الرُشد
في
علوم الأرض

الوحدة الثانية: التراكيب الجيولوجية

توجيهي

2007

الفصل الأول

الأستاذ: رمزي القرالة

0788801226

الدرس 1 تشوّه الصخور

التراكيب الجيولوجيّة:

- تتوضَّعُ صُخور القشرة الأرضيّة بأنواعها بأشكال مختلفة معيَّنة عند تكوُّنِها، إلا أنها مع مرور الزمن قد تتعرّض لقُوى خارجيّة، أو قُوى داخليّة تُغيّر من شكلها أو حجمها أو الاثنين معًا، ويُسمّى هذا التغيّر الذي يحدث على الصّخور وهي في الحالة الصُّلبة **التشوُّهَ**
- **التشوُّه**: هو تغيُّرٌ في شكل الصّخور أو حجمها، أو الاثنين معًا. وهي في الحالة الصُّلبة نتيجة تعرُّضها لقوى خارجيّة، أو قوى داخليّة مع مرور الزمن.
- **التراكيب الجيولوجيّة:** هي المظاهر أو التشوُّهات التي تحدث في الصّخور نتيجةَ تعرُّضها لقُوى مختلفة مع مرور الزمن.

سؤال: (**شكل**1):**أصِف التركيب الجيولوجي في الصّخور الرسوبية**.

يوجد في الشكل طبقات صخرية تتقوس نحو الأعلى وطبقات مائلة على الجانبين.

الإجهاد والمطاوَعة:

- **الإجهاد:** القوّةُ المؤثِّرةُ في وحدة المساحة من الصّخر، ويُقاسُ الإجهادُ بوحدة (N/m^2).
- **المطاوعة**: هو ما يحدث للصّخور من استجابة للإجهاد كالتغيّر في شكلها أو حجمِها أو كليهما معًا.
- تعتمِد مطاوَعة الصّخور على مقدار الإجهاد المؤثّر عليها، وعلى نوعه، كما تختلف مطاوَعة الصّخور في الطبيعة تبَعًا إلى نوعها إذ تسلك الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة عند تعرّضهما لإجهاد أقلَّ من حدّ المرونة سلوكًا مرنًا أي تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه عند زوال الإجهاد عنها. وعند زيادة الإجهاد على **الصّخور الهشّة** على حدّ المرونة، فإنها تنكسر. أما في **الصّخور اللّدِنة**، فإن زيادة الإجهاد المؤثّر فيها عن حدّ المرونة يؤدي إلى تغيير شكلها وحجمها من غير كَسْرِها، وعند زيادة الإجهاد فيها حدًّا يتجاوز نقطة الكسر تنكسر.
- **حد المرونة:** هو الحدّ الذي لا يمكن للصّخور بَعدَه أن تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل تأثّرها بالإجهاد.

توضيح لما سبق:

مطاوعة الصخور

إجهاد أقل من حد المرونة

الصّخور الهشّة :عند تعرّضهما لإجهاد أقلّ من حدّ المرونة تسلك سلوكًا مرنًا أي تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه عند زوال الإجهاد عنها.

الصّخور اللّدنة: عند تعرّضهما لإجهاد أقلّ من حدّ المرونة تسلك سلوكًا مرنًا أي تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه عند زوال الإجهاد عنها.

إجهاد أعلى من حد المرونة

الصّخور الهشة: عند زيادة الإجهاد عن حدّ المرونة، فإنها تنكسر

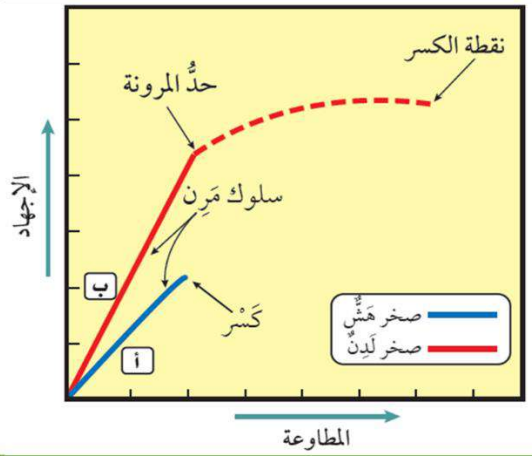
الصّخور اللّدنة:

-إن زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة يؤدي إلى تغيير شكلها وحجمها من غير كَسْرِها.

-عند زيادة الإجهاد المؤثّر عليها بعد ثَنْيِها حدًّا يتجاوز نقطة الكسر تنكسر.

الإجهاد والمطاوعة في الصخور الهشة واللدنة

- الصّخر الهشّ (أ) والصّخر اللّدن (ب) يسلكان سلوكًا مرنا عند زيادة الإجهاد المؤثر فيهما قبل حد المرونة.
- أما بعد هذا الحدّ، فإن الصّخر (أ) ينكسر، والصخر (ب) ينثني، ثم بزيادة الإجهاد عليه ينكسر.



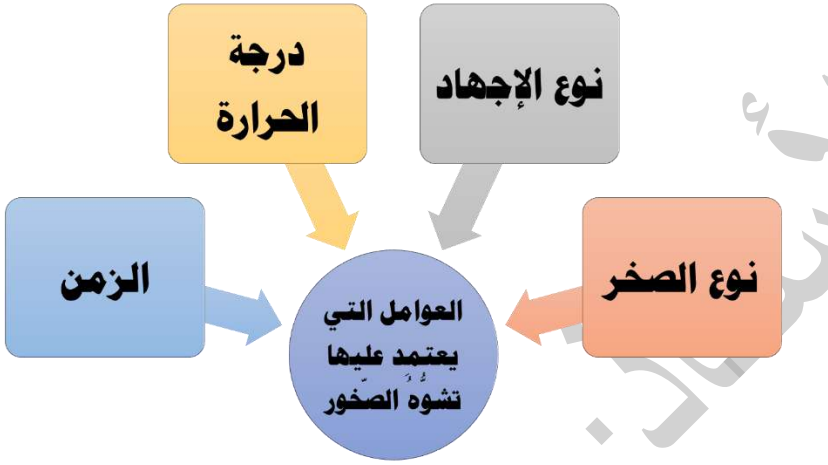
سؤال: (شكل2):أبيّن ماذا يحدث للصّخور اللّدنة بعد استمرار تعرّضها للإجهاد الذي يزيد عن حدّ المرونة.
عند استمرار تعرض الصخور اللّدنة للإجهاد الذي يزيد عن حد المرونة تنثني ولا ترجع الى وضعها الاصلي عند ازالة الاجهاد عنها، وبزيادة الإجهاد أكثر تنكسر.

(أ) صخور رسوبيّة يظهر فيها التشوّه الهش، نتيجة زيادة الإجهاد المؤثر عليها عن حد المرونة.

(ب) صخور رسوبيّة يظهر فيها التشوّه اللدن، نتيجة زيادة الإجهاد المؤثر عليها عن حد المرونة.

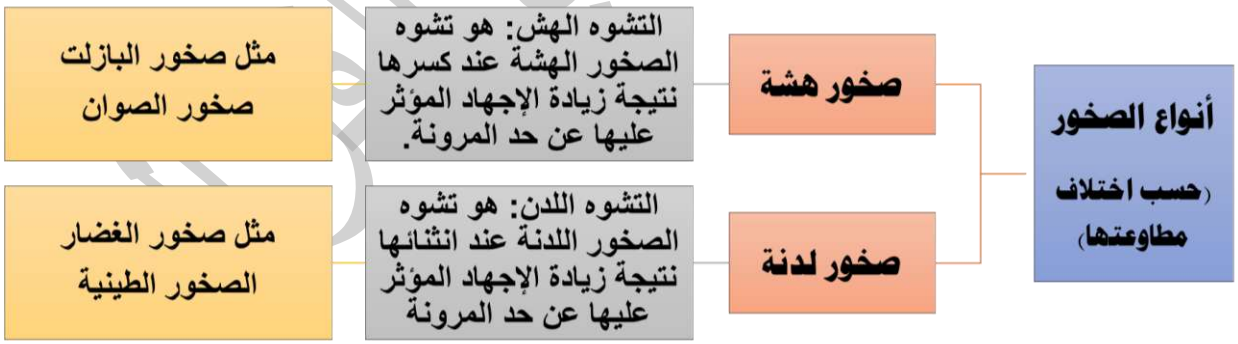
العوامل التي يعتمد عليها تشوُّهُ الصّخور:

❖ تؤثّر مجموعة من العوامل في استجابة الصّخور للإجهادات المختلفة المؤثّرة فيها وتشوُّهها، ما يؤدي إلى اختلاف التراكيب الجيولوجيّة الناتجة عنها وهي: نوع الصّخور، ونوع الإجهاد، ودرجة الحرارة، والزمن.



أنواع الصّخور:

❖ تختلف الصّخور في الطبيعة في **مطاوَعتها** فقد تكون **صُخورًا هشّة، أو صُخورًا لَدِنة**، وأن الصّخور الهشّة تنكسر عند زيادة الإجهاد المؤثّر فيها عن حدّ المرونة، ويُسمّى تشوُّهُ الصّخور الهشّة عند كسرها **التشوَّهَ الهشَّ** ومن الأمثلة عليها صُخورُ البازلت وصُخورُ الصوّان. أما الصّخور اللّدِنة، فتَنثني عند زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة، ويسمّى تشوُّهُ الصّخور اللّدِنة **التشوَّهَ اللَّدِنَ** ومن الأمثلة عليها الصّخورُ الطينيّةُ، وصُخورُ الغَضار.



أفكر

متى يمكن أن تعود الصّخور إلى وضعها الأصليّ الذي كانت عليه بعد زوال الإجهاد المؤثر عليها؟

الحل: يمكن أن تعود الصّخور إلى وضعها الأصليّ الذي كانت عليه بعد زوال الإجهاد المؤثّر عليها قبل حد المرونة، أما في حال تجاوزها هذا الحد قد تنثني أو تنكسر ولا ترجع الى وضعها الاصلي.

أنواع الإجهاد:

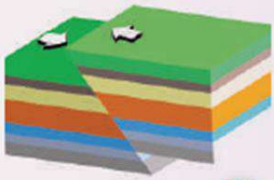
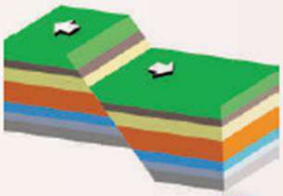
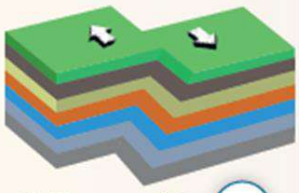
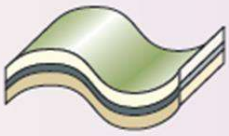
❖ تختلف التراكيب الجيولوجيّة الناتجة عن مطاوَعة الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة باختلاف نوع الإجهاد المؤثّر عليها، إذ إن للإجهاد ثلاثةَ أنواع؛ اعتمادًا على اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصّخر وهي الضّغط، والشّد، والقصّ.

سؤال: (**شكل**4):**أقارِن بين إجهاد الضّغط، وإجهاد القص من حيث اتّجاه القوة المؤثرة على الصّخور.**

من حيث	إجهاد الضّغط	إجهاد القص
اتّجاه القوة المؤثرة على الصخور	قوتان متعاكِستان باتّجاه الجسم الصخري تؤثران في مستوى واحد.	قوتان متعاكِستان نحو الجسم الصخري تؤثران في مستويين مختلفين.

نشاط أثر أنواع الإجهاد في الصخور المختلفة:

يوضّح الجدول الآتي أثر أنواع الإجهاد المختلفة في كلّ من الصّخور الهشّة، والصّخور اللّدِنة.
أدرسُ الأشكال في كلّ منها، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

نوع الإجهاد	ضغط	شد	قصّ
الصّخور الهشّة	 (س) كسْر بسبب الضّغط	 (ص) كسْر بسبب الشّد	 (ع) كسْر بسبب القصّ
الصّخور اللّدِنة	 (ل) طيّ بسبب الضّغط	(م) اتساع وتقليل السُّمْك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصّخور	(ن) طيّ بسبب القصّ

التّحليل والاستِنتاج:

1 . أحدِّد نوع الإجهاد المؤثّر على الصّخور الهشّة (س، ص).

(س): **إجهاد ضغط** (ص): **إجهاد شد**

2 . أوضِّح تأثير أنواع الإجهاد في الصّخور الهشّة.

تتشابه جميع الصخور الهشة بأنه عند تعرضها لإجهاد يتجاوز حد المرونة تنكسر

3 . أصِف أثر أنواع الإجهاد المختلفة على الصّخور اللّدِنة (ل، م، ن).

(ل): **طيّ بسبب الضّغط**
(م): **اتساع وتقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصخور**
(ن): **طي بسبب القص**

4 . أوضّح تأثير إجهاد الشّد في كلّ من الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة.

نوع الإجهاد	الصّخور الهشّة	الصّخور اللّدِنة
إجهاد الشد	كسر بسبب الشد	اتساع وتقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصخور

5 . **أتوقّع**: ماذا تسمّى التراكيبُ الجيولوجيّةُ الناتجةُ عن إجهاد الضّغط في الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة؟

نوع الصخر	التركيب الجيولوجي الناتج عن إجهاد الضغط
الصخور الهشة	صدع
الصخور اللدنة	طية

- يحدّد نوع الإجهاد نوع التركيب الجيولوجيّ الناتج منه، **فالصّخور الهشّة** عندما تتعرّض للإجهادات تنكسر بحسب نوع الإجهاد المؤثّر فيها، وتسمّى التراكيبُ الناتجةُ عن الإجهادات المختلفة المؤثّرة في الصّخور الهشّة **الصُّدوعَ**.
- أما **الصّخور اللّدِنة** عندما تتعرّض للإجهادات، فإنها تنثني أو تقل سماكتها في الوسط بحسب نوع الإجهاد المؤثّر فيها، وتُسمّى التراكيبُ الجيولوجيّةُ الناتجةُ عن إجهادَيِ الضّغط والقصّ المؤثّرين في الصّخور اللّدِنة **الطيّاتِ**.

درجة الحرارة:

- تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا. فصُخور القِشرة الأرضيّة التي توجد بالقرب من سطح الأرض يتغيّر سلوكُها فيصبح سلوكًا لدِنًا إذا كانت في باطن الأرض؛ لارتفاع درجة الحرارة بزيادة العُمق بفعل المَمال الحراريّ الأرضيّ.

الزّمن:

- يعدل الزّمن سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا؛ بسبب بقاء الصّخور مُدَدًا زمنيّة طويلة تحت تأثير الإجهاد، دون حدّ المرونة.

✓ أتحقّق: **أبينِّ أثرَ درجة الحرارة في سلوك الصّخور الهشّة.**

تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا

مراجعة الدرس 1

1. **الفكرة الرئيسة:** أحدِّد العوامل التي يعتمِد عليها تشوُّهُ الصّخور.

نوع الصخر نوع الإجهاد الزمن درجة الحرارة.

2. أوضِّح المقصود بكل من: الإجهاد، والمطاوَعة، والتراكيب الجيولوجيّة.

- **الإجهاد**: القوّة المؤثِّرة على وحدة المساحة من الصّخر، ويقاس بوحدة (N/m^2) وله ثلاثة أنواع اعتمادا على اتجاه القوّة المؤثِّرة على الصّخر وهي: الضّغط، والتوتّر، والقصّ.
- **المطاوَعة**: التغيّر في شكل الصّخور أو حجمِها أو كليهما معًا، وتعتمد على مقدار الإجهاد المؤثّر في الصّخور وعلى نوعه، إذ كلّما زاد مقدار الإجهاد زادت المطاوَعة في الصّخور.
- **التراكيب الجيولوجيّة**: وهي المظاهر أو التشوُّهات التي تحدث في الصّخور نتيجة تعرُّضها لقُوى مختلفة مع مرور الزمن.

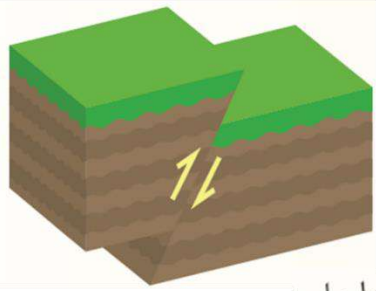
3. أصِف أثرَ إجهاد الشّد على الصّخور اللّدِنة.

اتساع وتقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصخور.

4. أوضّح تأثير درجة الحرارة في تعديل سلوك الصخور الهشّة.

تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا. فصُخور القِشرة الأرضيّة التي توجد بالقرب من سطح الأرض يتغيّر سلوكُها فيصبح سلوكًا لدِنًا إذا كانت في باطن الأرض؛ لارتفاع درجة الحرارة بزيادة العُمق بفعل المَمال الحراريّ الأرضيّ.

5. أدرُس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ. أستنتِج نوع الإجهاد الذي أثّر في الصّخور.

إجهاد ضغط

ب. أصِف: كيف أثّر الإجهاد في الصّخور؟

سبب الإجهاد في حدوث كسر في الصخور، نتج عنه كتلتان صخريتان تحركتا بشكل موازي لسطح الكسر.

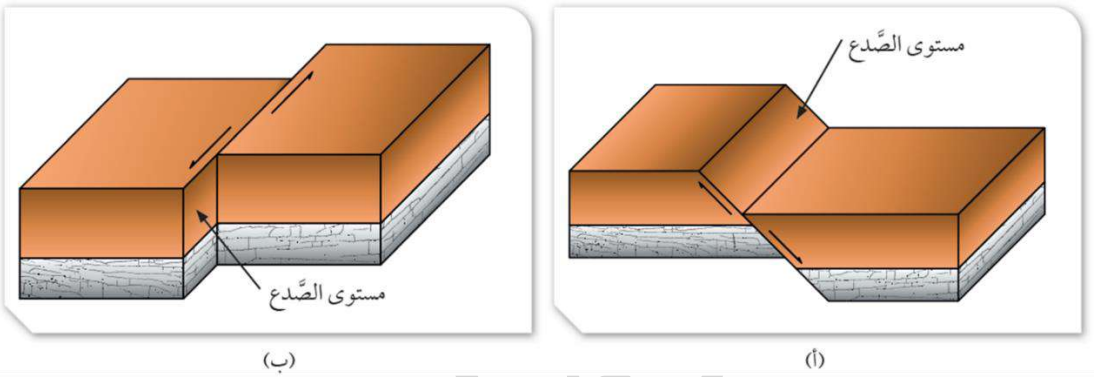
جـ. أحدِّد نوع التشوّهِ في الصّخور؛ نتيجة تأثّرها بالإجهاد الواقع عليها.

تشوه هش

الدرس 2 الصـــدوع

مفهوم الصَّدع:

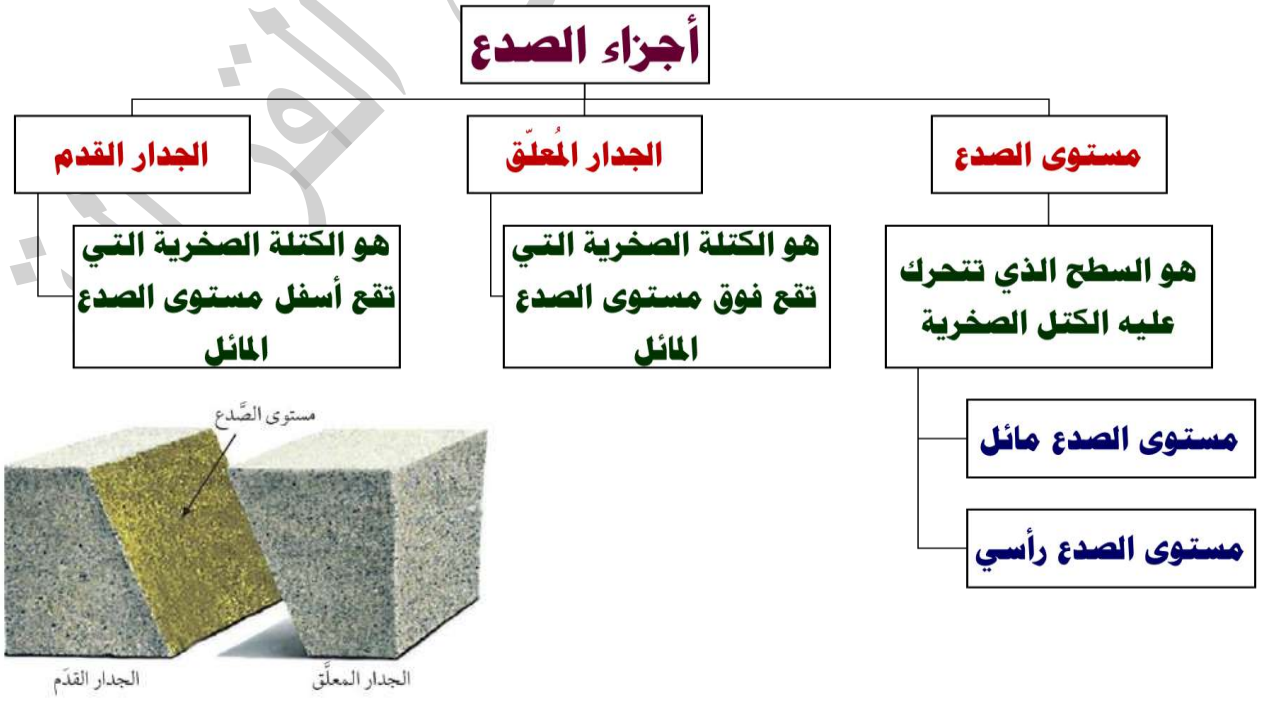
❖ **الصدع:** هو كَسْرٌ يحدُث في صُخور القشرة الأرضيّة، وينتُج عنه كُتلتان صخريّتان تتحرّكان بصورة موازية لسطح الكَسر. وقد تتحرّك الكُتلتان في الصُّدوع على جانبَي الكسر حركةً رأسيّة أو أفقيّة. وغالبًا ما تبْقى الكُتلتان متلامِستين.



(أ) مستوى الصَّدع يصنع زاوية أقلّ من ° 90 مع المستوى الأفقيّ.

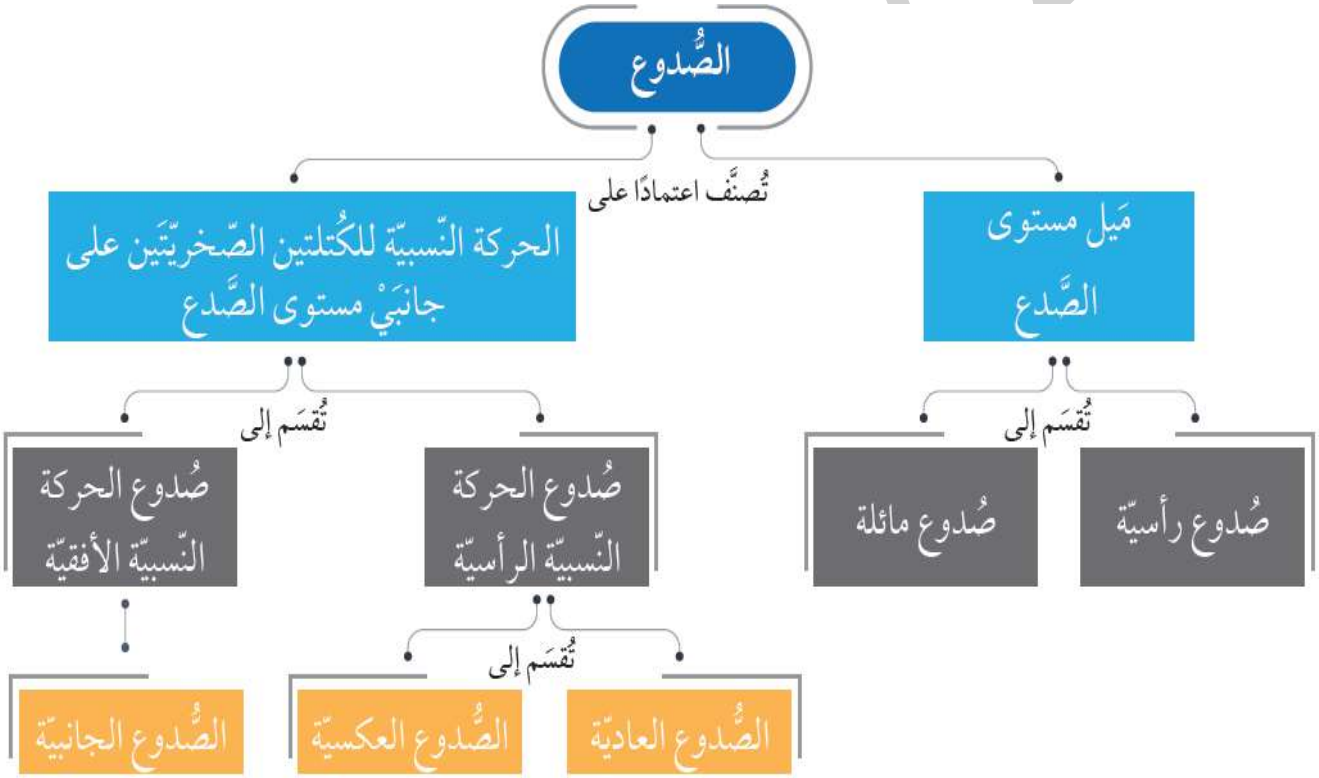
(ب) مستوى الصَّدع يصنع زاوية مقدارُها ° 90 مع المستوى الأفقيّ.

أجزاءُ الصَّدع:



تصنيف الصُّدوع:

- ❖ تُصنَّفُ الصُّدوعُ؛ اعتمادًا على مَيل مستوى الصَّدع إلى صُدوع رأسيّة يكون فيها مستوى الصَّدع رأسيًّا، وصُدوع مائلة يكون فيها مستوى الصَّدع مائلً.
- ❖ تُصنَّفُ الصُّدوعُ أيضًا؛ اعتمادًا على الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع إلى: صُدوع الحركة النّسبيّة الرأسيّة التي تتحرّك فيها الكُتلتان الصّخريّتان حركة نسبيّة للأعلى، وللأسفل على مستوى الصَّدع، وصُدوع الحركة النّسبيّة الأفقيّة التي تتحرّك فيها الكُتلتان الصّخريّتان حركة نسبيّة جانبيّة أفقيّة على مستوى الصَّدع.
- ❖ تُقسَم صُدوع الحركة النّسبيّة الرأسيّة إلى نوعين: الصُّدوع العاديّة، والصُّدوع العكسِيّة. أما صُدوع الحركة النّسبيّة الأفقيّة، فتُسمّى الصُّدوعَ الجانبيّةَ.



سؤال: (**شكل**8): **أتوقع سبب تسمية الجدار المعلّق، والجدار القدم بهذا الاسم.**
سمي الجدار المعلق بهذا الاسم لأنه يبدو بأنه معلقا فوق رأس الجيولوجي الذي يدرس الصدع والجدار القدم بهذا الاسم لأنه يقع أسفل قدم الجيولوجي الذي يدرس الصدع.

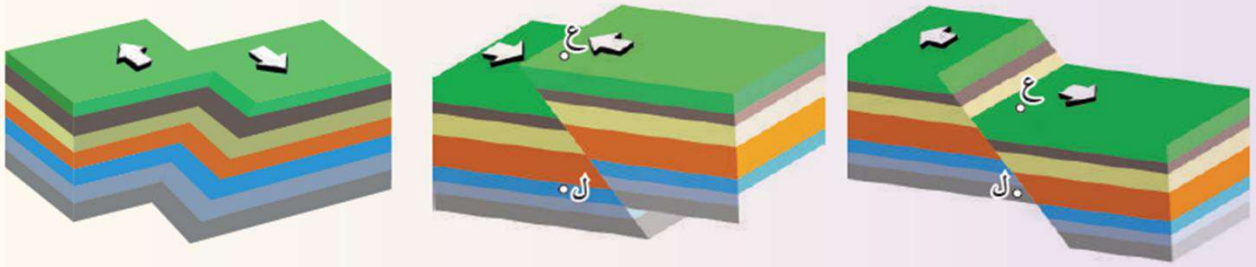
أفكر

هل يمكن تمييز الجدار المعلَّق، والجدار القدَم في الصُّدوع الرأسيّة؟ لماذا؟

الحل: لا يمكن تمييز الجدار المعلق والجدار القدم في الصدوع الرأسية و ذلك لأن مستوى الصدع يكون فيها متعامد مع سطح الأرض فلا يمكن معرفة أي الكتلتين الصخريتين تقع فوق مستوى الصدع وأيها تقع أسفله.

نشاط صدوع الحركة النسبية للكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع

تتحرّك الكُتلتان الصّخريّتان على جانبَيْ مستوى الصَّدع إمّا حركة نسبيّة رأسيّة، أو حركة نسبيّة أفقيّة، وتختلف أنواع الصُّدوع تبَعًا لاختلاف هاتين الحركتين. أدرس الأشكال الآتية التي تمثّل هذه الأنواع المختلفة من الصُّدوع، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:



صَدْع عاديّ　　صَدْع عكسِيّ　　صَدْع جانبيّ

التّحليل والاستِنتاج:

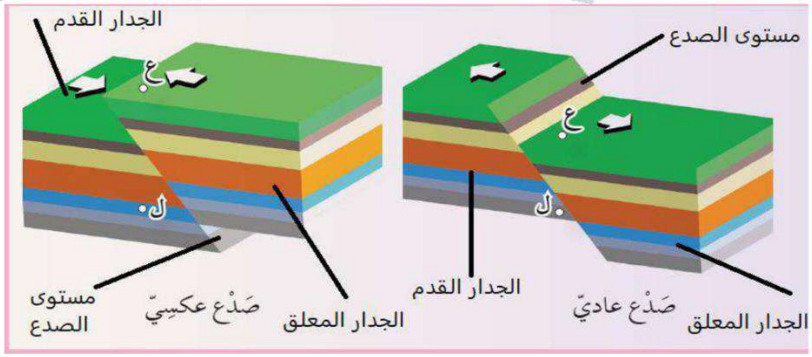
1. أبيِّن نوع الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع في كل من: الصَّدع العاديّ، والصَّدع العكسِيّ، والصَّدع الجانبيّ.

الصدع العادي والصدع العكسي تحركت فيهما الكتلتين الصخريتين حركة رأسية على جانبي مستوى الصدع أما الصدع الجانبي فتحركت فيه الكتلتين الصخريتين حركة أفقية على جانبي مستوى الصدع.

2. أصِف الصَّدع العاديّ والصَّدع العكسِيّ من حيث مَيل مستوى الصَّدع.

يميل مستوى الصدع بزاوية أقل من (90°) وأكبر من (0°) في كلا الصدعين العادي والعكسي

3. أحدِّد مستوى الصَّدع، والجدار المعلَّق، والجدار القدَم لكل من الصَّدع العاديّ، والصَّدع العكسِيّ.



4. **أقارن** بين الصَّدع العاديّ والصَّدع العكسِيّ من حيث حركة الجدار المعلَّق نسبة إلى الجدار القدَم.

في الصدع العادي يتحرك الجدار المعلق فوق مستوى الصدع إلى الأسفل من الجدار القدم ، أما في الصدع العكسي يتحرك الجدار المعلق فوق مستوى الصدع إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدم.

5. أحدِّد نوع الإجهاد المؤثّر على الصّخور في الأنواع الثلاثة من الصُّدوع.

الصدع العادي: إجهاد شد.
الصدع العكسي: إجهاد ضغط.
الصدع الجانبي: إجهاد قص.

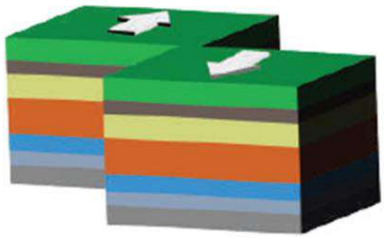
6. **ألاحِظ**: هل تتكرّر الطبقات التي يقطعها الخطّ الرأسيّ الذي أرسُمه من النقطة (ع) إلى النقطة (ل) في كل من الصَّدعين العاديّ والعكسِيّ؟

في الصدع العادي لا تتكرر الطبقات أما في الصدع العكسي تتكرر الطبقات

نلاحظ من النشاط:

- **الصُّدوع العاديّة والصُّدوع العكسيّة** هي صُدوع ناتجة عن الحركة الرأسيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع، وتُعَدُّ صُدوعًا مائلة؛ لأن مستوى الصَّدع فيها مائل، إذ يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدَم في الصُّدوع العادية، في حين يتحرّك الجدار المعلَّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم في الصُّدوع العكسيّة.
- **الصُّدوع الجانبيّة** فتنتُج عن الحركة الجانبيّة الأفقيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع، ويكون مستوى الصَّدع فيها رأسيًّا، وأحيانًا قد يكون مائل.

الشكل (10): أحد الصُّدوع العكسيّة على طريق عمّان التنموي المعروف بشارع الـ100.



الشكل (11): صَدْع جانبيّ، مستوى الصَّدع فيه رأسيًّا.

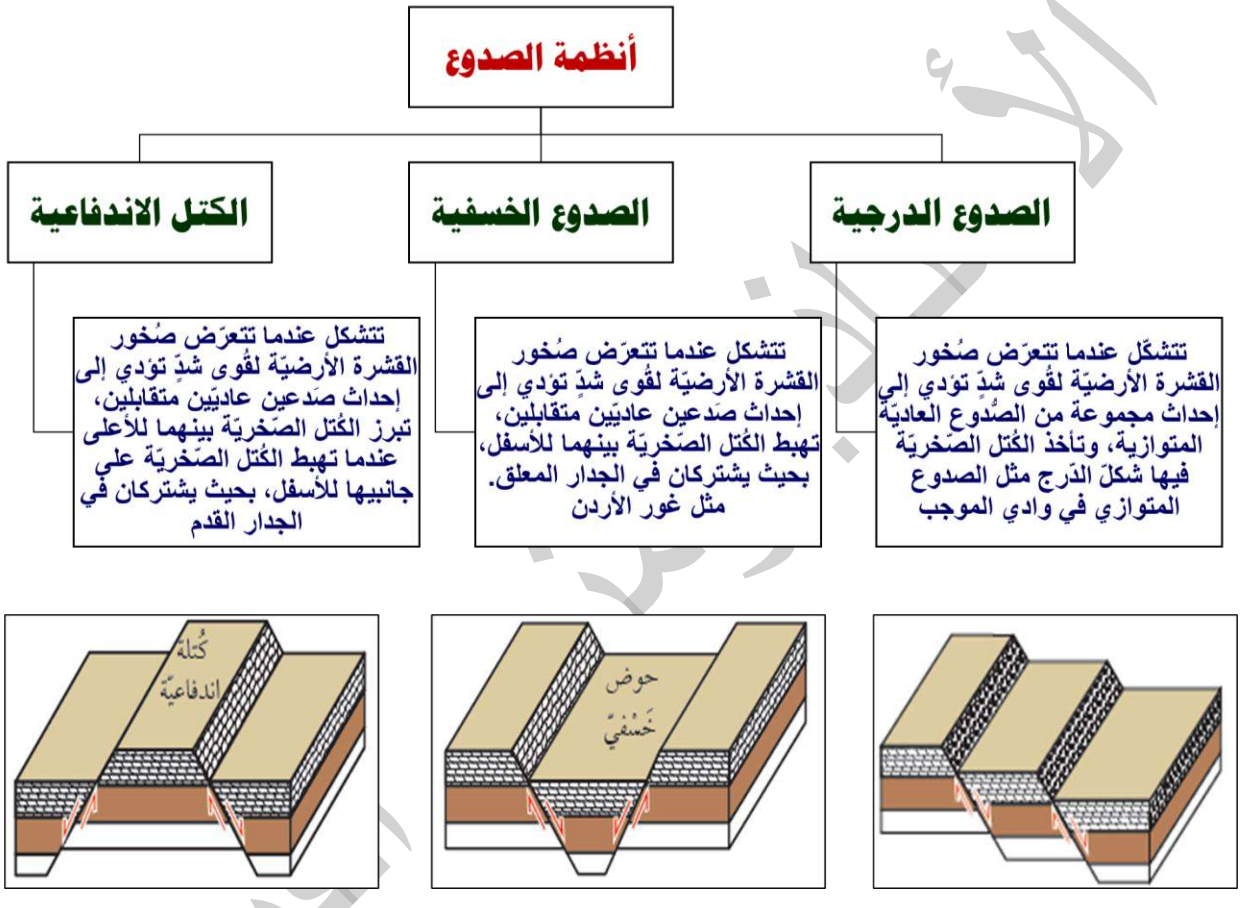
الجدول (1): مقارَنة بين الصُّدوع العاديّة والصُّدوع العكسيّة والصُّدوع الجانبيّة.			
أوجُه المقارَنة	الصَّدع العاديّ	الصَّدع العكسيّ	الصَّدع الجانبيّ
نوع الإجهاد المسبِّب.	إجهاد شد.	إجهاد ضغْط.	إجهاد قصّ.
نوع الحركة النّسبيّة على جانبَيْ مستوى الصَّدع.	رأسيّة.	رأسيّة.	أفقيّة.
مَيل مستوى الصَّدع عن المستوى الأفقيّ.	يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من 90°.	يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من 90°.	يَميل بزاوية 90° وقد يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من 90°.
اتّجاه حركة الكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع.	يتحرّك الجدار المعلَّق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدَم.	يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم.	تتحرّك الكُتلتان الصّخريّتان بشكل أفقيّ نسبة إلى بعضها بعضًا.
تكرار الطبقات فيها مع العُمق.	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.	تتكرّر الطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.

✓ أتحقّق: **أقارِن بين الصَّدع العاديّ والصَّدع العكسيّ من حيث نوع الإجهاد المسبِّب له.**

الصدع العادي: **إجهاد شد**.
الصدع العكسي: **إجهاد ضغط**.

أنظمة الصُّدوع:

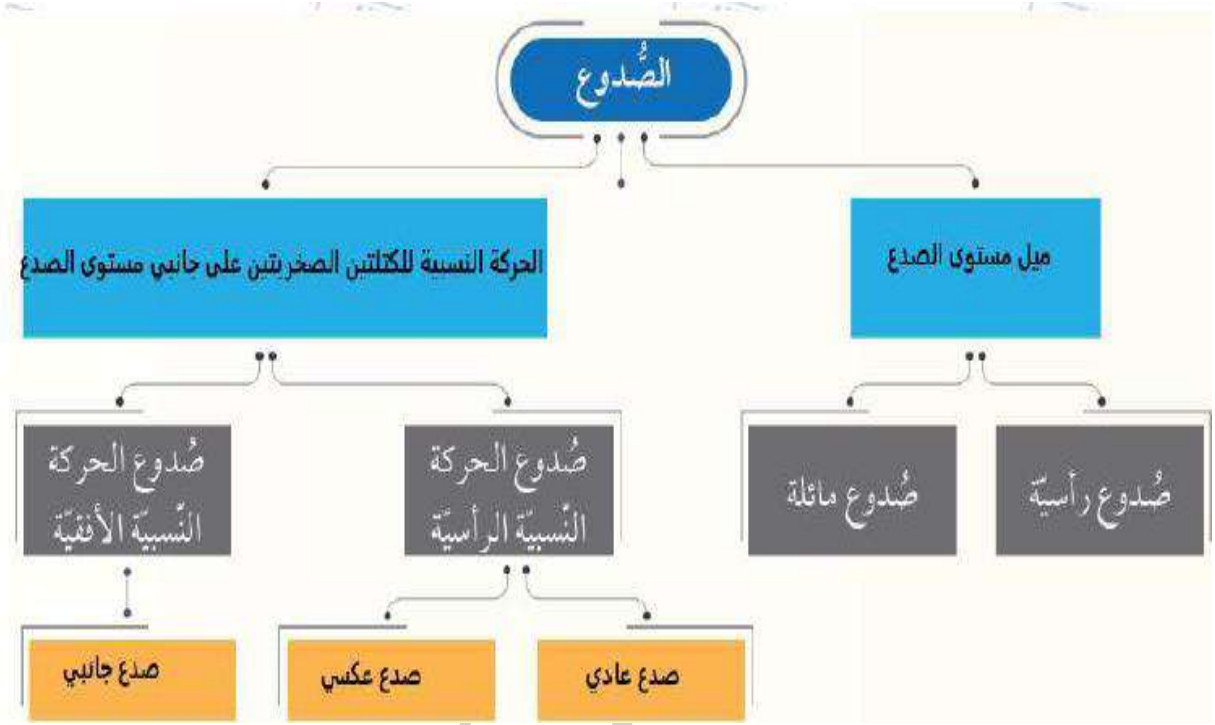
عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ؛ نتيجة لحركة الصفائح التكتونيّة، تتشكّل فيها مجموعة من الصُّدوع العاديّة، وتكوّن ما يُسمّى بأنظمة الصُّدوع. وتُعَدُّ الصُّدوعُ الدرجيّةُ، والأحواض الخَسْفيّة، والكُتَل الاندفاعيّة أمثلةً عليها.



✓ أتحقّق: **أصِف الصُّدوع المكوِّنة لكل من الصُّدوع الدرجيّة، والكُتل الاندفاعيّة.**

تتكون الصدوع الدرجية من صدوع عادية متوازية تأخذ شكل درج، بينما تتكون الصدوع الاندفاعية من صدعين عاديين متقابلين تبرز بينهما كتل صخرية للأعلى.

1. **الفكرة الرئيسة**: أُكمِل المُخطَّط المفاهيميَّ الآتيَ بما يناسبه من كلمات:

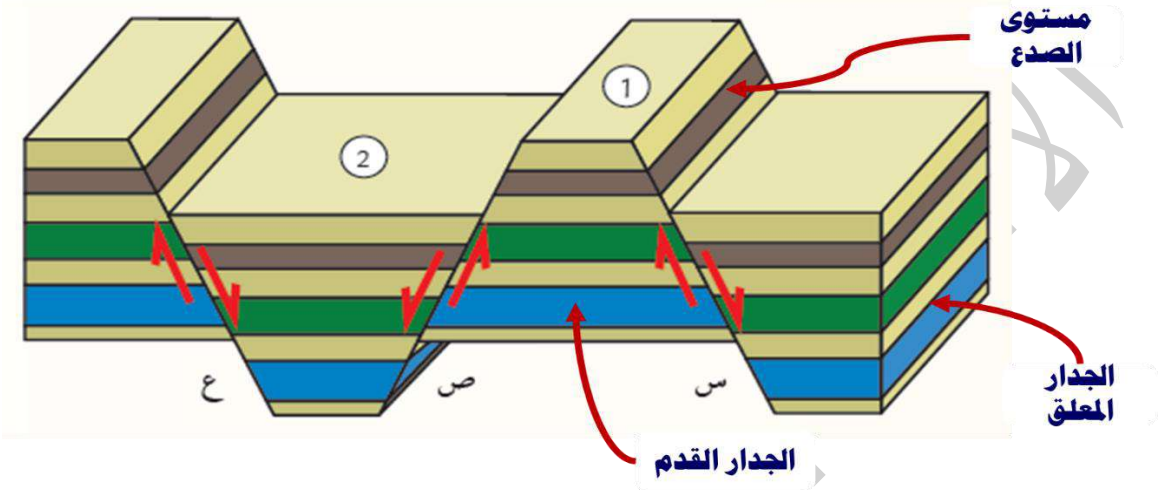


2. أوضِّح المقصود بكل من: الصَّدع، والجدار القدَم، والصُّدوع الدرجيّة.

- **الصدع**: كسْر يحدث في صُخور القشرة الأرضيّة جميعها، وينتج عنه كتلتان صخريّتان تتحرّكان بشكل مُوا ز لسطح الكَسر.
- **الجدار القدم**: الكتلة الصّخريّة التي تقع أسفلَ مستوى الصَّدْع.
- **الصدوع الدرجية**: مجموعة من الصُّدوع العاديّة المتوازية، تأخذ الكُتل الصّخريّة فيها شكلّ الدّرج.

3. أدرُس الشكل الآتيَ الذي يوضّح ثلاثة صُدوع (س، ص، ع) والكُتلتين الصّخريّتين (1، 2)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه.

أ . أحدِّد على الشكل كل من: الجدار المعلَّق، والجدار القدَم، ومستوى الصَّدع، للصَّدع (س).



ب. أستنتِج نوع الصُّدوع (س، ص، ع).

جميعها صدوع عادية

ج. أصِف العلاقة بين الصَّدعين (ص، ع).

صدعين عاديين متقابلين.

د . أذكُر: ماذا تُسمّى الكُتلتان الصّخريّتان (1، 2)؟

1- كتلة اندفاعية 2- حوض خسفي

الدرس 3 الطيّات

مفهوم الطيّة:

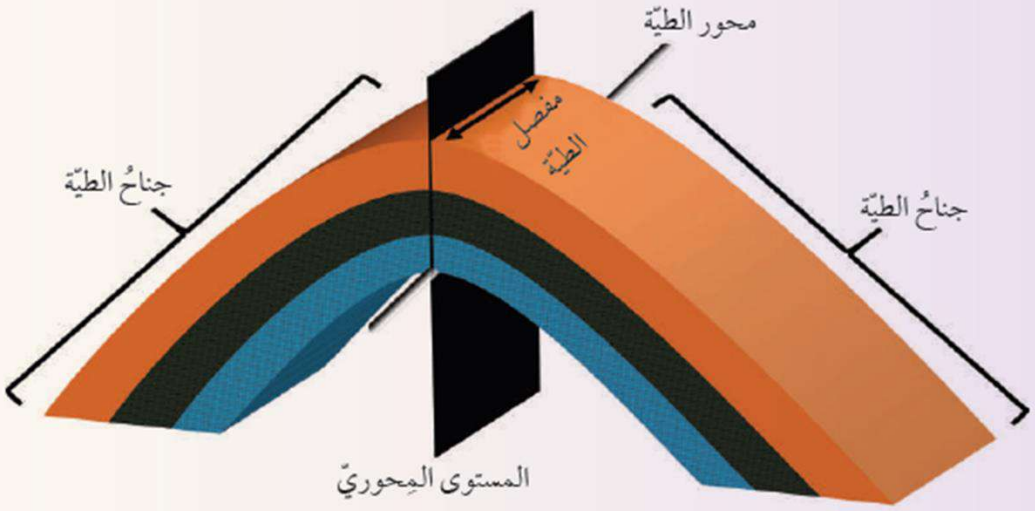
- الطيّاتُ بأنها أحدُ التراكيب الجيولوجيّة التي تنشأ في الصّخور اللّدِنة، أو في الصّخور الهشّة التي تتعرّض لدرجات حرارة مرتفعة عند وجودها على أعماق كبيرة في باطن الأرض.
- تنثني الطبقات الصّخريّة مثل: الصّخور الرسوبيّة، وبعض الصّخور البُركانيّة، وتتقوّس دون أن تتكسّر، وتَميل باتّجاهين متعاكسين نتيجة تعرّضها غالبًا لإجهاد الضّغط.
- قد تكون الطيّات صغيرة الحجم يمكن مشاهدتُها في الطبقات الصّخريّة، وتتبّع أجزائها كاملة، وقد تكون ضخمة لا يمكن مشاهدتُها وتتبّع أجزائها كاملة.

سؤال: (**شكل**14): **أصِف**: **كيف تتقوّس الطبقات الصّخريّة؟**

تتقوّس الطبقات الصّخريّة نحو الأعلى في يسار الشكل، ونحو الأسفل في يمين الشكل.

نشاط أجزاء الطية

تختلف الطيّات في أشكالها وأحجامها، ولكن مهما تعدّدت هذه الأشكال والأحجام، فإنها تتشابه في أجزائها. أدرُس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التّحليل والاستِنتاج:

1. أذكُر أجزاء الطيّة المبيّنة في الشكل.

جناح الطية / مفصل الطية / المستوى المحوري/ محور الطية.

2. أذكُر: كم جناحًا للطيّة؟

للطية جناحان.

3. أذكُر: ماذا يسمّى الخطّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أكبر تكوّر (انحناء) للطيّة؟

مفصل الطية.

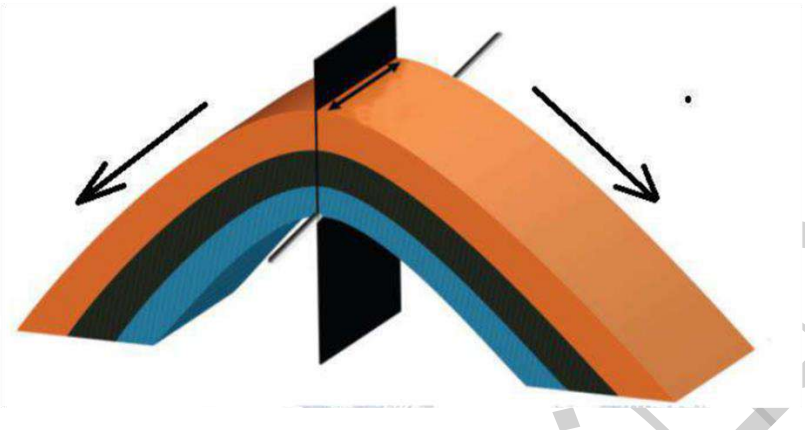
4. أصِف: كيف يقسم المستوى المِحوريّ الطيّة؟

يقسم المستوى المحوري الطية إلى نصفين متماثلين.

5. أصِف اتّجاه تقوّس الطيّة.

تتقوس نحو الأعلى.

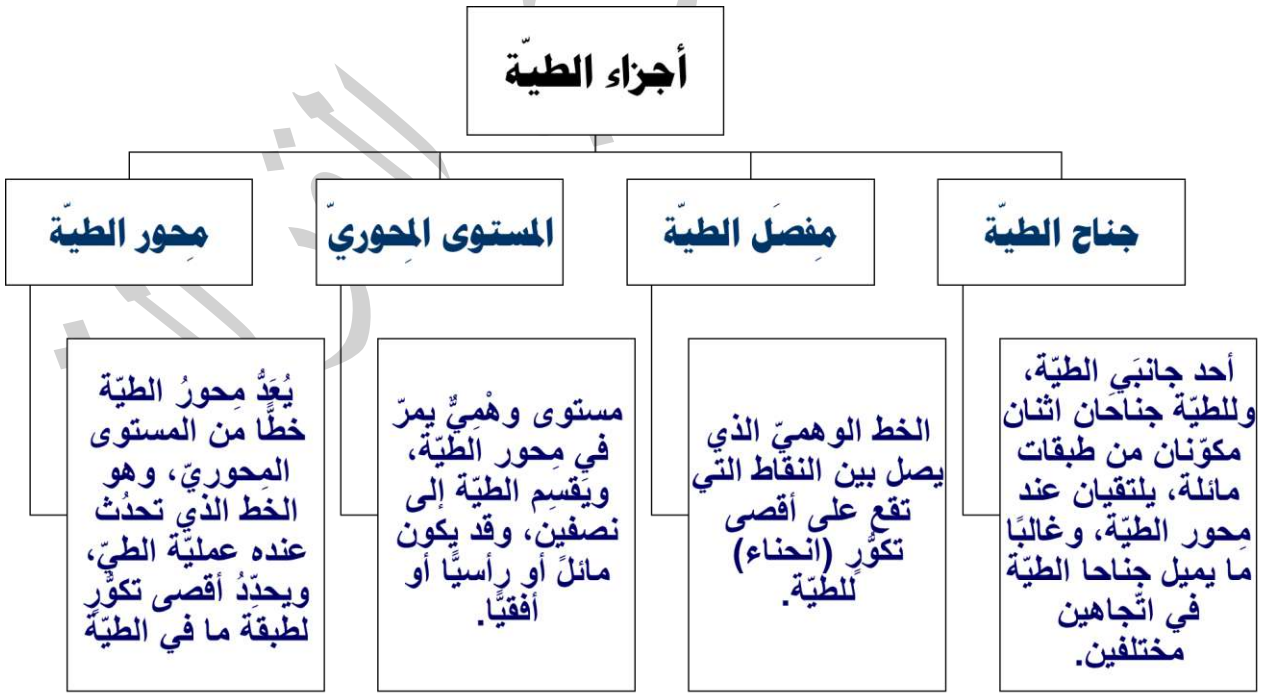
6. أرسُم على الشكل سهمًا يبيّن اتّجاه مَيل جناحَي الطيّة.



7. أقترِح اسمًا للطيّة المبيّنة في الشكل اعتمادًا على اتّجاه تقوّس الطبقات الصّخريّة.

طية محدبة

أجزاء الطيّة:



تصنيف الطيّات:

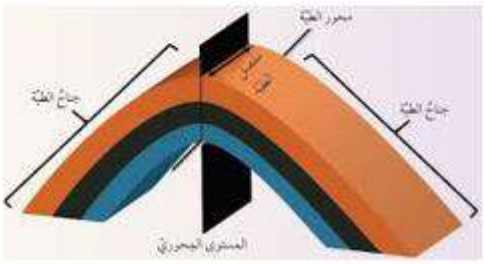
❖ صنّف العلماءُ الطيّاتِ اعتمادًا على مجموعة من الأسُس، منها: **اتّجاهُ تقوُّس الطبقات الصّخريّة، وزاوية ميل المستوى المِحوريّ.**

اتّجاه التقوّس:

❖ تُقسَم الطيّاتُ اعتمادًا على **اتّجاه تقوُّس الطبقات الصّخريّة** فيها إلى نوعين هما:

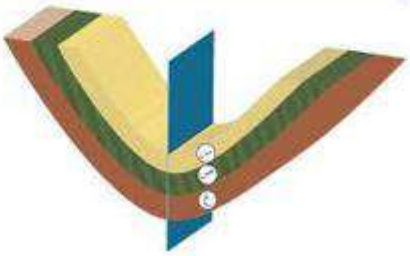
طيّات محدّبة

تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأعلى، ويميل جناحاها بعيدًا عن المستوى المحوريّ، وتكون الطبقات الأقدم في وسطها



طيّات مقعّرة

تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأسفل، ويميل جناحاها نحو المستوى المحوريّ، وتكون الطبقات الصّخريّة الأحدثُ في وسطها



زاوية ميل المستوى المِحوريّ:

تصنيف الطياب وفق زاوية ميل المستوى المِحوري

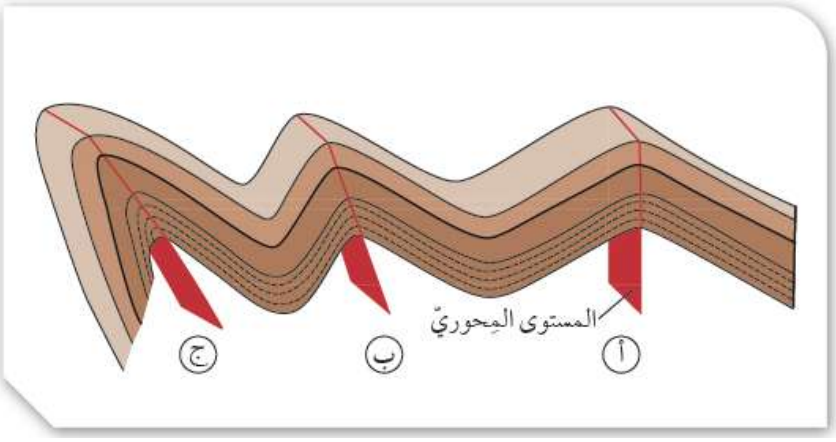
- طيّةً مُتماثِلَةً
- طيّةً غيرَ متماثِلَةٍ
- الطيّةُ المقلوبةُ
- طيّةً مُضطَجِعةً

الطيةُ المتماثلةُ:
- يميل جناحاها بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانبين؛ سواء أكانت طيّةً مُحدَّبةً، أم طيّةً مُقعَّرةً
- يكون فيها المستوى المِحوريّ عموديًّا على سطح الأرض.
- تتشكّل مثلُ هذه الطيّات عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغطٍ متساوٍ على كلا الجانبين

الطيةُ غير المتماثلة:
- يميل كل جناح مِنْ جناحيها بزاوية مَيل مختلفة عن الأخرى سواءُ أكانت طيّةً مُحدَّبةً، أم طيّةً مُقعَّرةً
- يكون فيها المستوى المِحوريّ مائل بزاوية أقلّ من 90 أي غير متعامِدٍ على سطح الأرض.
- تتشكّل هذه الطيّةُ عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغطٍ غيرِ متساوٍ على كلا الجانِبَين

الطيةُ المقلوبةُ:
- يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه، حيث تزيد زاوية مَيل أحدِ جناحيها عن 90°
- يكون المستوى المِحوريُّ مائلً عن المستوى العمودي (هو مستوى يصنع زاوية 90° مع المستوى الأفقي) بدرجة كبيرة.
- تكون الطبقات لأحد الجناحين مقلوبةً.

الطيةُ المُضطَجعةُ:
- يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه بشكل أفقيّ تقريباً.
- ويكون المستوى المِحوريّ أفقيًّا.



الشكل (17):
تصنيف الطيّات اعتمادًا على زاوية مَيل المستوى المِحوريّ.
(أ): طيّةٌ متماثِلَةٌ.
(ب): طيّةٌ غيرُ متماثِلَةٍ.
(ج): طيّةٌ مقلوبةٌ.

مراجعة الدرس 3

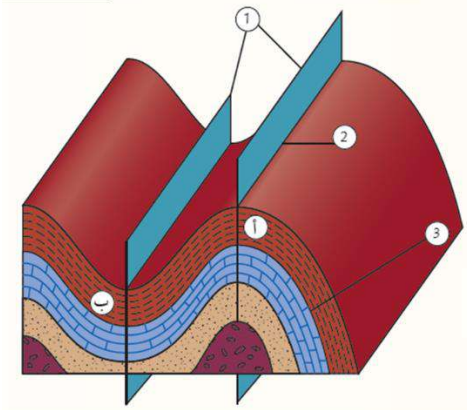
1. الفكرة الرئيسة: أصنّف الطيّات اعتمادًا على اتجاه التقوّس، وزاوية مَيل المستوى المحوريّ.

- **تصنف الطيات اعتماداً على اتجاه التقوس إلى** : (**طية محدبة، طية مقعرة**).
- **تصنف الطية اعتمادا على زاوية ميل المستوى المحوري إلى**: (**طية متماثلة، طية غير متماثلة، طية مقلوبة، طية مضطجعة**).

2. أوضِّح المقصود بكل من الطيّة، وجناح الطيّة، ومِحوَر الطيّة.

- **الطيّة**: **أحد التراكيب الجيولوجيّة التي تنشأ في الصّخور اللدنة نتيجة تعرّضها غالباً لإجهاد الضّغط ، إذ تنثني الطبقات الصخرية، وتتقوس دون أن تتكسر، وتميل باتجاهين متعاكسين.**
- **جناح الطية**: **أحد جانبي الطية، وللطية جناحان اثنان مكونان من طبقات مائلة، يلتقيان عند محور الطيّة، وغالباً ما يميل جناحا الطية في اتجاهين مختلفين.**
- **محور الطية**: **وهو الخط الذي تحدث عليه عمليّة الطيّ، ويحدِّد أقصى تكوُّر لطبقة ما في الطيّة، وينطبق على خطّ المَفصل ويعد خطا من المستوى المحوري.**

3. أدرُس الشكلَ الآتيَ جيّدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أحدِّد على الرّسم الأجزاء المشارَ إليها بالأرقام (1، 2، 3).

1-**المستوى المحوري** 2-**مفصل الطية** 3- **جناح الطية**

ب. أصنّف الطيّتَين (أ، ب) اعتمادًا على اتّجاه التقوّس.

الطية (أ) : طية محدبة. **الطية (ب) : طية مقعرة.**

ج. أستنتِج: أين تقع الطبقاتُ الأقدم والأحدث في كل من الطيّتَين (أ، ب)؟

الطية (أ) : تقع الطبقات القديمة في مركزها .
الطية (ب) : تقع الطبقات الحديثة في مركزها.

د . أصِف: كيف يميل جناحا الطيّة (ب) نسبة إلى المستوى المِحوريّ.

يميل جناحا الطية في الطية (ب) نحو المستوى المحوري

هـ. أحدِّد نوع الإجهاد الذي سبّب تشكُّل كل من الطيّتَين (أ، ب).

إجهاد ضغط.

و. أتوقّع نوع الصَّدع المتكوِّن في صُخور القشرة الأرضيّة إذا رافق عمليّةَ طَيّ الصّخور صَدْعٌ.

صدع عكسي، لأنه ينتج عن إجهاد ضغط

الجيولوجيا الهندسيّة
Engineering Geology

تُعرَفُ الجيولوجيا الهندسيّةُ بأنها تطبيق عمليّ لعِلم الجيولوجيا في مجال الهندسة. وفيها يتمّ أخْذُ العوامل الجيولوجيّة بعين الأهميّة والتركيز عليها في الأعمال الهندسيّة المختلفة، إذ تؤثّر هذه العوامل في اختيار الموقع، وعمليّة تصميم البناء، ومرحلة البناء، وكيفيّة تشغيل المنشأ بعد بنائه.

تؤثّر التراكيب الجيولوجيّة في المشاريع الهندسيّة المشيّدة فوقها، وتتحكم بشكل رئيس في عمليّة اختيار مواقع السّدود، والمستودَعات، والمطارات، والأنفاق وغيرها من المشاريع الهندسيّة الكبيرة. إذ إن وجود الطيّات والصُّدوع في الطبقات الصّخريّة غيرُ مرغوبٍ من الناحية الهندسيّة؛ لأنه يضعِفُ قابليّة التحمّل للطبقات الصّخريّة خصوصًا عند إقامة المشاريع الكبيرة مثل السّدود التي تسلّط أحمالًا كبيرة على الأساسات تحتها، ثم في النهاية، فإنها تعمل على تفتيت الصّخور؛ وبذلك تؤثّر في المنشآت المُقامَةِ فوقَها .

رمزي القرالة

مراجعة الوحدة

السؤال الأول: أضَع دائرة حول رمز الإجابة الصَحيحة في ما يأتي:

1. تُسمّى الانثناءاتُ الناتجة عن تعرُّض الطبقات الصَخريّة لإجهاد الضَغط :
   أ) الصُدوع العاديّة.
   ب) الطيّات.
   ج) الكُتل الاندفاعيّة.
   د) الأحواض الخَسْفيّة.

2. الصُدوع الناتجة عن حركة الجدار المعلّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القَدَم؛ هي صُدوعٌ:
   أ) عاديّة. ب) عكسيّة.
   ج) درَجيّة. د) خَسْفيّة.

3. تُسمّى الطيّةُ التي يكون فيها المستوى المِحوريُّ أفقيًّا:
   أ) المقلوبة.
   ب) المُضطجِعة.
   ج) المُتماثِلة.
   د) غيرَ المُتماثِلة.

4. أحَدُ التراكيب الجيولوجيّة الآتية ينتُج بفعل إجهادات الشّد:
   أ) الطيّة المُحدَّبة. ب) الطيّة المُقعَّرة.
   ج) الصَّدع العاديّ. د) الصَّدع العكسِيّ.

5. تُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانِبَين، سواءٌ أكانت طيّةً مُحدَّبةً أم طيّةً مُقعَّرَةً، طيةً:
   أ) مُتماثِلةً. ب) غيرَ مُتماثِلةٍ.
   ج) مقلوبةً. د) مُضطجِعةً.

6. التّركيب الجيولوجيّ الذي يمثّله الشكل الآتي هو:

   أ) صَدْعٌ عادِيّ. ب) صَدْعٌ عكسِيٌّ.
   ج) طيّةٌ مُحدَّبة. د) طيّةٌ مُقعَّرةٌ.

السؤال الثاني: أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ من المُصطَلحاتِ:

1. تُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها بزاوية مَيل غيرِ متساوية على كلا الجانِبَين سواءٌ أكانت طيّةً مُحدَّبةً أم طيّةً مُقعَّرَةً: ..... طية غير متماثلة .....

2. الخطّ الوهميّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكوّر (انحناء) للطيّة هو: ..... مفصل الطية .....

3. تتكوّن الطيّة من مجموعة من الأجزاء، منها:
   ..... جناح الطية ..... ، ..... مفصل الطية ..... ،
   ..... المستوى المحوري .....

4. تُسمّى الكتلةُ الصَخريّة التي تقع أسفلَ مستوى الصَّدع ..... جدار قدم .....

5. أحَدُ أنواع الصُّدوع الذي تتحرّك فيه الكُتلتان الصَخريّتان بشكل أفقيّ نسبة إلى بعضهما بعضًا ..... صدع جانبي .....

6. يعتمد تشوُّهُ الصَخور على مجموعة من العوامل منها ..... الزمن ..... ، ..... درجة الحرارة .....

السّؤال الثالث :

أصِف: كيف يؤثّر إجهادُ الشّد في الصّخور الهشّة؟

كسر بسبب الشد

السّؤال الرابع:

أناقِش: كيف تتكوّن الكُتل الاندفاعيّة؟

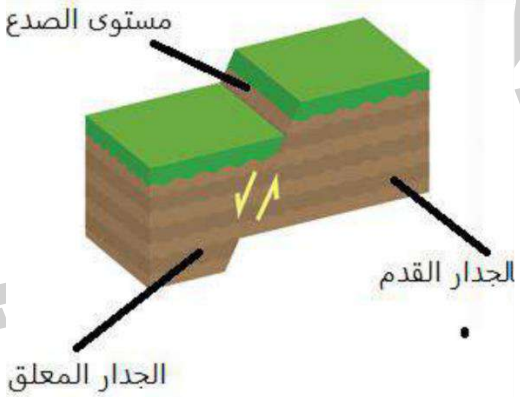
عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضيّة لقوى شد تؤدي إلى إحداث صدعين عاديّين متقابلين، تبرز الكتل الصخرية بينهما للأعلى عندما تهبط الكتل الصخرية على جانبيها للأسفل.

السّؤال الخامس: أقارِن بين إجهادَي الضّغط والشّد من حيث اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصّخر.

من حيث	إجهاد الشد	إجهاد الضّغط
اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصخر	**قوّتان متعاكستان متباعدتان عن الجسم الصخري تؤثّران في مستوى واحد.**	**قوتان متعاكستان باتّجاه الجسم الصخري تؤثران في مستوى واحد.**

السّؤال السّادس:

أدرُس الشكل الآتيَ الذي يبيّن أحدَ أنواع الصُّدوع، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ) أحدِّد على الشكل أجزاء الصَّدع.

ب) أبيِّن نوع الإجهاد الذي أدّى إلى تكوُّن الصَّدع.

إجهاد شد

ج) أستنتِج نوع الصَّدع.

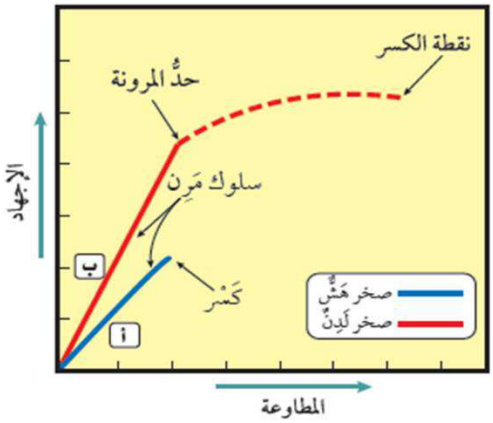
بما أن الجدار المعلق يقع إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدم الصدع المتكون هو صدع عادي.

د) **أتوقَّع:** هل يؤدي هذا النّوع من الصُّدوع إلى تكرار بعض الطبقات الصّخريّة؟

لا يوجد تكرار في الطبقات في هذا النوع من الصدوع.

أ) أصِف العلاقة بين الإجهاد والمُطاوَعة.

كلما زاد الإجهاد زادت مطاوعة الصخور.



ب) أصف ما يحدث للصخر (أ) عند تأثير إجهاد عليه دون حدّ المرونة.

يسلك الصخر سلوكًا مرنًا، أي يعود الصخر إلى وضعه الأصلي الذي كان عليه عند زوال الإجهاد عنه

ج) أقارن بين سلوك الصخر (أ) وسلوك الصخر (ب) عندما يؤثر فيهما إجهاد يزيد على حد المرونة.

الصخر (أ): ينكسر
الصخر (ب): ينثني

د) أذكُر مثالًا على نوع كل من: الصّخر (أ)، والصّخر (ب).

- **مثال على الصخر (أ): الصوان.**
- **مثال على الصخر (ب): الصخر الطيني.**

السؤال الثامن :

أقارِن بين موقع الجدار القدَم، والجدار المعلَّق في كل من الصَّدعين العاديّ والعَكسِيّ.

الصدع العادي : الجدار المعلق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدم.
الصدع العكسي: الجدار المعلق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدم.

السؤال التاسع:

أتوقّع: هل يمكن أن تتشكّل الطيّات في الصّخور الهشّة؟ لماذا؟

يمكن أن تتشكل الطيات في الصخور الهشة كالصوان مثلا ، وذلك بزيادة درجة حرارتها والمدة الزمنية التي يكون فيها الصخر تحت تأثير الإجهاد دون حد المرونة، إذ يتغير سلوك الصخور حينها من سلوك هش إلى سلوك لدن.

السؤال العاشر:

أبيِّن: متى توصَفُ الطيّاتُ بأنها متماثِلة، ومتى توصَفُ بأنها غيرُ متماثِلة؟

توصف الطية بأنها طية متماثلة عندما يميل جناحا الطية بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانبين، سواء أكانت طية محدبة ، أم طية مقعرة ويكون فيها المستوى المحوري عموديا على سطح الأرض.
أما عندما يميل كل جناح من جناحي الطية بزاوية ميل مختلفة عن الأخرى سواء أكانت طية محدبة ، أم طية مقعرة ويكون فيها المستوى المحوري مائلا بزاوية أقل من 90° أي غير متعامد على سطح الأرض فتوصف بأنها طية غير متماثلة .