

رابطہ القرص الرقمي



www.ienc.edu.sa

8-2

الأهداف

- تصف مبدأ النسقية وتبين أهميته في الجيولوجيا.
- تطبق 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 التاريخ المطلق والتاريخ 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 تشابه في عدد بروتوناتها، وتختلف في عدد نيوتروناتها.

المفردات الجديدة

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

التأريخ الجيولوجي

Geological Dating

الفكرة الرئيسية يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية لمعرفة ترتيب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها زمنياً. كما يستعملون طرائق الانحلال الإشعاعي وبعض أنواع الرسوبيات لتحديد العمر المطلق لكثير من الصخور.

الربط مع الحياة إذا طلب إليك أن ترتب الأحداث الآتية: زمنياً من الأقدم إلى الأحدث، فكيف تفعل ذلك؟ (ذهابك إلى المدرسة، استيقاظك من النوم، ارتداؤك الملابس، تناولك الطعام). ستعتمد على الأرجح على خبرتك السابقة في ترتيب هذه الأحداث. يستعمل العلماء أيضاً معلومات من الماضي لترتيب الأحداث في تعاقب زمني مائل. ولكنهم أيضاً يرون أنه من المفيد معرفة زمن وقوع الأحداث بالضبط.

التفسير الجيولوجي Interpreting Geology

يمتد عمر الأرض إلى بلايين السنين، ولم يعرف العلماء القدماء سابقاً 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 سلم الزمن الجيولوجي وتطويره.

مبدأ النسقية uniformitarianism أرسى عمل جيمس هاتون حجر الأساس لمبدأ النسقية **Uniformitarianism** الذي ينص على أن العمليات الجيولوجية التي تحدث الآن كانت تحدث منذ أن خلقت الأرض. فعلى سبيل المثال إذا وقفت على شاطئ محيط وراقبت الأمواج القادمة إلى الشاطئ فإنك تشاهد عملية لم تتغير منذ نشوء المحيطات؛ إذ إن الأمواج التي تكسرت على شواطئ البحار في العصر الجوارسي تشبه إلى حد كبير الأمواج التي تتكسر على شواطئ البحار في هذه الأيام. والصورة في الشكل 7-8 أخذت حديثاً لأحد الشواطئ، وهي تشبه إلى حد كبير الشواطئ التي كانت موجودة قبل ملايين السنين.



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

مبادئ تحديد العمر النسبي

Principles for Determining Relative Age

بناء على مبدأ النسبية 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 زمنياً. وهذه الطريقة لا تمكن العلماء من معرفة عدد السنين التي استغرقتها الأحداث الجيولوجية، ومتى وقعت بالضبط، ولكنها تساعدهم على فهم الأحداث الجيولوجية التي وقعت عبر تاريخ الأرض بصورة واضحة. ويستعمل العلماء طرائق عدة لتحديد الأعمار النسبية تسمى مبادئ التأريخ النسبي. وتتضمن هذه المبادئ مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ تعاقب الطبقات، مبدأ القاطع والمقطع، وعدم التوافق، ومبدأ الاحتواء، والمضاهاة.

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

المطويات

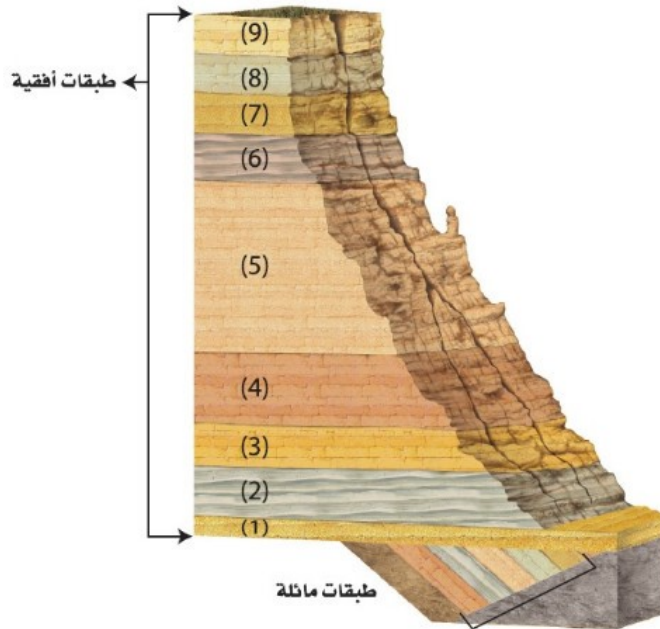
ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك

المفردات

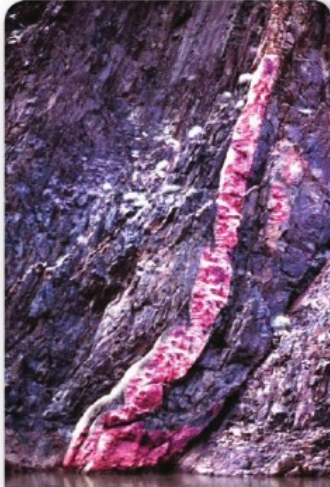
مفردات أكاديمية

المبدأ

هو فرضية عامة تختبر بصورة متكررة وتسمى أحياناً قانوناً. من أمثلتها المبادئ الجيولوجية.



الشكل 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.



الشكل 8-9 بحسب مبدأ القاطع والمقاطع فإن القواطع النارية أحدث من صخور الشيست. استنتج كيف تكونت القواطع النارية؟

بصورة أفقية؛ حيث تعمل الجاذبية على نشر الرسوبيات التي تحملها الرياح والمياه بانتظام. وأي تغير يحدث لوضع الطبقات الأفقي يكون بسبب حدث جيولوجي لاحق لعملية الترسيب. ويوضح الشكل 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 التاريخ النسبي، ولكن يمكنهم أن يفترضوا أن الطبقات السفلى في التعاقب هي الأقدم والعليا هي الأحدث، لذا يمكنهم أن يستنتجوا أن الطبقة (9) في قمة التعاقب أحدث من الطبقة (1) في أسفل التعاقب. ويعد هذا تطبيقاً لمبدأ تعاقب الطبقات **Superposition** الذي ينص على أنه في أي تعاقب طبقي تكون أقدم الطبقات الصخرية في الأسفل، والأحدث في الأعلى، وكل طبقة في التعاقب تكون أحدث من الطبقة التي تحتمها، ما لم تتعرض الطبقات في التعاقب الطبقي إلى تغيير عن وضعها الأفقي الأصلي.

مبدأ القاطع والمقاطع Cross-cutting relationship تتميز صخور الدرع العربي - الذي يشكل الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية - بوجود الكثير من القواطع المكونة من الصخور النارية التي تقطع الصخور الأقدم منها. ويوضح الشكل 8-9 أحد الصخور مقطوعة بقواطع رأسية جرانيتية. والقواطع صخور تتكون بفعل تصلب الصهارة داخل صخور موجودة أصلاً.

تجربة



تحديد العمر النسبي
كيف تحدد العمر النسبي؟ يستعمل العلماء المبادئ الجيولوجية في تحديد العمر النسبي للطبقات الصخرية.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ارسم شكلاً يتكون من أربع طبقات صخرية أفقية، ورقمها من أسفل إلى أعلى من 1 إلى 4.
3. ارسم قاطعاً نارياً رأسياً يمر من خلال الطبقات من 1 إلى 3.
4. حدد النقطة X على أسفل الطرف الأيسر للشكل، والنقطة Y على أعلى الطرف الأيمن له.
5. قص الورقة قطرياً من X إلى Y، ثم 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 والمقاطع، وبيّن كيف يمكن استعماله في تحديد العمر النسبي للقاطع الرأسي؟
3. استنتج ماذا يمثل القطع XY، وهل هو أقدم أم أحدث من الصخور المحيطة به؟

وينص مبدأ القاطع والمقطع **Cross-cutting relationship** على أن القاطع أحدث من المقطوع. لذلك فإن قواطع الجرانيت في الشكل 9-8 أحدث من صخور الشيست. ولأن الصدوع كسور في الأرض يمكن أن تحدث حركة على طولها، لذا يمكن تطبيق مبدأ القاطع والمقطع عليها؛ حيث يكون الصدع أحدث من الطبقات والمعالم الجيولوجية التي يقطعها.

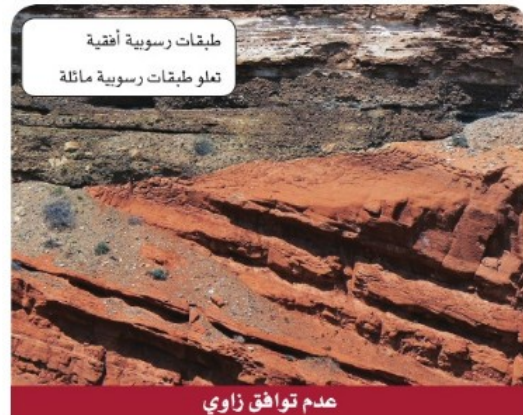
عدم التوافق Unconformity يتغير سطح الأرض باستمرار بفعل التجوية والتعرية والزلازل والبراكين وعمليات أخرى، لذلك من الصعب أن تجد تعاقباً صخرياً لم يطرأ عليه أي تغييرات. وفي بعض الأحيان قد تُفقد أحداث زمنية ماضية كلياً من تاريخ الأرض. فعلى سبيل المثال لو أن صخوراً رسوبية تكشفت على السطح وتعرضت لعمليات حت وتعرية ففقدت جزءاً منها، ثم حدث ترسب جديد وغطيت هذه المنطقة بطبقة جديدة من الرسوبيات فإن سطح التعرية هذا سيمثل فراغاً (فترة زمنية مفقودة) في السجل الصخري. وتسمى سطوح التعرية المدفونة **عدم توافق Unconformity**؛ حيث تكون الطبقة الصخرية التي تعلو سطح عدم التوافق مباشرة أحدث عمراً من الطبقة التي تقع تحته. ويميز العلماء ثلاثة أنواع من سطوح عدم التوافق موضحة في الشكل 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 متعرجاً، ولكن تصعب رؤيته عندما يكون مستوياً.

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

✓ **ماذا قرأت؟** مميزات عدم التوافق الانقطاعي واللاتوافق.

الشكل 10-8 عدم التوافق هو سطح تعرية يفصل بين طبقتين صخريتين ترسبتا في أوقات مختلفة. ويوضح الشكل أدناه الأنواع الثلاثة لعدم التوافق.





الشكل 8-11 يحتوي الصخور الحديثة على قطع صخرية من صخر قديم.

عدم التوافق الزاوي Angular unconformity تتعرض الطبقات الصخرية الرسوبية الأفقية إلى تشوه بسبب حركة الصفائح؛ حيث تتعرض للرفع والميلان، كما تتعرض خلال هذه العمليات للتجوية والتعرية، ثم إذا ترسبت فوق هذه الطبقات المائلة بعد تعريتها طبقة أفقية من صخور رسوبية فسيتكون سطح عدم توافق يسمى عدم التوافق الزاوي. ويبين الشكل 8-10 كيف يُسجل عدم التوافق الزاوي تاريخاً معقداً لعمليات تكوّن الجبال والتعرية.

مبدأ الاحتواء Inclusions ينص مبدأ الاحتواء

inclusion على أن القطع الصخرية (المحتبسة) أقدم من الصخور التي تحتويها. ويحدث احتواء للقطع الصخرية في الصخور الرسوبية عندما تتعرض طبقة صخرية منكشفة لعمليات تجوية ثم حت وتعرية. وإذا حدث نقل للفتات الصخري الناتج ثم إعادة ترسيبه فإنه من المتوقع احتواء الطبقات الناتجة على قطع صخرية من الصخر القديم وتصبح جزءاً منها.

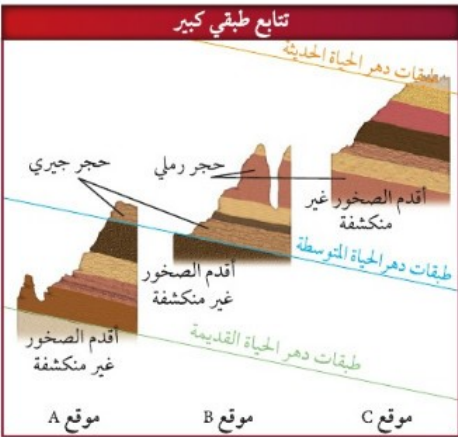
كما يمكن أن تحتوي الصخور النارية على صخور أخرى؛ فعندما تندفق اللابة إلى السطح وتنخفض درجة حرارتها نسبياً فإنها تحمل معها صخوراً أخرى. انظر الشكل 8-11.

المضاهاة Correlation يوضح الشكل 8-12 أن الحجر الجيري

يمثل أعلى الطبقات الصخرية في الموقع A، ولكنه في أسفلها في الموقع B الذي يبعد 100 km عن الموقع A. كيف يعرف الجيولوجيون أن هذه الطبقات الصخرية البعيدة بعضها عن بعض قد تكونت في الفترة الزمنية نفسها؟ والجواب عن ذلك هو اتباع طريقة واحدة تسمى **المضاهاة Correlation**، وهي مطابقة بين منكشفات صخرية محددة في منطقة ما، مع منكشفات مماثلة لها في منطقة جغرافية أخرى اعتماداً على المكونات المعدنية والخصائص الفيزيائية أو على المحتوى الأحفوري. ومن خلال مضاهاة الطبقات الصخرية المختلفة في الشكل 8-12 قد توصل الجيولوجيون إلى أن التعاقبات الصخرية كلها في المواقع A و B و C هي جزء من تعاقب طبقي كبير.

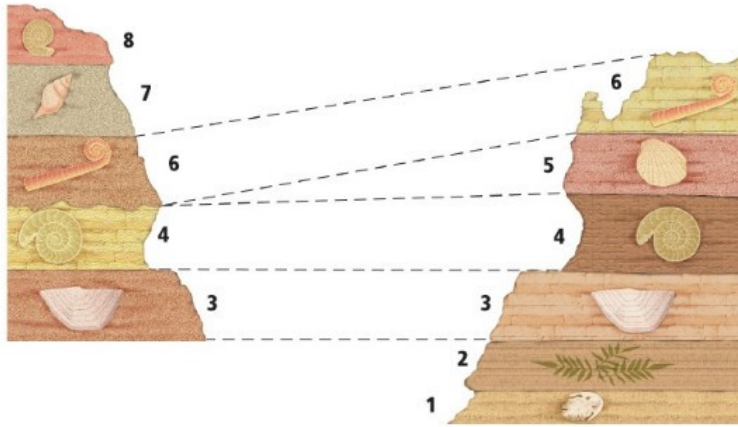
الطبقات المرشدة (الدالة) key beds تتكون أحياناً طبقات

صخرية مميزة تمتد فوق منطقة جغرافية واسعة، نتيجة سقوط نيزك أو ثوران بركان أو أي حدث آخر، ولأنها طبقات يسهل تعرفها وتمييزها، فإنها تساعد الجيولوجيين على مضاهاة ومقارنة المتكونات الصخرية المنكشفة في مناطق مختلفة. ويسمى الصخر أو الطبقة الرسوبية المستعملة على أنها مؤشر أو علامة بهذه **الطبقة 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 8-12 يمثل الحجر الجيري أحدث الطبقات الصخرية في الموقع A وأقدمها في الموقع B، وطبقة الحجر الرملي تمثل أحدث الطبقات الصخرية في الموقع B ولكنها تعد صخوراً غير منكشفة في الموقع C.

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



الشكل 8-13 المضاهاة بالأحافير بين طبقات صخرية في موقع ما، مع طبقات صخرية تحتوي على الأحافير نفسها في موقع آخر، مما يدل على أن هذه الطبقات ترسبت في الفترة الزمنية نفسها على الرغم من اختلافها في المكونات.

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

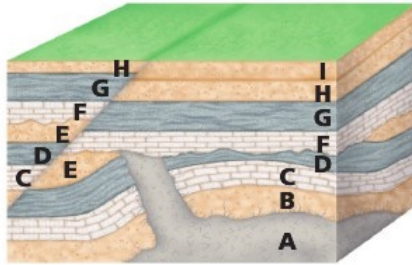
المهن في علم الأرض

جيولوجي البترول

يستعمل جيولوجيو البترول المبادئ الجيولوجية لتعرّف السجل الصخري لخزانات النفط والغاز الطبيعي.

مختبر تحليل البيانات

تفسير الرسم



كيف تفسر الأعمار النسبية للطبقات الصخرية؟ يوضح الشكل تعاقبًا صخريًا. ويستعمل الجيولوجيون مبادئ التأريخ النسبي لترتيب الطبقات الصخرية بحسب زمن تكوّنها.

التحليل

1. حدد نوع عدم التوافق بين أي طبقتين صخريتين. وضح إجابتك.
2. فسّر 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

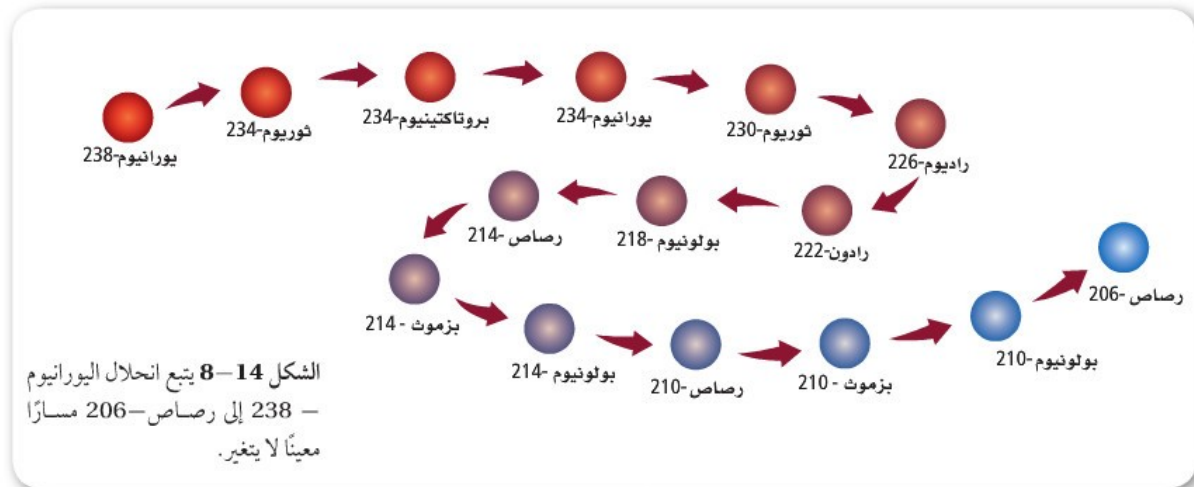
5. طبق ما أحدث المعالم الجيولوجية في الشكل: القاطع أم الطبقات المطوية؟ ما المبدأ الذي استعملته في معرفة ذلك؟
6. وضح لماذا لا توجد الطبقة I عن يسار الشكل؟

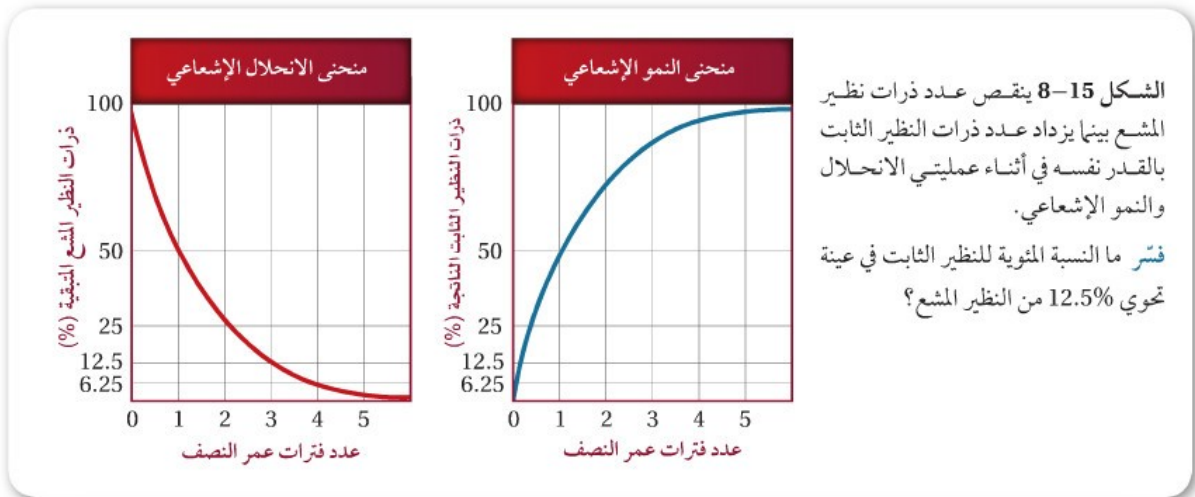
والغاز الطبيعي، فعلى سبيل المثال لو أن طبقة من الحجر الرملي في مكان ما تحتوي على النفط فمن الممكن أن تحتوي الطبقة نفسها في أماكن أخرى على النفط. وعمومًا اعتمد الجيولوجيون على المضاهاة بصورة كبيرة في بناء سلم الزمن الجيولوجي.

التأريخ المطلق Absolute-Age Dating

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

الانحلال الإشعاعي Radioactive decay تنبعث جسيمات نووية من النظائر المشعة بمعدل ثابت. إن العنصر يتميز بعدد محدد من البروتونات. ولأن عدد البروتونات يتغير مع كل انبعاث، لذا فإن النظير المشع الأصلي الذي نسميه النظير المشع يتغير تدريجيًا إلى عنصر مختلف نسميه النظير الثابت. فمثلاً، يتحلل نظير اليورانيوم المشع U-238 إلى عنصر مستقر ثابت، هو الرصاص - 206 (Pb-206) في فترة زمنية محددة، كما في الشكل 14-8. 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.

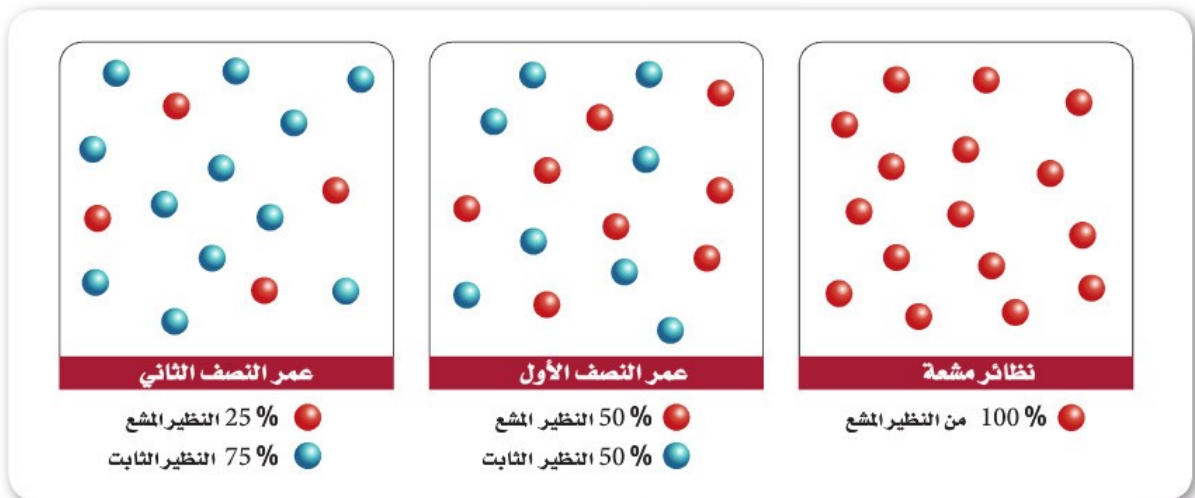




التأريخ الإشعاعي Radiometric Dating يوضح الشكل 15-8 كيف ينقص عدد ذرات النظير المشع بالقدر نفسه الذي يزداد به عدد ذرات النظير الثابت في أثناء عملية الانحلال الإشعاعي؛ حيث إن نسبة النظير المشع إلى النظير الثابت الناتج في معدن ما تشير إلى زمن تشكل هذا المعدن. يستطيع الجيولوجي مثلاً من خلال قياس هذه النسبة في معدن موجود في صخر ناري أن يحدد بدقة زمن تبلور هذا المعدن من الصهارة. وعندما يؤرخ العلماء جساماً بالنظائر المشعة فإنهم يستعملون طريقة تسمى **التأريخ الإشعاعي Radiometric dating**.

عمر النصف Half-life يقيس العلماء المدة الزمنية اللازمة لتحلل نصف ذرات النظير المشع، ويسمى هذا **عمر النصف Half-life**؛ إذ يبقى 50% من النظير المشع بعد مضي عمر نصف واحد، وتكون النسبة بين نظيري المشع والثابت هي 1:1، وبعد مرور عمري نصف، يتحلل نصف الـ 50% الباقية من النظير المشع، وتصبح النسبة المئوية بين نظيري المشع والثابت هي 25:75 أو نسبة 1:3، انظر الشكل 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 عمري نصف تحوي العينة 25% من النظير المشع و 75% من النظير الثابت.



عمر النصف لنظائر مشعة مختارة		الجدول 1-8
الثابت الناتج	عمر النصف التقريبي	النظير المشع
إسترانشيوم-87 (Sr-87)	48.6 بليون سنة	روبيديوم-87 (Rb-87)
رصاص-208 (Pb-208)	14.0 بليون سنة	ثوريوم-232 (Th-232)
أرجون-40 (Ar-40)	1.3 بليون سنة	بوتاسيوم-40 (K-40)
رصاص-206 (Pb-206)	4.5 بليون سنة	يورانيوم-238 (U-238)
رصاص-207 (Pb-207)	0.7 بليون سنة	يورانيوم-235 (U-235)
نيتروجين-14 (N-14)	5730 سنة	كربون-14 (C-14)

تأريخ الصخور Dating rocks

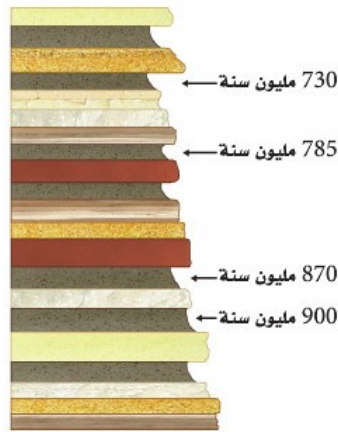
العلماء نسب النظائر المشعة إلى الثابتة في المعادن المكونة للصخر. يوضح الجدول 1-8 بعض النظائر المشعة التي يمكن أن تُستعمل. ويعتمد استعمال النظير الأفضل لتأريخ أعمار الصخور على العمر التقريبي للصخر المراد تحديده عمره. مثال ذلك، قد يستعمل العلماء يورانيوم-235 (U-235) الذي له عمر نصف يساوي 700 مليون سنة 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 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؟**

التأريخ بالكربون المشع Radiocarbon dating لاحظ أن عمر النصف للكربون-14 (C-14) في الجدول 1-8، 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 النوع من التأريخ موادًا من أصل حيواني أو 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 إشعاعياً

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

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

طرائق أخرى لتحديد العمر المطلق Other Ways to Determine Absolute Age

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

حلقات الأشجار Tree rings يحوي الكثير من الأشجار سجلاً زمنياً في حلقات جذوعها. تسمى حلقات الأشجار السنوية. تتكوّن كل حلقة شجرية سنوية من زوج من حلقات نمو موسمية مبكرة، 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 8-18. وقد استطاع العلماء من خلال المقارنة بين حلقات الأشجار التأريخ لفترات حتى قبل 10,000 سنة.

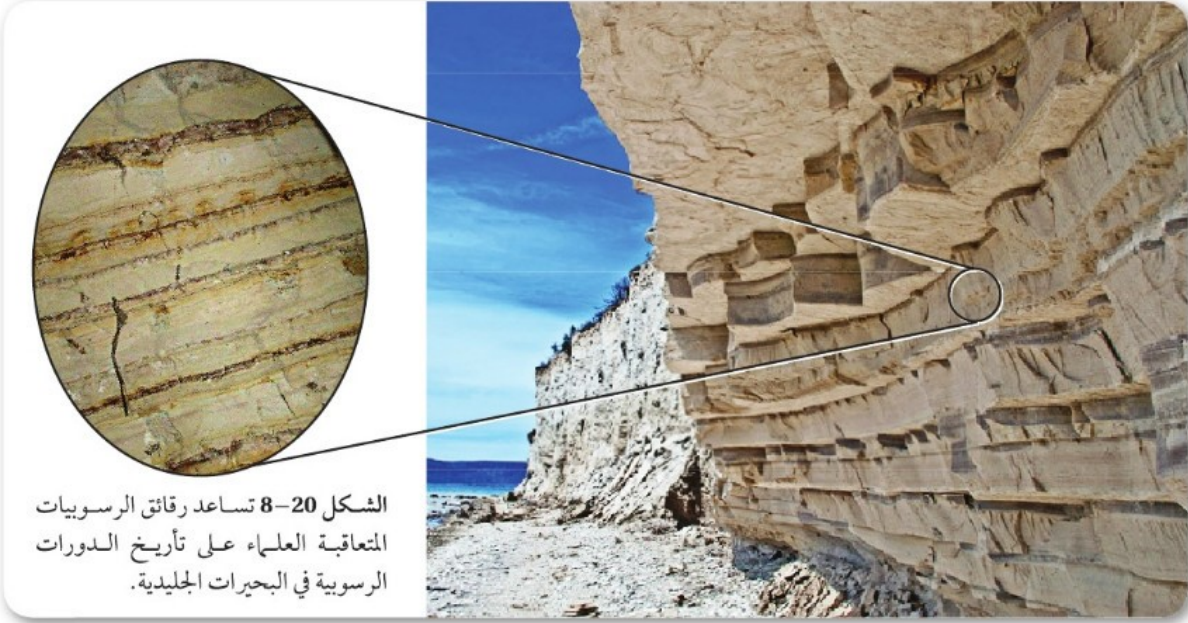
✓ **ماذا قرأت؟ صف كيف يمكن لحلقات الأشجار السنوية أن تبين الظروف البيئية القديمة؟**



الشكل 8-18 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 8-19 يستعمل العلماء عينات الجليد الأسطوانية لتأريخ الرسوبيات الجليدية ولمعرفة المزيد عن مناخ الأرض القديم.



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 نسبياً 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 والقائمة من رسوبيات الرمل والصلصال والغرين رقائق varves. وتمثل الرقائق ترسبات موسمية تتكون عادة في البحيرات، وتتكون ترسبات الصيف من حبيبات رملية مع قليل من بقايا المخلوقات الحية، بينما تكون رقائق الشتاء أقل سمكاً وحبيباتها أنعم. توجد الرقائق بصورة مثالية في ترسبات البحيرات القريبة من الجليديات، حيث تحمل المياه المنصهرة الرمل إلى البحيرة وتُرسَّبها، بينما يكون الترسيب قليلاً أو منعدماً في الشتاء، كما في الشكل 20-8. يستطيع العلماء باستعمال عينات أسطوانية من الرقائق أن يؤرّخوا دورات الرسوبيات الجليدية حتى 120,000 سنة الماضية.

التقويم 2-8

الخلاصة

- ينص مبدأ النسقية على أن العمليات الجيولوجية التي تحدث حالياً كانت تحدث منذ أن خلق الله الأرض.
- يستعمل الجيولوجيون المبادئ الجيولوجية لتحديد العمر النسبي للتعاقبات الصخرية.
- يمثل عدم التوافق انقطاعاً زمنياً في السجل الصخري.
- يستعمل الجيولوجيون المضاهاة لمقارنة الطبقات الصخرية في مواقع جغرافية مختلفة.
- تمكن طرق التأريخ المطلق من تحديد عمر الأحداث الجيولوجية بدقة.
- يمكن استعمال معدل انحلال عناصر مشعة معينة كساعة جيولوجية.
- يمكن استعمال حلقات الأشجار السنوية وعينات الجليد الأسطوانية والرقائق في تأريخ الأحداث الجيولوجية الحديثة.

فهم الأفكار الرئيسية

1. **العكرة الرئيسة** لخص المبادئ التي يستعملها الجيولوجيون في تحديد الأعمار النسبية للصخور.
2. ارسم رسوماً توضيحية للمقارنة بين أنواع عدم التوافق الثلاثة.
3. فسر كيف يستعمل الجيولوجيون الأحافير لفهم التاريخ الجيولوجي لمنطقة جغرافية كبيرة؟
4. ناقش كيفية استعمال طبقة رقيقة من الفحم بوصفها طبقة مرشدة.
5. فسر كيف يمكن أن يساعد مبدأ النسقية الجيولوجيين على تعرّف كيفية نشأة الصخور النارية وتكونها؟
6. وضع لماذا نحصل على أعمار دقيقة باستخدام عمليات الانحلال الإشعاعي أكثر من استخدام مبادئ التأريخ النسبي؟
7. قارن بين اليورانيوم-238 والكربون-14 من حيث استعمالهما في تحديد العمر المطلق.
8. صف أهمية الرقائق لجيولوجي يدرس رسوبيات بحيرات جليدية.
9. ناقش العلاقة بين مبدأ النسقية والتأريخ المطلق.

التفكير الناقد

10. اقترح كيف يستطيع عالم أن يدعم فرضيته إذا كانت تنص على أن صخرًا في محجر ما 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. تحوي عينة معدنية 25% بوتاسيوم-40 و75% نظير ثابت من الأرجون-40. فإذا كان عمر النصف للبوتاسيوم-40 هو 1.3 بليون سنة، فما عمر هذا المعدن؟