حلول
الحلول أون لاين
hulul.online

الفصل 8

الأحافير والسجل الصخري
Fossils and the Rock Record

أحافير لافقارية

ينقب عالم أحافير في الصخور بحثًا عن أحافير

الفكرة العامة يستعمل العلماء طرائق متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

8–1 السجل الصخري

الفكرة الرئيسة يرتب العلماء الزمن الجيولوجي لمساعدتهم على التواصل حول تاريخ الأرض.

8–2 التأريخ الجيولوجي

الفكرة الرئيسة يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وَفْق حدوثها زمنيًّا. كما تُستعمل 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.

SA.GEO.SE.CH08.indd 196 4/8/19 5:01 PM

حلول الحلول اون لاين hulul online

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 الكرتونية 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 علم الأرض ما حدث للقطعة الإسفنجية.
2. فسّر كيف ينمذج هذا النشاط عملية تكون الأحافير؟

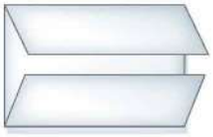
بعد مورت الحيوان تتحلل أجزاؤه الرخوة وتبقى أجزاؤه الصلبة ومع مرور الوقت بحل المعادن محل الفراغات في الاجزاء الصلبة ويمثل الملح هذه المعادن

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 2–8 في أثناء دراستك التأريخ النسبي والتأريخ المطلق، و لخص المعلومات عليها، واكتب فيها أمثلة على إيجابيات وسلبيات كل منهما.

حلول الحلول اون لاين hulul online

SA GEO SE CH08.indd 197 4/8/19 5:01 PM

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

8-1

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 منذ أكثر من 10 آلاف سنة.

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 فهم وترتيب 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 1–8**. 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 2–8** سلم الزمن الجيولوجي.

الشكل 1–8 تمثل الطبقات أحداثًا جيولوجية تقدر أعمارها بمئات الملايين من السنين. ويدرس الجيولوجيون الصخور والأحافير في كل طبقة لمعرفة تاريخ الأرض باستعمال وحدات زمنية مختلفة.

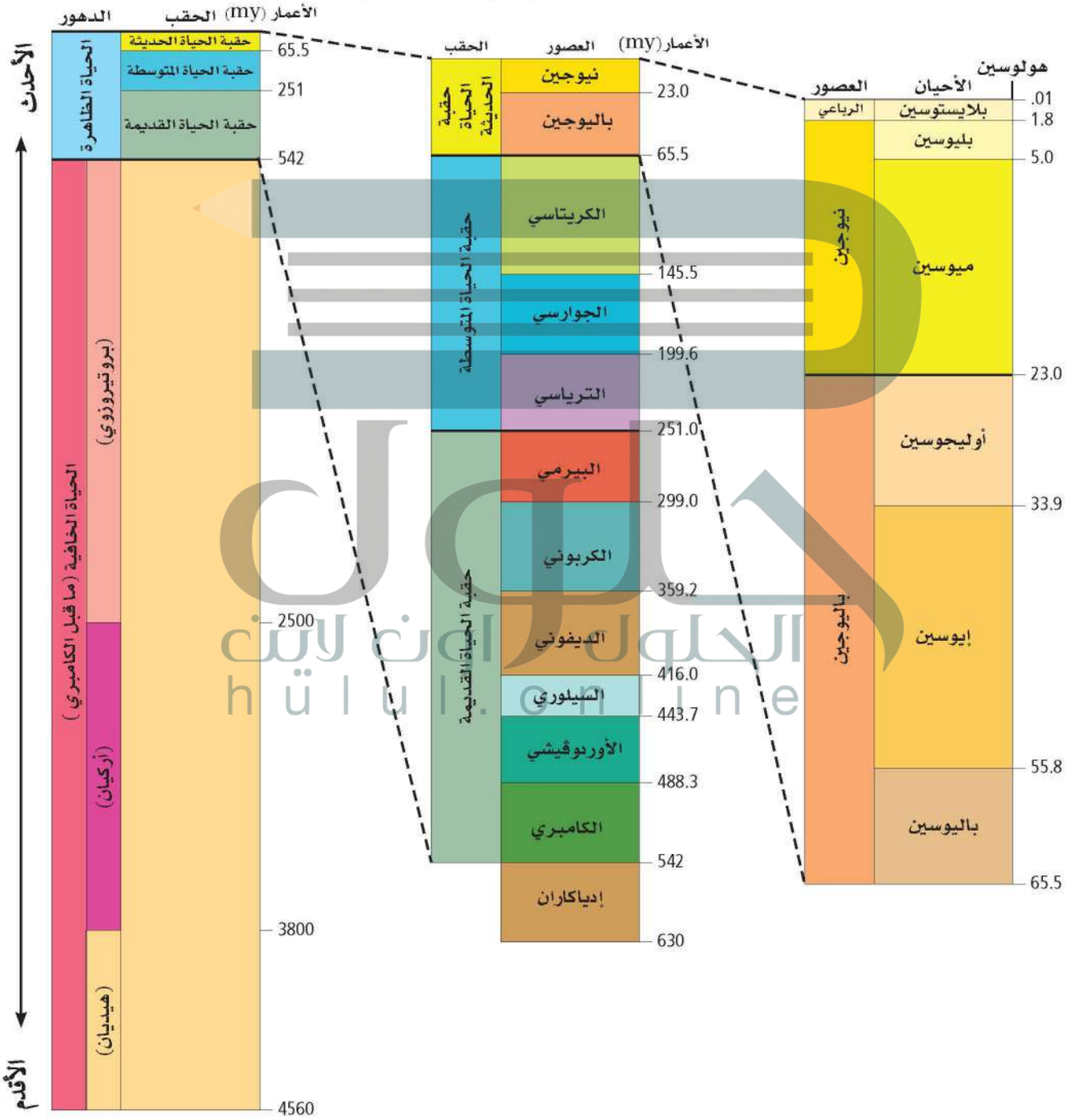
الحلول أون لاين
hulul.online

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

سلم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

الشكل 2–8 يبدأ سلم الزمن الجيولوجي قبل 4.6 بلايين عام. ويقسِّم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى مجموعات، أكبرها الدهور؛ حيث يحتوي كل منها على حقب، وكل حقبة على عصور، وكل عصر على أحيان. ويسمى الحين الحالي هولوسين. ويوجد لكل وحدة في سلم الزمن الجيولوجي اسم ومدى زمني بملايين السنين.

حدد أحدث وحدة زمنية لكل من الأحيان والعصور والحقب والدهور في سلم الزمن الجيولوجي.



SA.GEO.SE.CH08.indd 199 4/8/19 5:01 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

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 2–8**، 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؟

سلم الزمن الجيولوجي يساعد العلماء على تنظيم تاريخ الأرض والتوا صل مع علماء آخرين بصورة فعالة

الشكل 3–8 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؟

وتُسمى مجتمعة ما قبل الكامبري **Precambrian**، حيث تكونت الأرض، وأصبحت مؤهلة لاستقبال حياة حديثة؛ إذ تشير الأدلة الأحفورية إلى أن أشكال الحياة البسيطة بدأت في التشكل في دهر الأركيان، وتنوعت مع نهاية دهر البروتيروزوي، حتى أصبحت بعض المخلوقات قادرة على الحركة بطريقة معقدة. ومعظم أجسام هذه الأحافير كالتي في **الشكل 3–8** -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 4–8** بعض الأحافير المهمة والاكتشافات المتعلقة بتقنيات التأريخ.

ماذا قرأت؟ **وضح** ما الذي ميز دهر ما قبل الكامبري عن دهر الحياة

يتميز دهر ما قبل الكامبري بوجود أحافير بسيطة ليس لها أصداف وهياكل صلبة بعكس أحافير دهر الحياة الظاهرة

الحلول اون لاين
hulul.online

الشكل 4–8 اكتشاف الأحافير والتقنية غيّرت اكتشافات الأحافير وتقنيات التأريخ فهمنا للحياة على الأرض.

1857 اكتشف عمّال المقالع هيكلاً عظميًّا يسمى نيندرتال.

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

1920 | 1880 | 1840 | 1800

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

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

1959 أدى اكتشاف أحافير في صخور طين بيرغن في سلسلة جبال روكي في الولايات المتحدة الأمريكية، إلى بيان مدى تنوع اللافقاريات خلال عصر الكامبري.

SA.GEO.SE.CH08.indd 200 4/8/19 5:01 PM

الشكل 5–8 أحفورة الأمونيت إحدى الأحافير المرشدة البحرية التي ميزت الحقبة المتوسطة.

الحقب Eras تتكون جميع الدهور من حقب، **والحقبة Era** هي ثاني أكبر وحدة زمنية، وتتراوح بين عشرات إلى مئات ملايين السنين. وتُحدّد الحقبة - كما تُحدد بقية الوحدات الأخرى - بناء على أنواع الحياة المختلفة التي نجدها في الصخور. أما أسماء الحقب فهي مشتقة من كلمات إغريقية بُنيت على الأعمار النسبية لأشكال الحياة. فعلى سبيل المثال كلمة paleo تعني قديمًا، وكلمة meso تعني متوسطًا، وكلمة ceno تعني حديثًا، وكلمة zoic تعني الحياة، لذا فإن Paleozoic تعني الحياة القديمة، و Mesozoic تعني الحياة المتوسطة، و Cenozoic تعني الحياة الحديثة.

العصور Periods تُقسم جميع الحقب إلى **عصور Periods**، وتصل مدة العصر إلى ملايين السنين، ولكن بعض عصور ما قبل الكامبري أكبر من ذلك. سُمّيت بعض العصور بأسماء المواقع الجغرافية التي اكتُشفت فيها **أحافير مرشدة Index fossils** لأول مرة؛ وهي أحافير لها عمر محدد وامتداد جغرافي واسع ومنها أحفورة الأمونيت، انظر **الشكل 5–8**. فمثلاً، سُمّي عصر الإدياكاران باسم تلال الإديكارا في أستراليا، وأضيف إلى سلم الزمن الجيولوجي في عام 2004م.

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 2–8** 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 زمنيًّا، فعلى سبيل المثال حين الهولوسين الذي يتضمن الزمن الحديث بدأ منذ 11,000 عام فقط.

1946 توصل عدد من العلماء إلى أنه يمكن تحديد أعمار الأجسام العضوية والآثار الحديثة نسبيًّا باستعمال الكربون المشع.

1993 تُعد الأحافير التي وجدت في غرب أستراليا دليلاً على وجود البكتيريا قبل 3.5 بليون عام.

2006 أحفورة تشبه القندس عمرها 164 مليون عام اكتشفها الصينيون، على أنها ثدييات مائية، ويتوقعون أنها ازدهرت مع الديناصورات.

2000 — 1970 — 1940

1987 قادت جيني كلاك حملة استكشافية إلى جرينلاند، اكتشفت خلالها أحافير لحيوانات عاشت قبل 360 مليون سنة.

SA.GEO.SE.CH08.indd 201 4/8/19 5:01 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

ج1: يساعد سلم الزمن الجيولوجي العلماء على تنظيم تاريخ الأرض؛ التعاون مع غيرهم من العلماء في البحوث والدراسات

ج2: الدهور هي الأجزاء الأكثر شمول بين تقسيمات الزمن الجيولوجي تليها الحقب، فالعصور، فالأحيان تختلف الأمثلة ولكنها قد تشمل الزمن الذي نعيشه دهر الحياة الظاهرة حقبة الحياة الحديثة العصر الرباعي حين الهولوسين

ج3: إن ظاهرة الانقراض الجماعي يسهل تعرفها في السجل الاحفوري كما تزود الجيولوجين بطريقة لتقسيم الزمن لأنها تحدث عادة في فترة زمنية قصيرة نسبياً

ج4: لأن حقبة الحياة الحديثة لم تتعرض لعمليات تجوية وتعرية كما تعرضت باقي الحقب؛ لذلك احتفظت بالسجل الصخري بشكل أكبر

ج5: لا يعلم العداء عن هذا الزمن (ما قبل الكامبري) إلا القليل وذلك لعدم وجود حيوانات لها أجزاء صلبة حينها كما أن صخور ما قبل الكامبري قديمة جداً وشديدة التشوه؛ لدرجة أنا تخلو من أي سجل للأحداث الجيولوجية

ج6: يجب أن تحوي الرسوم جميع الحقب المدونة في سلم الزمن الجيولوجي وعليها النسب الآتية: حقبة الحياة الحديثة 12% وحقبة الحياة المتوسطة 34% وحقبة الحياة القديمة 54%

التقويم 1–8

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. الفكرة الرئيسة 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 رسماً بيانيًّا بالأعمدة توضح فيه الفترات الزمنية النسبية لكل حقبة من حقب دهر الحياة الظاهرة.

SA.GEO.SE.CH08.indd 202 4/8/19 5:01 PM

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

8-2

التأريخ الجيولوجي

Geolgical Dating

الأهداف

- **تصف** مبدأ النسقية وتبيّن أهميته في الجيولوجيا.
- **تطبّق** المبادئ الجيولوجية في تفسير التتابعات الصخرية وتحدد 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

مبدأ النسقية
التأريخ النسبي
مبدأ الترسيب الأفقي
مبدأ تعاقب الطبقات
مبدأ القاطع والمقطوع
مبدأ الاحتواء
عدم التوافق
المضاهاة
الطبقة المرشدة
التأريخ المطلق
الانحلال الإشعاعي
التأريخ الإشعاعي
عمر النصف
التأريخ بالكربون المشع
التأريخ بالأشجار

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، ولم يعرف العلماء القدماء سابقًا عمر الأرض؛ حيث كانت الأفكار الأولى عن عمر الأرض في سياق زمني قصير، بحيث يمكن لشخص أن يتصورها بالنسبة إلى عمره. وقد تغير هذا المفهوم عن عمر الأرض مع بدء استكشاف الإنسان للأرض وللعمليات الأرضية بطريقة علمية. 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 7–8** أخذت حديثًا لأحد الشواطئ، وهي تشبه إلى حد كبير الشواطئ التي كانت موجودة قبل ملايين السنين.

SA.GEO.SE.CH08.indd 203 4/8/19 5:01 PM

الشكل 7–8 ربما كانت شواطئ جدة قبل 5 ملايين عام مثل هذا الشاطئ؛ ذلك أن العمليات الجيولوجية التي كوّنتها لم تتغير.

مبادئ تحديد العمر النسبي
Principles for Determining Relative Age

المطويات

ضمِّن معلومات من هذا القسم في مطويتك

المفردات

مفردات أكاديمية

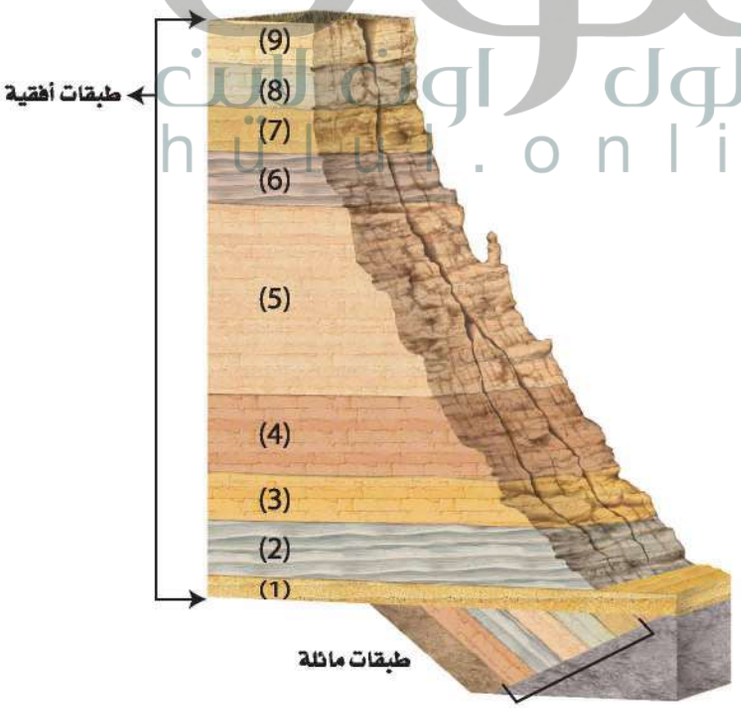
المبدأ

هو فرضية عامة تختبر بصورة متكررة وتسمى أحيانًا قانونًا.

من أمثلتها المبادئ الجيولوجية.

بناء على مبدأ النسقية يستطيع العلماء أن يعرفوا الكثير عن الماضي بدراستهم للحاضر، متبعين في ذلك طرائق عدة، منها **التأريخ النسبي Relative-age dating**، وهو ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها زمنيًّا. وهذه الطريقة لا تمكن العلماء من معرفة عدد السنين التي استغرقتها الأحداث الجيولوجية، ومتى وقعت بالضبط، ولكنها تساعدهم على فهم الأحداث الجيولوجية التي وقعت عبر تاريخ الأرض بصورة واضحة. ويستعمل العلماء طرائق عدة لتحديد الأعمار النسبية تسمى مبادئ التأريخ النسبي. وتتضمن هذه المبادئ مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ تعاقب الطبقات، مبدأ القاطع والمقطوع، وعدم التوافق، ومبدأ الاحتواء، والمضاهاة.

مبدأ الترسيب الأفقي original horizontality ينص **مبدأ الترسيب الأفقي Original horizontality** على أن الصخور الرسوبية تترسّب في طبقات أفقية أو شبه أفقية. ويشبه هذا ما يحدث عندما تترسب الرمال على الشاطئ



الشكل 8–8 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.

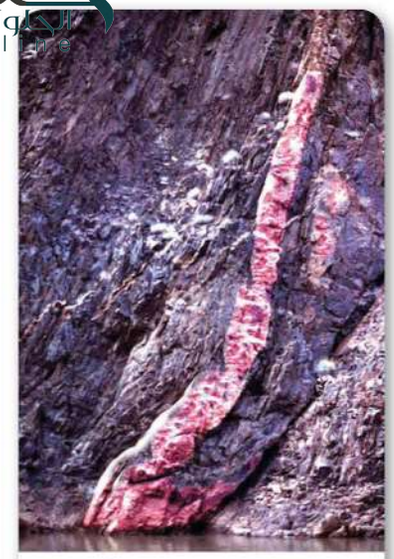
حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

SA.GEO.SE.CH08.indd 204 4/8/19 5:01 PM

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 8–8** طبقات رسوبية أفقية على جانبي أحد الأودية، وأسفلها طبقات مائلة.

مبدأ تعاقب الطبقات superposition لا يستطيع الجيولوجيون تقدير أعمار الطبقات الصخرية الموضحة في **الشكل 8–8** 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 9–8** أحد الصخور مقطوعة بقواطع رأسية جرانيتية. والقواطع صخور تتكون بفعل تصلُّب الصهارة داخل صخور موجودة أصلًا.



الشكل 9–8 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؟

SA.GEO.SE.CH08.indd 205 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

وينص **مبدأ القاطع والمقطوع Cross-cutting relationship** على أن القاطع أحدث من المقطوع. لذلك فإن قواطع الجرانيت في **الشكل 9–8** 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 10–8**.

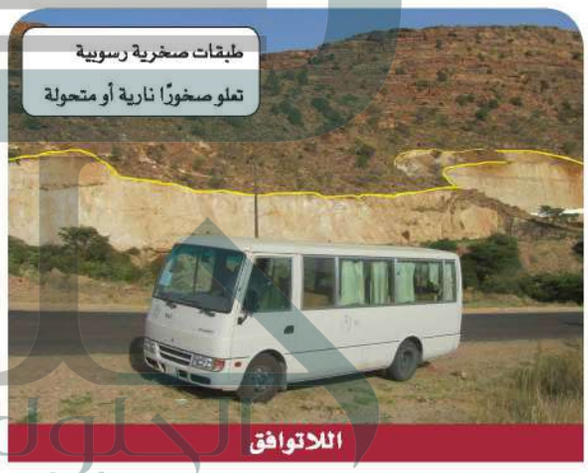
عدم التوافق الانقطاعي Disconformity عندما تعلو طبقة رسوبية أفقية طبقة رسوبية أفقية أخرى، يسمى سطح التعرية بين هاتين الطبقتين عدم التوافق الانقطاعي. ويمكن تمييز سطح عدم التوافق الانقطاعي عندما يكون سطح التعرية متعرجًا، ولكن تصعب رؤيته عندما يكون مستويًا.

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 وترسّب طبقة صخرية جديدة فوقها.

ماذا قرأت؟ ميِّز بين عدم التوافق الانقطاعي واللاتوافق.

الشكل 10–8 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

عدم التوافق الانقطاعي هو سطح تعرية عندما تعلو طبقة رسوبية أفقية طبقة رسوبية أخرى بينما اللاتوافق هو سطح تعرية يتكون عندما تعلو طبقة رسوبية صخوراً متحولة أو نارية

SA.GEO.SE.CH08.indd 206 4/8/19 5:02 PM

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 10–8** كيف يُسجل عدم التوافق الزاوي تأريخًا معقدًا لعمليات تكوّن الجبال والتعرية.

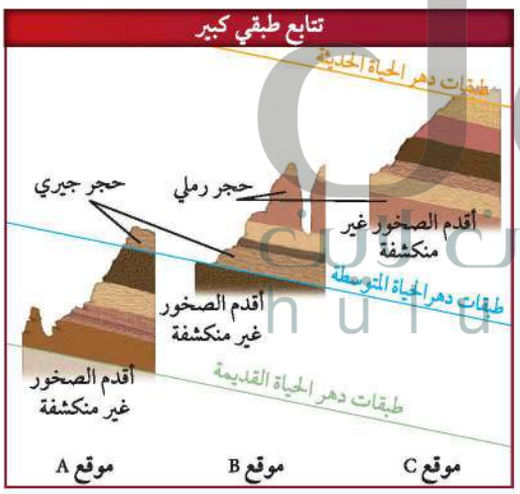
مبدأ الاحتواء Inclusions ينص **مبدأ الاحتواء Principle of inclusion** على أن القطع الصخرية (المحتبسة) أقدم من الصخور التي تحتويها. ويحدث احتواء للقطع الصخرية في الصخور الرسوبية عندما تتعرض طبقة صخرية منكشفة لعمليات تجوية ثم حت وتعرية. وإذا حدث نقل للفتات الصخري الناتج ثم إعادة ترسيبه فإنه من المتوقع 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 11–8**.

المضاهاة Correlation يوضح **الشكل 12–8** 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 12–8** قد توصل الجيولوجيون إلى أن التعاقبات الصخرية كلها في المواقع A و B و C هي جزء من تعاقب طبقي كبير.

الطبقات المرشدة (الدّالة) key beds تتكون أحيانًا طبقات صخرية مميزة تمتد فوق منطقة جغرافية واسعة، نتيجة سقوط نيزك أو ثوران بركان أو أي حدث آخر، ولأنها طبقات يسهل تعرفها وتمييزها، فإنها تساعد الجيولوجيين على مضاهاة ومقارنة المتكونات الصخرية المنكشفة في مناطق مختلفة. ويسمى الصخر أو الطبقة الرسوبية المستعملة على أنها مؤشر أو علامة بهذه الكيفية **طبقة مرشدة Key bed**؛ حيث تُرشد الجيولوجيين إلى أن الطبقات التي تقع فوق الطبقة المرشدة تكون أحدث من الطبقات التي تقع أسفل منها. فتعد طبقة الرماد البركاني مثلاً طبقة مرشدة.

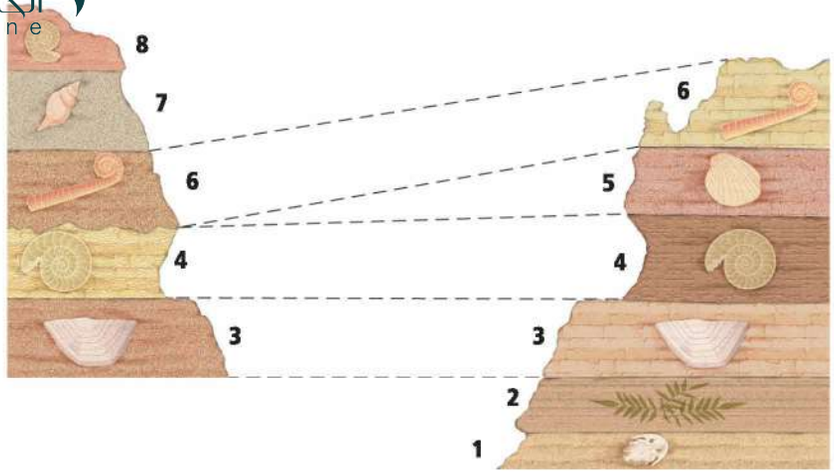
الشكل 11–8 تحتوي الصخور الحديثة على قطع صخرية من صخر قديم.



الشكل 12–8 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.

SA.GEO.SE.CH08.indd 207 4/8/19 5:02 PM



الشكل 13–8 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.

المضاهاة بالأحافير Fossil correlation يستعمل الجيولوجيون الأحافير أيضًا لمضاهاة التكوينات الصخرية بين أماكن متباعدة. ويوضح **الشكل 13–8** أن الطبقات الصخرية ترسبت في زمن واحد؛ لاحتوائها على أحافير متشابهة على الرغم من اختلافها كليًّا في المكونات.

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

المهن في علم الأرض

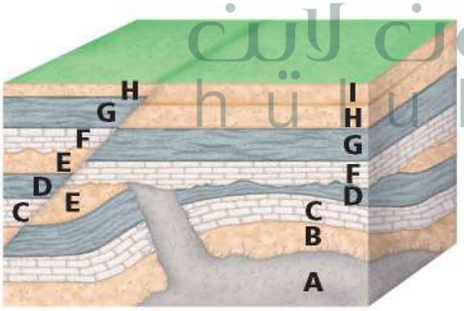
جيولوجي البترول

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؟

SA.GEO.SE.CH08.indd 208 4/8/19 5:02 PM

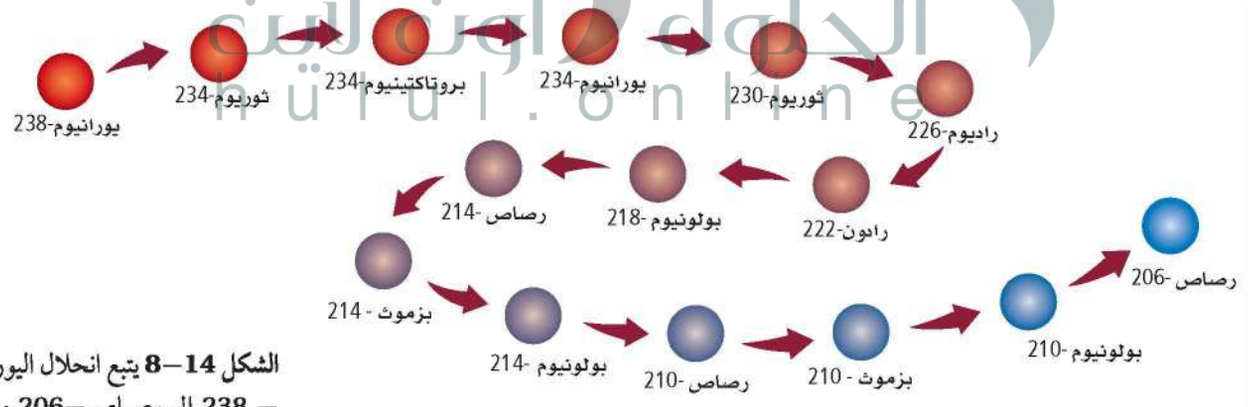
حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

والغـاز الطبيعي، فعلى سـبيل المثال لو أن طبقة من الحجـر الرملي في مكان ما تحتوي على النفط فمن الممكن أن تحتوي الطبقة نفسـها في أماكن أخـرى على النفط. وعمومًا اعتمد الجيولوجيون على المضاهاة بصورة كبيرة في بناء سلم الزمن الجيولوجي.

التأريخ المطلق Absolute-Age Dating

إن التأريخ النسـبي طريقة لمقارنة الأحداث الجيولوجية السابقة بناء على ترتيب الطبقات في السجل الصخري، في المقابل فإن **التأريخ المطلق absolute age dating** يُمَكّنُ العلماء من تحديد عمر الصخور والأجسام الأخرى بدقة (بالأرقام). وباستعمال طرائق التأريخ المطلق يقيس العلماء انحلال النظائر المشعة في الصخور النارية والمتحولة وفي بعض بقايا المخلوقات المحفوظة في الصخور الرسوبية.

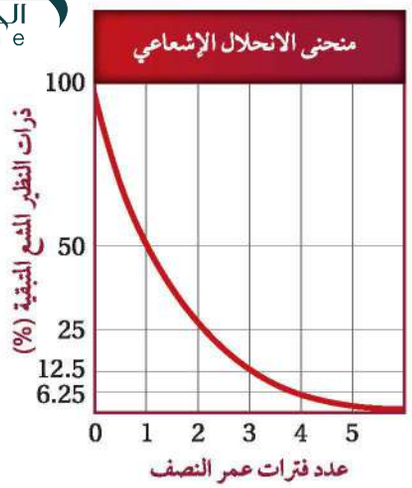
الانحلال الإشـعاعي Radioactive decay تنبعث جسيمات نووية من النظائر المشـعّة بمعدل ثابت. إن العنصر يتميز بعدد محدد من البروتونات. ولأن عدد البروتونات يتغير مع كل انبعاث، لذا فإن النظير المشـع الأصلي الذي نسـميه النظير المشع يتغير تدريجيًّا إلى عنـصر مختلف نسـميه النظير الثابت. فمثـلًا، يتحلل نظير اليورانيوم المشـع U-238 إلى عنـصر مسـتقر ثابت، هو الرصـاص - 206 (Pb—206) في فـترة زمنية محددة، كما في **الشـكل 14—8**. وفي النهايـة يتحلـل قـدر كبـير من النظير المشـع بحيـث لا يبقى منه كميـة قابلـة للقياس، بينما يصبح النظـير الثابت الناتج هو القابل للقياس. وتسـمى عملية انبعاث الجسـيمات المشـعة وما ينتـج عن ذلك من نظائـر عبر الزمن **الانحلال الإشـعاعي Radioactive decay**. ولأن معـدل الانحلال الإشـعاعي ثابت بغـض النظر عن الضغط والحرارة أو أي متغيرات فيزيائية أخرى، لذا فإن العلماء يسـتعملونه لتحديد العمر المطلق للصخر أو الأجسام الأخرى التي تحوي هذه النظائر.

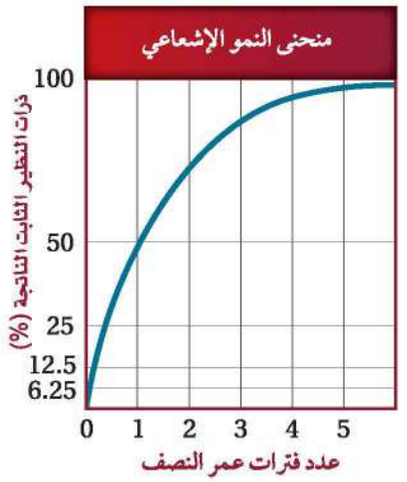


الشكل 14—8 يتبع انحلال اليورانيوم — 238 إلى رصـاص—206 مسـارًا معينًا لا يتغير.

SA.GEO.SE.CH08.indd 209 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online





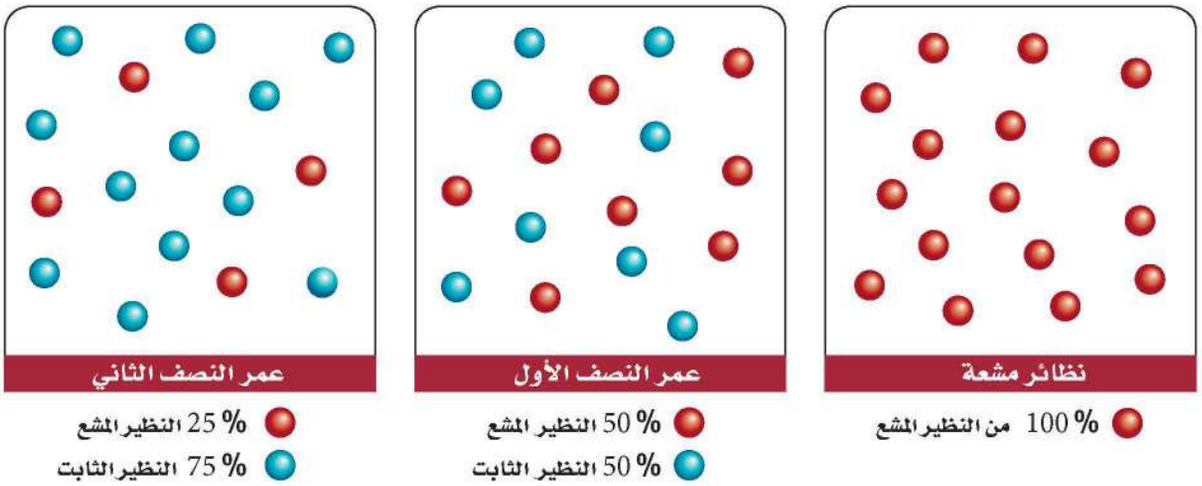
الشكل 15–8 ينقص عدد ذرات نظير المشع بينما يزداد عدد ذرات النظير الثابت بالقدر نفسه في أثناء عمليتي الانحلال والنمو الإشعاعي.

فسّر ما النسبة المئوية للنظير الثابت في عينة تحوي 12.5% من النظير المشع؟

التأريخ الإشعاعي Radiometric Dating يوضح **الشكل 15–8** 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 16–8** الذي يوضح هذه العملية.

الشكل 16–8 تحوي العينة بعد مرور عمر النصف الأول 50% من النظير المشع و 50% من النظير الثابت. وبعد مضي عمريْ نصف تحوي العينة 25% من النظير المشع و75% من النظير الثابت.



SA.GEO.SE.CH08.indd 210 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الجدول 1–8 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 1–8** 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 فُيستعمل 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.

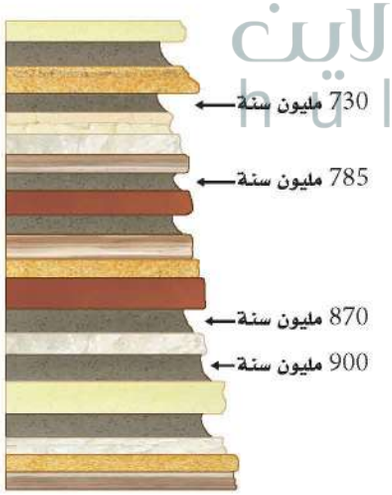
لا تصلح طريقة التأريخ الإشعاعي لتحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية؛ لأن المعادن في الصخور الرسوبية الفتاتية قد تشكلت من صخور سابقة. ويوضح **الشكل 17–8** كيف يحدد الجيولوجيون العمر التقريبي للصخور الرسوبية الفتاتية من خلال تحديد أعمار الصخور النارية الموجودة بين طبقات الصخور الرسوبية.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا لا تصلح طريقة التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية؟

المعادن في معظم الصخور الرسوبية تكوّنت في الأصل من صخور سابقة لذا فإن أعمارها أقدم من أعمار الصخور الرسوبية

النوع من التاريخ مواد من اصل حيواني او نباتي، ومنها العظام والفحم النباتي والعنبر.

الشكل 17–8 لمساعدة العلماء على تحديد أعمار الصخور الرسوبية الفتاتية فإنهم يؤرخون طبقات الصخور النارية أو الرماد البركاني الموجودة بين الطبقات الرسوبية.



تأريخ الرماد البركاني إشعاعيًا

SA.GEO.SE.CH08.indd 211 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

تحتوي أنسجة المخلوقات الحية جميعها -ومنها الإنسان- على كمية قليلة من الكربون-14. وينحل الكربون-14 في أثناء حياة المخلوق الحي ولكنه يتجدد باستمرار بعملية البناء الضوئي أو التغذي. وعندما يموت المخلوق الحي فإنه يتوقف عن الحصول على الكربون-14، لذا تنقص كمية الكربون-14 في جسمه مع مرور الوقت.

ويستطيع العلماء من خلال قياس كمية الكربون-14 في المادة العضوية أن يحددوا الزمن الذي انقضى منذ موته. وتعد هذه الطريقة مفيدة عمليًّا في تحديد أعمار الأحداث الجيولوجية الحديثة التي تحوي بقايا المادة العضوية.

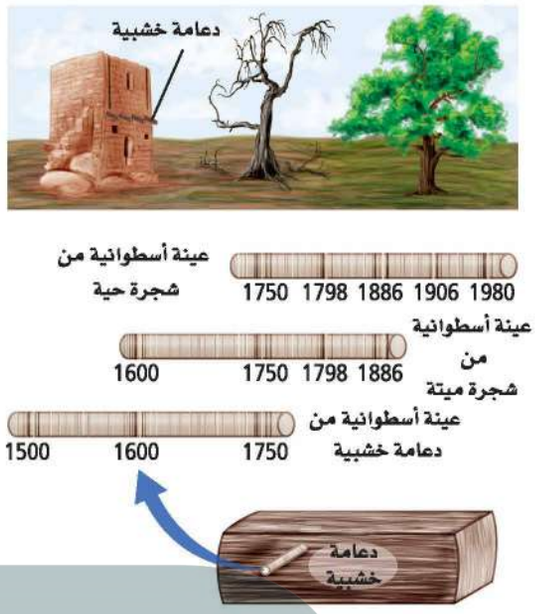
طرائق أخرى لتحديد العمر المطلق
Other Ways to Determine Absolute Age

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

حلقات الأشجار Tree rings يحوي الكثير من الأشجار سجلًّا زمنيًّا في حلقات جذوعها. تسمى حلقات الأشجار السنوية. تتكوّن كل حلقة شجرية سنوية من زوج من حلقات نمو موسمية مبكّرة، وأخرى متأخرة. ويعتمد عرض الحلقات على ظروف بيئية محددة؛ حيث تكون عريضة عند توافر مطر غزير؛ لأن الأشجار تنمو بسرعة، وتكون رفيعة في المناخ الجاف. لذا فإن الأشجار التي تنمو في الإقليم الجغرافي نفسه وضمن فترة زمنية معينة يكون عرض الحلقات فيها هو نفسه، انظر **الشكل 18-8**. وقد استطاع العلماء من خلال المقارنة بين حلقات الأشجار التأريخ لفترات حتى قبل 10,000 سنة.

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

يعكس عرض الحلقات السنوية للأشجار الظروف البيئية الموسمية؛ حيث يكون العرض أكبر في السنوات التي توافر فيها المياه وأشعة الشمس وأضيق ما يمكن في سنوات الجفاف

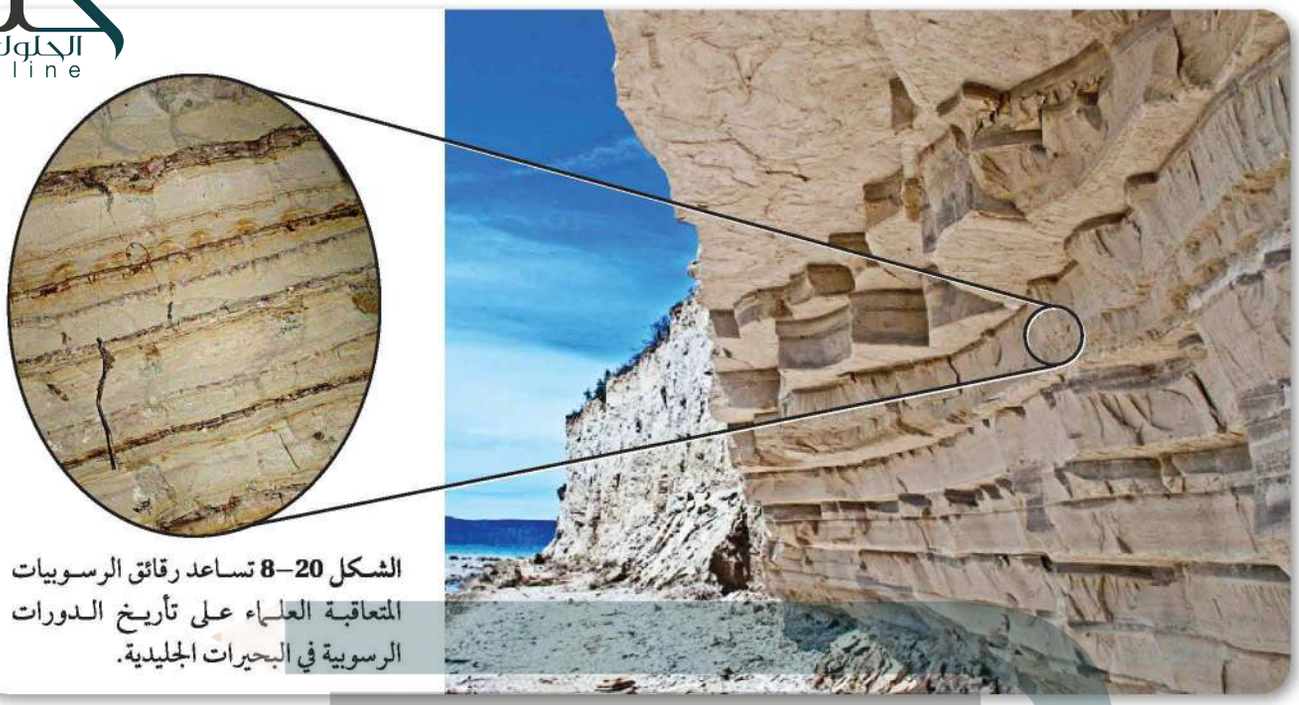


الشكل 18-8 يمكن تحقيق التأريخ بالحلقات السنوية الشجرية من خلال مضاهاة الحلقات السنوية بين عينات خشبية مختلفة حية وميتة. يسمى العلم الذي يستعمل حلقات الشجر السنوية في التأريخ المطلق التأريخ بالأشجار.

احسب عدد السنين التي يمثلها الشكل أعلاه.

الشكل 19-8 يستعمل العلماء عينات الجليد الأسطوانية لتأريخ الرسوبيات الجليدية ولمعرفة المزيد عن مناخ الأرض القديم.

SA.GEO.SE.CH08.indd 212 4/8/19 5:02 PM



الشكل 20–8 تساعد رقائق الرسوبيات المتعاقبة العلماء على تأريخ الدورات الرسوبية في البحيرات الجليدية.

يسمى العلم الذي يحدد العمر المطلق باستعمال حلقات الأشجار السنوية **التأريخ بالأشجار Dendrochronology**، وقد ساعد هذا العلم الجيولوجيين على تحديد عمر بعض الحوادث الحديثة نسبيًّا التي أدت إلى اقتلاع الأشجار، ومنها البراكين والزلازل والجليديات، كما يفيد علم التأريخ بالأشجار في الدراسات الأثرية، كما يتيح التأريخ بالأشجار للجيولوجيين التأكد من نتائج التأريخ بالكربون المشع.

عينات الجليد الأسطوانية Ice cores تُعدّ عينات الجليد مماثلة لحلقات الأشجار السنوية في أنها تحوي سجلاً للظروف البيئية الماضية في ترسبات الثلج السنوية؛ حيث يحوي جليد الصيف فقاعات أكثر وبلورات أكبر مقارنة بجليد الشتاء. يستعمل الجيولوجيون تأريخ عينات الجليد لدراسة الدورات الجليدية عبر التأريخ الجيولوجي.

ويتم تخزين آلاف الأمتار من عينات الجليد المأخوذة من المسطحات الجليدية، كما في **الشكل 19–8**. ولأن عينات الجليد الأسطوانية تحوي معلومات عن الظروف البيئية الماضية، لذا فإن الكثير من العلماء يستعملونها في دراسة المناخ القديم.

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. توجد الرقائق بصورة مثالية في تُرسبات البحيرات القريبة من الجليديات، حيث تحمل المياه المنصهرة الرمل إلى البحيرة وتُرسِّبها، بينما يكون الترسيب قليلاً أو منعدمًا في الشتاء، كما في **الشكل 20–8**. يستطيع العلماء باستعمال عينات أسطوانية من الرقائق أن يؤرّخوا دورات الرسوبيات الجليدية حتى 120,000 سنة الماضية.

SA.GEO.SE.CH08.indd 213 4/8/19 5:02 PM

التقويم 2 - 8

ج1: ينص مبدأ الترسيب الأفقي على أن الطبقات تترسب في وضع الأحدث تكون الطبقات الأقدم، أما مبدأ القاطع والمقطوع فينص على أن الأجسام النارية المندفعة والصدوع أحدث من الطبقات التي تقطعها وأما مبدأ الاحتواء فينص عل أن القطع الصخرية أقدم من الطبقات التي تحتويها

ج2: يترك للطالب

ج3: من خلال معرفة العلماء عمر الأحافير يحددون أعمار التكشفات الصخرية التي تحتوي على تلك الأحافير، ومن ثم يعملون مضاهاة أحمورية مع تكشمات أخرى تحتوي على الأحافير نفسها، مما يساعد على فهم التاريخ النسبي للمنطقة، كما يستعمل العلماء أنواعًا معينة من الأحافير في تحديد أماكن وجود الغاز والنفط والثروات المعدنية

يعد الفحم الحجري طبقة متميزة يسهل تعرفها ويمكن استعمال طبقة الفحم الحجري بوصفها طبقة مرشدة إذا كانت واسعة الانتشار

ج5: بحسب مبدأ النسقية فإن الصخور النارية تشكلت في الزمن الماضي بالكيفية نفسها التي تتشكل بها في الوقت الحاضر ولذلك يستطيع العلماء أن يدرسوا كيفية تشكل هذه الصخور حالياً لتطوير فرضياتهم حول تشكلها في الماضي

ج6: لأن الانحلال الإشعاعي يحدث بطريقة منتظمة ويمكن توقعه فهو يعمل كساعة جيولوجية يزودنا بأعمار رقمية للعينات أكثر دقة مقارنة بطرائق التأريخ النسبي التي تزودنا بترتيب نسبي فقط

ج7: كلاهما يستعمل في التأريخ الإشعاعي

ج8: تساعد الرقائق الرسوبية الجيولوجي عل تأريخ الترسبات الموسمية (الفصلية) للرسوبيات الجليدية

ج9: يعني هبدأ النسقية في سياق التأريخ المطلق أن النشاط الإشعاعي يعمل في أيامنا هذه كما عمل في الزمن الماضي

ج10: يستطيع الجيولوجي أن يختبر الفرضية بمضاهاة معالم معينة مثل المحتوى الأحفوري وأنواع الصخور والطبقات المرشدة في كل معلم، وإذا كانت المعالم متشابهة فإن ذلك يدعم الفرضية

ج11: يمكن استعمال كل من التأريخ بالكربون المشع والمضاهاة الحلقية؛ فإذا أعطت مجموعتين من النتائج أو أكثر، وكانتا متشابهتين، فإن كلتا الطريقتين تدعم الأخرى؛ وتقلل من نسبة الخطأ

ج12: يترك للطالب

SA.GEO.SE.CH08.indd 214 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

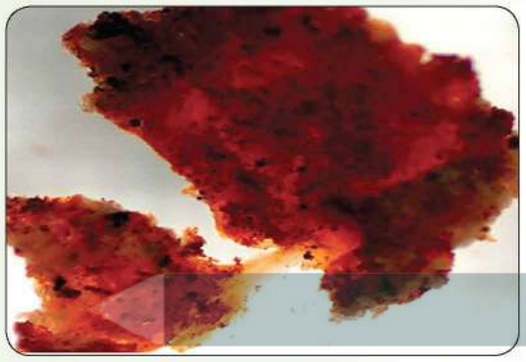
اكتشاف أنسجة لديناصور

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 رؤًى جديدة سمحت لهم بالإجابة عن التساؤلات القديمة. وقد أمكنهم من تحليل الأنسجة الرخوة المكتشفة تحديد ما إذا كانت الديناصورات من ذوات الدم الحار أو ذوات الدم البارد.



توضح الصورة أنسجة رخوة مكتشفة عام 2003م لديناصور التيرانوصور التي تم حفظها بالكامل، والتي تقدم أدلة حول الكيفية التي عاش بها هذا الديناصور.

يكشف تحليل الأنسجة الرخوة عن المزيد من المعلومات حول النظام الغذائي، الأمر الذي يؤدي إلى مزيد من المعلومات حول بيئة هذه الأنواع في ذلك الوقت. على سبيل المثال وجد العلماء عند تحليل محتويات المعدة للهادراصور (hadrosaur) أكثر من 36 نوعًا من حبوب اللقاح، و تم العثورعلى عينات نباتية لا يمكن أن تعيش إلا في ظروف بيئية دافئة ورطبة.

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

الكتابة في الجيولوجيا

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

SA.GEO.SE.CH08.indd 215 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

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 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؟

SA.GEO.SE.CH08.indd 216 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الفصل 8

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يستعمل العلماء طرائق متعددة لدراسة تاريخ الأرض الطويل.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
8–1 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.
8–2 التأريخ الجيولوجي	
مبدأ النسقية التأريخ النسبي مبدأ الترسيب الأفقي مبدأ تعاقب الطبقات مبدأ القاطع والمقطوع مبدأ الاحتواء عدم التوافق المضاهاة الطبقة المرشدة التأريخ المطلق الانحلال الإشعاعي التأريخ الإشعاعي عمر النصف التأريخ بالكربون المشع التأريخ بالأشجار	**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.

SA.GEO.SE.CH08.indd 217 4/8/19 5:02 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

ج1: سلم الزمن الجيولوجي
ج2: عدم التوافق
ج3: الانحلال الإشعاعي
ج4: الدهر
ج5: المضاهاة
ج6: كلاهما وحدات زمنية، ولكن العصور وحدات زمنية أكبر من الأحيان
ج7: تستعمل طرائق التأريخ المطلق لتحديد العمر بالسنوات للصخر أو لجسم آخر، بينما يمكن استعمال التأريخ النسبي لتقدير الأعمار وترتيب الأحداث بعضها نسبة إلى بعض
ج8: عدم التوافق الانقطاعي: هو سطح تعرية بين طبقتين رسوبيتين متوازيتين، اللاتوافق: سطح تعرية بين طبقة رسوبية تعلو صخوراً نارية أو متحولة
ج9: المضاهاة الصخرية هي مطابقة مكاشف صخرية محددة في منطقة ما مع مكاشف أخرى مماثلة لها من حيث المكونات المعدنية للصخر ونسيجه في منطقة جغرافية أخرى، بينما المضاهاة الأحفورية المطابقة باستعمال الأحافير وخصوصاً الى المرشدة منها
ج10: القاطع والمقطوع
ج11: مبدأ النسقية
ج12: الطبقة المرشدة
ج13: مبدأ الترسيب الأفقي

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. ما عمر ناب ماموث إذا احتوى على 25% من كمية الكربون-14 الأصلية، علمًا بأن عمر النصف للكربون-14 هو 5730 سنة؟

a. 5,730 سنة. c. 11,460 سنة.

b. 17,190 سنة. d. 22,920 سنة.

16. ما الذي تُظهره رسوبيات البحيرات الجليدية لاستنتاج دورات الترسيب؟

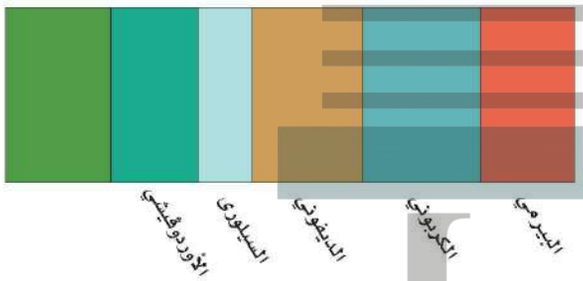
a. الحلقات السنوية.

b. الرقائق.

c. عينات الجليد الأسطوانية.

d. عدم التوافق.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. ما العصر المفقود في الشكل أعلاه؟

a. الكامبري. c. إدياكاران.

b. الترياسي. d. باليوجين.

18. ما أقصر وحدة زمنية في سلم الزمن الجيولوجي؟

a. العصر. c. الحقبة.

b. الدهر. d. الحين.

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

a. النسقية. c. الترسيب الأفقي.

b. تعاقب الطبقات. d. الاحتواء.

20. أيّ الخصائص الآتية لا تميز الأحافير المرشدة؟

a. لها عمر محدد قصير. c. لها امتداد جغرافي واسع.

b. من السهل تمييزها. d. عاشت في فترات زمنية طويلة.

SA.GEO.SE.CH08.indd 218 4/8/19 5:02 PM

ج28: الطبقة ف هي الأقدم

ج29: يوجد عدم التوافق الزاوي عند أسفل الطبقة ب لأنها ترسبت فوق الطبقات المائلة

ج30: ترتيب الوحدات على النحو التالي

a. ترسبت الطبقات F,E,D,C,J,I,H أفقيًا (حسب مبدأ الترسيب الأفقي ومبدأ تعاقب الطبقات).

b. حدوث ميلان للطبقات F,E,D,C,J,I,H.

c. قطع الصدع G تتابع الطبقات F,E,D,C,J وحركها (مبدأ القاطع والمقطوع)، ثم رفعت المنطقة فوق سطح البحر، وتعرضت الطبقات H,I,J إلى عمليات الحت والتعرية.

d. غُمرت المنطقة بالمياه وترسبت الطبقتان B,A (مبدأ الترسيب الأفقي ومبدأ تعاقب الطبقات).

ج31: يترك للطالب

ج32: عمر الصخر = عدد فترات عمر النصف * عمر النصف

12.5% بوتاسيوم - 40 و87.5% أرجون -40، إذا علمت أن عمر النصف للبوتاسيوم - 40 هو 1.3 بليون سنة

21. ما الذي يوضحه الشكل أعلاه؟

a. مبدأ النسقية. c. الاحتواء.

b. مبدأ القاطع والمقطوع. d. المضاهاة.

أسئلة بنائية

ج33: تمثل النقطة الحمراء فترة عمر النصف؛ حيث تحتوي العينة نصف المشع ونصف الثابت

ج34: يمكن استعمال كل من المضاهاة الحلقية السنوية للأشجار والتأريخ بالكربون المشع

ج35: مثال على إجابة صحيحة، ينقسم سلم الزمن الجيولوجي إلى فرعين يوضحان أن السلم تطور بالتأريخ النسبي والتأريخ المطلق ويتفرع التأريخ النسبي إلى فرعين يوضحان أنه يستعمل أدلة من عدم التوافق والأحافير، ويتفرع التأريخ المطلق إلى فرعين يوضحان أنه يستعمل أدلة من الأحافير والتأريخ الإشعاعي

ج36: كلا، الديناصورات وجدت في حقبة الحياة المتوسطة وانقرضت قبل 66 مليون سنة، أما التأريخ بالكربون المشع فيفيد في تحديد أعمار الأشياء التي يقل عمرها عن 60000 سنة

ج22: الدهر- الحقبة - العصر - الحين

ج23: يستعمل الجيولوجيون الانقراض الجماعي لتعيين الحدود بين الوحدات الزمنية في سلم الزمن الجيولوجي أي أنها تزودنا بنقاط مرجعية أو أسس في تقسيم سلم الزمن الجيولوجي إلى وحدات زمنية

ج24: يستعمل التاريخ النسبي لتقدير الأعمار وترتيب الأحداث بعضها نسبة إلى بعض بينما يمكن استعمال طرائق التأريخ المطلق لتحديد العمر (الدقيق) بالسنوات للصخر أو لجسم آخر

ج25: لولا وجود سلم الزمن الجيولوجي لما تمكن الجيولوجيون من التواصل فيما بينهم، أو إجراء مضاهاة بين الأحداث بالتفصيل أو وضع عملهم في سياق معين

ج26: عدم التوافق هو سطح تعرية يمثل فترة زمنية مفقودة في السجل الصخري

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

1. ما الوحدة الزمنية الصغرى في الوحدات الزمنية الآتية؟

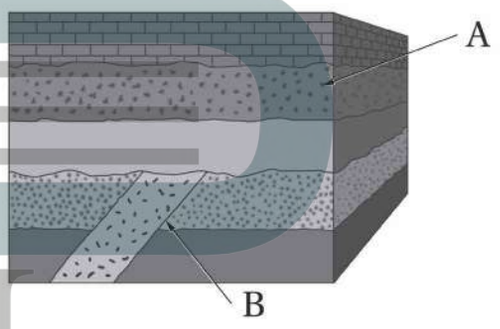
a. الدهر.

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؟

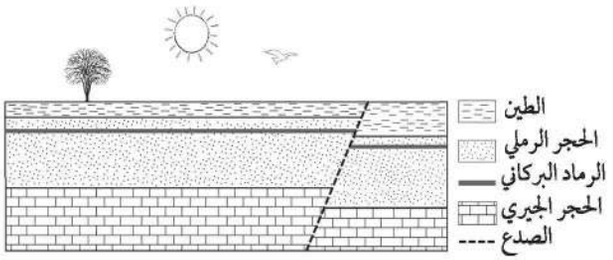
a. مبدأ الترسيب الأفقي.

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.

SA.GEO.SE.CH08.indd 220 4/8/19 5:03 PM

الحلول
الحلول اون لاين
hulul.online

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

تاريخ الذهب

ساعد التحلل الإشعاعي لفلز داخل شذرات الذهب في جنوب إفريقيا العلماء على تحديد منشأ أكبر ترسب للذهب في العالم. يشير نموذج المتابر إلى أن الذهب أقدم من الصخور المحيطة به، بينما يشير النموذج الحراري المائي إلى أن ينابيع المياه الساخنة رسّبت الذهب داخل الصخور. لذا لتحديد منشأ الذهب علينا أن نحدد عمره؛ فإذا كان الذهب أقدم من الصخور الموجود فيها فإنه ينبغي أن تحيط الصخور به من كل جانب، وهذا يعزز نموذج المتابر. أما إذا كان الذهب أقل عمرًا من الصخور، فهذا يعني أن السوائل قد تسربت إليها ورسبت الذهب، وهذا يدعم النموذج الحراري المائي. هناك عنصران داخل الذهب هما: الرينيوم والأوزميوم، وهما نظيران مشعان يعملان بمثابة ساعة إشعاعية؛ إذ يتحلل الرينيوم إلى الأوزميوم بعمر نصف طويل جدًّا يصل إلى 42.3 بليون سنة تقريبًا، وهي الفترة التي تنقضي على تحوّل نصف عينة من الرينيوم. ويستطيع العلماء تحديد عمر الذهب من نسبة الرينيوم إلى الأوزميوم التي تُقاس عن طريق إذابة حبيبات الذهب في حمض. وجد أن عمر الذهب في أماكن رائد 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.

ج9: ينص مبدأ النسقية أن العمليات الجيولوجية التي تحدث اليوم هي نفسها التي كانت تحدث منذ تشكل الأرض وضع جيمس هاتون هذا المبدأ ليفهم الأرض في الزمن الماضي

ج10: يساعد سلم الزمن الجيولوجي العلماء على توضيح العلاقة بين الأحداث الجيولوجية والتغيرات البيئية بطريقة منظمة ويساعد على تصنيف الأحافير زمنياً وتعرف أنواع المخلوقات الحية التي عاشت على سطح الأرض

ج11: عملية التأريخ النسبي تعطي عمرًا تقديريا للصخور وتحدد الأحدث والأقدم ويستعمل فيها المبادئ النسبية؛ أما التأريخ المطلق فيعطي عمر الصخور بشكل دقيق