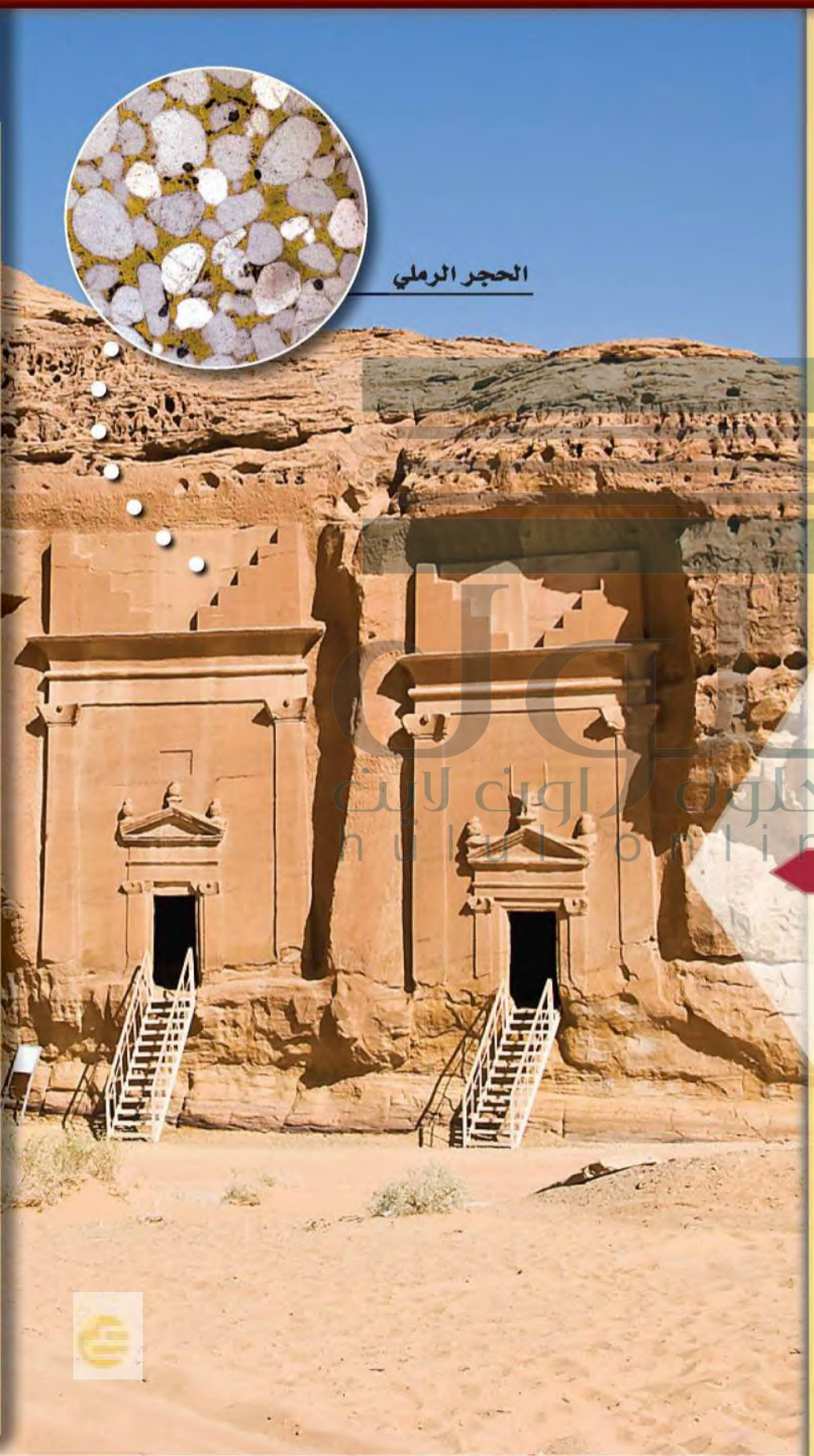
حلول
الحلول أون لاين
hulul.online

الفصل 3

الصخور الرسوبية والمتحولة
Sedimentary and Metamorphic Rocks



الفكرة العامة تنشأ معظم الصخور من صخور سابقة لها عبر عمليات جيولوجية خارجية أو داخلية.

3–1 تشكّل الصخور الرسوبية

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

3–2 أنواع الصخور الرسوبية

الفكرة الرئيسة تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها.

3–3 الصخور المتحولة

الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.

حقائق جيولوجية

مدائن صالح

- تقع مدائن صالح أو ما يُعرف بالحِجْر على بعد 22 km شمال شرق مدينة العُلا التابعة لمنطقة المدينة المنورة.
- تتكون صخور مدائن صالح من الحجر الرملي.
- أعلنت منظمة الأمم المتحدة للعلوم والتربية والثقافة عام 2008 أن مدائن صالح موقع تراث عالمي.

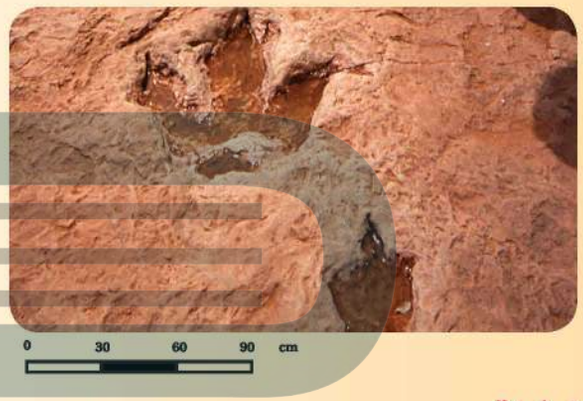
الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA
مجتمع حيوي
• من أهداف الرؤية: المحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعريف به.

حلول الحلول اون لاين hulul.online

تجربة استهلالية

ما الذي حدث هنا؟

الأحافير بقايا أو آثار لنباتات أو لحيوانات كانت تعيش في الزمن الماضي. في هذا النشاط، ستقوم بتفسير نشاط حيوان من آثار أقدامه الأحفورية.



الخطوات

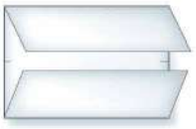
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ادرس صورة لمجموعة آثار أقدام حُفظت في صخور رسوبية.
3. اكتب وصفًا تبين فيه احتمال كيفية تكوُّن هذه الآثار.
4. ارسم مخططًا لمجموعة آثار أقدام أحفورية سجلت تأثير المخلوقات الحية في البيئة.
5. أعط مخططك إلى طالب آخر، واطلب إليه تفسير ما حدث.

التحليل

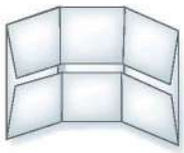
1. حدد عدد الحيوانات التي خلّفت هذه الآثار.
2. استدل على المعلومات التي يمكن الحصول عليها من دراسة آثار الأقدام الأحفورية.
3. فسّر هل تتفق إجابتك مع إجابات زملائك بالصف؟ ما الذي أدّى إلى وجود اختلافات في التفسير؟

المطويات
منظمات الأفكار

دورة الصخر اعمل المطوية الآتية لتوضح مسارات محتملة في تكون الصخور.



الخطوة 1: علّم رأسيًا وسط ورقة مستطيلة، واطو أعلاها وأسفلها نحو الوسط لتشكيل جناحين.



الخطوة 2: اطوها إلى ثلاثة أقسام.

الخطوة 3: افتح الورقة، وقص الجناحين على طول خطوط الثني، كما هو موضح.

الخطوة 4: عنون أقسام المطوية كما هو موضح.

استخدم هذه المطوية في أثناء دراسة هذا الفصل. سجّل تحت كل عنوان العمليات التي يمكن للصخور أن تمر بها عندما تتغير من نوع إلى آخر، كما في العنوان المجاور في المطوية.

ج1: على الأقل 2
ج2: أنواع الحيوانات؛ طول خطوات الحيوانات؛ وأوزانها وعدد أصابع القدم؛ واتجاه الحركة؛ إلخ
ج3:يتنوع تفسير المخططات؛ ومن الأسباب المحتملة لتنوع تفسيرات الطلاب أن حيوانات مختلفة قد تترك آثارا متشابهة؛ أو قد يفسر الطلاب الأثر بطريقة مختلفة

SA GEO SE CH03.indd 63 4/8/19 4:37 PM

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

3-1

تشكّل الصخور الرسوبية

Formation of Sedimentary Rocks

الأهداف

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

مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

المفردات الجديدة

الرسوبيات
التصّخر
الترّاص
السمنتة
مادة لاحمة
التطّبق
التطّبق المتدّرج
التطّبق المتقاطع

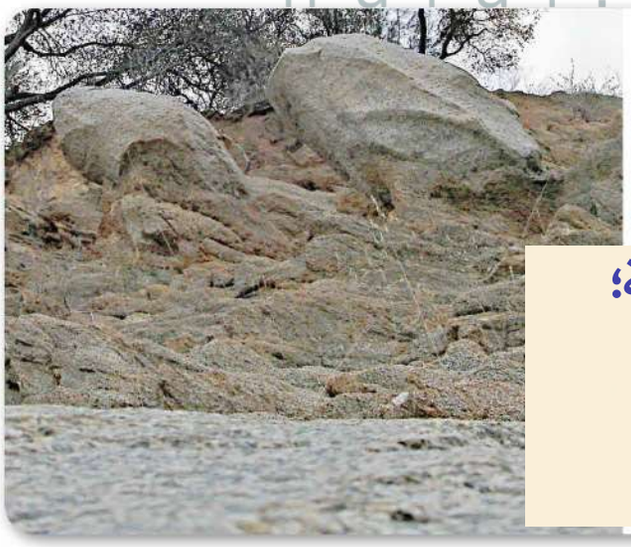
الفكرة الرئيسة تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

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

التجوية والتعرية Weathering and Erosion

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

التجوية Weathering تُنتج التجوية فتاتًا من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحبيبات مجهرية. وتقسم التجوية إلى قسمين: تجوية كيميائية تحدث عندما تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقرارًا كيميائيًا. وتجوية فيزيائية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجمًا، دون أن تتغير كيميائيًا. ويوضح الشكل 1–3 صخرًا تجوّى كيميائيًا وفيزيائيًا. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟



الشكل 1–3 عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية يتفتت في النهاية، ويمكن أن يتحلل، كما تشاهده في الشكل المجاور.

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

سيكون الكوارتز هو المعدن الأكثر مقاومة؛ لانه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة ويتشكل تحت ظروف أقرب ما تكون إلى ظروف سطح الأرض

SA.GEO.SE.CH03.indd 64 4/8/19 4:38 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

التعرية Erosion تسمى عملية إزالة الرسوبيات ونقلها التعرية. ويوضح الشكل 2–3 عوامل التعرية الأربعة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية والجليديات. وتعد الرياح أكثر عوامل التعرية تأثيرًا في المملكة العربية السعودية؛ وذلك بسبب انتشار المناطق الصحراوية وقلة الغطاء النباتي فيها. وعندما تعصف الرياح على تلك المناطق تزيل الرمال والفتات الصخري وتحملها معها إلى أماكن أخرى ثم ترسبها على شكل كثبان رملية. وتؤثر المياه الجارية أيضًا على أراضي المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من قلة كميات الأمطار الساقطة عليها إلا أن مياه الأمطار تتجمع على شكل سيول وجداول بعد العواصف المطرية. ومن العلامات التي تدل بوضوح على حدوث التعرية تعكر مياه السيول بسبب اختلاط حبيبات الطين الناتجة عن التعرية مع المياه الجارية. وبعد تجوية الصخور تنتقل غالبًا إلى اماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد وتنتقل دائمًا نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الجليديات أيضًا وهي كتل ضخمة من الجليد تتحرك عبر اليابسة على تعرية سطح الأرض. ولعلك لاحظت صورة مدائن صالح في بداية الفصل كيف أثرت التعرية على ارتفاع مستوى الأبواب عن سطح الأرض.

ماذا قرأت؟ لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.

الشكل 2–3 تتعرض الصخور المجوّاة والرسوبيات للتعرية والنقل بتأثير عوامل التعرية الرئيسة: الرياح والمياه الجارية والجاذبية الأرضية والجليديات.

تتفتت الصخور إلى قطع ثم تنقل هذه القطع من مكان إلى آخر

المياه الجارية

الرياح

الجليديات

الجاذبية

SA.GEO.SE.CH03.indd 65 4/8/19 4:38 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

تجربة

نموذج لتطبّق الرسوبيات

كيف تتشكّل الطبقات في الصخور الرسوبية؟

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

خطوات العمل

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

التحليل

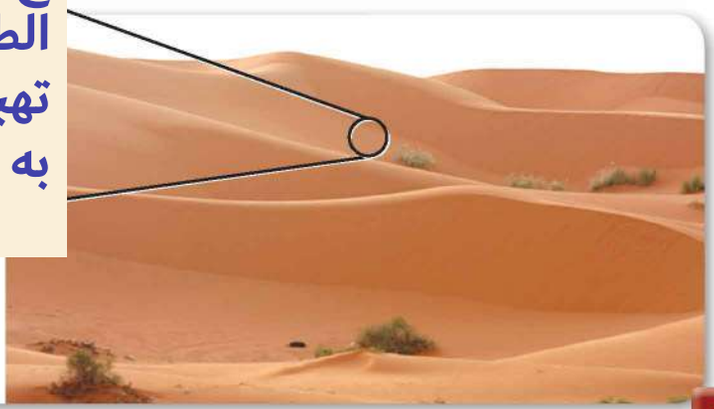
1. وضّح ما لاحظته على شكل مخطط.
2. صف نوع الحبيبات التي ترسبت أولًا في قاع القنينة.
3. صف نوع الحبيبات التي تكوّن الطبقات العليا.

الترسيب Deposition يحدث الترسيب عندما تستقر الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنينة المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى فوقها. وبالمثل، تترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته. فعندما يتوقف هبوب الرياح، أو عند دخول نهر مياهًا هادئة في بحيرة أو محيط تترسب الرسوبيات المحمولة مكونةً طبقات من الرسوبيات، وتكون الحبيبات الكبيرة في الأسفل.

طاقة عوامل النقل Energy of transporting agents

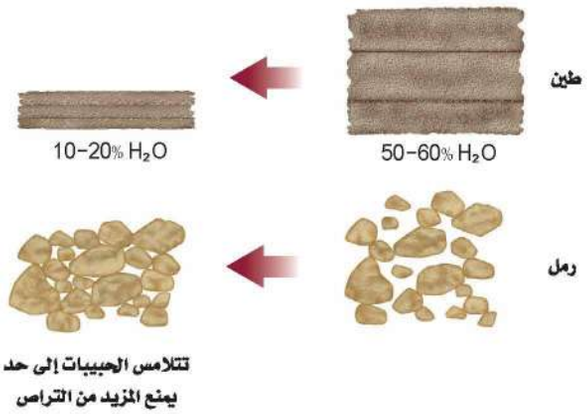
تستطيع المياه السريعة أن تنقل حبيبات كبيرة الحجم أفضل من المياه البطيئة الحركة؛ فعندما تقل سرعة المياه تترسب أولًا الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجوم في طبقات. أما الرياح فلا تحرك إلا الحبيبات الصغيرة. ولهذا تتكون الكثبان الرملية في العادة من رمل ناعم جيد الفرز، كما في الشكل 3–3. ولكن ليست جميع الرسوبيات مفروزة؛ فالجليديات مثلًا تحمل جميع المواد على اختلاف حجومها بالقدر نفسه؛ فتحمل الصخورَ الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر الجليديات فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كومة غير مفروزة.

ج1: يجب أن تظهر الرسوم المواد الخشنة في القاع تعلوها طبقات متتابعة متدرجة في الحجم أي أن الطبقات العلوية تتكون من المواد الناعمة
ج2: رواسب خشنة
ج3: الطين، ينبغي أن توضح إجابات الطلاب أن الحبيبيات الصغيرة الخفيفة تهبط ببطء بسبب لزوجة الماء واحتكاكها به



الشكل 3–3 تشكّلت هذه الكثبان من الرمل الذي عصفت به الريح، فنقلته وأعادت ترسيبه. لاحظ أن حبيبات الرمل متساوية في الحجم تقريبًا.

SA.GEO.SE.CH03.indd 66 4/8/19 4:38 PM



الشكل 4–3 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كبير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.

يزداد الضغط على الطبقات السفلى، فتزداد درجة حرارتها، مما يؤدي إلى تصخر الرسوبيات. و**التصخر Lithification** عمليات فيزيائية وكيميائية تؤدي إلى تماسك الرسوبيات وتكوُّن صخر رسوبي. والمقطع الأول من كلمة التصخر بالإنجليزية lithification وهو lithify مأخوذ من الكلمة اليونانية lithos، وتعني الحجر.

التراصّ Compaction تشمل عملية التصخر مجموعة من العمليات تبدأ بعملية **التراص Compaction**؛ وهي تقارب حبيبات الرسوبيات بسبب الضغط الناتج عن وزن الرسوبيات التي تعلوها، ويترتب على ذلك تغيرات فيزيائية، كما في الشكل 4–3. فطبقات الطين تحتوي على 60% من حجمها ماء تقريبًا. لذا ينقص حجمها عندما يخرج الماء منها بتأثير الضغط. أما الرمل فلا ينضغط بقدر انضغاط الطين في أثناء عملية الدفن؛ وذلك لأن حبيبات الرمل تتكون في العادة من الكوارتز، وهي غير قابلة للتشوُّه تحت ظروف الدفن العادية.

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

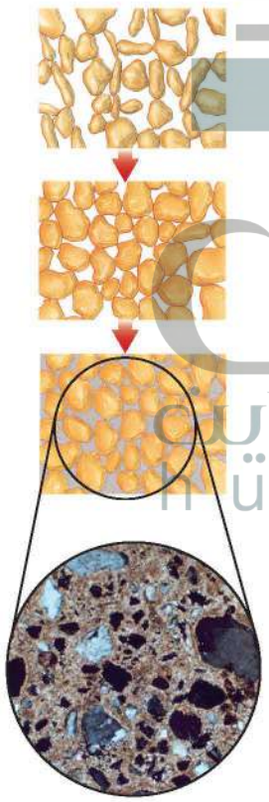
السمنتة Cementation لا يشكل الضغط القوة الوحيدة التي تربط الحبيبات معًا. حيث تحدث **السمنتة Cementation** وهي عملية يتم فيها ترسب معادن جديدة كانت مذابة ضمن المياه الجوفية بين الحبيبات الرسوبية مما يؤدي إلى التحام حبيبات الرسوبيات معًا مشكلةً صخرًا صلبًا. ويحدث هذا عندما تترسب **مواد لاحمة** ومنها: معدن الكالسيت $CaCO_3$ أو أكسيد الحديد Fe_2O_3 بين الحبيبات الرسوبية بالكيفية نفسها التي تترسب بها المعادن المذابة من المياه الجوفية. ويوضح الشكل 5–3 كيف تحدث هذه العملية.

معالم الصخور الرسوبية Sedimentary Features

كما تحتوي الصخور النارية على معلومات عن تاريخ نشأتها، فإن للصخور الرسوبية معالمها وخصائصها التي تساعد الجيولوجيين على تفسير نشأتها وتاريخ المنطقة التي تشكّلت فيها.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



الشكل 5–3 تترسب المعادن من المياه في أثناء تدفقها عبر مسامات الرسوبيات. تشكّل هذه المعادن مادة لاحمة تعمل على ربط الرسوبيات بعضها مع بعض.

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

SA.GEO.SE.CH03.indd 67 4/8/19 4:38 PM

الشكل 6–3 توضح الصورة كيف تم تسجيل التطبق المتدرج في أثناء انخفاض سرعة المياه وفقدان طاقتها الترسيبية.

التطبّق Bedding يسمى ترتُّب الصخور على هيئة طبقات أفقية **التطبق Bedding**. ويعدّ التطبق الأفقي هو الغالب والشائع في الصخور الرسوبية، ويحدث نتيجة للطريقة التي تترسب بها الرسوبيات بتأثير المياه أو الرياح. ويتراوح سمك الطبقة الواحدة بين ملمترات وعدة أمتار. وهناك نوعان مختلفان من التطبق، يعتمد كل منهما على طريقة النقل. أما حجم الحبيبات ونوع المادة المكوِّنة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

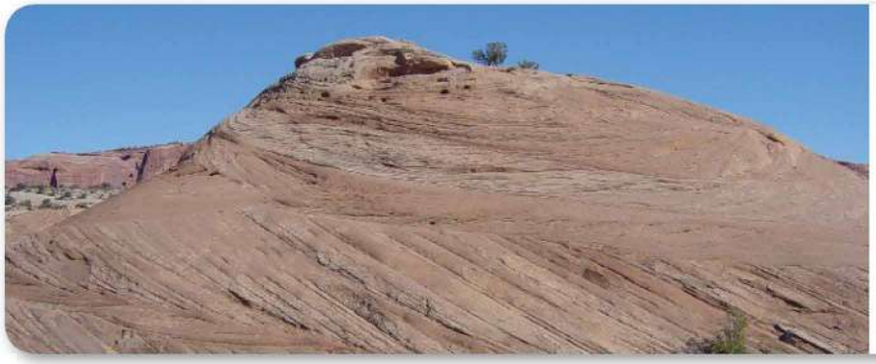
التطبّق المتدرّج Graded bedding يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجمًا كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبقَ المتدرج Graded bedding**. وغالبا ما يلاحظ التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية فعندما تقل سرعة التيارات البحرية تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فتترسب المواد الأثقل والأكبر حجمًا أولًا، ثم تترسب بعدها بالتدريج المواد الأصغر. ويوضح الشكل **6–3** مثالًا على التطبق المتدرج.

التطبق المتقاطع Cross – bedding مظهر آخر مميز للصخور الرسوبية. ينشأ **التطبق المتقاطع Cross bedding**، كالذي يظهر في الشكل **7–3**، عندما تترسب طبقات مائلة نسبة إلى بعضها البعض، وبعد تصخُّر هذه الرسوبيات، يحتفظ الصخر بالتطبق المتقاطع. ويوضح الشكل **8–3** هذه العملية.

علامات النيم Ripple marks تتشكل علامات النيم – كما هو موضح في الشكل **8–3** – عندما تترسب الرسوبيات في تموجات صغيرة تكونت بفعل الرياح أو الأمواج أو التيارات النهرية. وتحفظ هذه العلامات في الصخر الصلب إذا طُمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.

المهن في علم الأرض

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



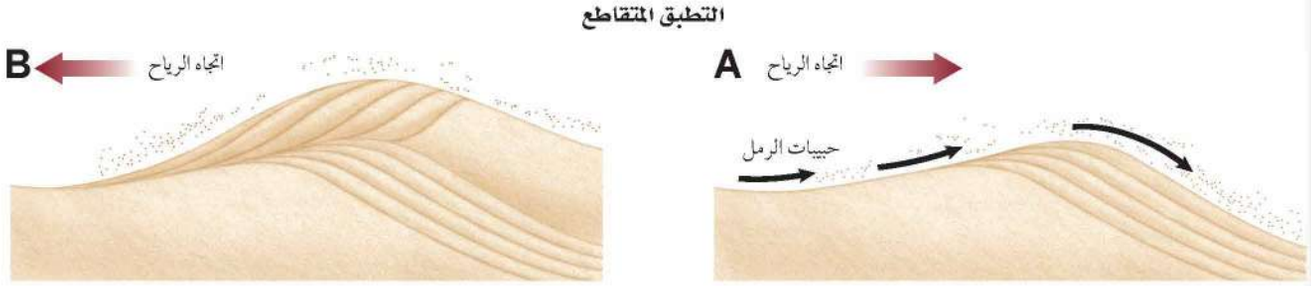
الشكل 7–3 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثبان قديمة تشكّلت بالرياح.

SA.GEO.SE.CH03.indd 68 4/8/19 4:38 PM

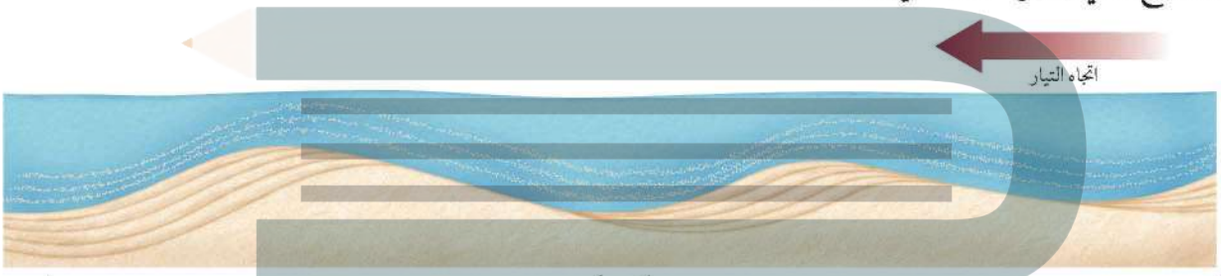
حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

التطبق المتقاطع وعلامات النيم
Cross-Bedding and Ripple Marks

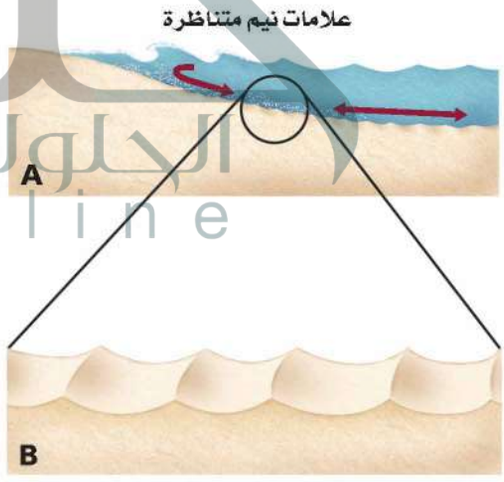
الشكل 8–3 ينتج عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكوّن تراكيب رسوبية كالتطبق المتقاطع وعلامات النيم.



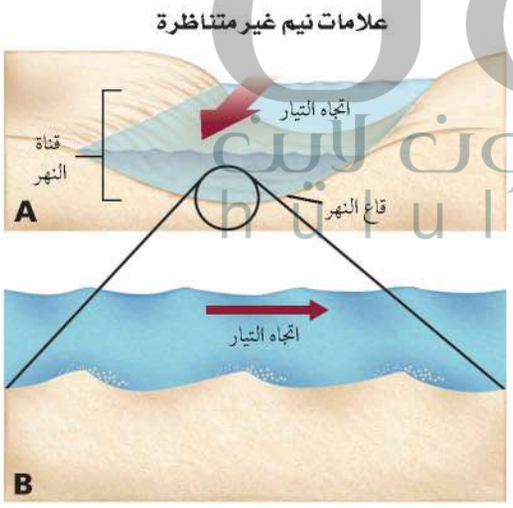
يستقر الرمل الذي تحمله الريح على جانب الكثيب البعيد عن اتجاه الريح، وعندما تغير الريح اتجاهها يتكون التطبق المتقاطع الذي يُظهر حادثة تغيير الاتجاه.



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



تؤدي حركة الأمواج على الشاطئ ذهابًا وإيابًا إلى دفع رمل القاع، فتشكل علامات نيم متناظرة؛ إذ تتوزع حبيبات الرمل على جانبي قمم التلال بانتظام.



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

SA.GEO.SE.CH03.indd 69 4/8/19 4:38 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

ج1: تؤدي التجوية الفيزيائية والكيميائية إلى تفتيت الصخر فتتحول هذه القطع إلى رسوبيات؛ تنقل وتترسب بعيدًا بفعل عوامل التعرية والنقل

ج2: يجب أن يُظهر المخطط كلا من: عملية نقل الرسوبيات وأن الترسيب تأثير الجاذبية ينتج طبقات أفقية وكذلك استمرارية الترسيب

ج3: يجب أن يحتوي المخطط على المعلومات الآتية: تناقص حجم الحبيبات نحو الأعل وأن طاقة المياه تتناقص أيضا نحو الأعلى

ج4: تزداد درجة الحرارة والضغط نحو الأسفل في باطن الأرض وتسبب هذه الزيادة تراص الحيبات وبدء التصخر

ج5: هذه العبارة صحيحة، تمثل كل طبقة في التطبق المتقاطع حدثًا ترسمياً؛ إذيمكن أن تحتوي كل طبقة على تعاقب تتدرج فيه حجم الحبيبات من الأخشن إلى الأنعم نحو الأعلى؛ كي أنه إذا تكون التطبق المتقاطع في أثناء تناقص سرعة الماء فإن حجم الحبيبات يتناقص من تطبق متقاطع إلى آخر

ج6: اتجاه المسير وهو في اتجاه أعلى المجرى أي نحو مصدر الرسوبيات لأن الرسوبيات تصبح أكثر امستدارة كلما قلت مسافة أطول عن مصدرها

ج7: يجب أن تحوي الصورة عل الشعاب المرجانية وحيوانات بحرية أخرى وأي وصف آخر

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

1. **الفكرة الرئيسة** صف كيف تَنتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. ارسم مخططًا. لتوضيح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. وضح كيف يتشكّل التطبق المتدرج باستخدام الرسم؟
4. قارن علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وما تحته بعملية التصخر.

التفكير الناقد

5. قوِّم هذه العبارة: قد يكون هناك تطبق متقاطع وتطبق متدرج في طبقة واحدة.
6. حدد في أي اتجاه تسير: نحو أعلى جدول جبلي جاف، أم نحو أسفله، بحيث تلاحظ أن شكل حبيبات الرسوبيات يصبح مدببًا أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.

الكتابة في الجيولوجيا

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

SA.GEO.SE.CH03.indd 70 4/8/19 4:38 PM

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

3-2

الأهداف

- تصف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية.
- توضح كيفية تشكّل الصخور الرسوبية الكيميائية.
- تصف الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية.

مراجعة المفردات

محلول مشبع: أعلى محتوى ممكن من المعادن الذائبة في محلول.

المفردات الجديدة

الصخور الرسوبية الفتاتية

الفتاتي

المسامية

الصخور الرسوبية الكيميائية

المتبخرات

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية

أنواع الصخور الرسوبية
Types of Sedimentary Rocks

الفكرة الرئيسة تُصنّف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكّلها.

الربط مع الحياة. إذا مشيت على طول شاطئ أو ضفة نهر فقد تلاحظ حجومًا مختلفة من الرسوبيات. يُحدد حجم حبيبات الرسوبيات نوع الصخر الرسوبي الذي يمكن أن يتشكّل منها.

الصخور الرسوبية الفتاتية
Clastic Sedimentary Rocks

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعًا **الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks** التي تتشكّل من تراكم الرسوبيات المفككة على سطح الأرض. وكلمة **فتاتي Clastic** مأخوذة من كلمة klastos اليونانية بمعنى مكسّرة. وتُصنّف هذه الصخور بناء على حجم حبيباتها. انظر إلى الجدول 1-3 في الصفحة الآتية، الذي يلخص تصنيف الصخور الرسوبية بناء على حجم حبيباتها وطريقة تشكّلها ومكوناتها المعدنية.

الصخور الرسوبية الخشنة الحبيبات Coarse – grained rocks

تصنف الصخور الرسوبية المكونة من فتات الصخر والمعادن التي بحجم الحصباء على أنها صخور خشنة الحبيبات، كما في الشكل **10–3**. وبسبب كتلتها الكبيرة نسبيًّا تُنقل الحصباء بالتيارات المائية العالية الطاقة، كتلك التي تتولد في الجداول الجبلية، والأنهار الفائضة، ومياه الانصهار الجليدي. وفي أثناء عملية النقل تحتك الحبيبات بعضها ببعض، فتصبح مستديرة. وهذا هو سبب الاستدارة الجيدة لحصباء الشواطئ والأنهار وهذا يدل – كما ذكر سابقًا – على زيادة مسافة النقل. وتحوِّل عملية التصخُّر هذه الرسوبياتِ إلى صخر يسمى الكونجلوميرات.

وعلى نقيض الكونجلوميرات، تتكون البريشيا من حبيبات مدببة الحواف في حجم الحصباء. وتشير الحواف المدببة إلى أن الرسوبيات التي شكلت البريشيا لم تأخذ الوقت الكافي لتصبح مستديرة. ويدل هذا على أن هذه الحبيبات قد نقلت مسافة قصيرة واستقرت قريبًا من مصدرها. انظر الجدول **1–3**.

الشكل 10–3 تتكوّن صخور الكونجلوميرات والبريشيا من الرسوبيات الخشنة التي نقلت بمياه عالية الطاقة.

استدل على الظروف التي يمكن أن تسبب أنواع النقل اللازمة لتكوين هذين الصخرين.

الكونجلوميرات

البريشيا

SA.GEO.SE.CH03.indd 71 4/8/19 5:56 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الجدول 1–3 تصنيف الصخور الرسوبية

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

حلول الحلول اون لاين hulul.online

المفردات

مفردات أكاديمية

خزّان جوفي

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

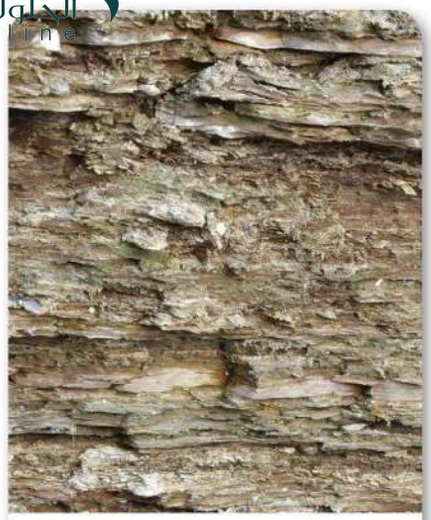
الصخور الرسوبية المتوسطة الحبيبات Medium– grained rocks

غالبًا ما تحوي قنوات الجداول المائية والأنهار والشواطئ والصحارى كميات وفيرة من الرسوبيات بحجم حبيبات الرمل. تصنف الصخور الرسوبية التي تتكوّن من قطع صخرية أو معدنية بحجم الرمل على أنها صخور فتاتية متوسطة الحبيبات. انظر إلى الجدول **1–3**. وتحوي الصخور الرملية في الغالب مجموعة من المعالم التي تهم العلماء. فمثلاً تشير علامات النيم والتطبق المتقاطع إلى اتجاه تدفق التيار. لذا يستعمل الجيولوجيون طبقات الصخور الرملية لعمل خرائط للجداول المائية القديمة وقنوات الأنهار.

SA.GEO.SE.CH03.indd 72 4/8/19 4:38 PM

من خصائص الصخور الرملية المهمة أن مساميتها عالية نسبيًّا. والمسامية **Porosiy** هي النسبة المئوية للفراغات الموجودة بين الحبيبات المكونة للصخر. وقد تصل مسامية الرمل المفكك إلى 40٪. ويمكن المحافظة على هذه الفراغات في أثناء تحول الرمل إلى حجر رملي، مما يؤدي غالبًا إلى وجود مسامية قد تصل نسبتها إلى 30٪.

وعندما تكون المسام بعضها متصلًا ببعض تستطيع الموائع ومنها المياه أن تتحرك خلال الحجر الرملي بسهولة. وهذه الخاصية تجعل طبقات الصخور الرملية مهمة بوصفها خزانات تحت سطحية للنفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.



الشكل 11–3 ترسبت الرسوبيات الناعمة جدًّا في مياه هادئة وشكلت طبقات رقيقة من الطين.

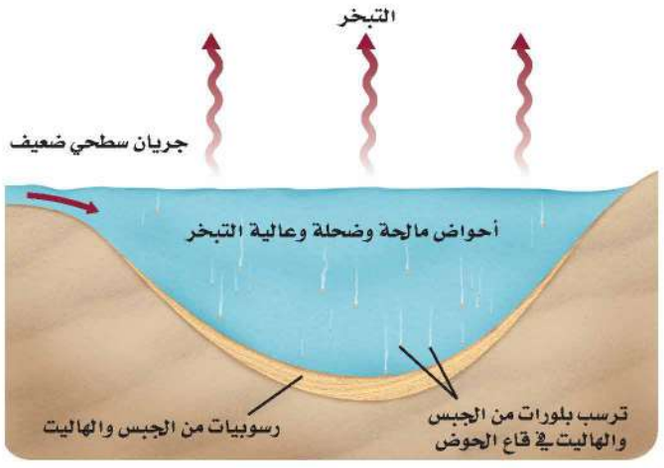
الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات Fine–grained rocks تتكون هذه الصخور من حبيبات صغيرة بحجم حبيبات الطمي والطين. ومنها حجر الطمي والطَّفل. و تمثل هذه الصخور بيئات مياه ساكنة أو بطيئة الحركة كالمستنقعات والبرك. وفي غياب التيارات القوية وتأثير الأمواج تهبط هذه الرسوبيات إلى القاع، وتترسب في طبقات أفقية رقيقة. وعادة ما ينكسر الطَّفل على طول الطبقات الرقيقة، كما في الشكل 11–3. وعلى النقيض من الحجر الرملي، تعمل الصخور الرسوبية الناعمة الحبيبات ذات النفاذية المنخفضة بوصفها حواجز تعيق حركة المياه الجوفية والبترول.

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

تتشكل الصخور ناعمة الحبيبات في بيئات مياه هادئة أو بطيئة الحركة ومنها البرك والمستنقعات ومياه المحيط العميقة

والمحيطات. وعندما تتبخّر المياه من البحيرات والمحيطات تُترك المعادن الذائبة في المياه الباقية. وفي الأقاليم الجافة يمكن لمعدلات التبخر العالية أن تزيد تركيز المعادن الذائبة في المسطحات المائية. ويمثل الشكل 12–3 سبخة القصب غرب الرياض.

الشكل 12–3 يؤدي التبخر المستمر من مسطح مائي مالح إلى ترسيب كميات كبيرة من الملح. كما في سبخة القصب غرب الرياض.



SA.GEO.SE.CH03.indd 73 4/8/19 4:38 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks

يزيد تركيز المعادن الذائبة في مسطح مائي عن حد الإشباع تترسب بلورات المعادن من المحلول، وتهبط إلى القاع. ونتيجة لذلك تتشكّل طبقات من **الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical sedimentary rocks** تسمَّى **المتبخرات Evaporites**. تتشكّل المتبخرات في معظم الأحيان في الأقاليم الجافة، وفي أحواض التصريف المائي ذات التدفق المنخفض في القارات. وبسبب قلة المياه العذبة التي تتدفق إلى هذه المناطق يبقى تركيز المعادن المذابة مرتفعًا. وعلى الرغم من دخول المزيد من المعادن المذابة إلى هذه الأحواض يستمر تبخر المياه العذبة، مما يحافظ على تراكيز مرتفعة للمعادن. ومع مرور الزمن يمكن أن تتراكم طبقات سميكة من معادن المتبخرات على أرضية الحوض كما في الشكل12–3. ومن الأمثلة على هذه المعادن الجبس، الذي يتوافر في مناطق متعددة من المملكة العربية السعودية، ومنها منطقة مقنا شمال غرب المملكة العربية السعودية، ومنطقة الخرج، وبالقرب من مدينة بريدة.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks

تتكون **الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية Biochemical sedimentary rocks** من بقايا مخلوقات حية كانت تعيش في الماضي. وأكثر هذه الصخور شيوعًا هو الحجر الجيري المكون أساسًا من معدن الكالسيت. وتَستعمل بعض المخلوقات الحية التي تعيش في المحيط كربونات الكالسيوم الذائبة في المياه لبناء أصدافها. وعندما تموت هذه المخلوقات الحية تهبط أصدافها إلى قاع المحيط فتشكّل طبقات سميكة من رواسب الكربونات. وفي أثناء عملية الدفن والتصخر تترسب كربونات الكالسيوم من المياه وتتبلور بين الأصداف وتشكّل الحجر الجيري. ويستخرج

الشكل 13–3 يمكن لصخر الحجر الجيري أن يحوي أنواعًا كثيرة ومختلفة من الأحافير. ويستطيع الجيولوجيون أن يفسروا أين ومتى تشكّل الحجر الجيري من دراسة الأحافير الموجودة فيه.

SA.GEO.SE.CH03.indd 74 4/8/19 4:38 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

ج1: صخور رسوبية فتاتية
ج2: لأنه يتشكل من أجزاء كانت تعيش في الزمن الماضي
ج4: يعمل التبخر باستمرار على تقليل المياه العذبة يي المسطحات المائية؛ فيزداد تركيز المعادن في المياه المتبقية؛ ثم تترسب هذه المعادن لتشكل الصخور الرسوبية الكيميائية
ج5: تحل مياه بحر إضافية محل المياه المتبخرة في الحوض مع استمرار عملية التبخر، وتحري هذه المياه معادن مذابة يؤّدي تبخرها إلى ترسيب معادن إضافية، وتتكرر هذه العملة باستمرار
ج6: يتكوّن الطين من حبيبات صفائحية من الطين؛ حيث تتجمع هذه الحبيبات على هيئة طبقة مسطحة ولا يمكنها أن تتراكم بصورة مائلة بعضها على بعض (لا توجد زاوية بينها) لتشكيل التطبق المتقاطع أو علامات النيم

- الصخور الرسوبية فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية.
- تتشكّل الصخور الفتاتية من الرسوبيات، وتصنف على أساس حجم الحبيبات وشكلها.
- تتكون الصخور الكيميائية أساسًا من المعادن التي تترسب من المياه في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.
- تتكون الصخور الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات عاشت في الزمن الماضي.
- تزود الصخور الرسوبية الجيولوجيين بمعلومات عن ظروف سطح الأرض التي سادت في الزمن الماضي.

1. **الفكرة الرئيسة** اذكر نوع الصخر الرسوبي الذي يتشكّل من تعرية ونقل الحبيبات والقطع الصخرية وترسيبها.
2. وضح لماذا يعد الحجر الجيري صخرًا رسوبيًا كيميائيًا حيويًا؟
3. حلل الظروف البيئية التي تفسّر تشكّل معظم الصخور الرسوبية الكيميائية في مناطق ذات معدلات تبخر مرتفعة.

التفكير الناقد

4. اقترح سيناريو يفسر إمكانية تشكّل طبقات متعددة من المتبخرات من مسطح مائي بحري، علمًا بأن الكمية الأصلية من المعادن المذابة فيه تكفي فقط لتكوين طبقة رقيقة من المتبخرات.

تفحص طبقات الطين في الشكل 11–3، وفسر عدم احتوائها على التطبق المتقاطع أو علامات النيم.

الرياضيات في الجيولوجيا

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

SA.GEO.SE.CH03.indd 75 4/8/19 4:39 PM

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-3

الأهداف

- تقارن بين أنواع الصخور المتحولة وأسباب تشكلها.
- تميز بين أنسجة التحول.
- تفسر كيفية حدوث التغيرات المعدنية والنسيجية في أثناء عملية التحول.

مراجعة المفردات

الصخور النارية الجوفية: صخور تشكّلت من صهارة بردت وتبلورت ببطء تحت سطح الأرض.

المفردات الجديدة

متورقة (صفائحية)
غير متورقة (غير صفائحية)
التحول الإقليمي
التحول بالتماس
التحول الحراري المائي
دورة الصخر

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

الفكرة الرئيسة **تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية.**

الربط مع الحياة. عند صناعة وطبخ المخبوزات تتحول جميع مكوناتها الأولية إلى شيء جديد. وكذلك تتغير خصائص الصخور إلى شيء جديد عندما تتعرض لدرجات الحرارة المرتفعة، وينتج عن ذلك صخور مختلفة كليًّا.

تعرُّف الصخور المتحوّلة

Recognizing Metamorphic Rocks

يوضح الشكل 15–3 صخورًا تحوّلت. كيف عرف الجيولوجيون حدوث ذلك؟ تزداد درجة الحرارة والضغط كلما تعمقنا في باطن الأرض، وعندما ترتفعان بقدر كافٍ تنصهر الصخور لتشكّل الصهارة. ولكن ما الذي يحدث لو لم تصل الصخور إلى درجة الانصهار؟ عندما تجتمع الحرارة والضغط العاليان، ويغيران نسيج الصخر ومكوناته المعدنية أو مكوناته الكيميائية من دون انصهاره يتشكّل الصخر المتحوّل. وكلمة تحول بالإنجليزية metamorphism مشتقة من الكلمة اليونانية meta بمعنى تغيّر، وكلمة morphe ومعناها شكل؛ إذ يتغير شكل الصخر في أثناء التحول، لكنه يبقى صلبًا.

وتتطلب عملية التحول درجات حرارة عالية، مصدرها حرارة باطن الأرض؛ ويتم ذلك بالدفن العميق، أو من الأجسام النارية الجوفية القريبة. أما الضغط العالي الذي تتطلبه عملية التحول فيتوافر بالدفن العميق أيضًا، أو من التضاغط الناتج في أثناء عملية تكوّن الجبال.

الشكل 15–3 يتطلب طي طبقات هذه الصخور أو ثنيها إلى الشكل الذي هي عليه اليوم وجود قوى كبيرة.

كوِّن فرضية للتغيرات التي حدثت للرسوبيات بعد استقرارها.

SA.GEO.SE.CH03.indd 76 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

المعادن المتحولة Metamorphic minerals كيف يمكن أن تتغير المعادن من دون أن تنصهر؟ كما درستَ سابقًا، تتبلور المعادن من صهارة، وتبقى مستقرة ضمن مدى من درجات الحرارة المختلفة، وينطبق هذا المدى أيضًا على المعادن المكونة للصخور المتحوّلة، التي خضعت لتغيرات وهي في الحالة الصلبة. ففي أثناء التحول تتغير المعادن في الصخر إلى معادن جديدة بفعل ظروف الضغط والحرارة الجديدة. وقد قام العلماء بتجارب لتعرّف الظروف التي تؤدّي إلى تكوّن معادن جديدة تكرر ظهورها في الصخور المتحولة؛ وذلك لتفسير ما الذي يؤدي إلى تحوّل هذه الصخورداخل القشرة الأرضية. ويوضح الشكل **16–3** بعض المعادن المتحولة الشائعة.

ماذا قرأت؟ وضح ما المعادن المتحولة؟

المعادن المتحولة هي المعادن التي تتشكل في أثناء عملية التحول وتكون مستقرة تحت ظروف مختلفة عن ظروف معادن أخرى

المتحولة. ويوضح الشكل **17–3** كيفية استعمال هاتين الخاصيتين في تصنيف الصخور المتحولة.

الصخور المتورقة Foliated rocks تتميز الصخور المتحولة **المتورقة Foliated** بوجود المعادن في صفائح وأحزمة (خطوط)؛ حيث يتسبب الضغط العالي في أثناء التحول في صفّ المعادن الصفائحية أو الإبرية الشكل، بحيث يكون محورها الطويل متعامدًا مع الضغط، كما في الشكل **18–3** في الصفحة الآتية. وينتج عن هذا الاصطفاف المتوازي للمعادن التورق الذي تلاحظه في الصخور المتحولة المتورقة.

الستوروليت

المايكا

الجارنت

التلك

الشكل 16–3 معادن متحولة، منها المايكا والستوروليت والجارنت والتلك وتوجد بلوراتها بألوان وأشكال وأحجام متعددة، قد يكون لونها بين القاتم والفاتح.

الشكل 17–3 توازي الزيادة في حجم الحبيبات التغير في المكونات وتطور التورّق. ولا يعد حجم الحبيبات عاملًا في تصنيف الصخور غير المتورقة.

مخطط الصخور المتحولة

النسيج			المكونات المعدنية						اسم الصخر
ناعمة الحبيبات	صفائحية	متورقة (صفائحية)	الكلوريت	المايكا	الكوارتز	الفلسبار	الأمفيبول	البيروكسين	الأردواز
ناعمة الحبيبات									الفيليت
خشنة الحبيبات									الشيست
خشنة الحبيبات	أحزمة								النايس
ناعمة إلى خشنة الحبيبات		غير متورقة (غير صفائحية)	الكوارتز						الكوارتزيت
			الكالسيت أو الدولوميت						الرخام

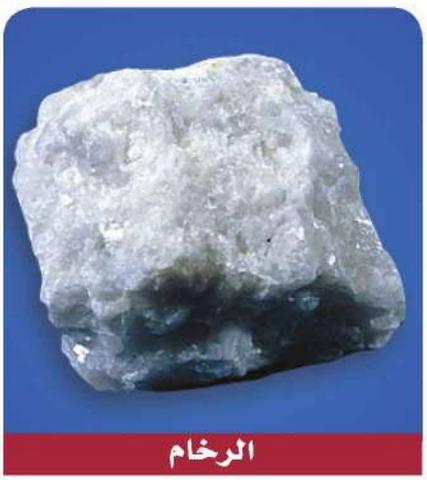
SA.GEO.SE.CH03.indd 77 4/8/19 5:57 PM

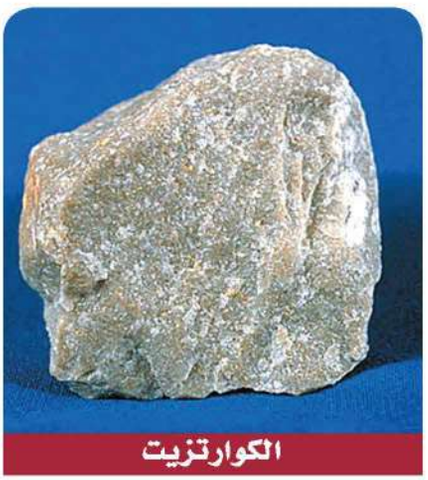
الشكل 18–3 يتطور التورق عندما يؤثر الضغط في اتجاهين متضادين، ويكون التورق متعامدًا على اتجاه الضغط.

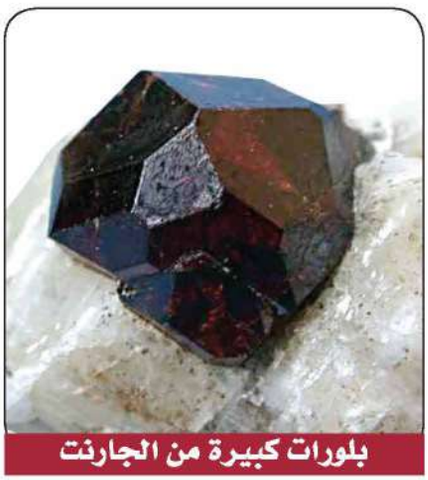
الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated rocks

تختلف الصخور المتحولة غير المتورقة Nunfoliated عن الصخور المتورقة في أنها مكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل. ويوضح الشكل **19–3** مثالين شائعين على الصخور غير المتورقة، هما الرخام والكوارتزيت. والكوارتزيت صخر قاس، وغالبًا ما يكون فاتح اللون، وينشأ عن تحول الحجر الرملي الغني بالكوارتز، بينما ينشأ الرخام عن تحول الحجر الجيري. ونادرا ما تُحفظ الأحافير في الصخور المتحولة. وبعض أنسجة أنواع الرخام ملساء تشكّلت من تداخل حبيبات الكالسيت. وتستعمل أنواع الرخام هذه غالبًا في أرضيات المنازل. ويتم استخراج الرخام في المملكة العربية السعودية من عدة أماكن منها جبل خنوقة شمال شرقي عفيف، بينما يستخرج الرخام الأسود من جبل غرور ودمخ شمال غرب حلبان. ويمكن في ظروف معينة أن يكبر حجم المعادن المتحولة الجديدة، بينما تبقى المعادن المحيطة بها صغيرة الحجم. وعلى الرغم من أن هذه البلورات الكبيرة تشبه البلورات الكبيرة جدًّا في البيجماتيت الجرانيتي، إلا أنها تختلف عنها؛ فبدلًا من أن تتشكّل من الصهارة فإنها تتشكّل في الصخر الصلب من خلال إعادة ترتيب الذرات في أثناء التحول. ويوضح الشكل **19–3** معدن الجارنت الذي تشكل بهذه الطريقة.

الشكل 19–3 تختلف الصخور المتحولة الظاهرة في الشكل عن الصخور الرسوبية في أنها لا تُظهر وجود الأحافير فيها؛ لأن الحرارة الشديدة التي تعرضت لها أزالت تلك الأحافير. ومع ذلك، لا تؤدي عملية التحول دائمًا إلى تدمير التطبق المتقاطع وعلامات النيم التي يمكن مشاهدتها في بعض أنواع الكوارتزيت.


الرخام


الكوارتزيت


بلورات كبيرة من الجارنت

SA.GEO.SE.CH03.indd 78 4/8/19 4:39 PM

درجات التحول Grades of Metamorphism

تـؤدي توافقـات مختلفة من درجات الحرارة والضغـط إلى حدوث درجات تحول مختلفة. يقـترن التحول المنخفض الدرجة بدرجات الحـرارة والضغط المنخفضين وبمجموعـة محـددة مـن المعـادن والأنسـجة، بينما يقـترن التحول العـالي الدرجة بدرجـات حرارة وضغط مرتفعين وبمجموعة مختلفة من المعادن والأنسـجة. أما التحول المتوسط الدرجة فيقع بين التحولين منخفض الدرجة وعالي الدرجة.

ويوضح الشكل 20–3 المعادن الموجودة في صخر طَفَل متحول على درجات تحول مختلفة. لاحظ التغير في المكونات عندما تتغير الظروف من تحول منخفض الدرجة إلى عالي الدرجة. ويستطيع الجيولوجيون أن ينشئوا ما يسمى خرائط تحوّل من خلال إسقاط أماكن المعادن المتحولة على خريطة اقتصادية، وذلك لتحديد أماكن معادن متحولة إقتصادية ، منها الجارنت والتلك.

الشكل 20–3 تحـول صخر الطَّفـل يؤدي إلى تكـون معادن مختلفة الألـوان في درجات تحول مختلفة.

أنواع التحول Types of Metamorphism

يمكـن أن تنتج آثـار التحول عن التحـول بالتماس والتحـول الإقليمي والتحول الحراري المائي، وتزودنا المعادن التي تشـكّلت ودرجة التغير التي حدثت للصخر بمعلومات عن نوع التحول ودرجته.

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية التوضيحية

أي المعادن المتحولة يتشـكّل؟ يعتمد تشـكّل المعادن في الصخور

التحليل

1. مـا المعـدن الـذي يتشـكّل إذا تعـرض الطَّفـل والبازلت لتحول منخفض الدرجة؟
2. مـا المعـدن الذي يتشـكّل في الطَّفـل تحت ظروف التحول عالي الدرجة ، ولا يتشكّل في البازلت؟

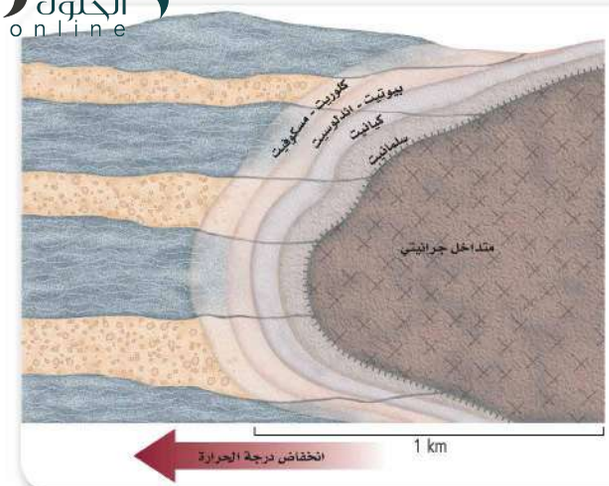
التفكير الناقد

3. قارن مجموعات المعادن التي تتوقع تشكّلها في تحول متوسط الدرجة في كل من البازلت والطَّفل.
4. صف الاختلاف في المكونات الرئيسة بين الطَّفل والبازلت. كيف تعكس هذه الاختلافات المعادن التي تنشأ في أثناء التحول؟
5. فسر هناك تغير طفيف في المكونات المعدنية عندما يتحـول الحجـر الجـيري إلى رخـام؛ إلا أن معدن الكالسـيت يبقـى هو المعدن السـائد. فسر سـبب حدوث ذلك.

ج1: المعدن الرئيس هو الكلوريت؛ غير أن الألبيت؛ وهو من البلاجيوكليز الصودي؛ يمكن أن يكون موجودا
ج2: السلمانيت
ج3: الغضار- مسكوفيت وبيوتيت وجارنت وستوروليت وكيانيت وألبيت؛ البازلت - كلوريت وإبيدوت وأمفيبول وجارنت وبلاجيوكليز
ج4: يحوي الغضار كمية أعلى من الألمنيوم و السيلينيوم البازلت فيحوي كمية أعلى من الحديد و المغنسيوم تنشأ معادن سيلكات الألومنيوم كالستوروليت والكيانيت والسلمانيت من الغضار، في حين تنشأ المعادن الغنية بالحديد والماغنسيوم كالأمفيبول والبيروكسين من البازلت
ج5: يحوي الحجر الجيري الكالسيوم والكربون الأكسجين وقليلا من العناصر الأخرى لذا لا تتشكل معادن أخرى غير الكالسيت ثم إن الكالسيت مستقر على مد كبير من درجات الحرارة والضغط

SA.GEO.SE.CH03.indd 79 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online



الشكل 21–3 قد يسبب التحول بالتماس الناتج عن حقن (المتداخل الجرانيتي) تشكّلَ أحزمة (نطق) من المعادن المتحولة.

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

التحول الإقليمي Regional metamorphism ينشأ **التحول الإقليمي regional metamorphism** عندما تتعرض مناطق واسعة من القشرة الأرضية لدرجة حرارة وضغط مرتفعين، وتتراوح درجة التحول بين منخفض وعالٍ. أما نتائج التحول الإقليمي فتتضمن التغير المعدني ونوع الصخر، بالإضافة إلى طي وتشويه طبقات صخور المنطقة. ويوضح الشكل **15–3** طبقات صخور مطوية عانت من التحول الإقليمي.

التحول بالتماس contact meramorphism عندما تصبح مادة مصهورة كالأجسام النارية الجوفية، في تماس مع صخور صلبة، يحدث تأثير محلي نسميه **التحول بالتماس contact meramorphism** تتشكّل مجموعات المعادن المميزة للتحول بالتماس على درجات حرارة عالية وضغط متوسط إلى منخفض. ويوضح الشكل **21–3** نطق معادن مختلفة تحيط بالجسم الناري الجوفي. ولأن درجة الحرارة تنخفض عند الابتعاد عن الجسم الناري الجوفي فإن تأثيرات التحول تنخفض أيضًا مع المسافة. تعلمت سابقًا أن المعادن تتبلور عند درجات حرارة محددة، فالمعادن المتحولة التي تتشكّل عند درجات حرارة أعلى تكون أقرب إلى الجسم الناري الجوفي، حيث أعلى درجة حرارة، ولأن اللابة تبرد بسرعة فإن الحرارة لا يمكنها أن تخترق كثيراً صخور السطح، لذا فإن تأثير التحول بالتماس الناتج عن الصخور النارية البركانية يكون محدودًا.

التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism يحدث **التحول الحراري المائي hydrothermal metamorphism** عندما تتفاعل مياه ساخنة جدًّا مع الصخر، فتغير مكوناته الكيميائية والمعدنية. وجملة الحراري المائي بالإنجليزية hydrothermal مشتقة من الكلمتين اليونانيتين hydro بمعنى الماء، و thermal بمعنى حرارة. ولما كانت الموائع في أثناء التحول تهاجر من الصخر وإليه، لذا فإن المكونات الكيميائية والنسيج الأصليين يمكن أن يتغيرا. وتكون التغيرات الكيميائية شائعة في التحول بالتماس بالقرب من الأجسام النارية الجوفية والبراكين النشطة. وغالبًا ما تتوضّع خامات اقتصادية بهذه الطريقة كالذهب والنحاس والخارصين والتنجستن والرصاص؛ فالذهب المتوضع في الكوارتز في الشكل **22–3** ناتج عن التحول الحراري المائي.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

متداخل (متطفل)

الاستعمال العلمي: صهارة متوضعة في صخر سابق.

الاستعمال الشائع: شخص تداخل في شؤون الآخرين؛ أي اقحم نفسه.

الشكل 22–3 تتكون عروق الذهب في الكوارتز عندما يبرد المحلول الحراري المائي.

SA.GEO.SE.CH03.indd 80 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول أون لاين
hulul.online

الربط مع رؤية ٢٠٣٠
رؤية VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA
مجتمع حيوي
• من أهداف الرؤية: تعظيم القيمة المتحققة من قطاع التعدين والاستفادة منها.

الأهمية الاقتصادية للصخور والمعادن المتحولة

Economic Importance of Metamorphic Rocks and Minerals

أدّى نمط الحياة الحديث إلى ازدياد استخراج واستخدام موارد الأرض الطبيعية. فنحن مثلًا نحتاج إلى الملح للطهي، والذهب للتجارة، وفلزات أخرى للبناء والأغراض الصناعية، كما نحتاج إلى الوقود الأحفوري للطاقة، وإلى الصخور والعديد من المعادن في المستحضرات التجميلية، إلى غير ذلك من الاستعمالات. ويوضح الشكل 23–3 مثالين لكيفية استعمال الصخور المتحوّلة في البناء. وينتج الكثير من هذه الموارد المعدنية الاقتصادية من عمليات التحوّل، ومن بينها: فلزات الذهب والفضة والنحاس والرصاص، بالإضافة إلى موارد غير فلزية مهمة وكثيرة.

موارد المعادن الفلزية Metallic mineral resources توجد الموارد الفلزية غالبًا على شكل خامات معدنية فلزية، وعلى الرغم من اكتشاف توضّعات فلزية نقية أحيانًا، فإن الكثير من التوضّعات غير النقية تترسّب من المحاليل الحرارية المائية، متركزة على هيئة عروق، أو منتشرة في كتلة الصخر. ويكثر وجود توضّعات الذهب والفضة والنحاس في العروق الحرارية المائية للكوارتز بالقرب من الأجسام النارية الجوفية. وتوجد معظم التوضّعات الفلزية الحرارية المائية على شكل كبريتيدات، ومنها: الجالينا (PbS)، والبيريت (FeS_2)، أو على شكل أكاسيد ومنها خاما الحديد (الماجنتيت والهيماتيت)؛ وهما معدنان تشكّلا بالتوضُّع من محاليل حرارية مائية حاملة للحديد. وفي المملكة العربية السعودية الكثير من المعادن التي توضّعت من المحاليل الحرارية المائية، ومنها: الذهب، والفضة، والنحاس.

ماذا قرأت؟ اذكر الموارد الاقتصادية التي تنتجها المحاليل الحرارية المائية.

ينشأ عن التحول الحراري المائي تشكل الخامات الفلزية ومنها الذهب والفضة والنحاس بالإضافة إلى الكبريتيدات الفلزية كالجالينا والبيريت

منخفضة، لذا فإنه يستعمل مضادًّا للحريق وفي مواد العزل. وقبل أن تُعرف خصائصه المسببة للسرطان، استُعمل بشكل واسع في صناعة البناء، ولا تزال كثير من البنايات القديمة تحتوي على الإسبستوس. ومن المعادن الأخرى غير الفلزية التي تَنتج عن التحوّل معدن الجرافيت، وهو المكوّن الرئيس في صناعة أقلام الرصاص.

الشكل 23-3 الرخام والأردواز صخران متحولان استعملا في البناء منذ قرون.

ج1: يؤدي ارتفاع درجة حرارة الصخور إلى إعادة ترتيب ذرات العناصر في المعادن. نما يؤدي إل تشكل معادن جديدة أو يؤدي إلى نمو بلورات المعادن أكثر

ج2: يؤدي الضغط إلى نمو بلورات المعادن المسطحة أو الطولية في اتجاه واحد

ج3: توضح دورة الصخر أن الصخور تتشكل في بيشات خاصة ومن خلال عمليات معينة. وتصنف الأنواع الصخرية الثلاثة: النارية والمتحولة والرسوبية وفى طريقة تشكلها

ج4: التحول الإقليمي - يمتد تأثير درجة الحرارة والضغط إل مناطق كبيرة من قشرة الأرض؛ التحول بالتماس تأثيرات محلية ناتجة عن حرارة متداخل ناري مجاور؛ التحول الحراري المائي - تغيرات في الصخور نتيجة تفاعلها مع مياه حارة جدا

ج5: يتعرض الحجر الجيري للحرارة أو الحرارة والضغط نتيجة ملامسته جسي ناريا أو نتيجة الدفن في باطن الأرض حيث تبدأ بلورات الكالسيت في إعادة التبلور فتتداخل البلورات الجديدة ويزداد حجمها ويتغير نسيج الصخر ويتكون الرخام

ج6: يقع الجسم الناري غالبًا جنوب معادن الجارنت والستوروليت فهي تتشكل عند درجات حرارة أعلى من درجات حرارة تشكل المسكوفيت والكلوريت مشيرة إلى أن درجة الحرارة كانت أسخن نحو الجنوب

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

الفكرة الرئيسة

1. لخّص كيف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى عملية التحوّل؟
2. لخص أسباب تشكّل النسيج المتحول المتورق.
3. طبق مفهوم دورة الصخر لتفسر كيفية تصنيف الأنواع الصخرية الرئيسة الثلاثة.
4. قارن بين العوامل التي تسبب أنواع التحول الرئيسة الثلاثة.

التفكير الناقد

5. استنتج خطوات تكون صخر الرخام من الحجر الجيري.
6. توقع موقع جسم ناري جوفي بناء على المعلومات المعدنية الآتية: جُمع معدنا الكلوريت والمسكوفيت من الجزء الشمالي من منطقة الدراسة؛ وجُمع الجارنت والستوروليت من الجزء الجنوبي من المنطقة.

الرياضيات في الجيولوجيا

7. تتشكّل غالبًا الأحجار الكريمة في صورة بلورات معدنية كبيرة في الصخور المتحولة. وتوصف الأحجار الكريمة بوحدة القيراط. يساوي القيراط 0.2 g أو 200 mg. اكتشفت بلورة جارنت كبيرة في نيويورك عام 1885 كتلتها 4.4 kg وقطرها 15 cm. ما كتلة هذه الجوهرة بوحدة القيراط؟

SA.GEO.SE.CH03.indd 82 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

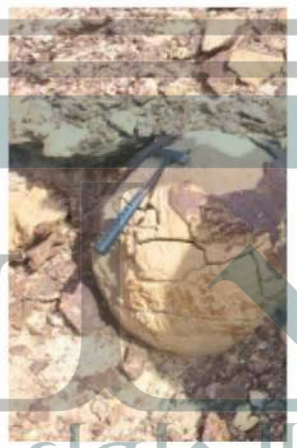
السياحة الجيولوجية

في الميدان

الجزيرة العربية عبر العصور

يسافر بعض الناس إلى أماكن قاصية من العالم ليروا أنواعًا مختلفة من الصخور. ولا شك أن جزيرتنا العربية تتمتع بموقع فريد، وطبيعة جيولوجية خلابة تفرض فيها التشكيلات الجيولوجية نفسها؛ وتتكشف فيها سجلات صخرية لمعظم العصور الجيولوجية.

الرواسب الجليدية



رواسب الجليديات بالقرب من القوارة بمنطقة القصيم

هل تصدق أن جزيرة العرب مرت عليها عصور جليدية تركت وراءها رواسب جليدية موجودة في وديان جليدية قديمة تشبه تلك الموجودة حاليًّا في شمال كندا وشمال أوربا. وقد تكونت تلك الرواسب الجليدية في العصر الأردوفيشي في مناطق مختلفة من الجزيرة العربية، مثل تلك الموجودة في منطقة القصيم في المملكة العربية السعودية، والتي تكونت منذ 450 مليون سنة، وهي تعد من الأمثلة النادرة على العصور الجليدية القديمة.

الأشجار المتحجرة

تزخر الجزيرة العربية بعدد من مناطق الأشجار المتحجرة، التي تدل على أنها كانت خضراء في العصور التي نمت فيها تلك الأشجار. ومن ذلك الأشجارالمتحجرة المكتشفة في المملكة العربية السعودية، والتي تعود إلى العصر البيرمي، منذ 250 مليون سنة، وأخرى يعود عمرها إلى العصر الطباشيري منذ أكثر من 70 مليون سنة.

ومنها كذلك مجموعة من الأشجار المتحجرة لنوع من الصنوبر في بعض أجزاء صحراء الربع الخالي يرجع تاريخها إلى 50 مليون سنة.

وقد أشار رسول الله صلى الله عليه وسلم في حديثه الشريف عن أبي هريرة رضي الله عنه إلى أن أرض الجزيرة العربية كانت في السابق مليئة بالأشجار والمياه، فقال: لن تقوم الساعة حتى تعود أرض العرب مروجًا وأنهارًا.

الكتابة في الجيولوجيا

مطوية تعزيزية: ابحث عن مزيد من المعلومات عن أنواع الصخور الموجودة في منطقتك، والمستعملة في بناء المنشآت. اعمل مطوية تعزيزية تصف فيها رحلة تركز فيها على الجيولوجيا المحلية.

الربط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA
مجتمع حيوي

• من أهداف الرؤية: ٢.٣.١ المحافظة على تراث المملكة الإسلامي والعربي والوطني والتعريف به

SA.GEO.SE.CH03.indd 83 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

مختبر الجيولوجيا

تفسير التغيرات في الصخور

خلفية علمية: مع استمرار دورة الصخور يتغير الصخر من نوع لآخر. بعض التغيرات يمكن ملاحظتها بالعين المجردة إلا أن بعضها الآخر لا يمكن ملاحظته. لون الصخر وحجم الحبيبات والنسيج والتركيب المعدني أشياء يمكن ملاحظتها ووصفها بسهولة. لكن مع تغير المعادن يتغير بناؤها البلوري وكثافتها. كيف يمكن تمثيل ووصف هذه التغيرات؟ ادرس زوجين من عينات الصخور ليتبين لك كيف يتم ذلك.

سؤال: كيف تقارن بين خصائص الصخور النارية والرسوبية وبين خصائص الصخور المتحولة؟

الأدوات

عينات من: صخر رملي، الطَّفل، حجر جيري، جرانيت، كوارتزيت، أردواز، رخام، نايس.

عدسة يدوية

ورق

ميزان

مخبار مدرج حجم 100 mL أو كأس يتسع للعينة والماء.

إجراءات السلامة

خطوات العمل

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

جدول معلومات العينات

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

التحليل والاستنتاج

1. **قارن** بين الحجر الرملي وبين الكوارتزيت.
2. **صف** كيف تتغير حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي في أثناء التحول.
3. **صف** اختلاف النسيج الذي تراه بين الطَّفل والأردواز.
4. **قارن** بين نتائج حساباتك وحسابات زملائك، واستنتج أسباب اختلاف النتائج.
5. **وضح** لماذا يمكن أن يختلف لون الصخور الرسوبية في أثناء عمليات التحول؟
6. **قوِّم** التغير في الكثافة بين كل من الطَّفل والأردواز، الحجر الرملي والكوارتزيت، الحجر الجيري والرخام. هل حدث تغير في جميع العينات؟ فسر نتائجك.

شارك بياناتك

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

SA.GEO.SE.CH03.indd 84 4/8/19 4:39 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تنشأ معظم الصخور من صخور سابقة لها من خلال عمليات جيولوجية خارجية أو داخلية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 تشكل الصخور الرسوبية	
الرسوبيات التصّخر التراّص السمنتة مادة لاحمة التطّبق التطّبق المتدّرج التطّبق المتقاطع	**الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية. • تتضافر عمليات التجوية والتعرية والترسيب والتصخر لتكوين الصخور الرسوبية. • تتصخر الرسوبيات بعمليتي التراص والسمنتة. • الأحافير هي كل ما يحفظ من بقايا أو طبعات أو أي آثار لمخلوقات عاشت في الماضي. • تحتوي الصخور الرسوبية على معالم مميزة كالتطبق المتدرج والتطبق المتقاطع وعلامات النيم.
3–2 أنواع الصخور الرسوبية	
الصخور الرسوبية الفتاتية الفتاتي المسامية الصخور الرسوبية الكيميائية المتبخرات الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية	**الفكرة الرئيسة** تصنف الصخور الرسوبية بناء على طرائق تشكلها. • الصخور الرسوبية تكون فتاتية أو كيميائية أو كيميائية حيوية. • الصخور الرسوبية الفتاتية تتكون من فتات صخري، وتصنف حسب حجوم حبيباتها وأشكالها. • تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية من ترسب معادن مذابة في الماء. • تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية من بقايا مخلوقات كانت تعيش في الزمن الماضي. • تفيد الصخور الرسوبية الجيولوجيين في معرفة الظروف التي سادت سطح الأرض في الزمن الماضي.
3–3 الصخور المتحولة	
متورقة (صفائحية) غير المتورقة (غير صفائحية) التحول الإقليمي التحول بالتماس التحول الحراري المائي دورة الصخر	**الفكرة الرئيسة** تنشأ الصخور المتحولة عندما تتعرض صخور سابقة لها لزيادة الضغط والحرارة والمحاليل الحرارية المائية. • الأنواع الرئيسة للتحول هي التحول الإقليمي والتحول التماسي والتحول الحراري المائي. • نسيجا الصخور المتحولة هما المتورقة وغير المتورقة. • في أثناء عملية التحول تتغير المعادن في صخر ما إلى معادن جديدة مستقرة تحت الظروف الجديدة من الحرارة والضغط. • دورة الصخر هي مجموعة العمليات المستمرة التي تؤثر في الصخور وتغيرها من نوع لآخر.

SA.GEO.SE.CH03.indd 85 4/8/19 4:40 PM

حلول
الحلول اون لاين
hulul.online

الفصل 3 تقويم الفصل

مراجعة المفردات

أكمل الجملتين الآتيتين مستعملًا المفردات المناسبة:

1. ينتج عن تراص الرسوبيات الفتاتية والتحامها ..... التصخر
2. تدعى طبقات الصخور الرسوبية التي تترسب مائلة على السطح الأفقي .. التطبق المتقاطع

ضع المصطلح الصحيح بدلًا من الكلمة التي تحتها خط:

3. تحدث السمنتة في أثناء استقرار الرسوبيات بتناقص طاقة المياه. التطبق المتدرج
4. تتكوّن الصخور المتحولة الصفائحية من بلورات كتلية الشكل. غير المتورقة

اكتب جملة تستعمل فيها زوج الكلمات في كل مما يأتي:

ج5: لبعض الصخور الرسوبية الفتاتية مسامية عالية
ج6: عندما يترسب الراسب في طبقات أفقية يتشكل التطبق
ج7: المتبخرات ليست من الصخور الفتاتية

تثبيت المفاهيم الرئيسة

8. ما الراسب الفتاتي الذي حجم حبيباته أصغر فيما يأتي؟
   a. الرمل c. الحصى
   b. الطين d. حجر الطمي
9. ما الصخر الفتاتي الخشن الحبيبات الذي يحوي قطعًا مدببة؟
   a. الحجر الجيري c. الحجر الرملي
   b. الكونجلوميرات **d. البريشيا**
10. ما الصخر الحيوي الكيميائي الذي يحوي أحافير؟
    a. الصوان c. الحجر الرملي
    b. الحجر الجيري d. البريشيا
11. أيٌّ مما يأتي ليس من عوامل التحول ؟
    a. التصخر c. الحرارة
    b. المحاليل الحرارية المائية d. الضغط.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين؛ 12 و 13.

12. ما المصطلح الأفضل لوصف نسيج هذا الصخر؟
    a. متبلور **c. متورق**
    b. غير متورق d. فتاتي
13. أي صخر ناري يشكل تحوله العينة أعلاه عادة؟
    a. الديورايت **c. الجرانيت**
    b. البازلت d. الجابرو
14. أي مما يأتي تتوقع أن تكون مساميته أكبر؟
    a. الحجر الرملي c. الحجر الجيري
    b. النايس d. الكوارتزيت
15. أيّ عوامل التعرية ينقل عادة فتاتًا بحجم حبيبات الرمل أو أقل من ذلك فقط؟
    a. الانزلاقات الأرضية c. الماء
    b. الجليديات **d. الرياح**
16. أيّ العمليات مسؤولة عن إذابة ونقل المواد من مكان إلى آخر؟
    a. التجوية c. الترسيب
    b. التعرية d. السمنتة

أسئلة بنائية

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.

ج17: في أثناء حركة المياه الجوفية خلال الرسوبيات تترسب المعادن الذائبة في المياه على الحبيبات فتربط الحبيبات بعضها مع بعض
ج18: تتكون الكوكينا من أصداف حديثة ملتحمة بعضها في حين يتكون الحجر الجيري الأحفوري من أصداف أحافير ملتحمة بالطين الكربوناتي

SA.GEO.SE.CH03.indd 86 4/8/19 5:58 PM

ج20: يجب أن يظهر الرسم صخرا به معادن طولية أو مسطحة؛ وضغطا يؤثر في اتجاهين متضادين عموديين في اتجاه المعادن الطولية في الصخر

ج21: يتصخر الرمل غالباً بعملية السمنتة؛ في حين يتصخر الطين بالتراص

ج22: سينة الفرز: الرسوبيات الجليدية؛ مواد الانزلاقات الأرضية؛ أما جيدة الفرز :فهي الكثبان الرملية؛ ورمال الشواطئ

ج23: يؤدي ترسب هذه المعادن إلى سمنتة الرسوبيات الفتاتية ثم تصخرها

ج24: قطع صخرية مستديرة؛ نقلت من مسافات كبيرة؛ بينما البريشيا : قطع صخرية ذات حواف مدببة تتشكل قريبا من مصدر الرسوبيات؛ ويتبعان الفئة الحجمية نفسها؛ وغالبا ما يحتويان على الكثير من الكوارتز والكوارتزيت

ج25: سوف لا تحوي مياه هذا الحوض هذا التركيز العالي من الملح؛ بسبب إضافة المياه إليه باستمرار مما يحول دون تشكل المتبخرات بسمك كبير

ج26: يتكون الرخام من بلورات كالسيت كتلية متساوية الأبعاد ع هي ليست طولية أو مسطحة؛ لذلك لا تشكل تورقا

ج27: يوصي علماء الرسوبيات بالرمل والحصى حسب الاستعمال المطلوب، فإذا برزت الحاجة إلى رمل عالي المسامية فإنهم لا يوصون بمخلوط الرمل والرسوبيات الناعمة الحبيبات

ج29: تعد الأحافير دليلا على أشكال الحياة القديمة، آثار أقدام الحيوانات دليل على ذلك؛ أما علامات النيم فلا تعد دليلا على ذلك

ج30: هذا التطبق من نوع التطبق المتدرج وهو جيد الفرز لأن حجم حبيباته يزداد كلما اتجهنا إلى أسفل

ج31: يمكن لجميع عوامل الطقس أن تحمل حبات مختلفة الحجم غير أن الرياح والمياه هما فقط القادران على فرز الرسوبيات في أثناء النقل، فعندما تنخفض سرعة المياه والرياح تفقد جزءا من طاقتها فتترسب الحبيبات الكبيرة وتشكل التطبق المتدرج

ج32: قساوة الزجاج تساوي 5.5وقساوة الرمل الكوارتزي تساوي 7لذا من السهل إعادة تشكيل الزجاج وصقله أما الرمل الكربوناتي فمكون من معدن الكالسيت الذي بلغ قساوته 2لذا لا يمكن صقل الزجاج. ويبقى الزجاج حادا

ج33: يمكن ربط المصطلحات على النحو الآتي

تطبق أفقي؛ ترسيب مائي؛ ترسيب رياحي تطبق متدرج؛ ترسيب المياه؛ علامات النيم؛ ترسيب المياه أوترسيب الرياح؛ تيار نهري؛ غير متماثل. حركة الأمواج؛ متماثل

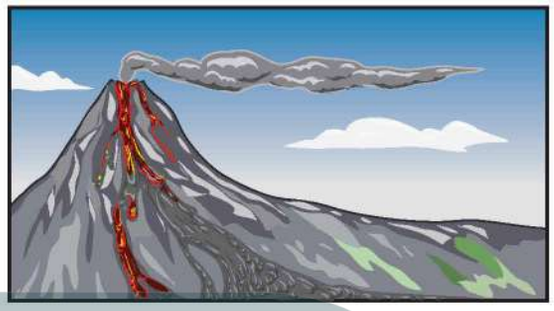
ج34: تنخفض درجة حرارة المياه بزيادة العمق، ثم تذوب كربونات الكال يوم في المياه الباردة؛ لذا لا تترسب على هذا العمق وعند درجة الحرارة تلك

حلول
الحلول أون لاين
hulul.online

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. ما الصخور الأكثر احتمالًا أن تتحول بسبب انسيابات اللابة؟
   a. الصخور التي في فوهة البركان؛ حيث تكون اللابة أسخن.
   b. الصخور التي في الفوهة والصخور الواقعة على طول الجزء العلوي من الجبل.
   c. جميع الصخور التي على الجبل.
   d. جميع الصخور التي يصلها انسياب اللابة.

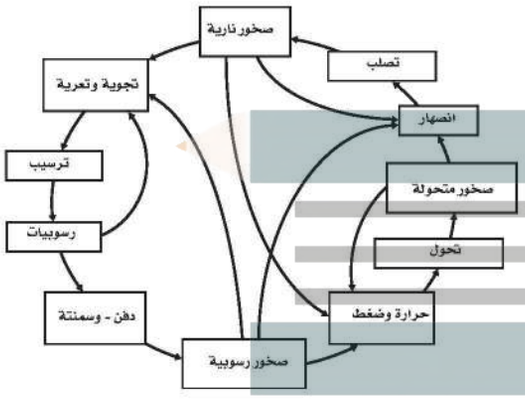
2. ما نوع الصخر الذي يتشكّل، بعد أن تبرد اللابة وتتبلور؟
   a. الرسوبي
   c. الناري السطحي
   b. المتحول
   d. الناري الجوفي

3. ما الاسم الشائع لـ NaCl؟
   a. ملح الطعام
   c. ماء
   b. سكر
   d. كلور طبيعي

4. ما الخطوة الأولى التي تبدأ بها عملية تغير الرسوبيات إلى صخور رسوبية؟
   a. التطبق
   c. السمنتة
   b. الدفن
   d. التراصّ

5. ما الصخور المتحولة المكونة من معادن ذات بلورات كتلية الشكل؟
   a. المتورقة
   c. النايس
   b. غير المتورقة
   d. الشيست

استعمل الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 6 و7.



6. بناء على المخطط أعلاه، كيف تتكون الصخور النارية؟
   a. ارتفاع في درجات الحرارة والضغط لصخور موجودة، دون حدوث انصهار لها.
   b. انصهار لصخور موجودة، ثم تصلبها.
   c. دفن وسمنتة للرسوبيات، ثم تصلبها.
   d. تجوية وتعرية للصخور، ثم تصلبها.

7. اعتمادا على دورة الصخر الموضحة أعلاه، ما الاحتمال الذي تتوقع حدوثه أكثر، بعد توضع الرسوبيات؟
   a. تشكّل التجوية المزيد من الرسوبيات.
   b. تبرُّد الصهارة وتشكّل صخورًا نارية.
   c. تتسبب الحرارة والضغط في صهر الرسوبيات
   د. تحدث السمنتة وتُشكّل الصخور الرسوبية.

SA.GEO.SE.CH03.indd 88 4/8/19 5:57 PM

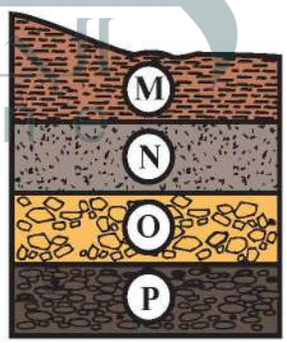
ج8: تصبح الرسوبيات أكثر تراصا عندما تقل الفراغات بينها
ج9: هذه هي عملية التراص ففي التراص يصغر الفراغ بين الرسوبيات؛ في حين تتماسك الرسوبيات في السمنتة عندما تتبلور المعادن بين حبيباتها
ج10: يترط للطالب

8. ما الذي تلاحظه في تشكّل الصخر الرسوبي أعلاه؟
9. هل تمثل هذه العملية التراصّ أم السمنتة؟ صف الفرق بين العمليتين.
10. كيف تُساعد دراسة طبقات الصخور الرسوبية وفهم كيفية تشكّلها علماءَ الأحافير في تعرُّف تاريخ الأرض؟

القراءة و الاستيعاب

طبقات الصخور الرسوبية

يرغب علماء الأحافير في دراسة طبقات الصخور الرسوبية ومكوناتها في منطقة معينة. ويوضح الشكل أدناه مقطعًا طوليًّا لطبقات صخور مدروسة. أما الجدول فيوضح المعلومات التي استطاع العلماء جمعها.



استعن بالشكل والجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 11و 12

عمر طبقات الصخور الرسوبية

الطبقة	المكونات	العمر المقدر (بالسنوات)	العمق (بالأمتار)
M	صخور رسوبية	100,000	0 – 4.95
N	صخور رسوبية	غير معروف	5 – 7.95
O	صخور رسوبية	6 ملايين	8 – 8.95
P	صخور رسوبية	6.1 مليون	9 – 10

11. ما الذي كان ينبغي على علماء الأحافير تسجيله لتحسين نوعية المعلومات؟
a. الوقت من السنة
b. عمر الطبقة N
c. تحديد موقع العمل
d. كتلة الصخور الرسوبية.

12. إذا وجدت نوعًا من الأحافير في الطبقتين P و O ولم تجده في الطبقتين M و N فماذا تستنتج؟
a. لا يعيش النوع في أي مكان من الأرض في الوقت الحاضر.
b. اختفى وساد نوع آخر بدلاً عنه
c. لقد انقرض النوع قبل أقل من 100,000 سنة مضت.
d. لقد اختفى النوع من المنطقة قبل 6 ملايين سنة تقريبًا.

SA.GEO.SE.CH03.indd 89 4/8/19 5:57 PM