلى الشرق والشمال والجنوب من الدرع العربي، ويشكل نحو ثلثي مساحة شبه الجزيرة العربية، وقاعدته إقليم الدرع العربي نفسه. والرف العربي هو تتابع من الصخور الرسوبية، التي ترسبت على اليابسة وفي المياه الضحلة، وتمتد أعمار صخور الرف العربي، من العصر الكمبري إلى الفترة الحديثة، أي أن أعمارها أقل من 540 مليون سنة **الشكل 1–6**.

تميل طبقات صخور الرف العربي باتجاه الشرق والشمال الشرقي والجنوب الشرقي، أي بعيدًا عن الدرع العربي، ويكون ميلها خفيفًا، بحيث يتراوح سمكها بين الصفر في الطرف القريب من الدرع العربي في الغرب، إلى نحو 6 آلاف متر في حوض الخليج العربي والربع الخالي. وتتكون الصخور الأقدم، التي ترسبت خلال حقب الحياة القديمة، من الحجر الرملي والطفل والقليل من أحجار الجير والمتبخرات. أما الصخور التي ترسبت في الحقب المتوسطة، فتتألف إجمالًا من الحجر الجيري، والطفل، وأحجار الرمل، ورمال السيليكا. فيما تتكون صخور حقب الحياة الحديثة من أحجار رمل وغرين وأحجار الجير، وقد تكون النفط في الطبقات الرسوبية الغنية بالمواد العضوية، وذلك بفعل الضغط والحرارة الواقعين على الرواسب المطمورة **الشكل 5–6**.

وإضافة إلى النفط، من زيت وغاز، تحتوي طبقات الصخور المسامية في الرف العربي على خزانات مهمة للمياه الجوفية، أهمها خزان الوسيع، 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، كالفوسفات، والبوكسايت، والكاولينيت، والأملاح، والجبس، بالإضافة إلى النفط وغيرها، كما أنه يحوي صخور البناء والزينة كأحجار الرمل، وأحجار الجير، ورمال السيليكا وغيرها **الشكل 6–6**.

الشكل 6–6 يبين شحنات الفوسفات من شمال المملكة.

إثراء

يمكنك الرجوع للمُتحف الوطني الافتراضي للاطلاع على: المعادن الفلزية واللافلزية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ماذا قرأت؟ ما نوع الصخور المكونة للرف العربي؟

ثالثًا: إقليم البحر الأحمر

هو عبارة عن حوض طولي يتجه من الشمال الغربي 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 (جبال السروات) شرقًا، ويتكون من عدد من أحواض الترسيب المختلفة، وصخوره عبارة عن مدملكات (Conglomerate)، وأحجار رملية، وطفل، وأحجار جيرية، وصخور شعاب مرجانية، ومتبخرات (أملاح)، وقباب ملحية، وتصل سماكة هذه الصخور إلى حوالي 5000 متر، وأبرز ثرواته الطبيعية هي: الأملاح، والمعادن، والنفط.

الشكل 7–6 البحر الأحمر ويتضح على جانبيه الدرع العربي والدرع النوبي.

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 نشاطات حركية وزلزالية، ويطلق مسمى «الحرة» على البراكين من مخاريط وفوهات، وعلى مخرجاتها من الصخور التي تكون اللابة (lava) والرماد وغيرها. وتعد الحرات معالم طبوغرافية متميزة، إذ يمكن للمسافر برًّا من منطقة القصيم أو منطقة حائل إلى المدينة المنورة أن يرى بوضوح حجارة البازلت السوداء التي تغطيها. وقد تكونت الحرّات في أراضي المملكة العربية السعودية خلال فترة تراوح ما بين 5 ملايين سنة و30 مليون سنة، نتيجة التدفقات البركانية التي صاحبت انشقاق أخدود البحر الأحمر.

وتنتشر معظم **الحرات Alharat** في الجزء الغربي من المملكة، ويتكون معظمها من صخور البازلت، وتكون صخورها فوق صخور الدرع العربي، وهي تمتد بشكل 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 الحرّات في الجانب الغربي من المملكة عدا حرة "الهتيمة" إذ تقع في الوسط في منطقة حائل، وأكبر حرات الإقليم هي حرة "رهاط"، التي تبلغ مساحتها حوالي 20 ألف كيلومتر مربع، وأصغرها حرة "طفيل"، التي تبلغ مساحتها حوالي 80 كيلومتراً مربعاً، وتعد حرة "سراة عبيدة في منطقة عسير، أقدم حرات المملكة، إذ يتراوح عمرها بين 25 و30 مليون سنة، وتبلغ مساحتها حوالي 700 كيلومتر مربع **الشكل 8–6**.

أما البراكين، التي هي السبب – في الغالب – في نشأة 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

يعـــرف الرمل، جيولوجيًّا، بأنه حبيبات يتراوح قطرها بين 0.06 مليمتر إلى 2 مليمتر، بغض النظر عن مكوناتهـــا أو ألوانها. ويتدرج حجم حبيبات الرمل من الخشـــن إلى الناعم، وأخشـــن منها الحصباء (الحصى)، وأنعم منها الغرين (الطين)، وتتكون معظم الرمال من حبيبات كوارتز، أو ملح، أو جير، أو كسارة أصـــداف، أو رماد بركاني، أو نيازك، أو مواد أحرقتها النيازك، أو معادن ثقيلة؛ كالزركون والحديد والتيتانيـــوم. وإذا التحمت حبيبات الرمل ببعضها كونت ما يعرف بأحجار الرمل. وأصـــل الرمال أنها ناتجة من تعرض صخور قديمة، تشـــمل صخورًا نارية جوفية وبركانية سطحية، وصخورًا رسوبية، ومتحولة، وبقايا عضوية، لعوامل التعرية المختلفة، ثم نقلت وترســـبت بواســـطة شبكة مـــن الأنهار الجارية، خلال الفترات المطـــيرة. وفي فترات الجفاف، تعرت تلك الرواسب، وعملت الرياح على نقلها وترسيبها على هيئة كثبان رملية، أما ألوان الرمال فمتنوّعة، منها الأبيض، والأصفر، والأحمر، والأســـود، وذلك حسب ألوان مكونات مصادرها المعدنية والعضوية.

وتشكل **الكثبان الرملية Sand dunes** وحدة جيولوجية وجيومورفولوجية متميزة في إقليمي الـــرف العربي والدرع العربي، وهـــي تغطي نحو 635 ألف كيلومتر مربع، أي نحو 33%، من مســـاحة المملكة. وأكبر بحار الرمال مساحة في المملكة هو الربع الخالي، الذي تبلغ مســـاحته نحو 430 ألف كيلومتر مربع،

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 9–6 الكثبان الرملية التي تغطي جزءاً من الدرع العربي والرف العربي.

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 10–6 الموقع الجغرافي لبعض السباخ في المملكة العربية السعودية.

سادسًا: إقليم السباخ

السباخ Swampy Ground جمع سبخة وهي أرض مستوية، عادة ما تقع بين الصحراء والبحر، أو ربما كانت فيما سبق بحرًا أو بحيرة ملحية، ويتميز سطحها بوجود ترسبات ملحية وجبسية وترسبات لكربونات الكالسيوم، وكذلك رواسب جلبتها الرياح والمد المائي، وكذلك المياه الجوفية القريبة من السطح، وقد تحتوي على الماء 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 مساحتها 3500 كيلومتر مربع، ثم سبخة مطي ومساحتها حوالي3300 كيلومتر مربع، وأصغرها سبخة قاع قصيباء في شمالي القصيم.

ومن السباخ الداخلية المعروفة، سبخة حضوضاء، في منطقة الجوف، ومساحتها 540 كيلومتر مربع، والعديد من السباخ الواقعة بين الكثبان الرملية للربع الخالي. وتبلغ المساحة الكلية للسباخ الرئيسة أكثر من 11 ألف كيلومتر مربع **الشكل 11–6**.

الشكل 11–6 صورة تبين سباخ في شمال 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

- 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.

الشكل 13–6 جبل الساق.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 الكريتامي 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:

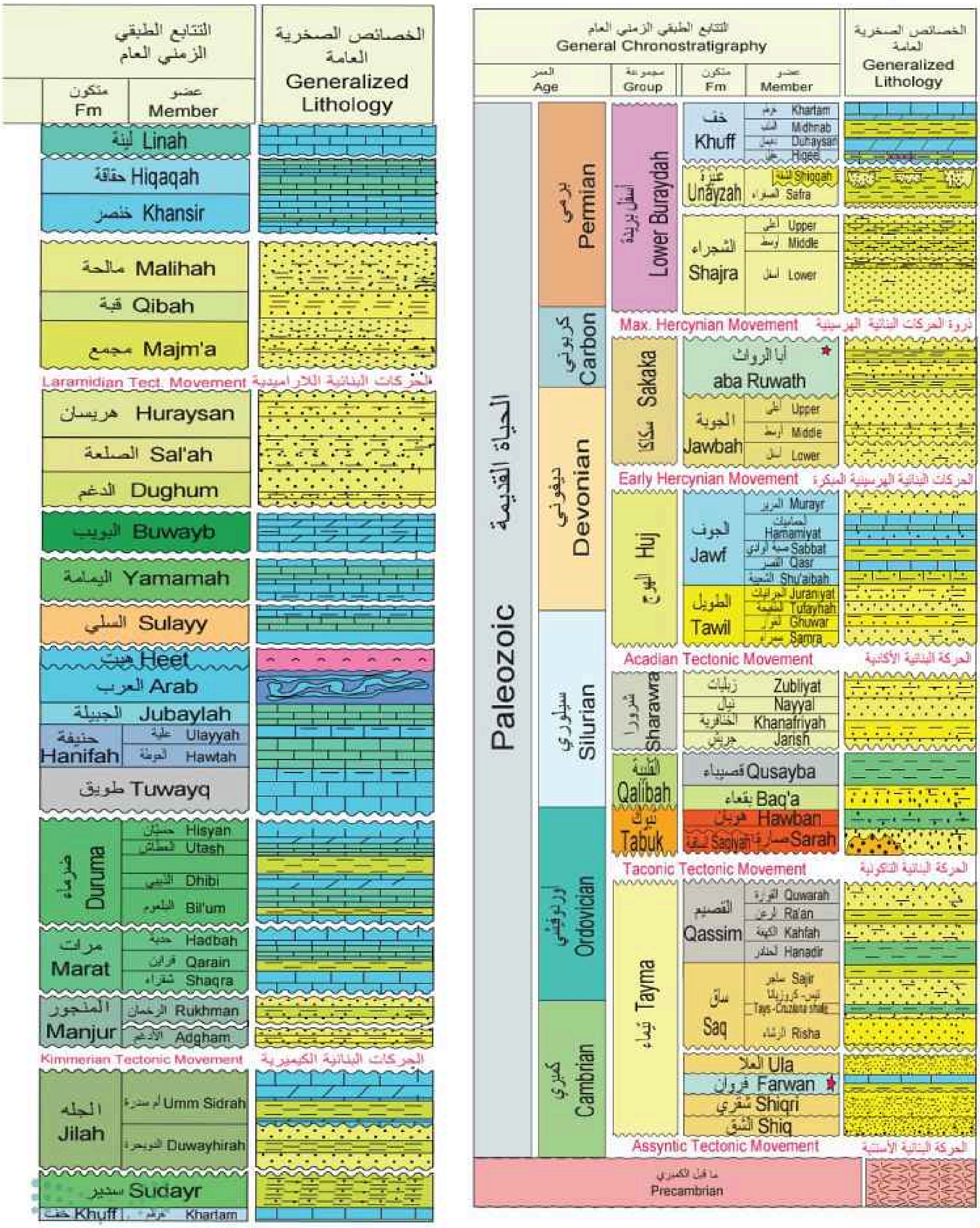
ينسب هذا التكوين إلى آبار أم رضمة والتي تقع بالقرب من مدينة حفر الباطن ويظهر على أرضية هضبة الصمان حتى يصل إلى منطقة شمال الربع الخالي يعود العمر الجيولوجي لهذا التكوين بين الباليوسين والأيوسين المبكر من دهر الحياة الحديثة وتتركب طبقاته من سلسلة متكررة من الحجر الجيري والدلوميت وحجر الجير الدلومايتي، يبلغ سمكه في المقطع المثالي حوالي 241مترًا وفي مواقع أخرى قد يصل إلى 490 مترًا.

8. تكوين الدمام:

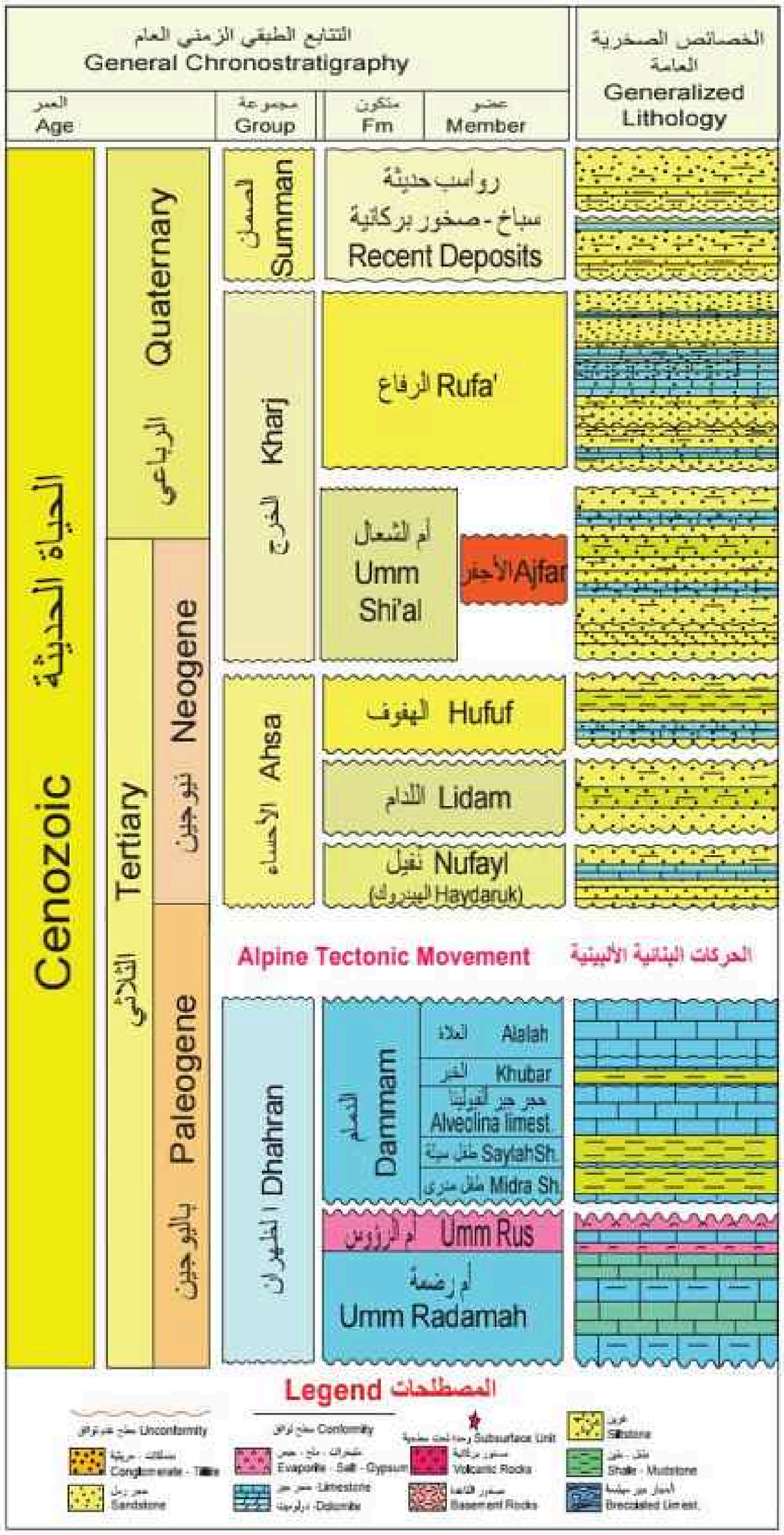
يسمى بهذا الاسم نسبة إلى قبة الدمام الملحية التي تظهر كامل التتابع الجيولوجي لهذا التكوين ويتراوح العمر الجيولوجي لصخوره بين الأيوسين المبكر والمتوسط صخوره عبارة عن مزيج من الحجر الجيري والمارل والطفل ويقسم إلى خمسة أعضاء، ويبلغ السمك الكلي له عند منكشفه حوالي 33مترًا.

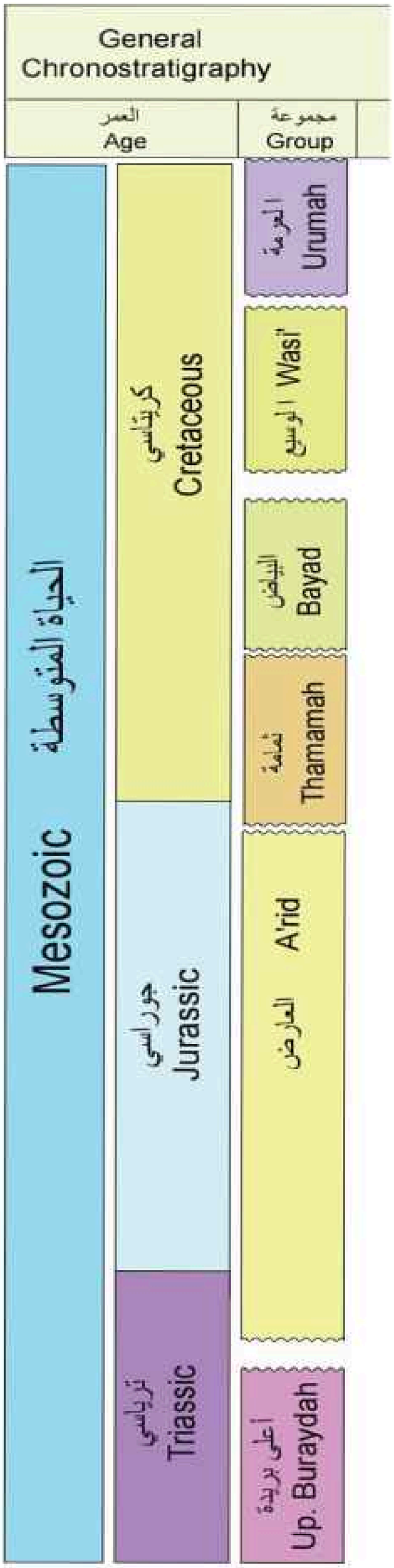
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الشكل 12 – 6 التتابع الطبقي الصخري لتكوينات المملكة العربية السعودية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447





وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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

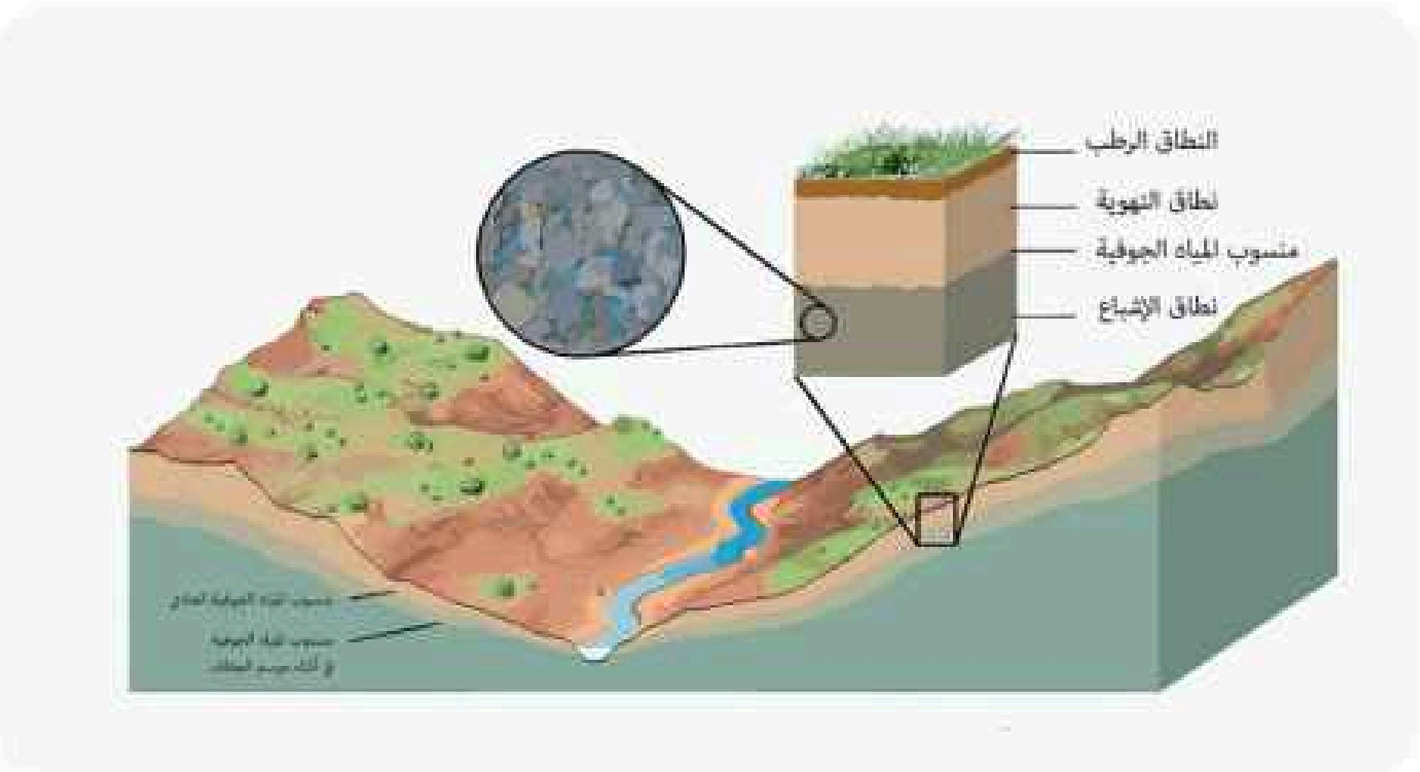
الفكرة الرئيسة المياه الجوفية إحدى أشكال الغلاف المائي الأرضي، وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في المسام والفجوات، وتوجد في عدة أماكن في المملكة العربية السعودية.

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?

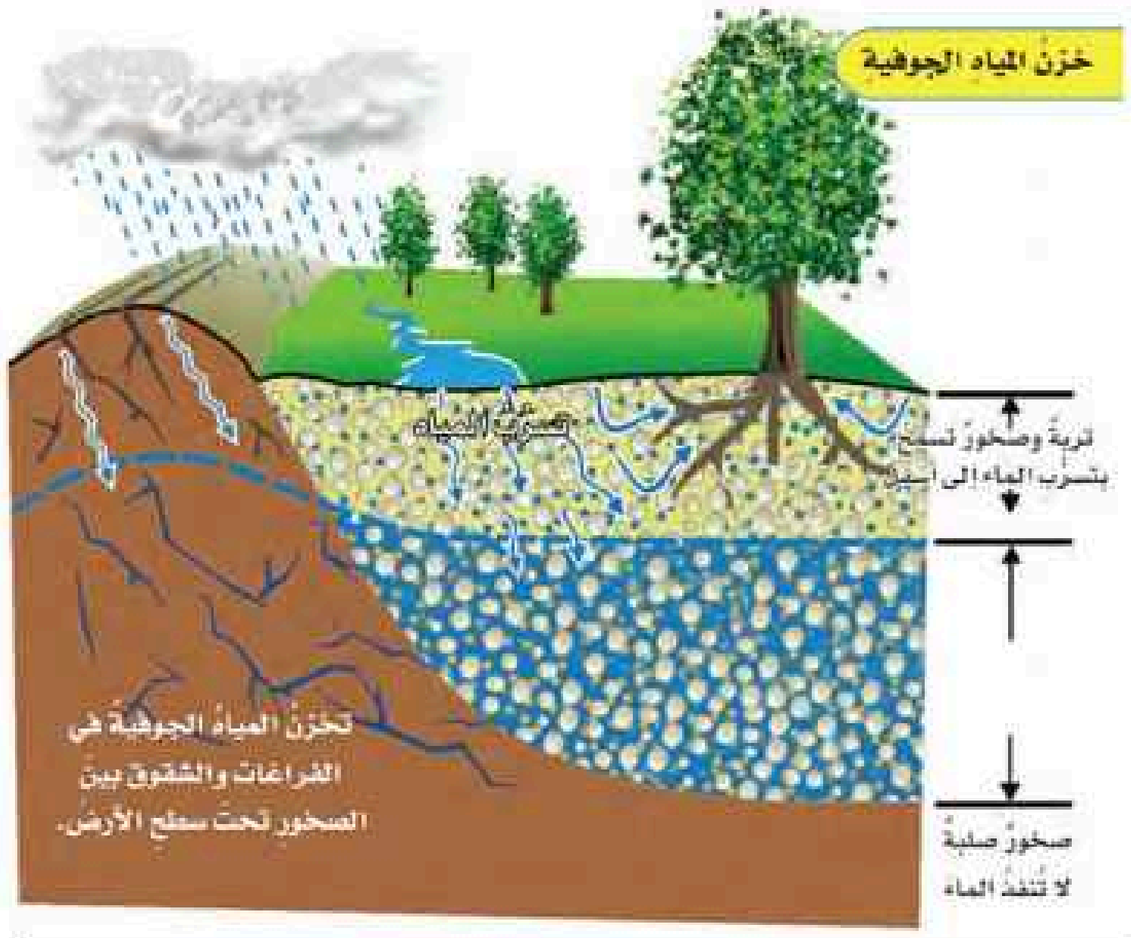
هي إحدى أشكال الغلاف المائي في الأرض.وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في مسام وفجوات الصخور.وتعد مياه الأمطار هي المصدر الرئيس للمياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة.حيث تتسرب المياه من سطح الأرض إلى داخلها.وتعتمد عملية تسرب المياه إلى الطبقات تحت السطحية على نوع التربة الموجودة على سطح الأرض فكلما كانت 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



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.

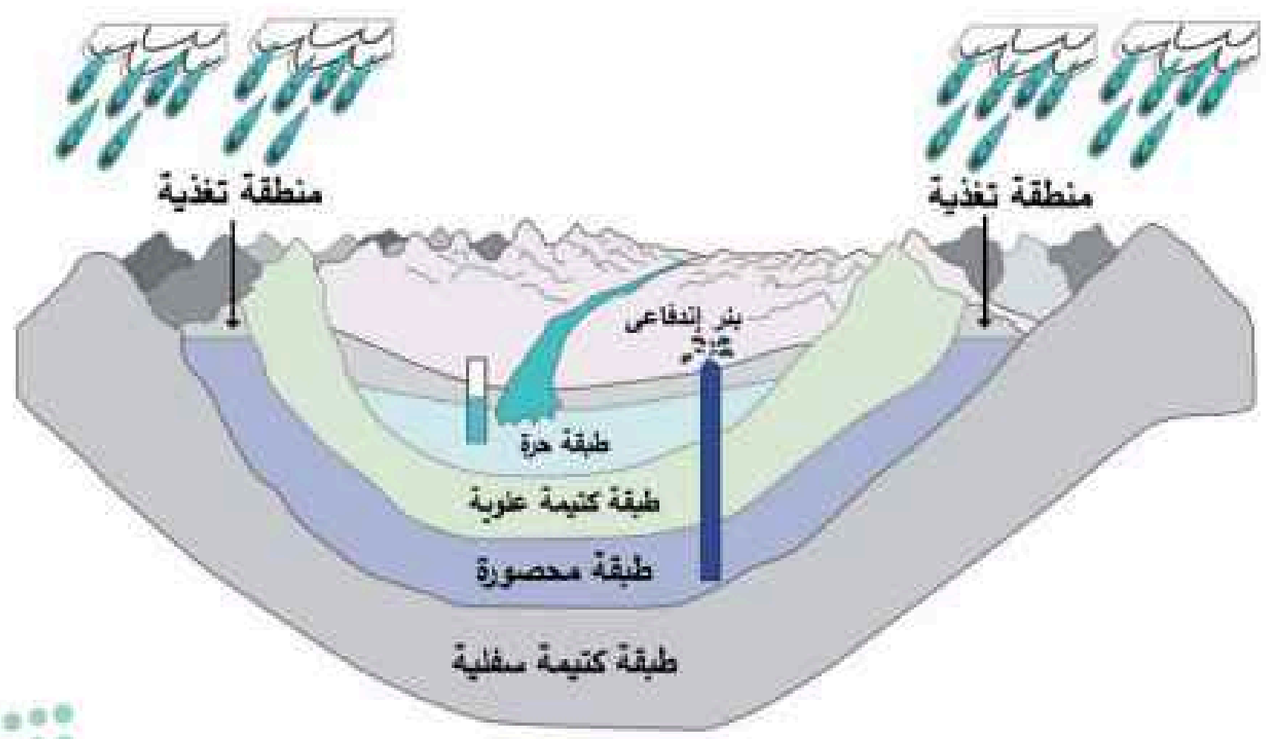
تقع تحتها مباشرة المنطقة المشبعة التي تحتوي على طبقات حاملة للمياه، تكون كل الفراغات المتصلة ببعضها مملوءة بالماء، ويكون الضغط بها أكبر من الضغط الجوي مما يسمح للماء بالخروج منها إلى البئر أو العيون **الشكل 15–6**.

تجربة عملية

قياس معدل النفاذية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

ماذا قرأت؟ كيف تتكون المياه الجوفية؟



الشكل 16–6 الطبقة المحصورة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 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 الجوي:** 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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، بها مخازن محدودة للمياه الجوفية. أما الرف العربي فصخوره عبارة عن صخور رسوبية تحوي كميات كبيرة من المياه.

وعند تتبع مصادر تكون المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية يتضح لنا أن السبب الرئيس لوجود التكوينات الحاملة للمياه ليس الأمطار التي نشهدها اليوم بمعدلاتها المتدنية وإنما هناك فترات ذات أمطار غزيرة مرت على المملكة عرفت بالعصور المطيرة أدت إلى تخزين كميات ضخمة من المياه الجوفية في طبقات الصخور الرسوبية المتمثلة في الرف العربي الذي يغطي ما يعادل 70% من مساحة المملكة. وسيتم التطرق إلى التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في المملكة العربية السعودية.

أولاً: التكوينات الرئيسة الحاملة للمياه:

تشمل 9 تكوينات هي (الساق، تبوك، الوجيد، المنجور، الوسيع، البياض، أم رضمة، الدمام، النيوجين).

- التكوينات الست الأولى تعود لحقبة الحياة القديمة والمتوسطة. وهي ذات منكشفات واسعة وسماكة كبيرة وتحوي كميات كبيرة من المياه.
- التكوينات الثلاث الأخرى ذات صخور كربونية تعود لحقبة الحياة الحديثة.

1. تكوين الساق Saq formation

تبلغ مساحة منكشفه حوالي 65000 كم2 وسمكه 600 م ويتكون من الحجر الرملي التابع لعصر الكامبري ويتميز حجر رمل الساق بأنه متماسك إلى جانب وفرة مائه وعذوبته وهو من أهم خزانات المياه الجوفية بالمملكة العربية السعودية . تغذي مياه الساق مناطق تبوك والقصيم وحائل والعلا وتيماء، وتتميز الآبار في الجزء الشرقي من منطقة القصيم بمستوى مرتفع وإنتاجية عالية بينما في تبوك ذات مستوى منخفض وإنتاجية متوسطة.

2. تكوين الوجيد wajid formation

(يبلغ سمكه من 200م – 1000 م) ويوجد في وسط وجنوب المملكة ويظهر منكشفه لمسافة 300 كم جنوبًا من وادي الدواسر وعرض لا يزيد عن 100 كم، وعمره مماثل لعمر تكوين الساق بالجنوب،ويتكون من الحجر الرملي مع بعض الدلوميت والكونجلوميرات وهو متجانس وذو نفاذية عالية،ويعد من أهم الخزانات الجوفية حيث تستغل مياهه في جنوب المملكة وهي مياه جيدة وصالحة للشرب.

تجربة عملية
تحليل مياه الشرب
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 .

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 العلاء (العليا) وطبقة الخبر (السفلى) . يبلغ أقصى سمك للمتكون في مدينة الدمام 235م.

تتكون طبقة العلاء من الحجر الجيري الدلوميت المسامي بينما تتكون طبقة الخبر من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي. ويستفاد من هذا التكوين في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية ومملكة البحرين لأغراض الشرب والزراعة.

9. تكوين النيوجين Neogene formation

يعود عمره إلى الميوسين والباليوسين. ويوجد في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. وينقسم إلى أربعة تكوينات يزداد سمكها في المنطقة الشرقية ويقل كلما اتجهنا نحو الغرب.

وتعد من التكوينات الهامة في منطقة الهفوف حيث 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 الشعاب

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.

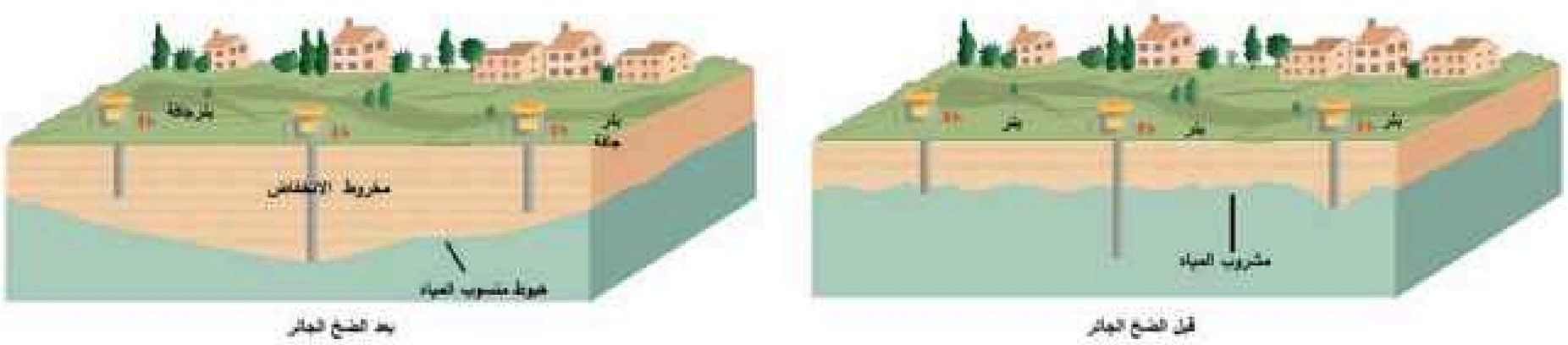
ماذا قرأت؟ أي الخزانات المائية أكثر عرضة للتلوث؟

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

من أهداف الرؤية: الحد من التلوث بمختلف أنواعه (مثل التلوث الهوائي، الصوتي، المائي، الترابي).

الشكل 18–6 تأثــير الضخ الجائــر على المياه الجوفية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

جبال طويق
(معلم جيولوجي وترفيهي)

جبال طويق هي إحدى أشهر السلاسل الجبلية في المملكة العربية السعودية وتمتد لما يقارب من 800 كم

تقع جبال طويق في منطقة نجد من الزلفي شمالًا وحتى مشارف وادي الدواسر والربع الخالي جنوبًا على شكل قوس وأغلبه يتكون من الحجر الجيري كما تُعرف بأنها مطل حافة العالم وتشبه تلك الموجودة في ولاية أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية.

تاريخيا كان العرب يطلقون على جبل طويق اسم جبل العارض أو عارض اليمامة 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 نشاط بشري فيها يعود إلى ما قبل التاريخ. ويقع القسم الأوسط من هذه السلسلة الجبلية على بعد 50 كيلو متراً غربي الرياض.

احدى الحواف العالية لجبال طويق.

يعتبر جبل طويق من أقدم الآثار في نجد منذ زمنٍ طويلٍ فالحفريات الأثرية العالمية الجارية اليوم تغوص عميقًا لتكشف عن الكثير من التفاصيل المثيرة التي تتعلق بالهجرات الإنسانية القديمة وتؤكد وجود قرى قديمة على امتداد هذه الجبال يوجد أعلى قمم حافة طُويق؛ قمة (فريدة الشَّطْيَة) الواقعة شمال غرب مدينة الحَرِيق في منطقة الرياض ويبلغ ارتفاعها نحو 1200 مترًا.

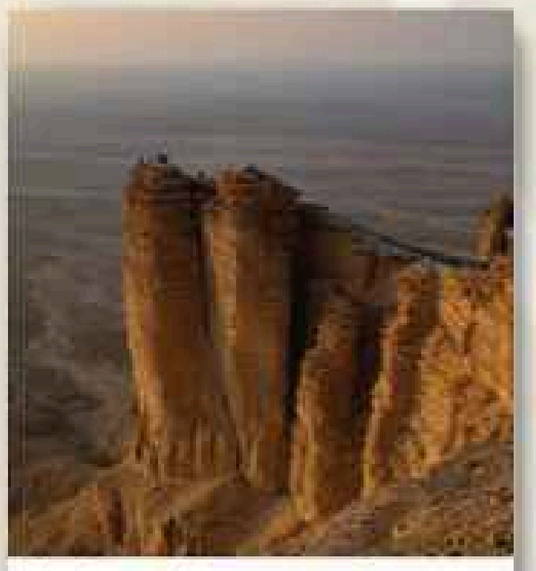
تمتد العديد من الوديان الضيقة على جانب الجبل وأحد أهم هذه الأودية هو وادي حنيفة، وتقع مجموعة من المدن في الجزء الأوسط منه، بما في ذلك العاصمة السعودية الرياض كما وجدت العديد من المدن تاريخياً على جانبيها، مثل سدير والوشم وقد ورد ذكر جبل طويق في موسوعة ياقوت الجغرافية للقرن الثالث عشر تحت اسم "العارض".

ويعتبر مشروع القدية الذي سيقام في منطقة جبال طويق وجهة عالمية مميزة تضم أكثر التجارب ابتكارًا وإثارة وتنوعًا في مجالات الترفيه والرياضة والفنون.

سيتمكن الزوار من الاستمتاع بمجموعة متنوعة من الأنشطة عبر خمس ركائز أساسية مما يجعل من مشروع القدية عاصمة الترفيه والرياضة في المملكة.

سيضم مشروع القدية العديد من المتنزهات الترفيهية والمرافق الرياضية التي ستستضيف المسابقات الدولية وأكاديميات الرياضة والفنون ومضمار سباق لعشاق رياضة السيارات بالإضافة إلى الأنشطة الخارجية لمحبي المغامرة كما ستشمل القدية مجموعة متنوعة من الخيارات العقارية والخدمات المجتمعية.

وستصبح القدية وجهة شباب المملكة ومزارًا يمكنهم فيه الاستمتاع بمواهبهم وهواياتهم وإمكانياتهم لبناء مجتمع أكثر ازدهارًا وتقدمًا.



احدى الحواف المطلة لجبال طويق والتي تكون مقصدا للزوار.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 والاستنتاج

1. لاحظ أي الطبقات أسرع في تسرب المياه من خلالها؟
2. حدد الطبقة المنفذة للمياه والطبقة الغير منفذة؟
3. استنتج ماذا حدث للمياه فوق الطبقة الطينية؟
4. فسر وضع الطبقات بعد ساعة من 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 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. • 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.
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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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
2025 - 1447

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

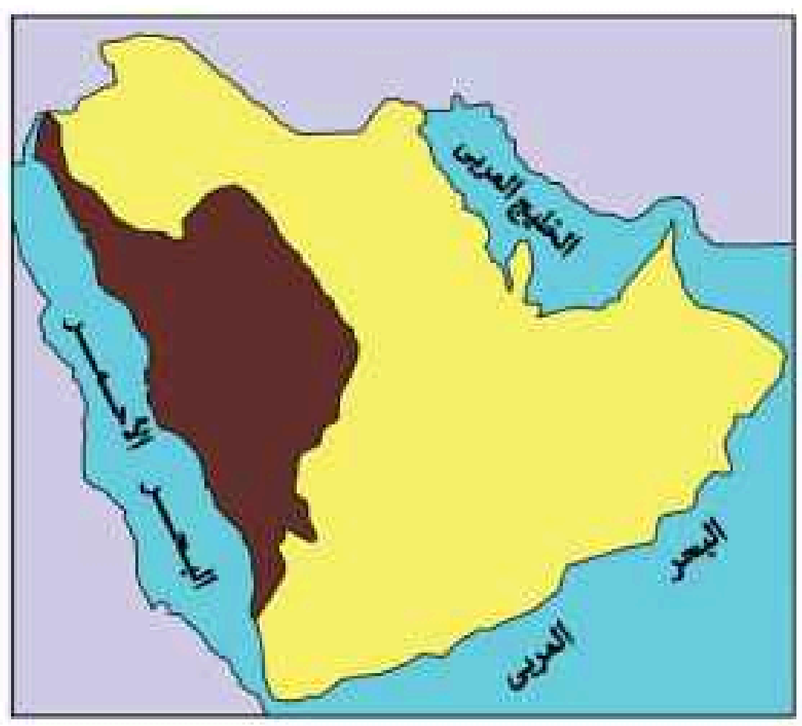
16. فسر وجود السباخ قريبة من البحار ومحاذية لها.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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.

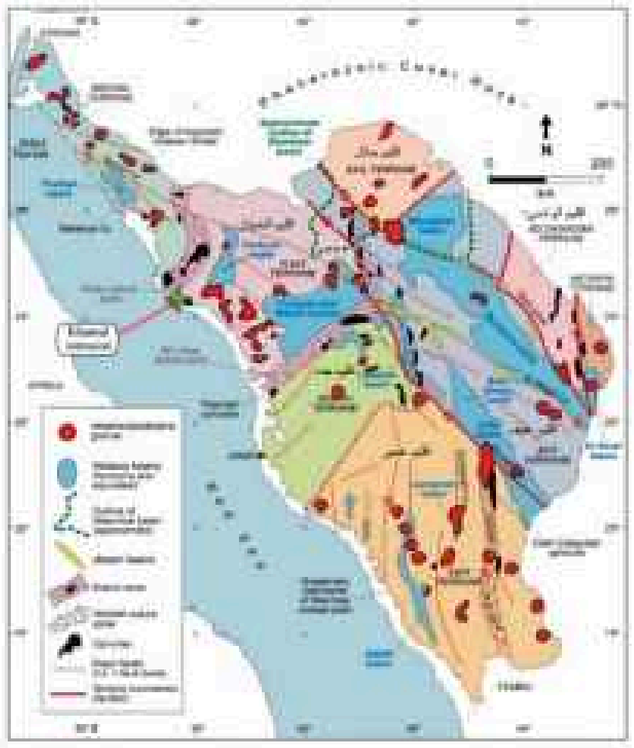
9. لخص أثر التلوث على سلامة المياه الجوفية.

10. وضح الأهمية الاقتصادية لتكوين عرب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

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 يوميًا، 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 يوميًا، وهذه الكمية تمثل ما نسبته 55% خليجيًا، كما تبلغ نسبة إنتاج المملكة من المياه المحلاة عالميًا 22.2% وبهذه الإنجازات تكون المملكة رائدة هذا المجال عربيًا وعالميًا.

12. أكثر الدول إنتاجًا للمياه المحلاة هي:

a. المملكة العربية السعودية.
b. سنغافورة.
c. أمريكا.
d. ليبيا.

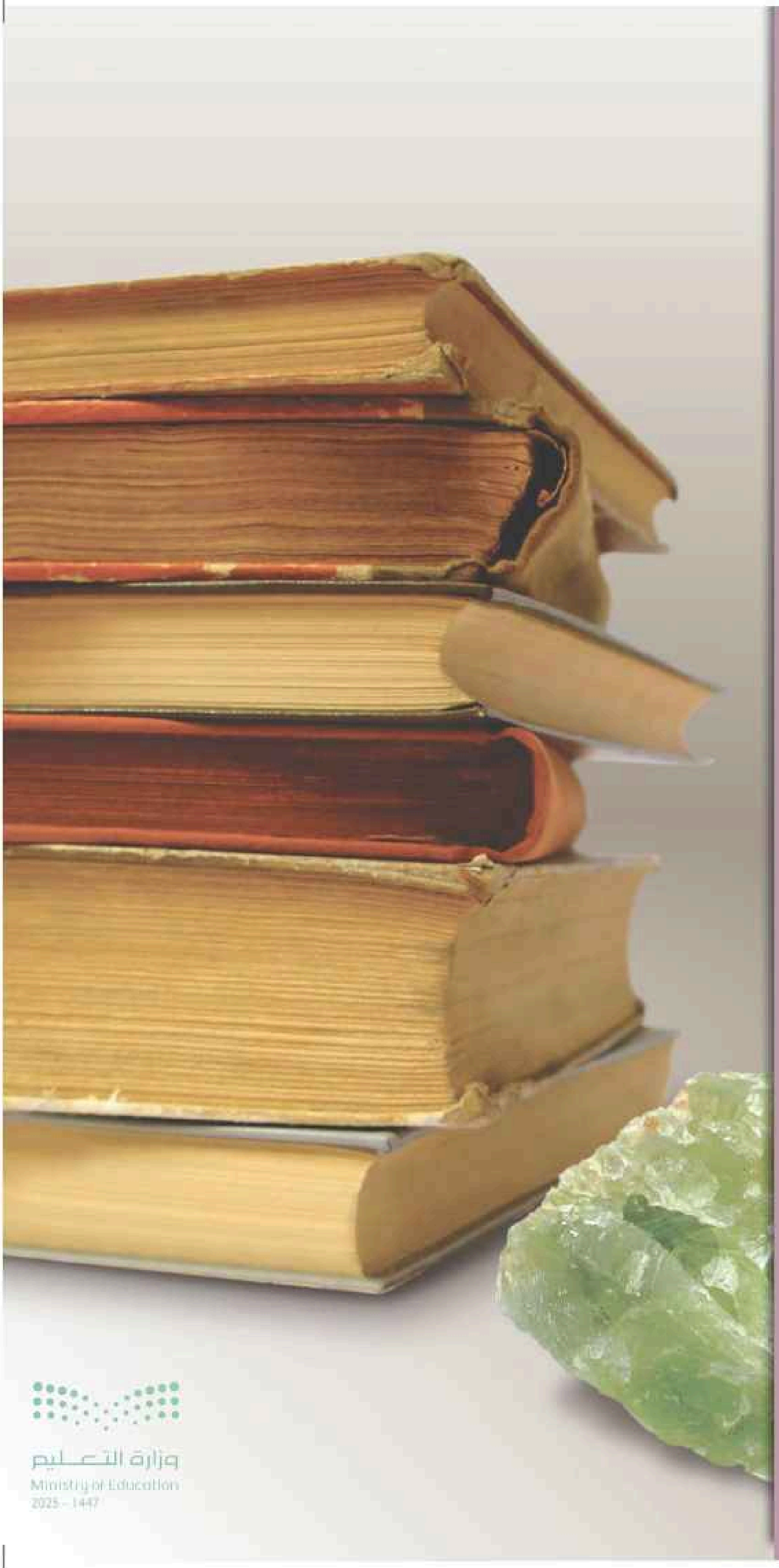
13. يبلغ عدد محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية:

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



مرجعيات الطالب

430

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

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 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 الليموناييت.
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 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
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.
الكوروندم Corundum Al_2O_3	شفاف، أزرق، بني، أخضر، أبيض، وردي، أحمر	شفاف	9	4.0	سداسي	مكسر غير مستوٍ	يستعمل لشحذ القطع أكثر حدة، والملون منه الكوروندم 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 $,Ca_2Na(Mg, Fe_2)_4(Al, Fe_3, Ti)_3, Si_6O_{22}(O, OH)_2)$	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 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.
	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 والاردواز.
	الاردواز 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
2025 - 1447

سلم الزمن الجيولوجي

الدهر	الحقبة	العصر		الحين	الفترة الزمنية (my)	التنوع الجيولوجي والحيوي	الحركات الأرضية والسلاسل الجبلية
دهر الحياة الظاهرة	حقبة الحياة الحديثة	الرباعي		هولوسين	1.8	الإنسان. ازدهار معظم الثدييات العملاقة ثم انقراضها. عائلات الثدييات الحديثة والطيور والحيوان والفيلة. ظهور الحشائش على نحو واضح. الماموث الصوفي، أسلاف الكلاب والدببة. نمو سريع، وتنوع الثدييات والنباتات الزهرية. تنوع الثدييات (آكلات اللحوم، عجول البحر، ذوات الحوافر، ذوات القرون، والثدييات الكبيرة بحجم الدب وفرس النهر). النباتات.	حركات أرضية بنائية في معظم نصف الكرة الأرضية الشمالي. انفصال الصفيحة العربية عن الإفريقية. الحركات الألبية سلاسل جبال الألب والهملايا وزاجروس وطوروس، واستمرار ارتفاع جبال الأنديز
				بلايستوسين			
		نيوجين	الثلاثي	بليوسين			
				ميوسين			
		باليوجين		أوليجوسين			
				ايوسين			
				باليوسين	65.5		
	حقبة الحياة المتوسطة	الكريتاسي		علوي		انقراض الديناصورات والأمونيت ظهور الطيور الحديثة بداية ظهور النباتات الزهرية المغطاة البذور. بداية ظهور الثدييات والقنافذ الأرضية. ظهور الطيور الأولى سيطرة الديناصورات على القارات وسماتها. ظهور الرأسقدميات ذات الأصداف الملتفة المعروفة باسم الأمونيت. انقسام بانجيا إلى كتلتين قاريتين، هما: غوندوانا، ولوراسيا ظهور العديد من البرمائيات الضخمة. انتشار النباتات المعراة البذور.	استمرار تكون جبال الأنديز بداية تكون جبال الأنديز بداية الحركة الأنديزية.
				سفلي	145.5		
		الجوراسي		علوي			
				متوسط			
				سفلي	199.6		
		الترياسي		علوي			
				متوسط			
				سفلي	251		
	حقبة الحياة القديمة	البرمي		علوي		تكون قارة بانجيا انتشار الزواحف الشراعية الظهر. انتشار النباتات البذرية المعراة البذور، انتشار النباتات. انتشار النباتات الوعائية اللازهرية (السرخسيات) المسؤولة عن تكون الفحم الحجري. تطور الأسماك	الحركة الهرسينية أدت إلى تكوّن الجبال الهرسينية والفارسكية والإيلاثية.
				متوسط			
				سفلي	299		
		الكربوني		بنسلفينيون			
				سيسيبيون	359.2		
		الديفوني		علوي			
				متوسط			
				سفلي	416		
		السيلوري		علوي		العقارب المائية. بداية ظهور الأسماك. الجرابتوليت. تنوع اللافقاريات. تشكل قارة غوندوانا. انتشار واسع للحياة البحرية. الترايلوبيت.	الحركة الكاليدونية
				متوسط			
				سفلي	443.7		
		الأردوفيشي		علوي			
				متوسط			
				سفلي	488.3		
		الكامبري		فورونجيان			
				سلسلة 3			
				سلسلة 2			
				تريتيوفيان	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 الهورانية

المعادن الفلزية في المملكة العربية السعودية

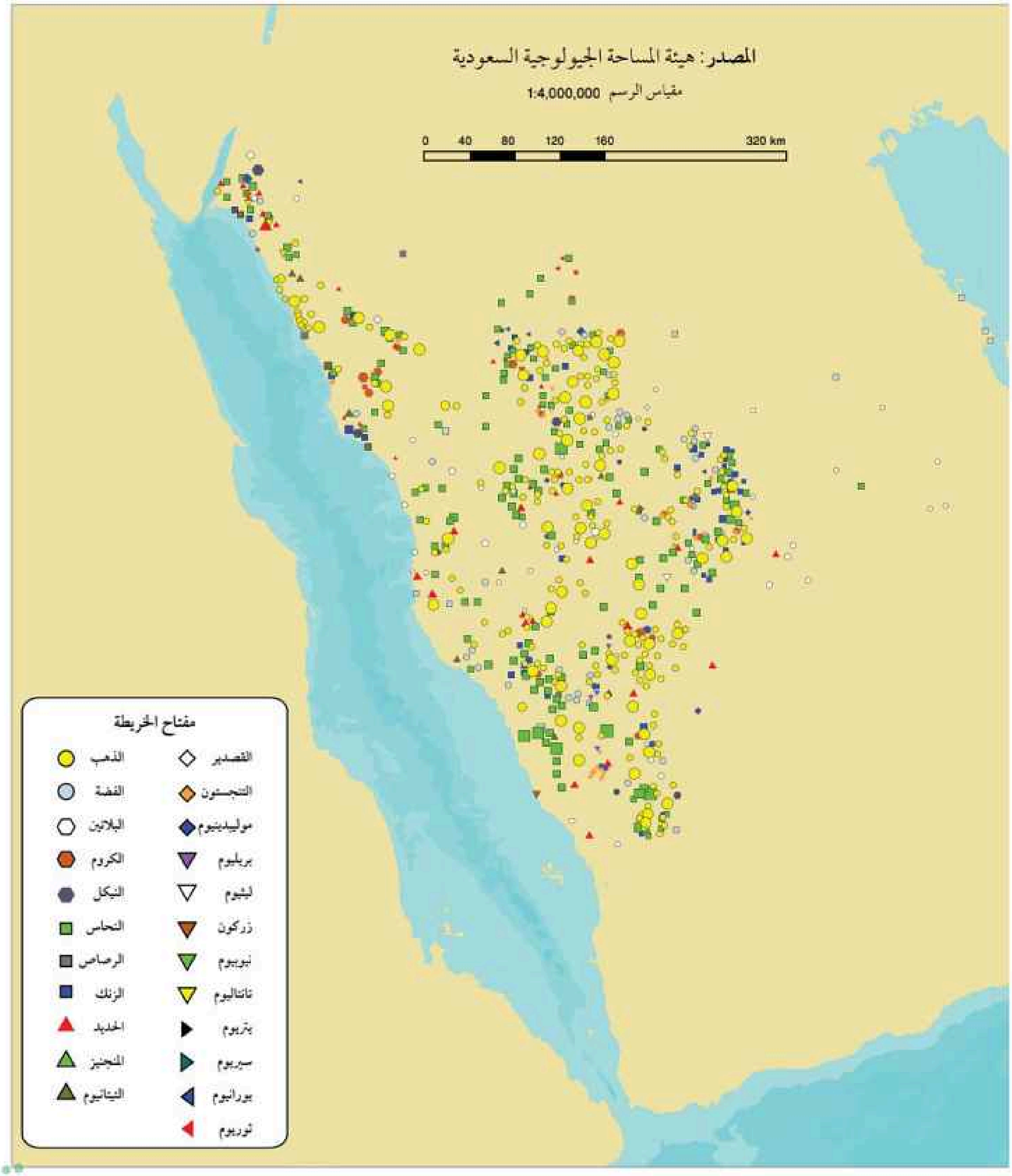
تصاحب العديدُ من المعادن الفلزية والخامات الاقتصادية أنواعًا محددة من الصخور. فالذهب مثلًا يتواجد عـادةً في عروق الكوارتز المصاحبة لصخـور الجرانيت أو لصخور الديورايت والجرانوديورايـت، ويوجد كذلك في الصخـور البركانية الغنية بالسـيليكا. بينما تصاحب خامـات الكوبالت والنيـكل والتيتانيوم الصخورَ النارية القاعدية وفـوق القاعدية، ومنها البيردوتيت والسربنتينيت.

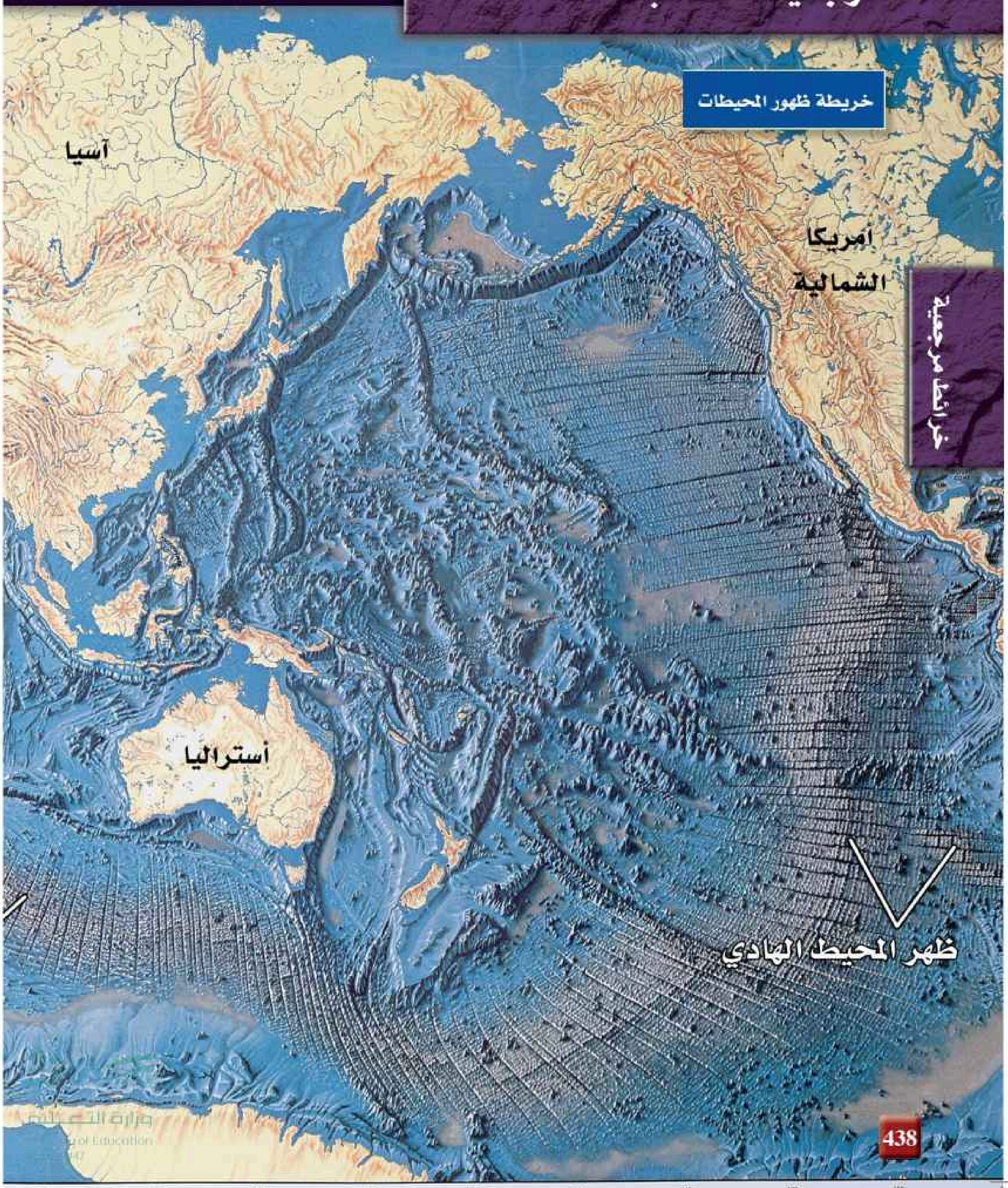
وتنتشر المعادن الفلزية في مواقع عديدة من المملكة العربية السعودية، ولكنها تتركز في صخـور منطقة الدرع العربي، التي تقع في المنطقة الغربية من المملكة على امتداد سـاحل البحر الأحمر، ومن أهم المعـادن الفلزية التي تتواجد فيها: الذهـب، والفضة، والنحاس. ومن المناجم التي يُسـتخلص منها الذهب: مهد الذهب، والأمـار، والصخيبرات، ومن المناجم التي تُظهر الدراسات الجدوى الاقتصادية من استغلال الذهب منها: حجر حمضة، وظلم، والدويحي.

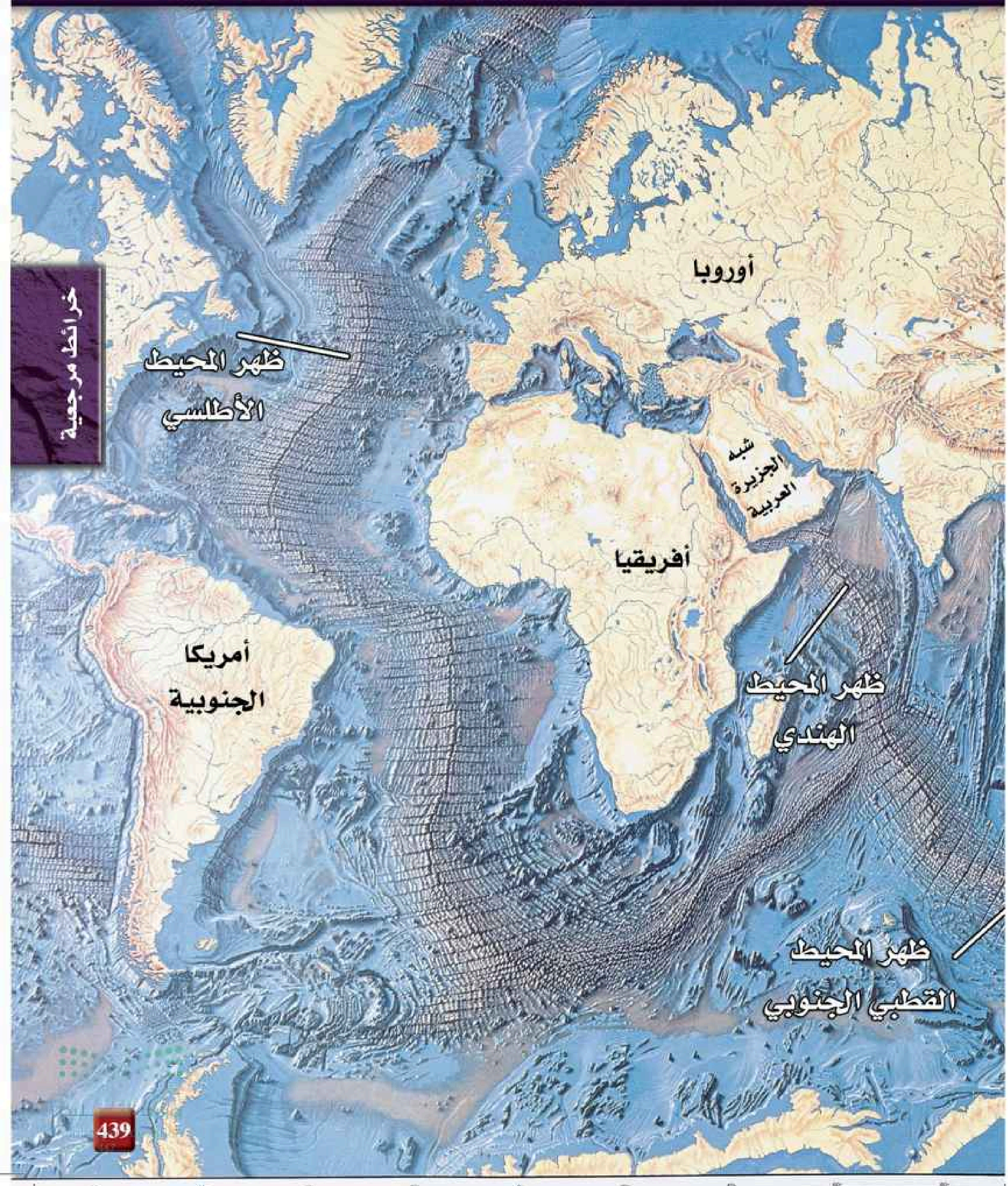
وكانـت بدايـة التنقيب عن المعـادن الاقتصادية في المملكة عام 1930م، عندما طلب المغفور له الملك عبد العزيز آل سـعود من الجيولوجي الأمريكي توثيشـل التنقيب عن النفط والمعادن الاقتصادية في أراضي المملكة، وقد أكـد هذا الجيولوجي تواجد الذهـب في منطقة الحجاز. ومـن ثم بدأ التنقيـب عن الذهب واسـتغلاله من منجم 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 للثـروة المعدنية؛ وكانت الجهة المنوط بها البحث والتنقيب واسـتغلال الثروات المعدنية الاقتصادية في المملكة. وفي عام 1999م تم تأسيس هيئة المسـاحة الجيولوجية السعودية التي أصبحت مسؤولة عن عمليات البحث والتنقيب عن المعادن في المملكة. وتتبنى الهيئة سياسات تعتمد على إجراء العديد من الدراسـات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، آخذين في الاعتبار النظريات الحديثة حول نشـأة المعادن الاقتصاديـة وتكوّنها؛ من أجل تحديد أماكن المعادن الفلزية وكمياتها، ودراسة الجدوى الاقتصادية من استغلالها.

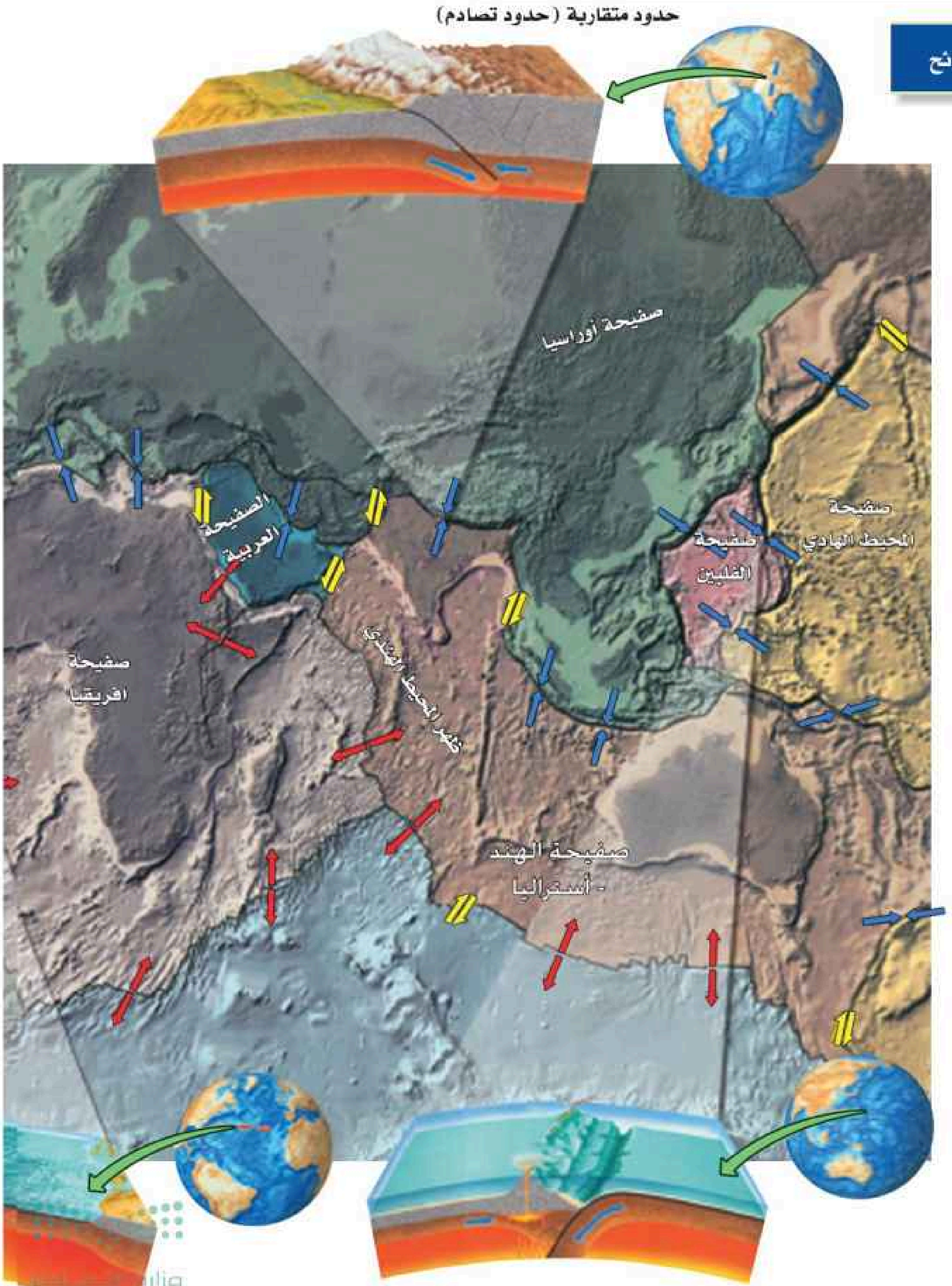
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447


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
بتريوم
سيريوم
يورانيوم
ثوريوم


خريطة ظهور المحيطات
آسيا
أمريكا الشمالية
أستراليا
ظهر المحيط الهادي


أوروبا
ظهر المحيط
الأطلسي
شبه
الجزيرة
العربية
أفريقيا
أمريكا
الجنوبية
ظهر المحيط
الهندي
ظهر المحيط
القطبي الجنوبي

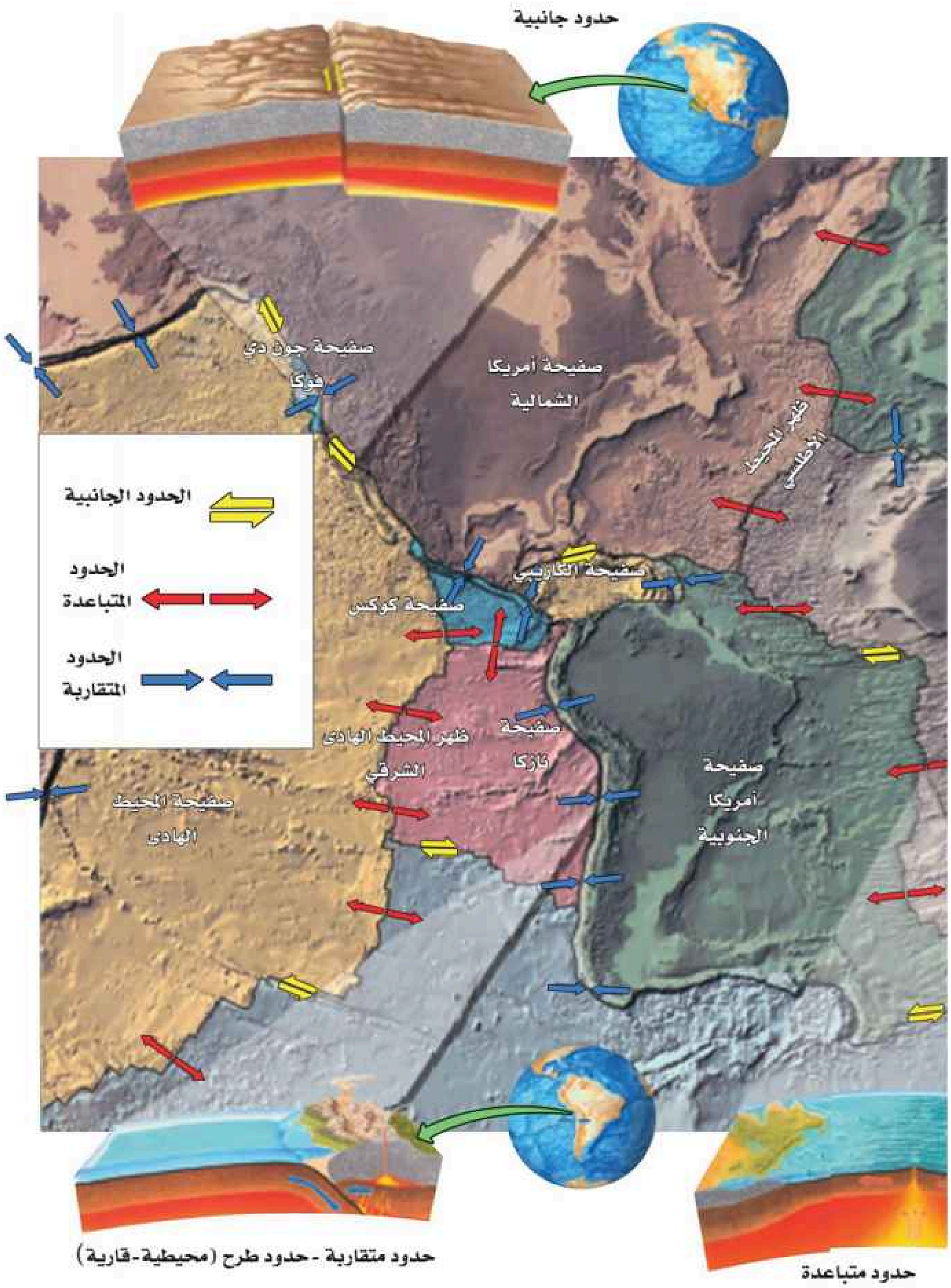
مرجعيات الطالب



حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-محيطية)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

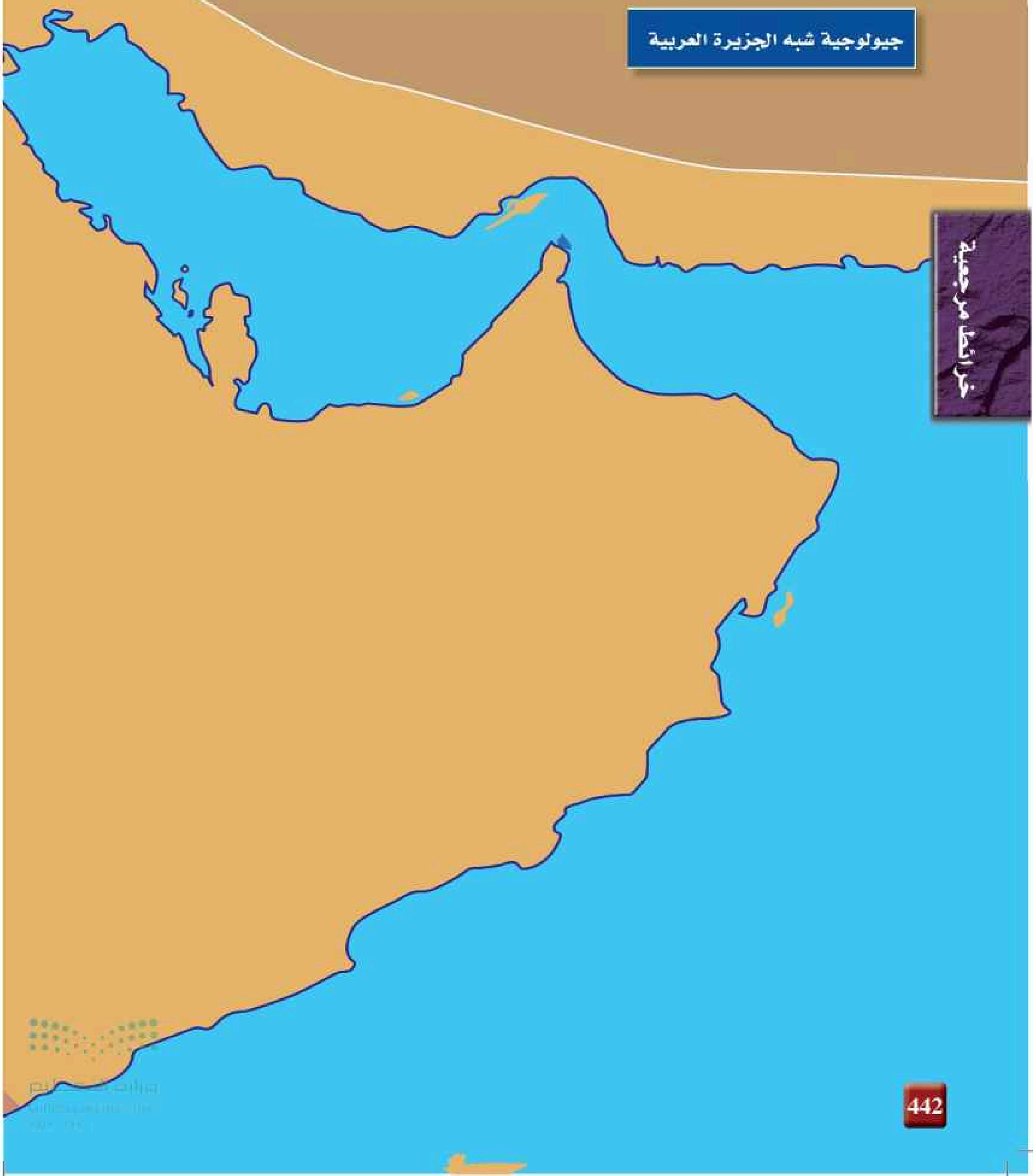
خرائط مرجعية

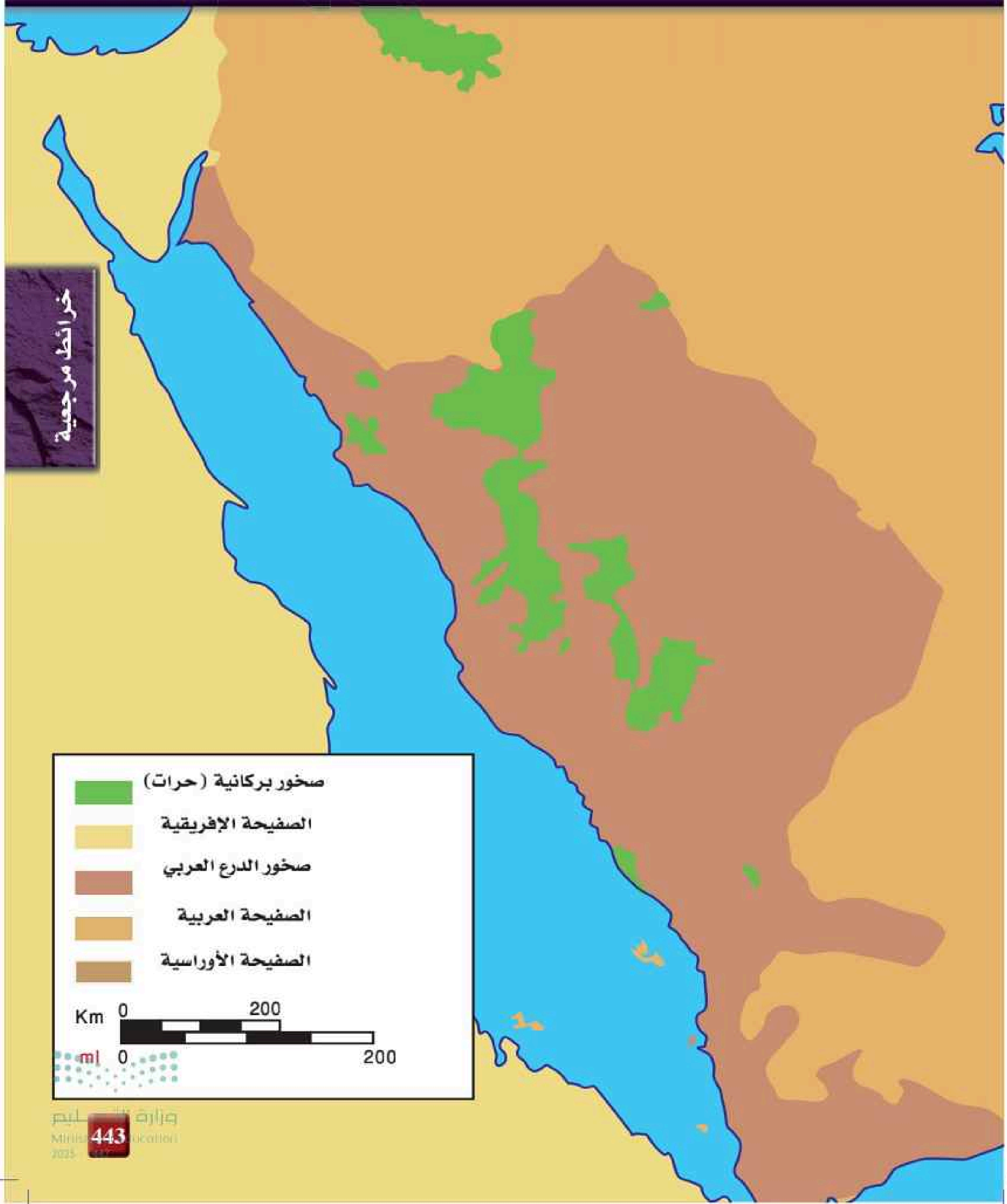

حدود جانبية
صفيحة جون دي فوكا
صفيحة أمريكا الشمالية
ظهر المحيط الأطلسي
الحدود الجانبية
الحدود المتباعدة
الحدود المتقاربة
صفيحة الكاريبي
صفيحة كوكس
ظهر المحيط الهادي الشرقي
صفيحة نازكا
صفيحة أمريكا الجنوبية
صفيحة المحيط الهادي
حدود متقاربة - حدود طرح (محيطية-قارية)
حدود متباعدة

مرجعيات الطالب

جيولوجية شبه الجزيرة العربية

خرائط مرجعية



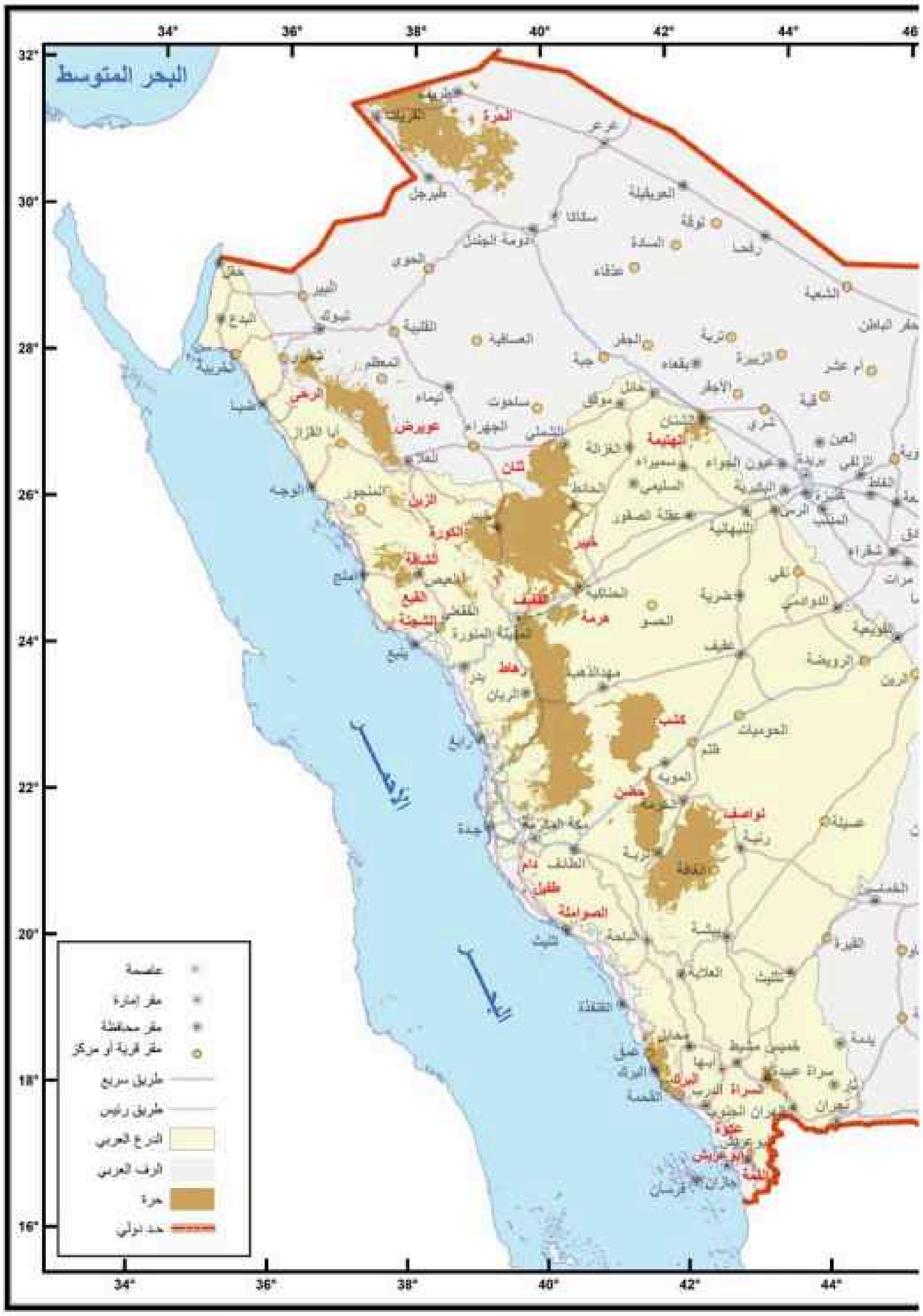

صخور بركانية (حرات)
الصفيحة الإفريقية
صخور الدرع العربي
الصفيحة العربية
الصفيحة الأوراسية
Km 0 200
mi 0 200

توزيع الحرّات في المملكة العربية السعودية

* المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

معالم جيولوجية مرجعية



معالم جيولوجية مرجعية

مرجعيات الطالب

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 مليونيْ 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.

(أ)

آثار الحفر traces of excavation: هي الآثار التي تتركها بعض الحيوانات في الرواسب الطرية عندما تحفر جحورًا وممرات تمتلئ فيها بعد بالرواسب التي تتصلد وتحفظ كنوع من الأحافير.

الأحافير fossils: بقايا أو آثار الكائنات التي عاشت على الأرض وحفظت في الصخور 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 التيثس الضخم إلا الخليج العربي، وبحر عمان والبحر الأبيض المتوسط.

بقعة ساخنة Hot spot: منطقة ساخنة بصورة غير عادية في ستار الأرض، يصعد فيها عمود من صهارة ذات درجة حرارة عالية إلى أعلى في اتجاه سطح الأرض.

البقع الشمسية Solar Spots: هي الظاهرة الأكثر وضوحًا في الغلاف الضوئي للشمس، وهي نتوءات تظهر في السطح بسبب التواءات حلقات المجال المغناطيسي.

البلازما Plasma: هي غاز ساخن يتكون من الهيدروجين والهليوم المشحون كهربائيًا.

(ت)

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
2025 - 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: هو طبقات 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.

حـزام 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)

الخـزان الارتـوازي 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.

ديوتيريـوم Deuterium: هي نواة هيدروجين تحتوي على بروتون واحد ونيترون واحد.

(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 الهيدرجين 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
2025 - 1447

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 Keybed: 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 نحو 33% 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.

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 النسقية 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
2025 - 1447

(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.