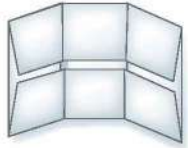


دورة الصخر اعمل المطوية الآتية  
لتوضح مسارات محتملة في تكون  
الصخور.

## المطويات منظّمات الأفكار



الخطوة 1: عَلم رأسياً 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 آثاراً متشابهة؛ أو  
قد يفسر الطلاب الأثر بطريقة مختلفة

## تجربة استهلاكية

ما الذي حدث هنا؟

الأحافير بقايا أو آثار لنباتات أو حيوانات 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 حُفّظت في صخور  
رسوبية.
3. اكتب وصفاً تبين فيه احتمال كيفية تكوّن هذه  
الآثار.
4. ارسم مخططاً 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 أدى إلى وجود اختلافات في  
التفسير؟



## تشكل الصخور الرسوبية

### Formation of Sedimentary Rocks

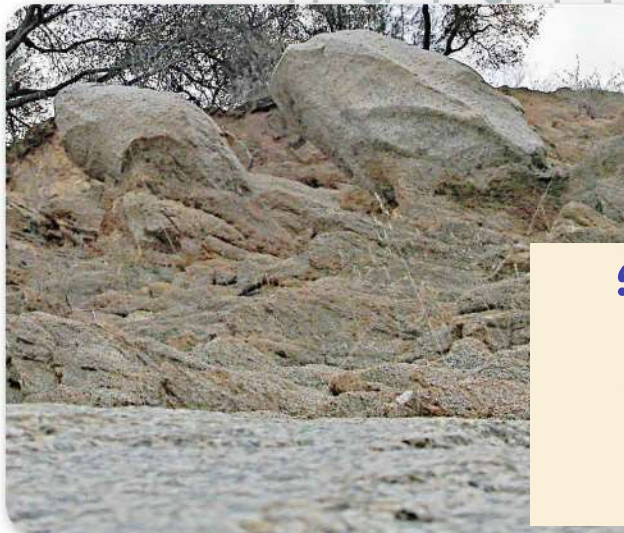
**الفكرة الرئيسية** تنشأ الصخور الرسوبية عن تصخر الرسوبيات الناتجة عن عمليتي التجوية والتعرية.

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

### التجوية والتعرية Weathering and Erosion

تؤدي عمليات التجوية والتعرية إلى تكوين رسوبيات تتراكم فتشكل الصخور الرسوبية. والرسوبيات Sediment قطع صغيرة من الصخر انتقلت وترسبت بفعل المياه والرياح والجليديات والجاذبية. وتسبب مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية، إضافة إلى التجوية والتعرية، في تفتيت الصخور المتكشفة فوق سطح الأرض إلى قطع أصغر فأصغر، تتحرك مع التيارات المائية، ومع مرور الوقت تتراكم وترسب وتلتحم معاً وتتصلب فتكون صخوراً رسوبية.

**التجوية Weathering** تُنتج التجوية فتاتاً من الصخور والمعادن يعرف بالرسوبيات. ويتراوح حجم هذه الرسوبيات بين كتل ضخمة وحببيات مجهرية. وتقسم التجوية إلى قسمين: تجوية كيميائية تحدث عندما تذوب أو تتغير معادن الصخر الأقل استقراراً كيميائياً. وتجوية فيزيائية تنفصل فيها الحبيبات أو البلورات الأكثر مقاومة عن الصخر على شكل حبيبات أصغر حجماً، دون أن تتغير كيميائياً. ويوضح الشكل 3-1 صخوراً تحوي كيميائياً وفيزيائياً. ترى، ما الذي يحدث للمعادن الأكثر مقاومة للتجوية؟



الشكل 3-1 عندما يتعرض الجرانيت لنوعي التجوية الكيميائية والفيزيائية تفتت 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**

### الأهداف

- تتبع تشكل الصخور الرسوبية.
- توضح عملية التصخر.
- تصف مظاهر الصخور الرسوبية.

### مراجعة المفردات

النسيج: المظهر الفيزيائي للصخر أو ملمسه.

### المفردات الجديدة

- الرسوبيات
- التصخر
- الترّاص
- السمتة
- مادة لاحمة
- التطبّق
- التطبّق المتدرّج
- التطبّق المتقاطع



**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 تأثيراً 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 أيضاً 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 غالباً إلى أماكن جديدة من خلال عملية التعرية، حيث تُحمل المواد وتنتقل دائماً نحو المناطق المنخفضة أسفل المنحدر بتأثير الجاذبية الأرضية. وتعمل الجليديات أيضاً 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.

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

✓ **ماذا قرأت؟** لخص ما يجري في أثناء عملية التعرية.

**تفتت الصخور إلى قطع ثم تنقل هذه القطع من مكان إلى آخر**



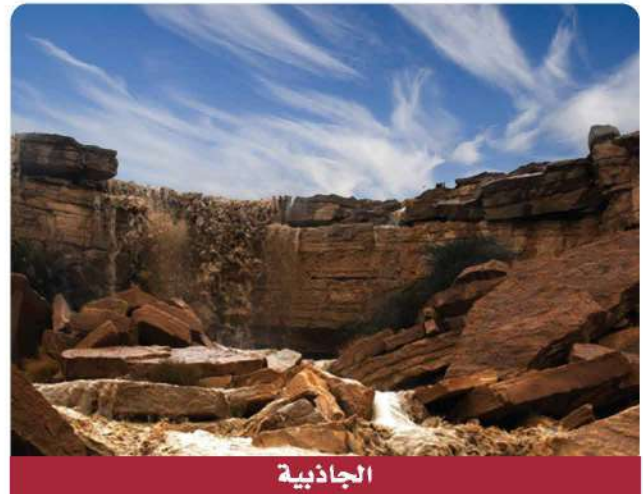
المياه الجارية



الرياح



الجليديات



الجاذبية



## الترسيب Deposition

يحدث الترسيب عندما تنقل حبيبات الرسوبيات المنقولة على سطح الأرض، أو تهبط في قاع حوض مائي. ما الذي حدث في التجربة عندما توقفت عن قلب القنية المليئة بالماء والرسوبيات؟ هبطت الرسوبيات إلى القاع وترسبت في طبقات، بحيث استقرت الحبيبات الكبرى في الأسفل والحبيبات الصغرى فوقها. وبالمثل، ترسب الرسوبيات في الطبيعة عندما يتوقف عامل النقل أو تقل سرعته. فعندما يتوقف هبوب الرياح، أو عند دخول نهر مياهاً هادئة في بحيرة أو محيط ترسب الرسوبيات المحمولة مكونة 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 ترسب أولاً الحبيبات الكبرى، ثم الصغرى وهكذا، بحيث تُفرز الحبيبات المتساوية الحجم 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 مثلاً تحمل جميع المواد على اختلاف حجمها بالقدر نفسه؛ فتحمل الصخور الكبيرة والرمل والطين، وعندما تنصهر الجليديات فإنها تلقيها دفعة واحدة على هيئة كمّة غداً 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 الحبيبات الصغيرة الخفيفة تهبط ببطء بسبب لزوجة الماء واحتكاكها به**

الشكل 3-3 تشكّلت هذه الكثبان من الرمل الذي عصفت به الرياح، فنقلته وأعادت ترسيبه. لاحظ أن حبيبات الرمل متساوية في الحجم تقريباً.

## تجربة

### نموذج لتطبّق الرسوبيات

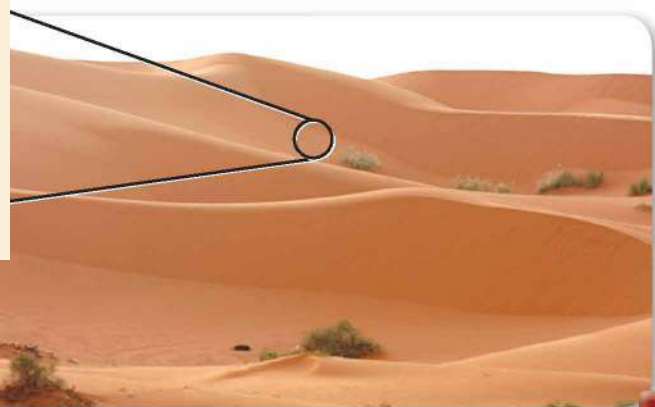
كيف تتشكّل الطبقات في الصخور الرسوبية؟ توجد الصخور الرسوبية عادة على شكل طبقات. ستلاحظ في هذا النشاط كيف تتشكّل الطبقات من ترسب حبيبات في الماء.

### خطوات العمل

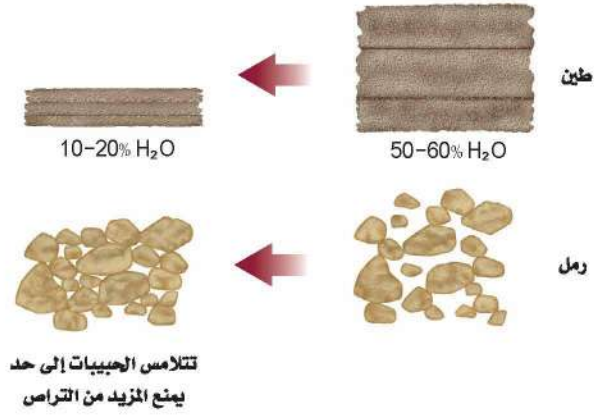
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. احصل على 100 cm<sup>3</sup> من الرسوبيات من مكان يجده معلمك.
3. ضع الرسوبيات في قنية لها غطاء سعتها 200 mL.
4. ضع ماء في القنية إلى ثلاثة أرباعها.
5. أحكم إغلاق القنية بالغطاء.
6. احمل القنية بكلتا يديك واقبها عدة مرات لخلط الماء والرسوبيات معاً، ودع القنية مقلوبة قبل أن تضعها معتدلة على سطح مستو، ثم اتركها مدة 5 دقائق تقريباً.
7. لاحظ عملية الترسيب.

### التحليل

1. وضح ما لاحظته على شكل مخطط.
2. صف نوع الحبيبات التي ترسبت أولاً في قاع القنية.
3. صف نوع الحبيبات التي تكوّن الطبقات العليا.



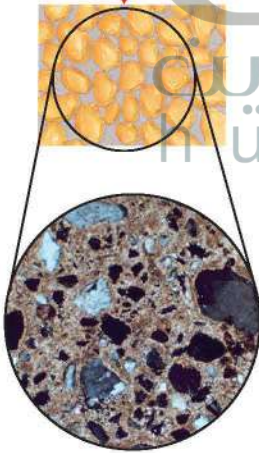
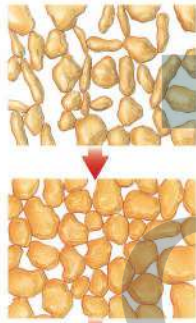
الشكل 3-4 يؤدي محتوى رسوبيات الطين المرتفع من الماء وشكل حبيباتها الأفقي إلى تراص كبير عندما تخضع لثقل الرسوبيات التي فوقها.



تتلامس الحبيبات إلى حد يمنع المزيد من التراص

#### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



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

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

**التراص 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 3-4. فطبقات الطين تحتوي على 60% من حجمها ماء تقريباً. 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 للتشوّه تحت ظروف الدفن العادية. يشكل تلامس حبيبات الرمل بعضها بعضاً هيكلًا داعماً يعمل على بقاء الفراغات بين الحبيبات، حيث توجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في هذه الفراغات في الصخور الرسوبية.

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





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

**التطبق Bedding** يسمى ترُتب 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 المكونة للطبقات فتعتمد على عوامل أخرى.

**التطبق المتدرج Graded bedding** يسمى نوع التطبق الذي تصبح فيه الحبيبات أثقل وأكبر حجماً كلما اتجهنا إلى أسفل **التطبق المتدرج Graded bedding**. وغالباً ما يلاحظ التطبق المتدرج في الصخور الرسوبية البحرية فعندما تقل سرعة التيارات البحرية تفقد طاقتها على حمل الفتات الصخري، فتترسب المواد الأثقل والأكبر حجماً أولاً، ثم تترسب بعدها بالتدرج المواد الأصغر. ويوضح الشكل 6-3 مثلاً 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 تصخر 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 طمرت بهدوء ودون اضطراب أو اختلاط برسوبيات أخرى.

### المهنة في علم الأرض

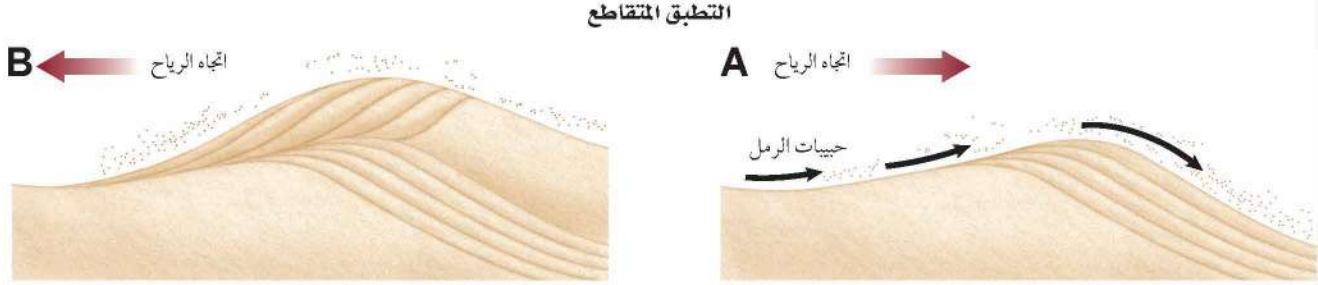
**عالم الرسوبيات؛ مهنة عالم الرسوبيات** هي دراسة أصل الرسوبيات وترسيبها وتحولها إلى صخور رسوبية. وغالباً ما ينشغل علماء الرسوبيات في البحث عن البترول والغاز الطبيعي والمعادن المهمة اقتصادياً والحصول عليها.



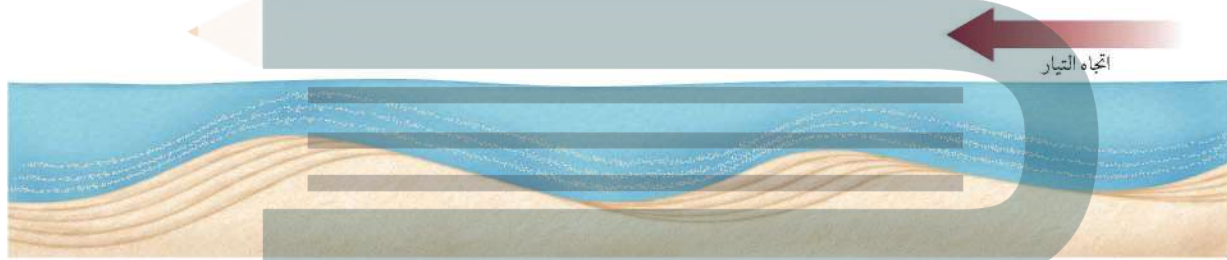
الشكل 7-3 تطبق متقاطع كبير الحجم في كثران قديمة تشكلت بالرياح.

## التطبيق المتقاطع وعلامات النيم Cross-Bedding and Ripple Marks

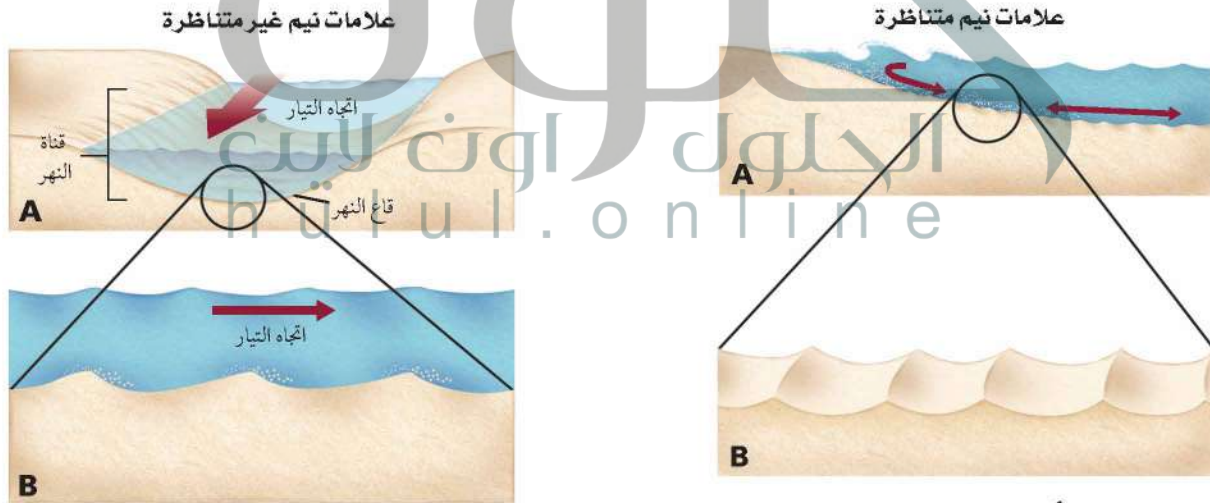
الشكل 3-8 ينتج عن حركة المياه والرسوبيات المفككة تكوّن تراكيب رسوبية كالتطبيق المتقاطع وعلامات النيم.



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



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



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 انحداراً، ويحوي الرسوبيات الأخشن. لاحظ أن التيار المائي يسير من المنبع إلى المصب.

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



- ج1: تؤدي التجوية الفيزيائية والكيميائية إلى تفتيت الصخر فتتحول هذه القطع إلى رسوبيات؛ تنقل وتترسب بعيداً 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 الأعلى وأن طاقة المياه تتناقص أيضاً نحو الأعلى
- ج4: تزداد درجة الحرارة والضغط نحو الأسفل في باطن الأرض وتسبب هذه الزيادة تراص الحبيبات وبدء التصخر
- ج5: هذه العبارة صحيحة، تمثل كل طبقة في التطبيق المتقاطع حدثاً ترسيمياً؛ إذ يمكن أن تحتوي كل طبقة على تعاقب تتدرج فيه حجم الحبيبات من الأخشن إلى الأنعم نحو الأعلى؛ كي أنه إذا تكون التطبيق المتقاطع في أثناء تناقص سرعة الماء فإن حجم الحبيبات يتناقص من طبق 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 على الشعاب المرجانية وحيوانات بحرية أخرى وأي وصف آخر

- الفكرة الرئيسة
1. كيف تتج الرسوبيات عن التجوية والتعرية؟
2. ارسم مخططاً. لتوضح لماذا تستقر الرسوبيات في طبقات؟
3. وضح كيف يتشكل التطبيق المتدرج باستخدام الرسم؟
4. قارن علاقة درجة الحرارة والضغط على سطح الأرض وما تحته بعملية التصخر.
- التفكير الناقد
5. قوّم هذه العبارة: قد يكون هناك تطبيق 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 مديباً أكثر باستمرار السير؟ فسر ذلك.
- الكتابة في الجيولوجيا
7. تخيل أنك تصمم عرضاً لمتحف يتضمن صخوراً رسوبية تحوي أحافير المرجان وحيوانات بحرية أخرى. ارسم صورة البيئة التي تتوقع أنها كانت تعيش فيها. ثم اكتب وصفاً مرافقاً للصورة.
- تشكل الصخور الرسوبية بعملية التجوية والتعرية والترسيب والتصخر.
- تصبح الرسوبيات - بعملية التراص والسمتة - صخوراً.
- 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 التطبيق المتدرج، والتطبيق المتقاطع، وعلامات النيم، واستدارة الحبيبات، واحتواؤها على الأحافير.