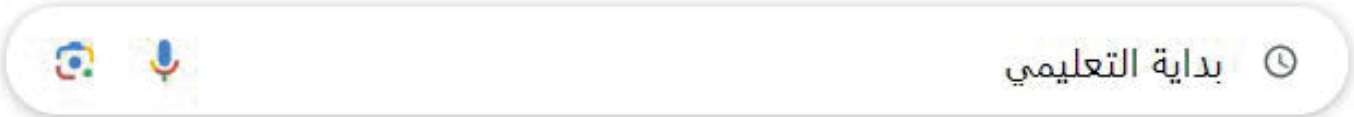
تم تحميل الملف
من موقع بداية

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

للمزيد اكتب
في جوجل Google



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

حمل التطبيق

GET IN ON Google Play

Download on the App Store

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

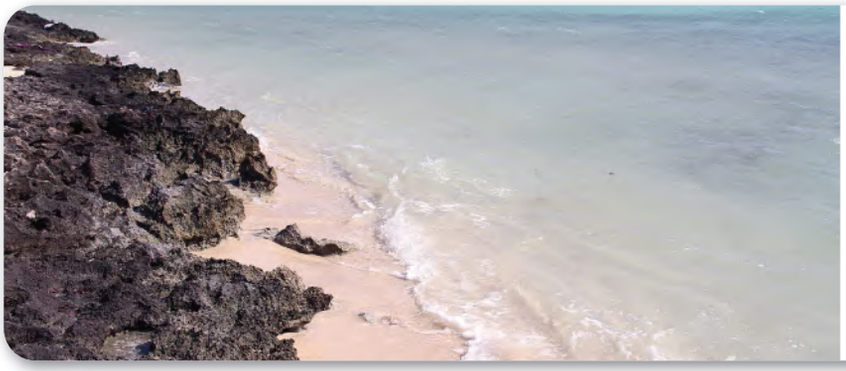
الفكرة الرئيسة **يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وَفْق حدوثها زمنيًّا. كما يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر المطلق لكثير من الصخور.**

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.



الشـكل 18–4 ربما كانت شـواطئ جدة قبل 5 ملايـين عـام مثل هـذا الشـاطئ؛ 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

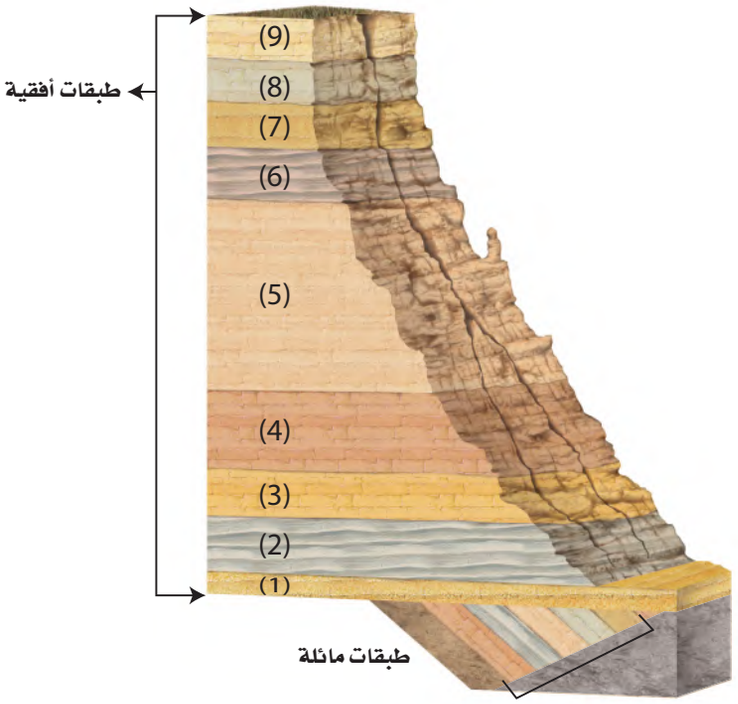
هو فرضية عامـة تختبر بصورة متكررة وتسمى أحيانًا قانونًا.

من أمثلتها المبادئ الجيولوجية.

بناء على مبدأ النسـقية يسـتطيع العلـماء أن يعرفوا الكثير عن الماضي بدراسـتهم 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 تسـاعدهم 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.

مبـدأ الترسـيب الأفقـي original horizontality ينص مبدأ الترسـيب الأفقي Original horizontality على أن الصخور الرسوبية تترسّب في طبقات أفقية أو شـبه أفقية. ويشـبه هذا ما يحدث عندما تترسـب الرمال على الشاطئ

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

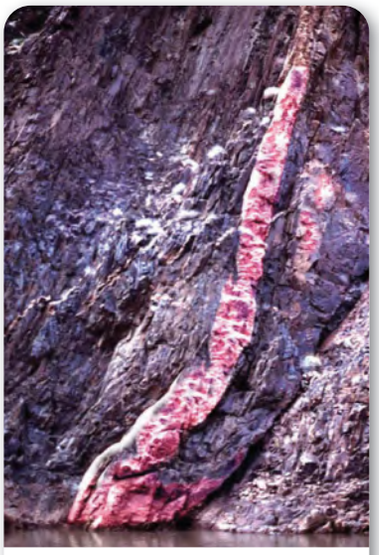


الشكل 19–4 تكونت الطبقات الأفقية في الشكل من خلال ترسـيب الرسوبيات عبر ملايين السنين. وينص مبدأ الترسيب الأفقي على أن الطبقات المائلة في أسفل التتابع تكونت في البداية في وضع أفقي.

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؟

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تجربة

في الصفحة التالية

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؟

جواب 1:

المبادئ التي سنستعملها في تحديد الأعمار النسبية للطبقات في الشكل هي: مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ تعاقب الطبقات، ومبدأ القاطع والمقطوع.

.

جواب 2:

مبدأ القاطع والمقطوع ينص على أن الجسم القاطع أصغر سناً من الصخر المقطوع2 في الشكل، يمكن استعمال هذا المبدأ في تحديد العمر النسبي للقاطع الناري الرأسي، الذي يقطع الطبقات من 1 إلى 3. وبما أن القاطع يقطع هذه الطبقات، فهو أحدث منها. وبالتالي، يمكن ترتيب الطبقات والقاطع من الأقدم إلى الأحدث كالتالي: 1، 2، 3، قاطع، 4.

.

جواب 3:

يمثل القطع (الخط) XY صدعاً وهو أحدث من القاطع العمودي والطبقات المحيطة به لأنه يقطعها جميعاً.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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 وترسّب طبقة صخرية جديدة فوقها.

ماذا قرأت؟ ميِّز بين عدم التوافق الانقطاعي واللاتوافق.

عندما تعلو طبقة رسوبية أفقية طبقة رسوبية أفقية أخرى، يسمى سطح التعرية بين هاتين الطبقتين عدم التوافق الانقطاعي.

أما اللاتوافق فهو سطح يتكون عندما تعلو طبقة رسوبية صخورا نارية أو متحولة كالجرانيت أو الرخام، وسطح اللاتوافق سطح تعرية يسهل تعرُّفه.

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.

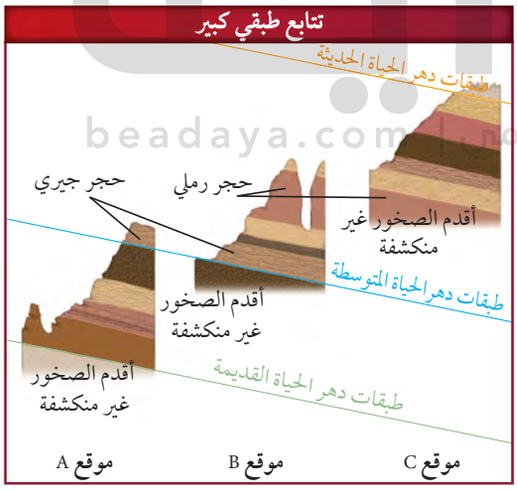
مبدأ الاحتواء Inclusions ينص مبدأ الاحتواء Principle of inclusion على أن القطع الصخرية (المحتبسة) أقدم من الصخور التي تحتويها. ويحدث احتواء للقطع الصخرية في الصخور الرسوبية عندما تتعرض طبقة صخرية منكشفة لعمليات تجوية ثم حت وتعرية. وإذا حدث نقل للفتات الصخري الناتج ثم إعادة ترسيبه فإنه من المتوقع احتواء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

المضاهاة Correlation يوضح **الشكل 23–4** أن الحجر الجيري يمثل أعلى الطبقات الصخرية في الموقع A، ولكنه في أسفلها في الموقع B الذي يبعد 100 km عن الموقع A. كيف يعرف الجيولوجيون أن هذه الطبقات الصخرية البعيدة بعضها عن بعض قد تكوّنت في الفترة الزمنية نفسها؟ والجواب عن ذلك هو اتباع طريقة واحدة تسمى **المضاهاة Correlation**، وهي مطابقة بين منكشفات صخرية محددة في منطقة ما، مع منكشفات مماثلة لها في منطقة جغرافية أخرى اعتمادًا على المكونات المعدنية والخصائص الفيزيائية أو على المحتوى الأحفوري. ومن خلال مضاهاة الطبقات الصخرية المختلفة في **الشكل 23–4** قد توصل الجيولوجيون إلى أن التعاقبات الصخرية كلها في المواقع A و B و C هي جزء من تعاقب طبقي كبير.

الطبقات المرشدة (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.

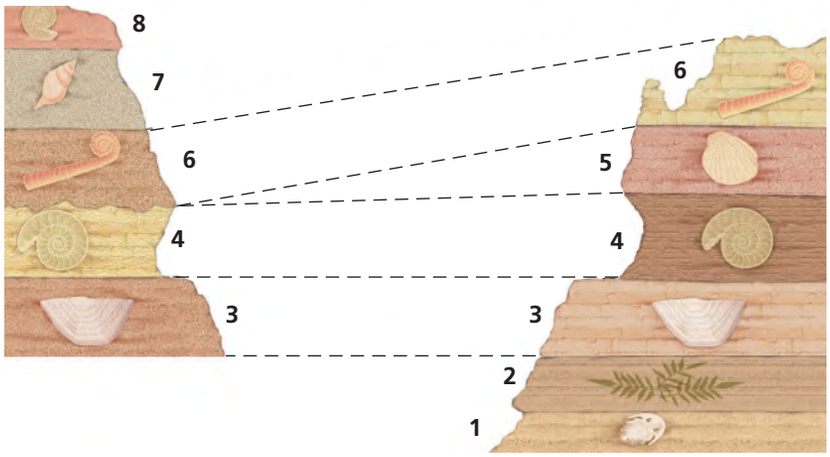
الشكل 22–4 تحتوي الصخور الحديثة على قطع صخرية من صخر قديم.



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.

beadaya.com



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.

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.

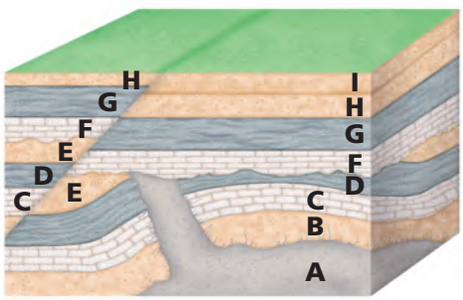
مختبر تحليل البيانات

في الصفحة التالية

beadaya.com | التعليمي

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؟

جواب 1:

الحد الفاصل بين الصخرين A - B يمثل سطح لا توافق لأن طبقة B ترسبت فوق الصخر الناري A بينما يمثل الحد الفاصل بين D - F سطح عدم توافق انقطاعي لأن الطبقة F ترسبت فوق طبقة رسوبية أخرى تعرضت للتعرية كذلك يوجد سطح لا توافق بين الطبقة F والقاطع المنبثق من A الذي يظهر في الرسم أنه قد تعرض للتعرية ومن ثم ترسبت الطبقة F فوقه وفوق الطبقتين D.E بعد تعريتهما.

.

جواب 2:

الطبقة B هي الأقدم.

.

جواب 3:

يمكننا أن نجد الصخور المحتبسة في الجسم الناري A القاطع الناري الذي قام بقطع الصخور B.C. D وأيضاً جزء من الطبقة E.

.

جواب 4:

لا تتشابه الطبقات الصخرية على جانبي الصدع وذلك لأن تشكل الصدع أدى إلى رفع الجانب الأيسر إلى أعلى.

.

جواب 5:

القاطع أحدث من الطبقات المطوية لأنه يقطعها وهذا يتوافق مع مبدأ القاطع والمقطوع.

.

جواب 6:

الطبقة I أزيلت بالتعرية يسار الصدع وذلك لأنها ارتفعت إلى أعلى.

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.

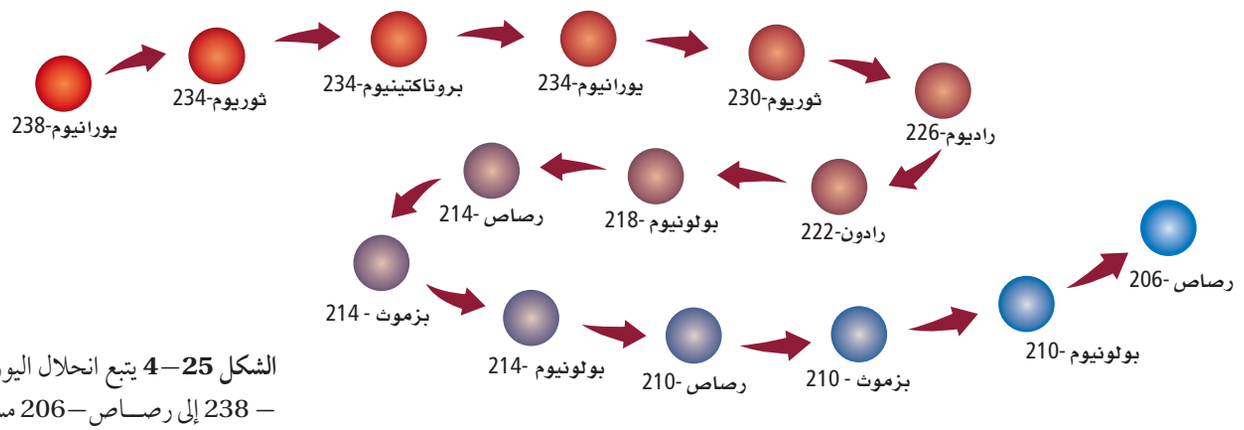
الربط مع الكيمياء

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

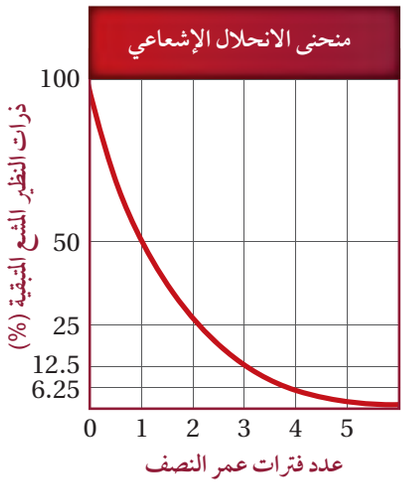
إن التأريخ النسبي طريقة لمقارنة الأحداث الجيولوجية السابقة بناء على ترتيب الطبقات في السجل الصخري، في المقابل فإن **التأريخ المطلق absolute age dating** يُمَكّنُ العلماء من تحديد عمر الصخور والأجسام الأخرى بدقة (بالأرقام). وباستعمال طرائق التأريخ المطلق يقيس العلماء انحلال النظائر المشعة في الصخور النارية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

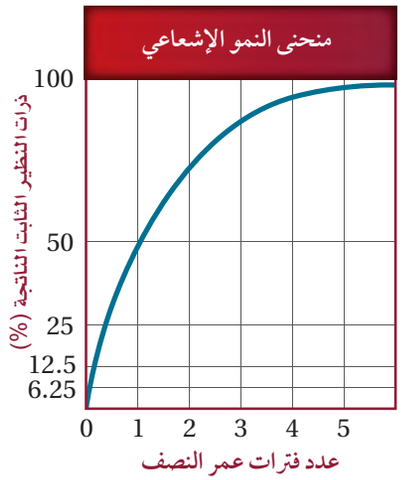
الانحلال الإشعاعي Radioactive decay إن النظير المشع الأصلي الذي نسميه النظير المشع يتغير تدريجيًّا إلى عنصر مختلف نسميه النظير الثابت. فمثلًا، يتحلل نظير اليورانيوم المشع U-238 إلى عنصر مستقر ثابت، هو الرصاص 206 — (Pb—206) في فترة زمنية محددة، كما في **الشكل 25—4**. وفي النهاية يتحلل قدر كبير من النظير 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.

beadaya.com | بداية للتعليمي





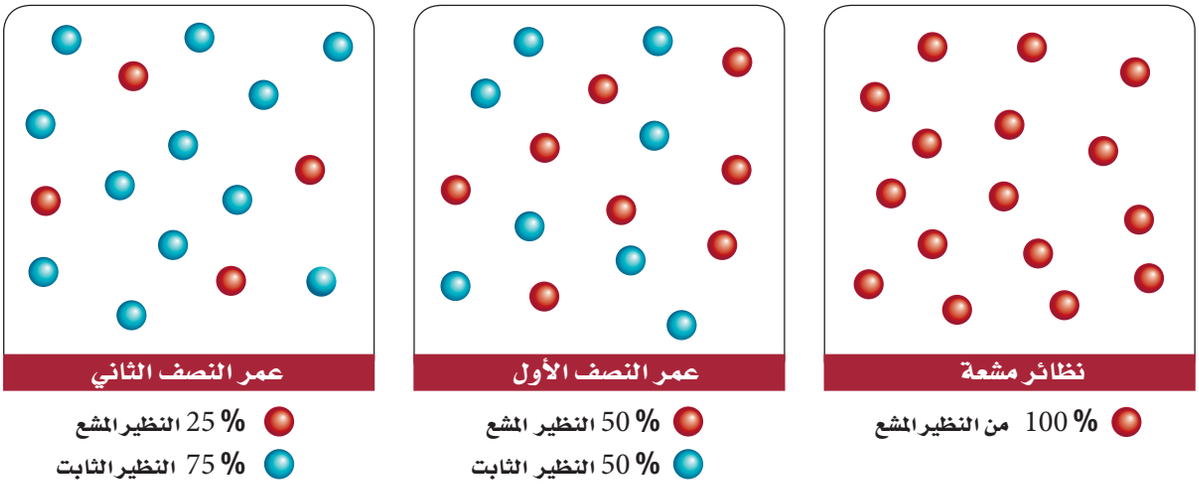
الشكل 26–4 ينقص عدد ذرات نظير المشع بينما يزداد عدد ذرات النظير الثابت بالقدر نفسه في أثناء عمليتي الانحلال والنمو الإشعاعي.

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.



بيدايا | موقع بدايات التعليمي
bedaya.com

الجدول 2–4 عمر النصف لنظائر مشعة مختارة

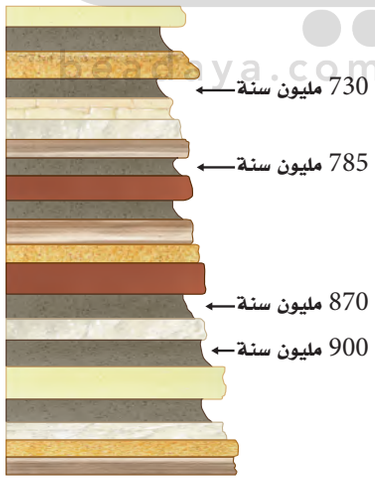
النظير المشع	عمر النصف التقريبي	الثابت الناتج
روبيديوم-87 (Rb–87)	48.6 بليون سنة	إسترانشيوم-87 (Sr–87)
ثوريوم-232 (Th–232)	14.0 بليون سنة	رصاص-208 (Pb–208)
بوتاسيوم-40 (K–40)	1.3 بليون سنة	أرجون-40 (Ar–40)
يورانيوم-238 (U–238)	4.5 بليون سنة	رصاص- 206 (Pb–206)
يورانيوم-235 (U–235)	0.7 بليون سنة	رصاص-207 (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 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 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.

وذلك لأن الصخور الرسوبية في الأصل تكونت من صخور سابقة ولذلك تعتبر أعمارهم أقدم من الصخور الرسوبية.

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 مـــن 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

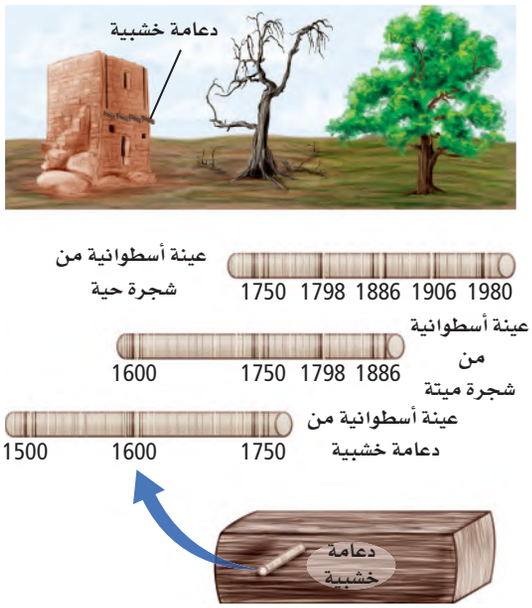
تُعدّ طريقة التأريخ الإشـــعاعي من أكثر الطرائق الشائعة لدى الجيولوجيين لتحديد عمر المـــواد الجيولوجية؛ إلا أن هناك طرائق تأريخ أخرى كثيرة تســـاعدهم على تحديد أعمار بعض الأجسام أو الأحداث، ومن ذلك حلقات الشـــجر وعينات الجليد الأسطوانية ورسوبيات قيعان البحيرات ورسوبيات قيعان المحيطات.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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؟

عينـــات الجليد الأســـطوانية 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**.



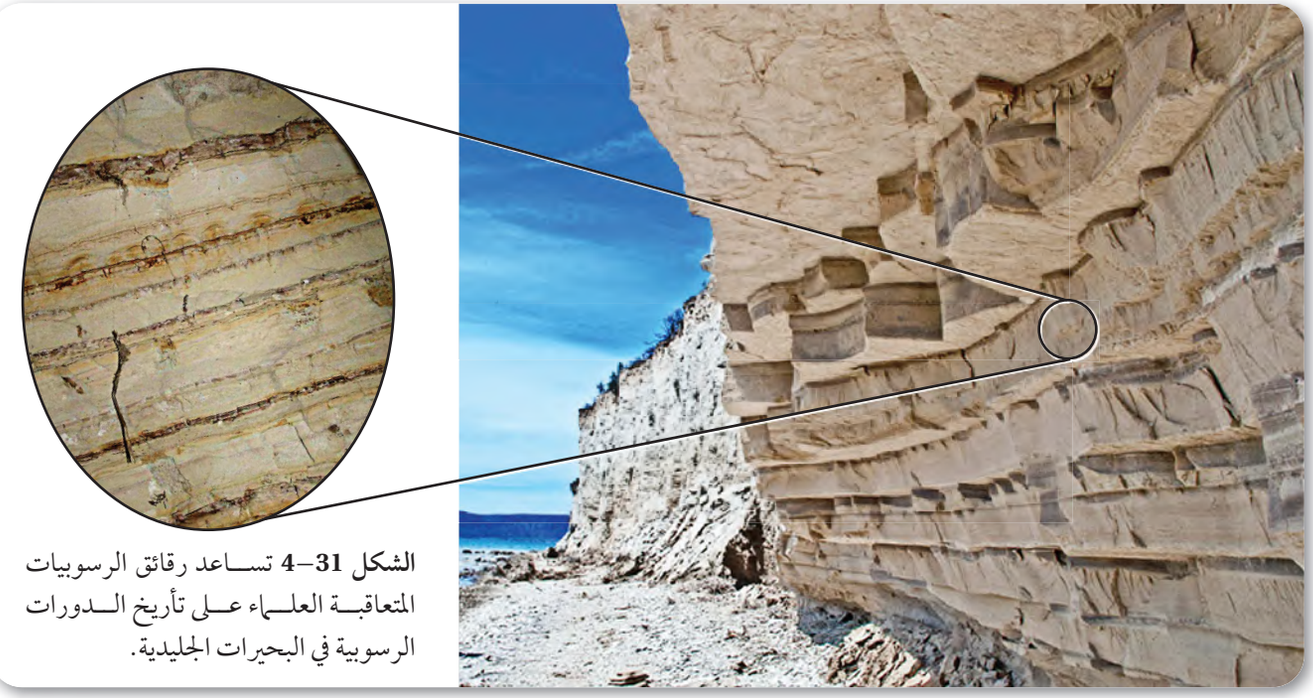
الشـــكل 29-4 يمكـــن تحقيـــق التأريخ بالحلقات الســـنوية الشـــجرية من خلال مضاهـــاة الحلقات الســـنوية بين عينات خشبية مختلفة حية وميتة. يسمى العلم الذي يستعمل حلقات الشجر السنوية في التأريخ المطلق التأريخ بالأشجار.

احسب عدد السنين التي يمثلها الشكل أعلاه.

480 سنة من 1500 إلى 1980.

يكون العرض أوسع في السنوات التي تتوفر فيها المياه وأشعة الشمس وأضيق ما يمكن في سنوات الجفاف حيث يعكس عرض الحلقات السنوية للأشجار الظروف البيئية الموسمية.

الشكل 30-4 يســـتعمل العلماء عينات الجليد الأسطوانية لتأريخ الرسوبيات الجليدية ولمعرفة المزيد عن مناخ الأرض القديم.



الشكل 31–4 تساعد رقائق الرسوبيات المتعاقبة العلماء على تأريخ الدورات الرسوبية في البحيرات الجليدية.

الرقائق Varves تسمى الأحزمة المتعاقبة فاتحة اللون 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**.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

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 استعمالها 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 ؟

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

جواب 1: لتحديد الأعمار النسبية تستخدم مبادئ التاريخ النسبي منها مبدأ الترسيب الأفقي ومبدأ تعاقب الطبقات ومبدأ القاطع والمقطوع ومبدأ الاحتواء.

جواب 2: يترك للطالب ويجب أن تتوافق رسوم الطلاب مع تفسيرات عدم التوافق المتن.

جواب 3: وذلك عن طريق مضاهاة تكوينات الصخرية بين أماكن متباعدة حيث أنها رسبت في زمن واحد لاحتوائها على أحافير متشابهة على الرغم من اختلافها كلياً في المكونات.

جواب 4: عندما تمتد فوق منطقة جغرافية واسعة ويستخدمها الجيولوجيين على مضاهاة ومقارنة التكوينات الصخرية المنكشفة في مناطق أخرى.

جواب 5: وذلك لأن مبدأ النسقية ينص على أن العمليات الجيولوجية حدثت وتكررت منذ نشأة الأرض.

جواب 6: لأن معدل الانحلال الاشعاعي ثابت بغض النظر عن الضغط والحرارة أو أي متغيرات فيزيائية أخرى.

جواب 7: يتحلل نظير اليورانيوم المشبع إلى عنصر مستقر وليد وهو الرصاص في فترة زمنية محددة.

جواب 8: تساعد الرقائق الرسوبية الجيولوجي على تأريخ الترسبات الموسمية للرسوبيات الجليدية.

جواب 9: يعني مبدأ النسقية في سياق التأريخ المطلق أن النشاط الاشعاعي يعمل في أيامنا هذه كما كان يعمل في الماضي.

جواب 10: يستطيع أن يدعم فرضيته عن طريق المضاهاة بالأحافير أو المضاهاة الصخرية بالطبقات المرشدة.

جواب 11: عن طريق عينات الجليد الاسطوانية وعن طريق التأريخ بالأشجار.

جواب 12: يترك للطالب.

جواب 13: عمر المعدن 2.2 بليون سنة.