علوم الأرض و البيئة

الوحدة الثانية: التراكيب الجيولوجية

الصف الثاني عشر / المسار الأكاديمي
الفصل الدراسي الأول

الدرس الأول: تشوه الصخور

الدرس الثاني: الصدوع

الدرس الثالث: الطيات

إعداد المعلمة: مي سميح صلاح

الوحدة 2

التّراكيب الجيولوجيّة
Geological Structures

قال تعالى:

﴿وَالْأَرْضِ ذَاتِ الصَّدْعِ﴾

(سورة الطارق : الآية 12)

أتأمّل الصورة

الأصل في الصّخور الرسوبيّة أن تتوضّع في الطبيعة على شكل طبقات أفقيّة، إلا أنها قد تتعرّض لقُوى تُشوِّهُها، ما يؤدي إلى مَيلها أو طيّها أو كسرِها .

فما المقصود بتشوّه الصّخور؟ وماذا نسمّي التشوّهات التي تحدث للصّخور نتيجة تعرُّضها لقُوى معيّنة؟

أتأمل الصورة :

ما هو الأصل في الصخور الرسوبية ؟

أن تتوضع في الطبيعة على شكل طبقات أفقية، إلا أنها قد تتعرّض لقُوى تُشوِّهُها، ما يؤدي إلى ميلها أو طيها أو كسرها .

ما المقصود بتشوه الصخور ؟

التغير في شكل الصخور او حجمها أو الاثنين معا و هي في الحالة الصلبة نتيجة تعرضها لقوى خارجية، أو قوى داخلية مع مرور الزمن.

ماذا نسمي التشوهات التي تحدث للصخور نتيجة تعرضها لقوى معينة؟

تسمى التشوهات التي تحدث للصخور تراكيب جيولوجية.

الفكرة العامة:

- ✓ تنتج التراكيب الجيولوجية عند تعرُّض صخور القشرة الأرضية لقوى مختلفة.
- ✓ من الأمثلة على هذه التراكيب: الصُّدوع، و الطيّات.

الدرس الأول: تشوّه الصخور

الفكرة الرئيسة: تتعرّض صخور القشرة الأرضية إلى قوى قد تُغيّر من شكلها أو حجمها أو كليهما معا، ويعتمد هذا التغيّر على عوامل عدة منها : نوع الإجهاد.

الدرس الثاني: الصُّدوع

الفكرة الرئيسة: تظهر الصدوع في صخور القشرة الأرضية بأشكال مختلفة؛ اعتمادًا على ميل مستوى الصدع، و الحركة النسبية بين الكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع.

الدرس الثالث: الطيات

الفكرة الرئيسة: تنتج الطيات من تعرض الطبقات الصخرية إلى إجهادات، منها إجهاد الضغط، فتتقوّس نحو الأعلى، أو نحو الأسفل، و تُصنف الطيات اعتمادًا على أسس عدة منها: اتجاه التقوس، و زاوية ميل المستوى المحوري .

تجربة استهلالية

كيف تؤثر القوى المختلفة في صخور القشرة الأرضيّة؟

تتخذ الصخور في الطبيعة أشكالا مختلفة، إلا أنها لا تبقى على حالها، إذ تتغيّر بفعل القوى المختلفة التي تتعرض لها.

المواد والأدوات:

1. عصا خشبية رقيقة
2. معجون أطفال (صلصال).

إرشادات السلامة:

- الحذر في أثناء كسر العصا عند تنفيذ خطوات التجربة.

خطوات العمل:

1. أمسك العصا الخشبية، ثم أثني طرفيها نحو الداخل قليلا وبلطف، ثم أتركها، وأدون ملاحظاتي.
2. أمسك العصا الخشبية، ثم أثني طرفيها نحو الداخل بقوة وبسرعة أكبر، وأدون ملاحظاتي.
3. أشكل أسطوانة من قطعة المعجون بسمك العصا الخشبية الرقيقة وطولها.
4. أكرر الخطوتين السابقتين (1، 2) باستخدام أسطوانة المعجون، ثم أدون ملاحظاتي.

التحليل و الاستنتاج:

1 . أقارن بين التغير الذي حصل على شكل العصا الخشبية الرقيقة عند دفع طرفيها باتجاهين متعاكسين نحو الداخل في الخطوتين (1، 2).

في الخطوة رقم (1) عندما ثنيت العصا بلطف نحو الداخل تقوست نحو الأسفل أو نحو الأعلى ولكنها عندما تركت عادت لوضعها الطبيعي الذي كانت عليه قبل ثنيها.

في الخطوة رقم (2) عندما ثنيت العصا الخشبية بقوة و بسرعة أكبر نحو الداخل تقوست نحو الأسفل أو نحو الأعلى ثم كسرت، ولا يمكن حينها أن تعود لوضعها الأصلي الذي كانت عليه.

2. أستنتج نوع القوة التي أثرت بها في العصا الخشبية وأسطوانة المعجون.

أثرت نحو العصا الخشبية و قطعة المعجون قوة باتجاهين متعاكسين تسمى الضغط.

3. أفسر سبب اختلاف سلوك العصا الخشبية، وسلوك أسطوانة المعجون بالرغم من تشابه نوع القوة المؤثرة فيهما.

يعود سبب اختلاف سلوك العصا الخشبية و قطعة المعجون عندما أثر عليها بقوة ضغط إلى طبيعتهما حيث أن العصا الخشبية تعد مادة هشة و قطعة المعجون تعد مادة لدنة.

4. أتوقع: هل تسلك صخور القشرة الأرضية المختلفة في الطبيعة سلوك العصا الخشبية الرقيقة، وسلوك أسطوانة المعجون عندما تتأثر بالقوى المختلفة؟

نعم قد تنكسر بعض الصخور في الطبيعة نتيجة تعرضها للقوى المختلفة، وقد ينثني بعضها و يعتمد ذلك على نوعها هشة أم لدنة.

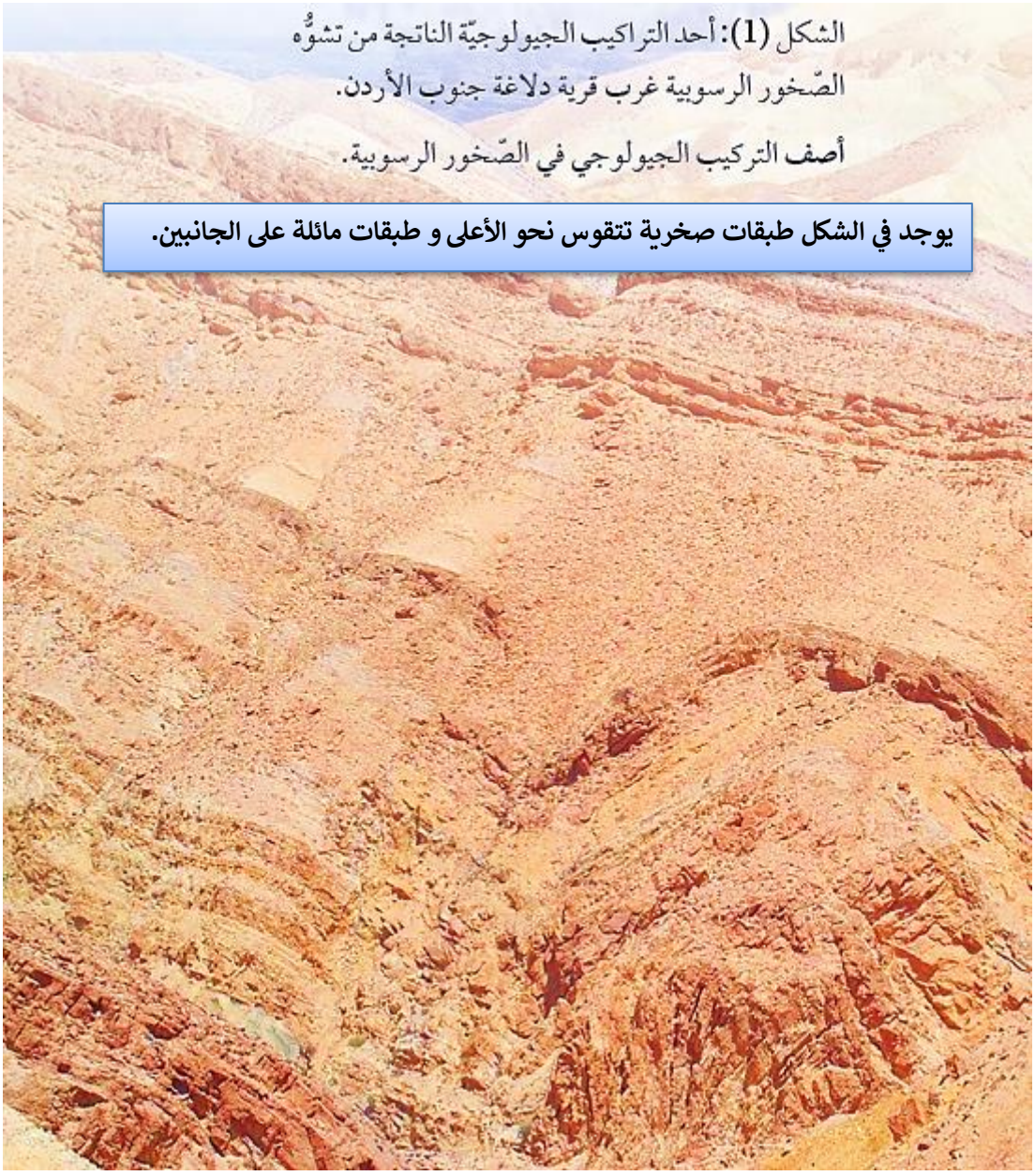
الدرس الأول : تشوه الصخور

التراكيب الجيولوجيّة Geological Structures

التشوه : **التغيّر الذي يحدث على الصخور و هي في الحالة الصلبة نتيجة تعرّضها لقُوّى خارجية، أو قوّى داخلية تُغيّر من شكلها أو حجمها أو الاثنين معا مع مرور الزمن .**

التراكيب الجيولوجية : **المظاهر أو التشوهات التي تحدث في الصخور نتيجة تلك القوى مع مرور الزمن .**

انظر الشكل (1) الذي يمثل أحد التراكيب الجيولوجية الناتجة من تشوه الصخور الرسوبية غرب قرية دلاغة جنوب الأردن..



الاجهاد والمطاوعة Stress and Strain

الإجهاد : القوة المؤثرة في وحدة المساحة من الصخر و يُقاسُ الإجهاد بوحدة (N/m^2).

المطاوعة : استجابة الصخور لتغيّر في شكلها أو حجمها أو كليهما معًا.

العوامل التي تعتمد عليها مطاوعة الصخور :

1. مقدار الإجهاد المؤثر في الصخور
2. نوع الصخور .

❖ تختلف مطاوعة الصخور في الطبيعة تبعًا إلى نوع الصخور (الهشة / اللدنة).

حدّ المرونة : هو الحد الذي لا يمكن للصخور بعده أن تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل تأثرها بالإجهاد .

- وضح العبارة التالية : " تسلك الصخور الهشة و الصخور اللدنة عند تعرضهما لإجهاد أقل من حدّ المرونة سلوكًا مرنًا؟

أي تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه عند زوال الإجهاد عنها.

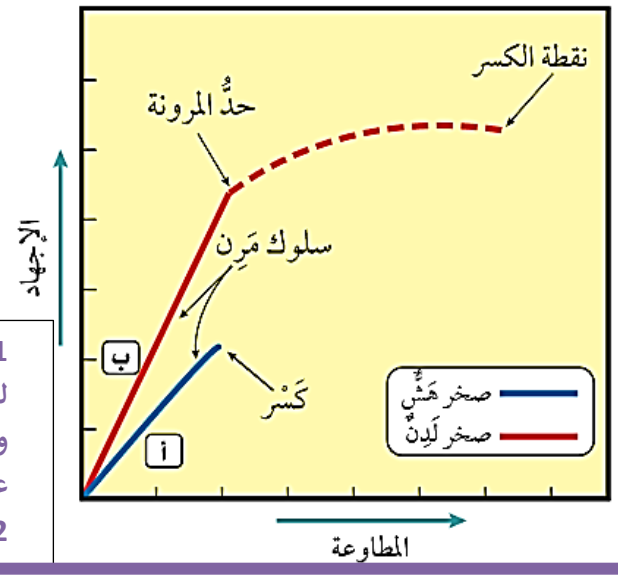
- وضح : ماذا يحدث عند زيادة الإجهاد على الصخور الهشة على حد المرونة؟ فإنها تنكسر.
- وضح : ماذا يحدث عند زيادة الإجهاد على الصخور اللدنة على حد المرونة ؟

1. إن زيادة الإجهاد المؤثر فيها عن حد المرونة يؤدي إلى تغيير شكلها وحجمها من غير كَسْرِها
2. عند زيادة الإجهاد فيها حدا يتجاوز نقطة الكسر تنكسر.

أنظر الشكل (2) الذي يوضح سلوك الصخر الهش والصخر اللَّدِن.

1. قبل حد المرونة: فالصخر الهش (أ) والصخر اللدن (ب) يسلكان سلوكا مرنا .
2. عند زيادة الإجهاد المؤثر فيهما بعد هذا الحد:

- الصخر الهش (أ) : ينكسر.
- الصخر اللدن (ب) : ينثني، ثم بزيادة الإجهاد عليه ينكسر.



الشكل (2): الإجهاد والمطاوَعة في الصّخور الهشّة واللّدِنة.
أبيِّن ماذا يحدث للصّخور اللّدِنة بعد استمرار تعرُّضها للإجهاد الذي يزيد على حدّ المرونة.

1. عند استمرار تعرض الصخور اللدنة للإجهاد الذي يزيد عن حد المرونة تنثني ولا ترجع إلى وضعها الأصلي ازالة الاجهاد عنها.
2. بزيادة الإجهاد أكثر تنكسر.

الربط بالفيزياء

يُشار إلى وحدة قياس الإجهاد (N/m^2) بوحدة الباسكال

العوامل التي يعتمد عليها تشوه الصخور Factors Affecting Deformation of Rocks

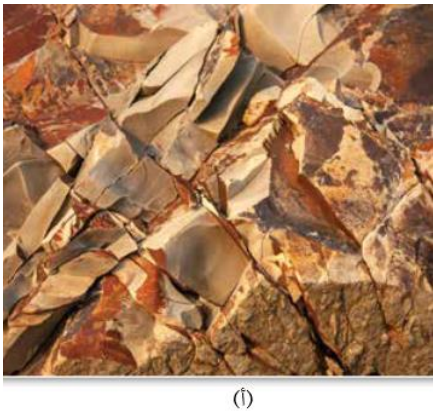
تؤثر مجموعة من العوامل في استجابة الصخور للإجهادات المختلفة المؤثرة فيها وتشوهها، ما يؤدي إلى اختلاف التراكيب الجيولوجية الناتجة منها.

العوامل التي يعتمد عليها تشوه الصخور :

1. نوع الصخور
2. نوع الإجهاد
3. درجة الحرارة
4. الزمن

أنواع الصخور Types of Rocks

الصخور في الطبيعة تختلف في مطاوعتها، فقد تكون صخورا هشة، أو صُخورًا لدنة.

وجه المقارنة	الصخور الهشة	الصخور اللدنة
التغير الناتج عند زيادة الإجهاد المؤثر فيها على حد المرونة	تنكسر	تنثني
نوع التشوه	التشوُّة الهش : تشوه الصخور الهشّة عند كسرها	التشوه اللَّدِنَ :تشوه الصخور اللدنة
أنواع الصخور	1. صخور البازلت 2. صخور الصوّان	1. الصخور الطينية 2. صخور الغضار
شكل توضيحي	صخور رسوبية يظهر فيها التشوه الهش؛ نتيجة زيادة الإجهاد المؤثر فيها على حد المرونة.  (أ)	صخور رسوبية يظهر فيها التشوه اللدن؛ نتيجة زيادة الإجهاد المؤثر فيها على حد المرونة. (ب)

افكر:

متى يمكن أن تعود الصخور إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه بعد زوال الإجهاد المؤثر فيها؟

بعد زوال الإجهاد المؤثر عليها و قبل حد المرونة

أنواع الإجهاد Types of Stress

تختلف التراكيب الجيولوجية الناتجة من مطاوعة الصخور الهشّة و الصخور اللدنة باختلاف نوع الإجهاد المؤثر فيها.

أنواع الإجهاد ؛ اعتمادًا على اتجاه القوة المؤثرة على الصخر:

1. **الضغط** 2. **الشد** 3. **القص.**

أنظر المخطط المفاهيمي الوارد في الشكل (5). الذي يبين أنواعًا مختلفة من الإجهاد.

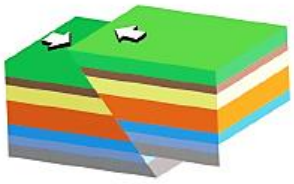
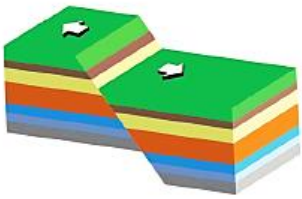
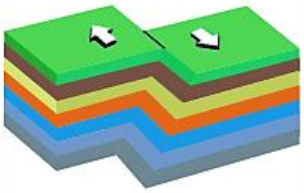
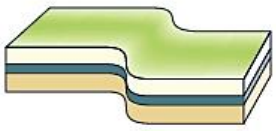
❖ أقارن بين إجهاد الضغط، و إجهاد القص من حيث اتجاه القوة المؤثرة في الصخور.

وجه المقارنة	إجهاد الضغط	إجهاد القص
اتجاه القوة المؤثرة في الصخور	قوتان متعاكستان باتجاه الجسم الصخري تؤثران في مستوى واحد.	قوتان متعاكستان تتحركان بصورة متوازية في الجسم الصخري تؤثران في مستويين مختلفين.

نشاط

أثر أنواع الإجهاد في الصخور المختلفة

يوضح الجدول الآتي أثر أنواع الإجهاد المختلفة في كل من : الصخور الهشة، و الصخور اللدنة.
أدرس الأشكال في كل 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

التحليل و الاستنتاج

1- أحدد نوع الإجهاد المؤثر في الصخور الهشة (س،ص).

الصخور الهشة	نوع الإجهاد المؤثر في الصخور
س	اجهاد ضغط
ص	اجهاد شد

2- أوضح تأثير أنواع الإجهاد في الصخور الهشة؟

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

3. أصف أثر أنواع الإجهاد المختلفة في الصخور اللدنة (ل، م، ن).

الصخور اللدنة	أثر أنواع الإجهاد
ل	طي بسبب الضغط
م	اتساع وتقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف
ن	طي بسبب القص

4 . أوضح تأثير إجهاد الشد في كل من: الصخور الهشة، و الصخور اللدنة.

أنواع الصخور	تأثير إجهاد الشد
الصخور الهشة	كسر بسبب الشد
الصخور اللدنة	اتساع و تقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف

5. أتوقع: ماذا تسمى التراكيب الجيولوجية الناتجة من إجهاد الضغط في الصخور الهشة و الصخور اللينة؟

إجهاد الضغط في الصخور الهشة : الصدوع

من إجهاد الضغط في الصخور اللينة : الطيات

توصلت من النشاط السابق إلى أن :

نوع الإجهاد يحدّد نوع التركيب الجيولوجي الناتج منه :

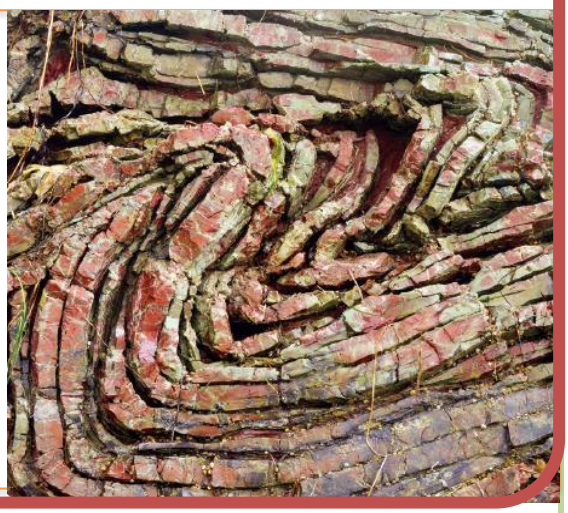
1. الصّخور الهشّة :
   أ. عندما تتعرّض للإجهادات تنكسر بحسب نوع الإجهاد المؤثر فيها .
   ب.تسمّى التراكيب الناتجة من الإجهادات المختلفة المؤثرة في الصخور الهشة الصُّدوع.
2. الصخور اللدنة :
   أ. عندما تتعرّض للإجهادات، فإنها تنثني أو تقل سماكتها في الوسط بحسب نوع الإجهاد المؤثر فيها.
   ب.تُسمّى التراكيب الجيولوجية الناتجة من إجهادَيِ الضّغط والقص المؤثرين في الصخور اللدنة الطيّاتِ.

درجة الحرارة Temperature

❖ تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصخور الهشة؛ ليصبح سلوكًا لدنا.

فسر : صخور القشرة الأرضية التي توجد بالقرب من سطح الأرض يتغيّر سلوكها فيصبح سلوكًا لدِنا إذا كانت في باطن الأرض؟

لارتفاع درجة الحرارة بزيادة العُمق بفعل الممال الحراري الأرضي.



تسلك صُخور الصوّان الهشة سلوكًا لدنا؛ نتيجة تأثرها بعامل درجة الحرارة .

أحدد نوع التركيب الجيولوجي في صخور الصوّان؟

تركيب جيولوجي يسمى الطية.

✓ اتحقق : أبيّن أثر درجة الحرارة في سلوك الصخور الهشة ؟

تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصخور الهشة؛ ليصبح سلوكًا لدنا .

الزمن Time

فسر : يعدل الزمن سلوك الصخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدنا؟

بسبب بقاء الصخور مُدَدًا زمنية طويلة تحت تأثير الإجهاد، دون حد المرونة.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة : أحدد العوامل التي يعتمد عليها تشوه الصخور.

نوع الصخر، و نوع الإجهاد و الزمن و درجة الحرارة.

2. أوضح المقصود بكل من: الإجهاد، والمطاوعة، و التراكيب الجيولوجية.

الإجهاد: القوة المؤثرة على وحدة المساحة من الصخر، ويقاس بوحدة N/m^2 و هو ثلاثة أنواع اعتمادا على اتجاه القوة المؤثرة على الصخر وهي : الضغط، و الشد، و القص.

المطاوعة: التغير في شكل الصخور أو حجمها أو كليهما معا، وتعتمد على مقدار الإجهاد المؤثر في الصخور وعلى نوعه، إذ كلما زاد مقدار الإجهاد زادت المطاوعة في الصخور.

التراكيب الجيولوجيّة: وهي المظاهر أو التشوهات التي تحدث في الصخور نتيجة تعرضها لقوى مختلفة مع مرور الزمن

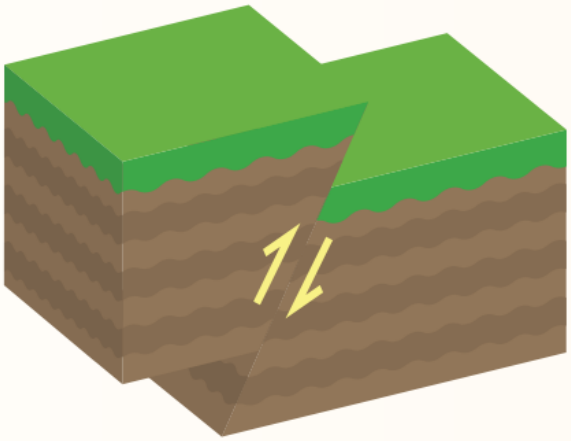
3. أصف أثر إجهاد الشد في الصخور اللدنة.

اتساع و تقليل السمك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصخور.

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

تعدل سلوك الصخور الهشة عند تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة بفعل الممال الحراري ، أو عند تعرضها إلى الإجهادات المختلفة فترات زمنية طويلة دون حد المرونة، فتسلك سلوكا لدنا وتتشكل فيها الطيات بدلا من الصدوع .

5. أدرس الشكل الآتي، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أستنتج نوع الإجهاد الذي أثر في الصخور.

اجهاد ضغط.

ب. أحدد نوع التشوّه في الصخور؛ نتيجة تأثرها بالإجهاد الواقع عليها.

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

ج. أحدّد: ما نوع التركيب الجيولوجي الناتج ؟

صدع .

6. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1 . أي من الآتية يحدث للصخور الهشة عندما تتعرض إلى إجهاد يزيد على حد المرونة ثم يزول الإجهاد؟

أ . يتغير شكلها ثم تعود إلى وضعها الأصلي.

ب. يتغير شكلها و لا تعود إلى وضعها الأصلي.

ج تنكسر و لا تعود إلى وضعها الأصلي.

د . يتغير شكلها ثم تنكسر و لا تعود إلى وضعها الأصلي.

2.من العوامل التي لا تؤثر في كيفية تشوه الصخر:

أ . الزمن. ب. عمر الصخر. ج. نوع الصخر. د . درجة الحرارة.

3. يمكن أن تعود الصخور إلى وضعها الأصلي بعد زوال الإجهاد المؤثر فيها عندما:

أ . لا تتجاوز حد المرونة أثناء تعرضها للإجهاد.

ب تتعرض لدرجة حرارة مرتفعة مددًا زمنية طويلة.

ج. تتجاوز حد المرونة أثناء تعرضها للإجهاد.

د. تتجاوز نقطة الكسر.

4. أي من الآتية يحدث للصخور اللينة عندما تتعرض إلى إجهاد يزيد على حد المرونة ثم يزول الإجهاد؟

أ . يتغير شكلها ثم تعود إلى وضعها الأصلي.

ب. يتغير شكلها ولا تعود إلى وضعها الأصلي.

ج. تنكسر ولا تعود إلى وضعها الأصلي.

د . يزداد حجمها وتعود إلى وضعها الأصلي.

5. أي من العوامل الآتية لا تعتمد عليها المطاوعة في الصخور ؟

أ . مقدار الإجهاد. ب نوع الإجهاد.

ج نوع الصخر د . عمر الصخر.

الدرس الثاني : الصدوع

الفكرة الرئيسة :

تظهر الصُّدوع في صخور القشرة الأرضية بأشكال مختلفة؛ اعتمادا على:

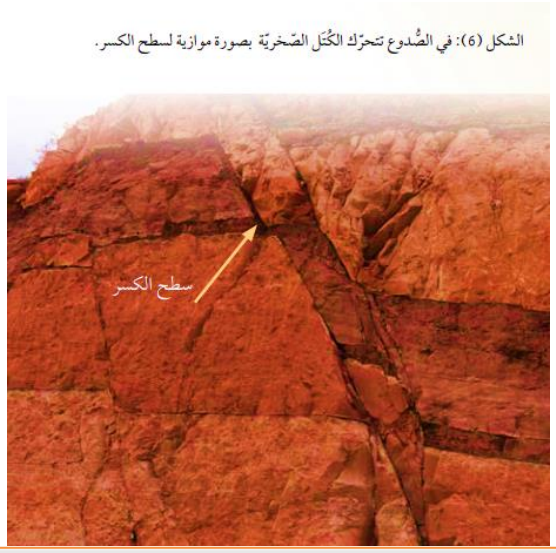
1. **ميل مستوى الصدع .**
2. **الحركة النسبية بين الكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع.**

مفهوم الصدع Concept of Fault

أن الطبقات الصخرية قد تتعرض إلى إجهادات مختلفة تسبب تشوهها.

ماذا ينتج من هذه الإجهادات ؟ تراكيب جيولوجية مختلفة مثل الصدوع و الطيات .

الصَّدعُ: كَسْر يحدث في صخور القشرة الأرضية، و ينتج منه كتلتان صخريتان تتحركان بصورة موازية لسطح الكسر. وقد تتحرك الكتلتان في الصدوع على جانبي الكسر حركة رأسية أو أفقية. وغالبًا ما تبقى الكتلتان متلامستين .



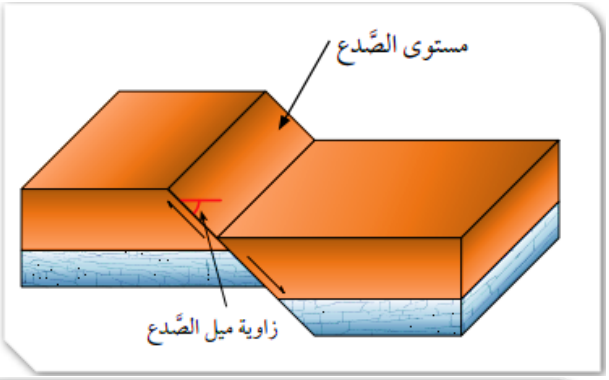
الشكل (7): في الصُّدوع تتحرك الكتل الصخرية بصورة موازية لسطح الكسر.

لاحظ الجيولوجيون اختلاف الأشكال التي تظهر فيها الصُّدوع في صخور القشرة الأرضيّة. ولتسهيل دراسة الصدوع و تمييزها في الميدان عملوا على تحديد أجزاء لها.

أجزاء الصدع Fault Parts

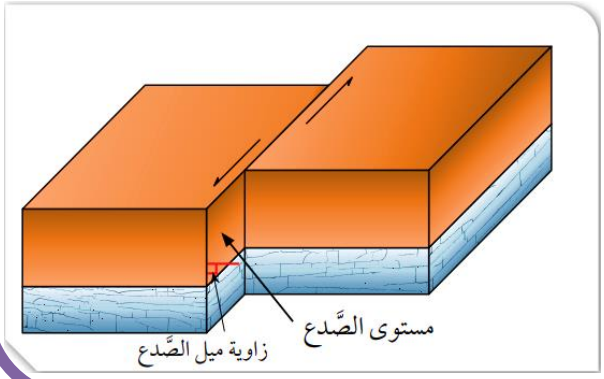
1. مستوى الصدع

مستوى الصدع Fault Plane : هو السطحُ الذي تتحرك عليه الكُتل الصخرية.



أ. <u>قد يكون مستوى الصدع مائلا :</u>
عندما تكون زاوية الميل (ميل الصَّدع) التي يصنعها مع المستوى الأفقي أكبر من صفر، و أقل من 90 .

زاوية الميل : (0 – 90)



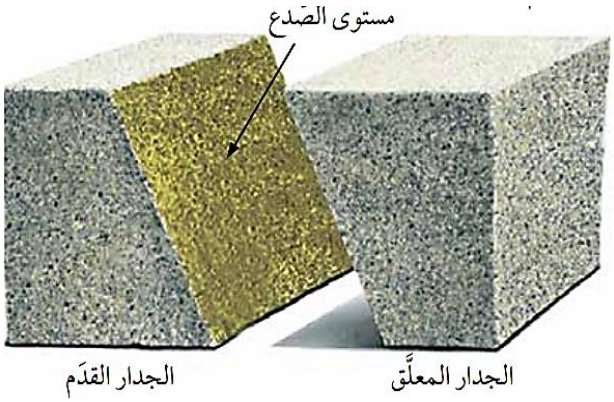
ب.قد يكون مستوى الصدع رأسيا عندما تكون زاوية الميل التي يصنعها مع المستوى الأفقي تساوي 90.
زاوية الميل = 90

2.الجدار المُعلَّق

الجدار المُعلَّق Hanging Wall : وهو الكتلة الصخرية التي تقع فوق مستوى الصدع المائل.

3. الجدار القدم

الجدار القدم Foot Wall : هو الكتلة الصخرية التي تقع أسفل مستوى الصدع المائل.



الشكل (9): الجدار المعلق والجدار القدم.

أتوقع سبب تسمية كل من: الجدار المعلق، والجدار القدم بهذا الاسم.

الجدار المعلق لأنه يبدو بأنه معلقا فوق رأس الجيولوجي الذي يدرس الصدع و الجدار القدم لأنه يقع أسفل قدم الجيولوجي الذي يدرس الصدع.

تصنيف الصدوع Faults Classification

تُصنَّفُ الصُّدوعُ ؛ اعتمادًا على ميل مستوى الصدع إلى :

1. **صدوع رأسية يكون فيها مستوى الصدع رأسيًا.**
2. **صدوع مائلة يكون فيها مستوى الصدع مائلاً.**

تُصنَّفُ الصُّدوعُ ؛ اعتمادًا على الحركة النسبية للكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع إلى:

1. **صدوع الحركة النسبية الرأسية :**

صدوع تتحرّك فيها الكتلتان الصخريتان حركة نسبية للأعلى، و للأسفل على مستوى الصدع.

- **تقسم صدوع الحركة النسبية الرأسية إلى نوعين:**

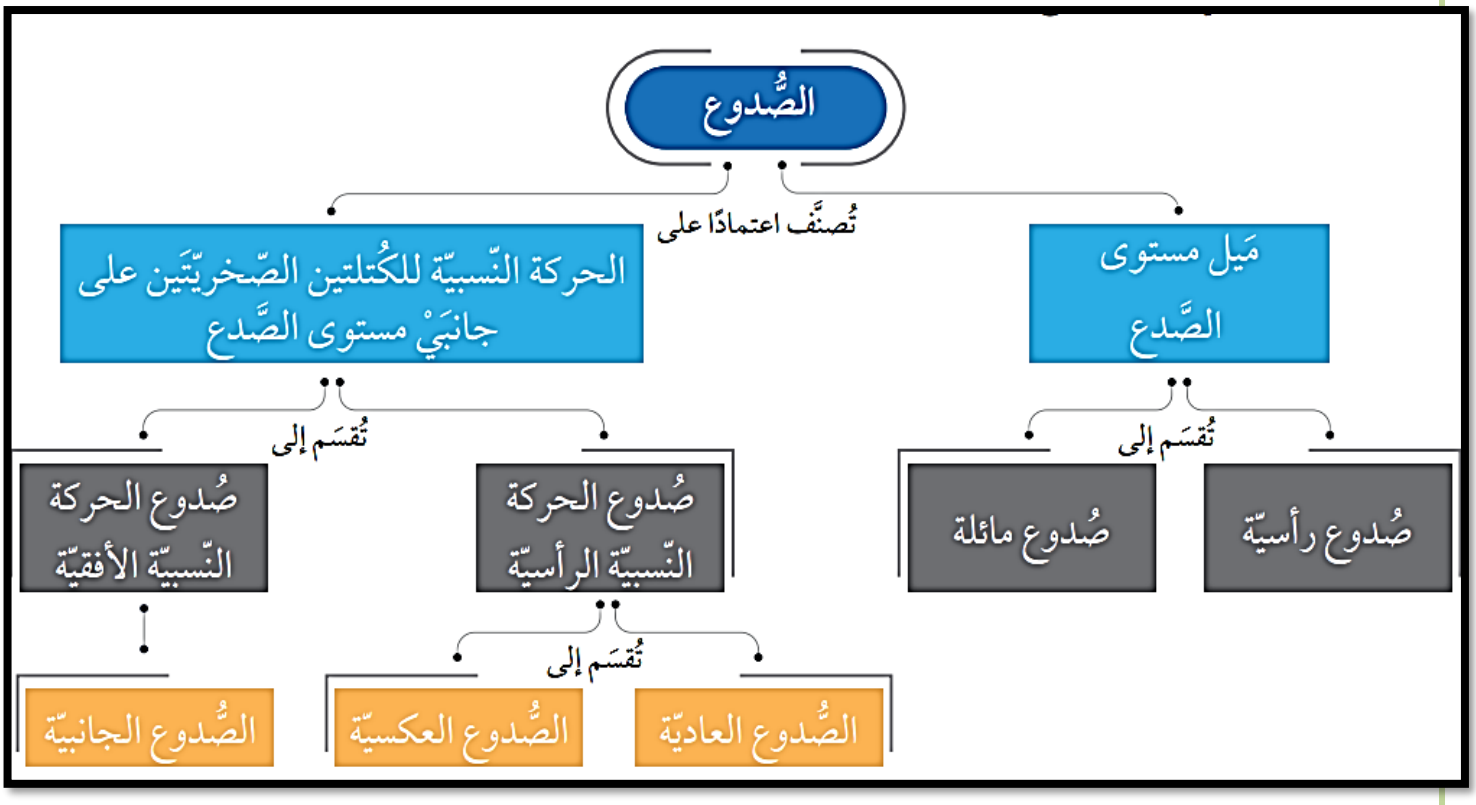
أ. الصُّدوع العادية

ب.الصدوع العكسية

2. **صُدوع الحركة النسبية الأفقية (الصُّدوع الجانبية) :**

الصدوع التي تتحرك فيها الكتلتان الصخريّتان حركة نسبية جانبية أفقية على مستوى الصدع.

الشكل (10): تصنيف الصُّدوع؛ اعتمادًا على ميل مستوى الصدع، و الحركة النسبية للكتلتين لصخريتين على جانبي مستوى الصدع.



افكر :

هل يمكن تمييز الجدار المعلق، و الجدار القدم في الصُّدوع الرأسية ؟ لماذا؟

لا يمكن تمييز الجدار المعلق و الجدار 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 و أيها تقع أسفله.

لتعرف الصُّدوع الناتجة من الحركة النسبية للكتلتين الصخريّتين على جانبي مستوى الصدع، أُنفّذ النشاط الآتي:

نشاط

صدوع الحركة النسبية للكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع

تتحرك الكتلتان الصخريّتان على جانبي مستوى الصَّدع إمّا حركة نسبية رأسية، أو حركة نسبية أفقية، و تختلف أنواع الصُّدوع تبعا لاختلاف هاتين الحركتين. أدرس الأشكال الآتية التي تمثل هذه الأنواع المختلفة من الصدوع، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

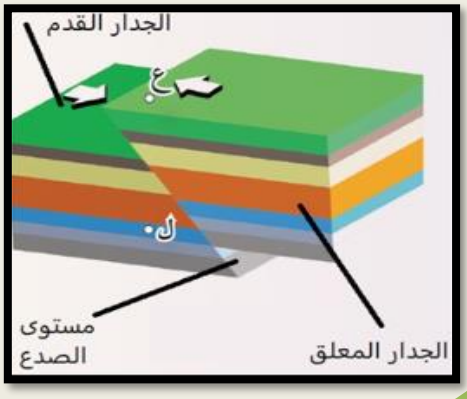
التحليل و الاستنتاج:

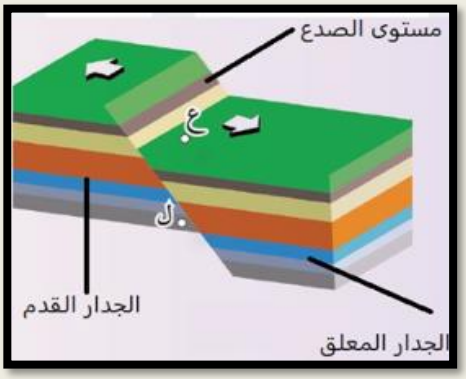
1. أبين نوع الحركة النسبية للكتلتين الصخريتين على جانبي مستوى الصدع في كل من: الصدع العادي، والصدع العكسي، والصدع الجانبي
   - الصدع العادي و الصدع العكسي تحركت فيهما الكتلتين الصخريتين حركة رأسية على جانبي مستوى الصدع .
   - الصدع الجانبي فتحركت فيه الكتلتين الصخريتين حركة أفقية على جانبي مستوى الصدع.
2. أصف الصدع العادي والصدع العكسي من حيث ميل مستوى الصدع.

يميل مستوى الصدع بزاوية أقل من 90 و أكبر من 0 في كلا الصدعين العادي و العكسي .

3. أحدّد مستوى الصدع و الجدار المعلق و الجدار القدم لكل من : الصدع العادي، و الصدع العكسي ؟

الصدع العكسي	الصدع العادي





4. أقارن بين الصدع العادي و الصدع العكسي من حيث حركة الجدار المعلق نسبة إلى الجدار القدم.

الصدع العادي يتحرك الجدار المعلق فوق مستوى الصدع إلى الأسفل من الجدار القدم .

الصدع العكسي يتحرك الجدار المعلق فوق مستوى الصدع إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدم.

5 أحدد نوع الإجهاد المؤثر في الصخور في الأنواع الثلاثة من الصدوع.

1. الصدع العادي: إجهاد شد.

2. الصدع العكسي: إجهاد ضغط

3. الصدع الجانبي: إجهاد قص.

6. ألاحظ هل تتكرر الطبقات التي يقطعها الخط الرأسي الذي أرسمه من النقطة (ع) إلى النقط (ل) في كل من الصدعين العادي والعكسي؟

الصدع العادي : لا تتكرر الطبقات الصخرية فيه رأسيًا مع العمق .

الصدع العكسي : تتكرر الطبقات الصخرية فيه رأسيًا مع العمق .

يتبين من النشاط السابق :

- ✓ الصُّدوع العادية و الصدوع العكسية هي صُدوع ناتجة من الحركة الرأسية للكتلتين الصخريّتين على جانبي مستوى الصدع.
- علل : تُعَدُّ الصُّدوع العادية و الصدوع العكسية مائلة؟ لأن مستوى الصدع فيها مائل حيث في :

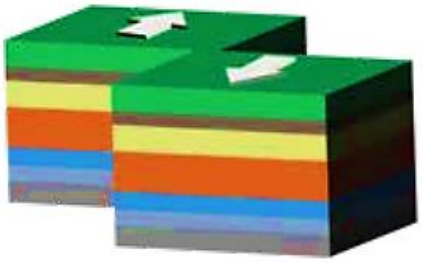
الصدوع العادية : يتحرك الجدار المعلق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدم .

الصدوع العكسية : يتحرك الجدار المعلق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدم .

أنظر الشكل (10) الذي يبيّن صدعا عكسيا.

الشكل (11): أحد الصدوع العكسية على طريق عمان التنموي المعروف بشارع الـ 100 .

✓ الصدوع الجانبية هي صُدوع ناتجة من الحركة الجانبية الأفقية للكتلتين الصخريّتين على جانبي مستوى الصدع، و يكون مستوى الصدع فيها رأسيا، وأحيانًا قد يكون مائلا. أنظر الشكل (11).



الشكل (12): صدع جانبي، مستوى الصدع فيه رأسي

لتعرُّف أوجه المقارنة بين أنواع الصُّدوع المختلفة أنظر الجدول (1).

الجدول (1): مقارنة بين الصُّدوع العادية و الصُّدوع العكسية و الصدوع الجانبية.

الجدول (1): مقارَنة بين الصُّدوع العاديّة والصُّدوع العكسيّة والصُّدوع الجانبيّة.			
أوجُه المقارَنة	الصَّدع العاديّ	الصَّدع العكسيّ	الصَّدع الجانبيّ
نوع الإجهاد المسبِّب.	إجهاد شدّ.	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 بصورة أفقيّة 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.

✓ أتحقق أقارن بين الصَّدع العادي و الصَّدع العكسي من حيث نوع الإجهاد .

الصَّدع العادي : إجهاد شدّ .

الصَّدع العكسي : إجهاد ضغط .

أنظمة الصدوع Faults Systems

نتيجة لحركة الصفائح التكتونية ← تتعرّض صخور القشرة الأرضية لقوى شد ← تتشكل فيها مجموعة من الصدوع العادية ← تكوّن ما يُسمّى بأنظمة الصُّدوع.

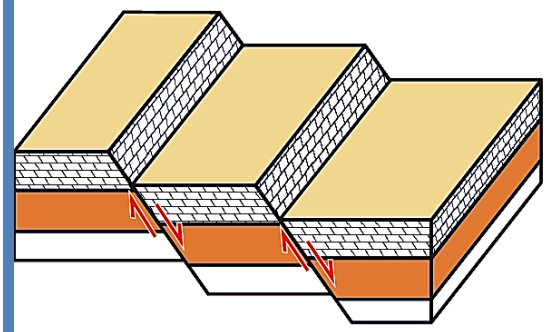
أمثلة على أنظمة الصدوع :

1. الصُّدوعُ الدرجية
2. الأحواض الخَسْفية
3. الكتل الاندفاعية .

الصدوع الدرجية Step Faults

كيف تتشكل الصدوع الدرجيّة ؟

عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى إحداث مجموعة من الصدوع العادية المتوازية، و تأخذ الكتل الصخرية فيها شكل الدرج ، أنظر الشكل (13).



الشكل (13): الصُّدوع الدرجيّة.

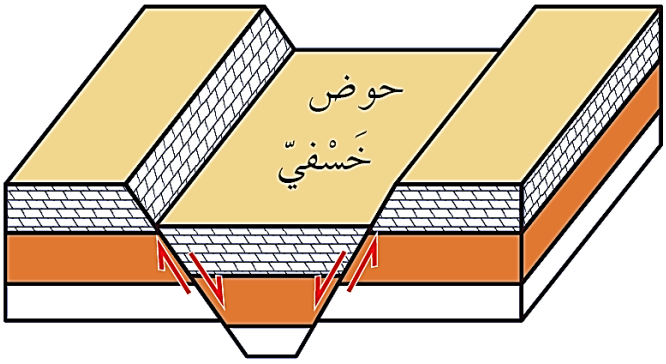
يزخَرُ الأردن بمجموعة من الصُّدوع العادية المتوازية في مناطق عدة ، اذكر مثال عليها؟

الصُّدوعُ العادية المتوازية في وادي الموجب.

الأحواض الخسفية Grabens

كيف تتشكل الأحواض الخَسْفيّة ؟

عندما تتعرض صخور القشرة الأرضيّة لقوى شد تؤدي إلى إحداث صدعين عاديين متقابلين، تهبط الكتل الصخرية بينهما للأسفل، بحيث يشتركان في الجدار المعلّق، أنظر الشكل (14/أ)



(أ)

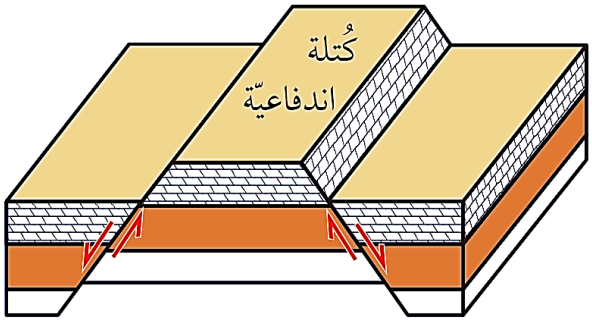
أعط مثالًا في الأردن على الأحواض الخَسْفِيَّةِ؟

غَورُ الأردن.

الكتل الاندفاعية Horsts

كيف تتشكل الكتل الاندفاعية ؟

عندما تتعرّض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى إحداث صدعين عاديين متقابلين، تبرز الكتل الصخريّة بينهما للأعلى عندما تهبط الكتل الصخرية على جانبيها للأسفل، بحيث يشتركان في الجدار القدم. أنظر الشكل (14/ ب).



(ب)

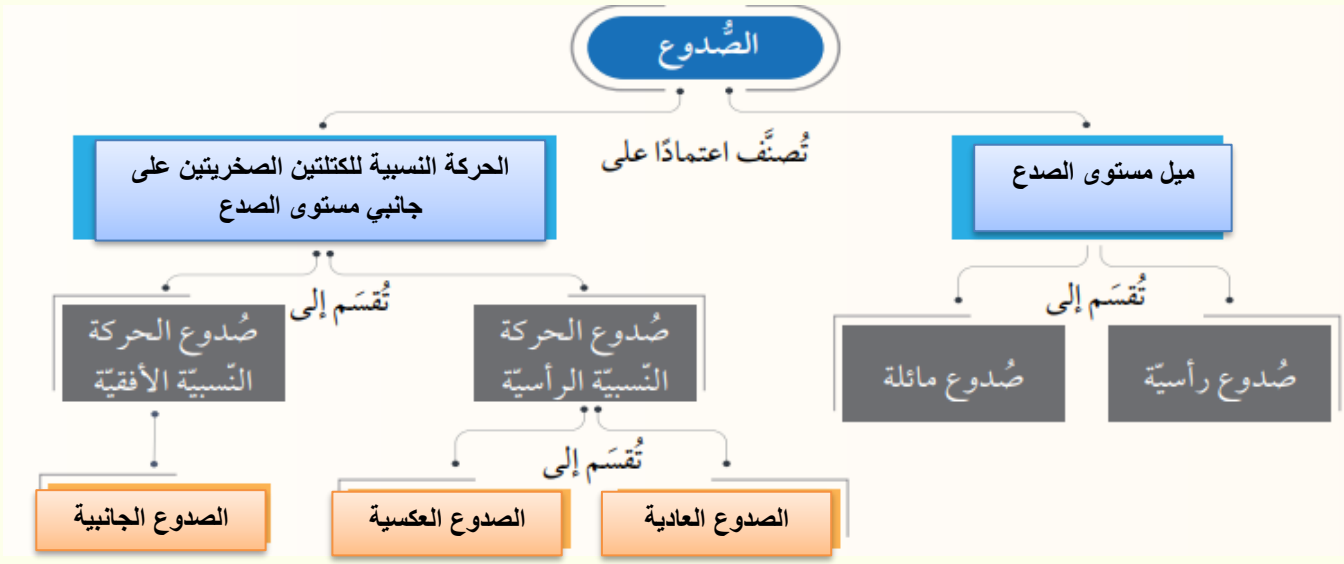
✓ **أتحقق : أصف الصدوع المكونة لكل من الصدوع الدرجية، و الكتل الاندفاعية.**

تتكون الصدوع الدرجية : من صدوع عادية متوازية تأخذ شكل درج.

تتكون الصدوع الاندفاعية : من صدعين عاديين متقابلين تبرز بينهما كتل صخرية للأعلى.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أكمل المُخطَّط المفاهيمي الآتي بما يناسبه من كلمات:



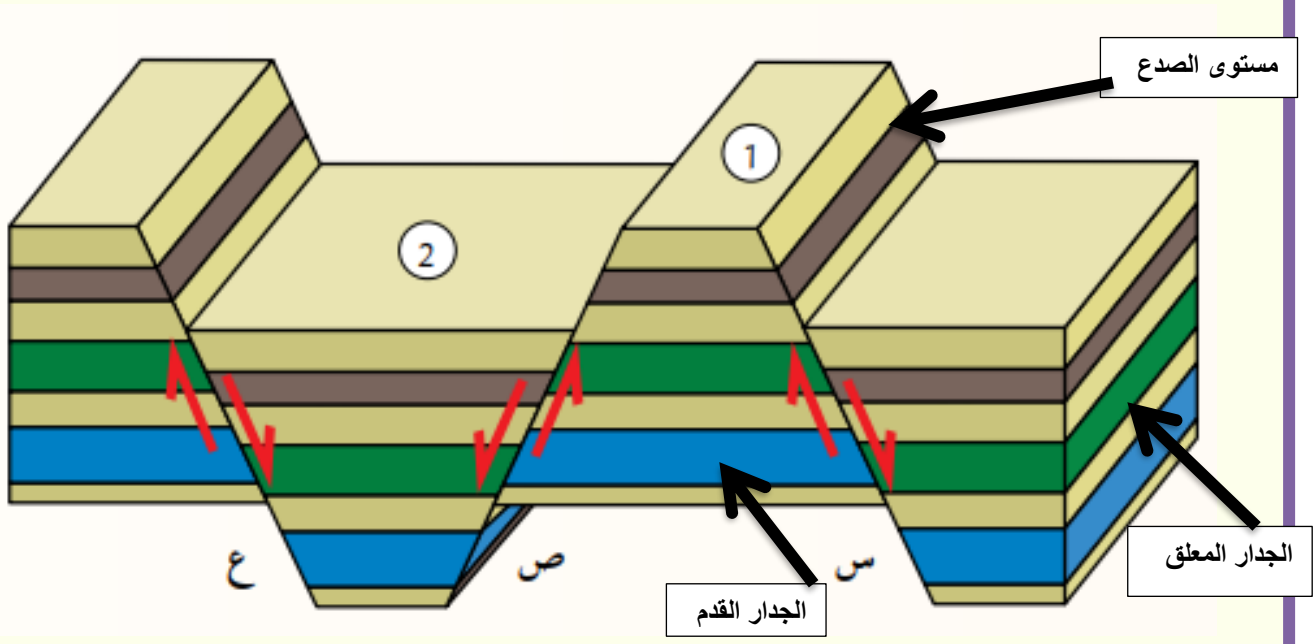
2. أوضح المقصود بكل من : الصَّدع، و الجدار القدم، و الصُّدوع الدرجية.

الصدع : كسر يحدث في صخور القشرة الأرضيّة جميعها، وينتج عنه كتلتان صخريتان تتحركان بشكل مواز لسطح الكسر.

الجدار القدم : الكتلة الصخرية التي تقع أسفل مستوى الصدع.

الصدوع الدرجية : مجموعة من الصدوع العادية المتوازية، تأخذ الكتل الصخرية فيها شكل الدرج.

3. أدرس الشكل الآتي الذي يوضح ثلاثة صدوع (س، ص، ع) والكتلتين الصخريتين (1، 2)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه.



أ . أحدد على الشكل كلا من الجدار المعلق، و الجدار القدم، ومستوى الصدع للصدع (س).

ب.أستنتج نوع الصُّدوع (س، ص، ع).

جميعها صدوع عادية

ج. أصف العلاقة بين الصدعين (ص، ع).

صدعين عاديين متقابلين .

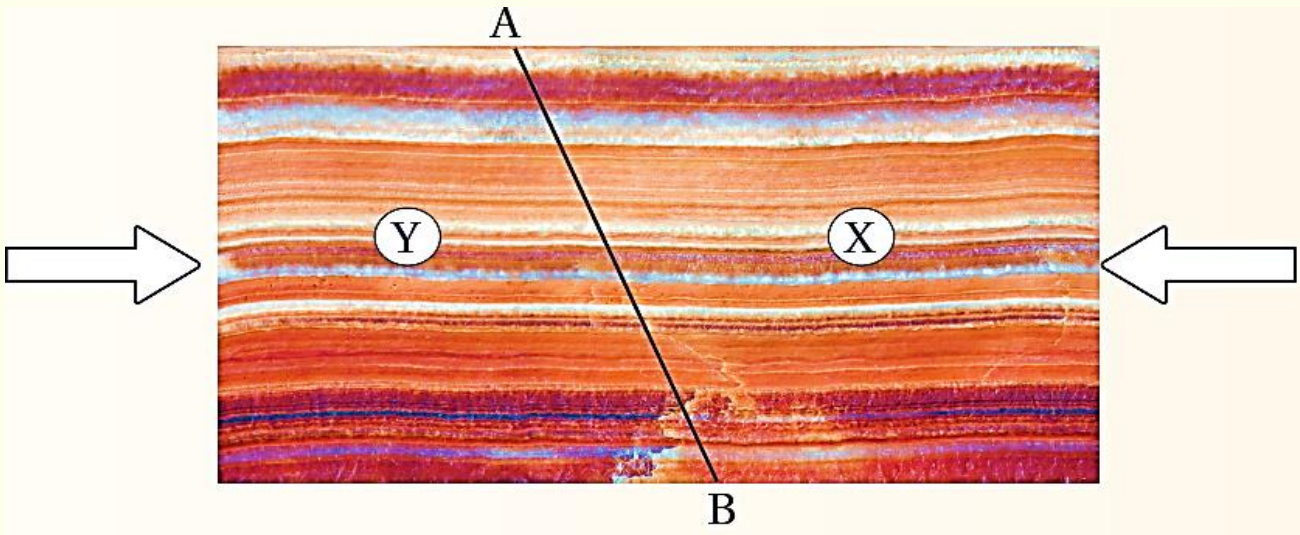
د . أذكر : ماذا تُسمّى الكُتلتان الصخريتان (1، 2)؟

الكتلة الصخرية (1) : كتلة اندفاعية .

الكتلة الصخرية (2) : حوض خسفي.

4. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي :

يمثل الشكل الآتي تتابعا طبقياً يتعرض إلى قوى ضغط بحسب الأسهم ، أدرس الشكل، ثم أجيب عن الأسئلة (1-5):



1. إذا علمت أن الخط A-B يمثل السطح الذي سيحدث فيه الكسر وتتحرك عليه الكتل الصخرية X و Y ، فإن التركيب الذي سينتج هو :

ا - صدع عادي. ب. صدع عكسي. ج صدع جانبي. د . صدع خسفي.

2. ماذا تمثل كل من الكتلة الصخرية X و الكتلة الصخرية Y على الترتيب؟

أ . مستوى الصدع، و الجدار القدم. ب .الجدار القدم، و الجدار المعلق

ج الجدار القدم، و مستوى الصدع. د . الجدار المعلق، و الجدار القدم.

3. إذا تعرض التتابع الطبقي إلى إجهاد شد بدلا من إجهاد الضغط فإن التركيب الجيولوجي الذي سينتج هو :

أ . صدع عادي . ب. صدع عكسي. ج صدع جانبي. د. طية.

4. إذا تعرض التتابع الطبقي إلى إجهاد الضغط في أعماق الأرض، فإن التركيب الجيولوجي الذي سينتج هو :

أ . صدع عادي. ب. صدع عكسي. ج صدع جانبي. د. طية.

5. عندما يتحرك الجدار المعلق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدم، فإن الصدع الناتج هو صدع

أ . عادي . ب. عكسي. ج جانبي. د . تحويلي.

الدرس الثالث : الطيات

الفكرة الرئيسة :

تنتج الطيات من تعرّض الطبقات الصخرية لإجهاد الضغط، فتتقوّس نحو الأعلى، أو نحو الأسفل، و تُصنف الطيات اعتمادًا على أسس عدة ، منها:

1. اتجاه التقوس.
2. زاوية ميل المستوى المحوري.

مفهوم الطية Concept of Fold

الطياتُ : أحد التراكيب الجيولوجية التي تنشأ في الصخور اللدنة، أو في الصخور الهشة التي تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة عند وجودها على أعماق كبيرة في باطن الأرض.

كيف تتكون الطيات في طبقات الصخرية مثل : الصخور الرسوبية، و بعض الصخور البركانية؟

تنثني الطبقات الصخرية مثل: الصخور الرسوبية، و بعض الصخور البركانية، و تتقوّس دون أن تتكسر، و تميل باتجاهين متعاكسين نتيجة تعرّضها غالبًا لإجهاد الضغط. أنظر الشكل (15).

الشكل (15) طبقات صخرية مقوّسة نتيجة تعرضها لإجهاد ضغط.

أصف اتجاه التقوّس في الطبقات الصخرية.

تقوّس الطبقات الصخريّة نحو الأعلى في جانبي الشكل، ونحو الأسفل في وسط الشكل.

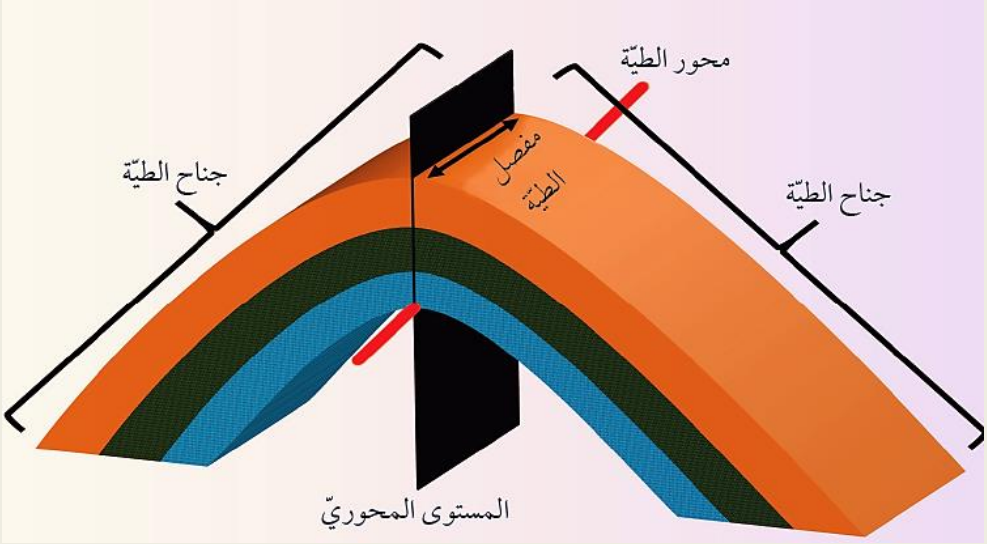
أنواع الطيات اعتماداً على الحجم :

1. الطيات صغيرة الحجم : يمكن مشاهدتها في الطبقات الصخرية، و تتبع أجزائها كاملة.
2. طيات ضخمة : لا يمكن مشاهدتها و تتبع أجزائها كاملة. إذ نرى أجزاء منها فقط.

نشاط

أجزاء الطية

تختلف الطيّات في أشكالها و حجومها، و لكن مهما تعددت هذه الأشكال و الحجوم، فإنها تتشابه في أجزائها. أدرس الشكل الآتي، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أحدّد أجزاء الطية المبينة في الشكل.

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

2. أذكر : كم جناحًا للطية ؟ للطية جناحان.

3. أذكر : ماذا يسمّى الخط الذي يصل بين النقاط التي تقع على أكبر تكوّر (انحناء) للطية؟ مفصل الطية.

4. أصف: كيف يقسم المستوى المحوري الطية؟ يقسم المستوى المحوري الطية إلى نصفين متماثلين.

5. أصف اتجاه تقوّس الطية. تتقوس نحو الأعلى.

6. أرسم على الشكل سهما يبين اتجاه ميل جناحي الطية.

7. أقترح اسما للطية المبينة في الشكل اعتمادًا على اتجاه تقوّس الطبقات الصخرية.

الطية المحدبة

أجزاء الطية Fold Parts

١- جناح الطية :

أحد جانبي الطية، و للطية جناحان اثنان مكوّنان من طبقات مائلة، يلتقيان عند محور الطية، وغالبا ما يميل جناحا الطية في اتجاهين مختلفين.

٢- مفصل الطية :

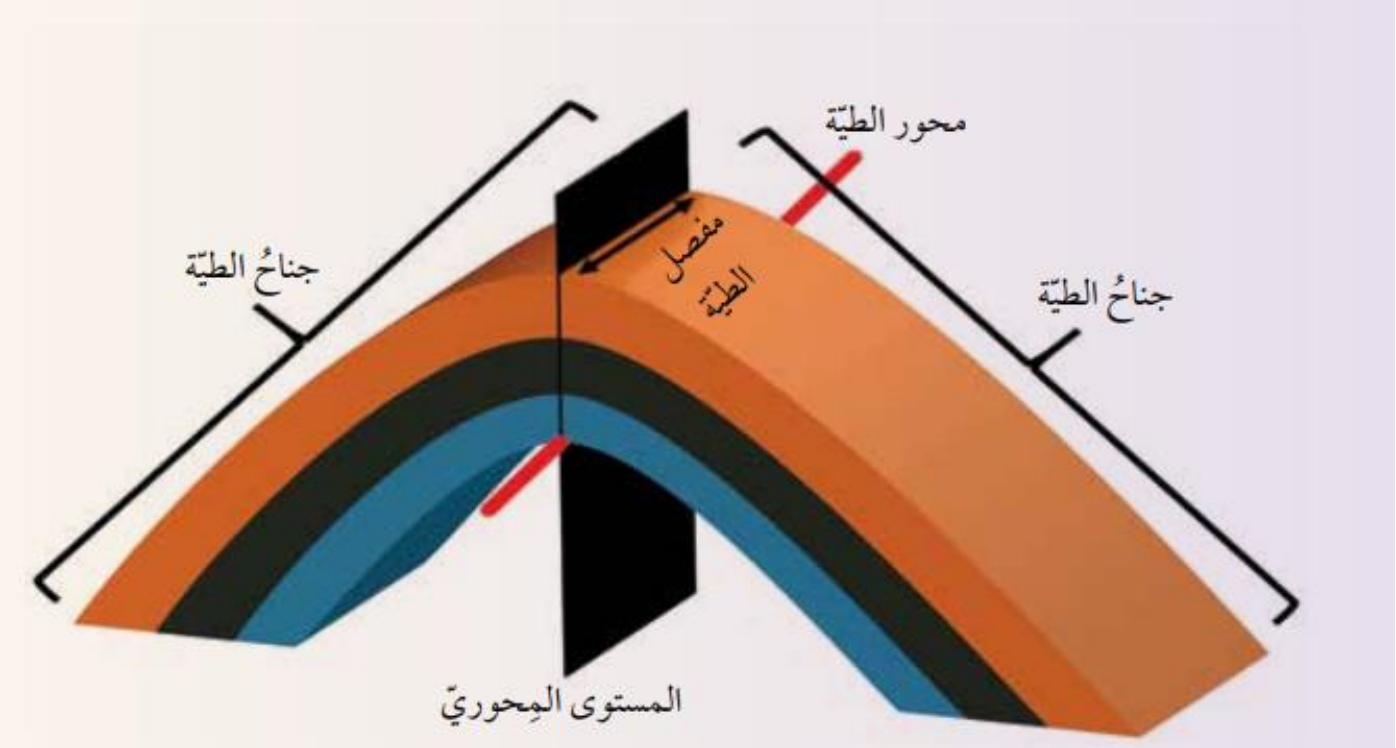
الخط الوهمي الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكور (انحناء) للطية.

٣- المستوى المحوري :

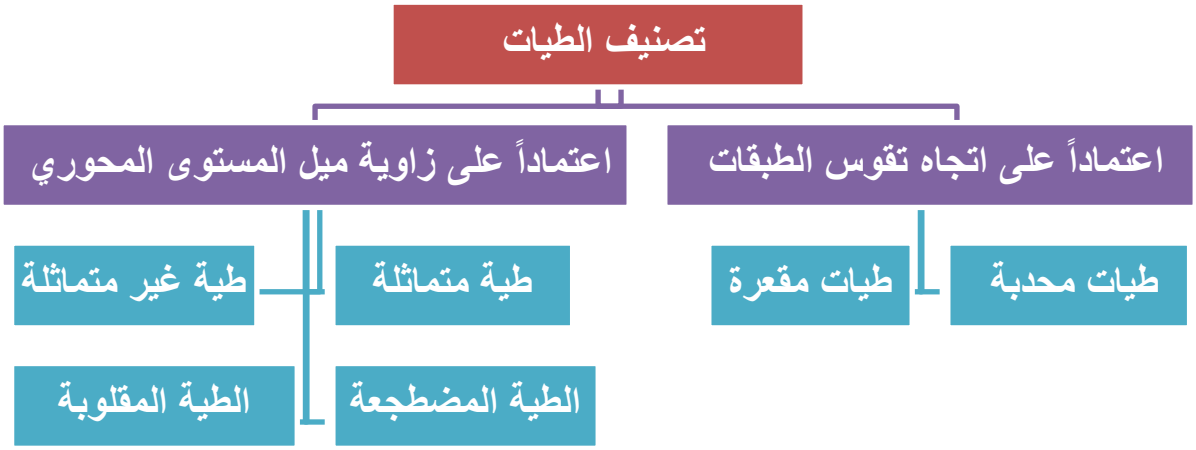
مستوى وهمي يمر في محور الطية، ويقسم الطيّة إلى نصفين، و قد يكون مائلا أو رأسيًا أو أفقياً.

٤- محور الطية:

يُعَدُّ محور الطية من المستوى المحوري، و هو الخط الذي تحدث عنده عملية الطي، و يحددُ أقصى تكور لطبقة ما في الطية.



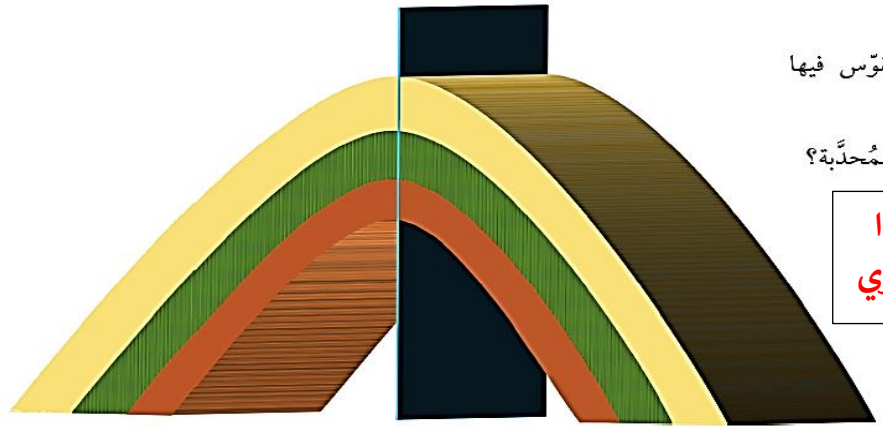
تصنيف الطيات Classification of Folds



اتجاه التقوس Curvature Direction

تقسم الطيّاتُ اعتمادًا على اتجاه تقوس الطبقات الصخرية فيها إلى نوعين هما :

1. **طياتٌ مُحدَّبةٌ** : **تتقوّس فيها الطبقات الصخرية نحو الأعلى، ويميل جناحاها بعيدا عن المستوى المحوري، و تكون الطبقات الأقدم في وسطها. أنظر الشكل (16).**

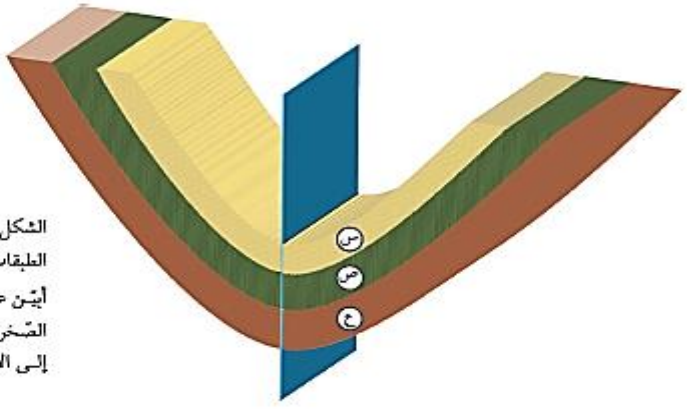


الشكل (16): طيّة مُحدَّبة تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأعلى.

أصف: كيف يميل جناحا الطيّة المُحدَّبة؟

يميل جناحاها بعيدا عن المستوى المحوري

2. **طيات مقعرة** : **تتقوس فيها الطبقات الصخرية نحو الأسفل، و يميل جناحاها نحو المستوى المحوري، و تكون الطبقات الصخرية الأحدث في وسطها. أنظر الشكل (17).**

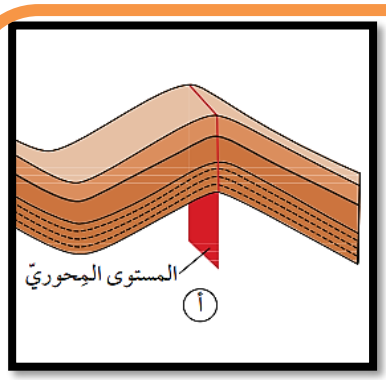


الشكل (17): طيّة مُقعَّرة تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأسفل.

أبيّن على الشكل ترتيب الطبقات الصّخريّة (س، ص، ع) من الأقدم إلى الأحدث.

(ع ، ص، س)

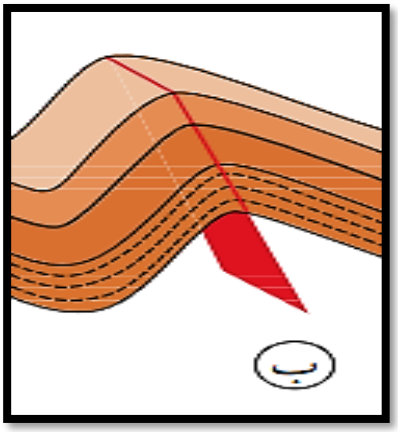
زاوية ميل المستوى المحوري Dip Angle of the Axial Plane



1. طيّةٌ مُتماثِلَةً : الطية التي يميل جناحاها بزاوية ميل متساوية على كلا الجانبين؛ سواء أكانت طيّةً مُحدَّبةً، أم طيّةٌ مُقعَرةً .
كيف يكون فيها المستوى المحوري ؟ عموديا على سطح الأرض.

كيف تتشكل مثل هذه الطيات ؟ عندما تتعرض الطبقات الصخرية لضغط متساوٍ على كلا الجانبين .

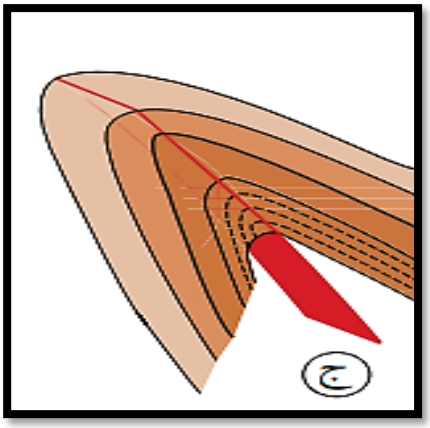
أنظر الشكل (18/ أ).



2. طيّةً غير متماثلة : الطية التي يميل كل جناح من جناحيها بزاوية ميل مختلفة عن الأخرى سواء أكانت طيّةً مُحدَّبَةً، أم طيّةً مُقعَرَةً .
كيف يكون فيها المستوى المحوري ؟ مائلا بزاوية أقل من 90 ؛ أي غير متعامد على سطح الأرض.

كيف تتشكل هذه الطية ؟ عندما تتعرض الطبقات الصخرية لضغط غير متساوٍ على كلا الجانبين.

أنظر الشكل (18/ ب).



3. الطية المقلوبة : الطية التي يميل جناحاها في الاتجاه نفسه، إذ تزيد زاوية ميل أحد جناحيها على 90°
كيف يكون فيها المستوى المحوري؟ مائلا عن المستوى العمودي

(وهو مستوى يصنع زاوية 900 مع المستوى الأفقي) بدرجة كبيرة.

كيف تكون الطبقات المكونة لأحد الجناحين ؟ مقلوبة.

أنظر الشكل (18/ج).

4. طيّةً مُضطَجِعةً : الطية التي يميل جناحاها في الاتجاه نفسه بصورة أفقية تقريبًا .
كيف يكون المستوى المحوري لهذه الطيّة ؟ أفقياً.

القبة و الحوض Dome and Basin

ينشأ عن الطيات المتماثلة بنوعيها؛ المُحدبة و المقعرة، تركيبان جيولوجيان، هما: القباب ، و الأحواض.

كيف ينشأ هذان التركيبان الجيولوجيان؟ وما الفرق بينهما؟

القبة Dome

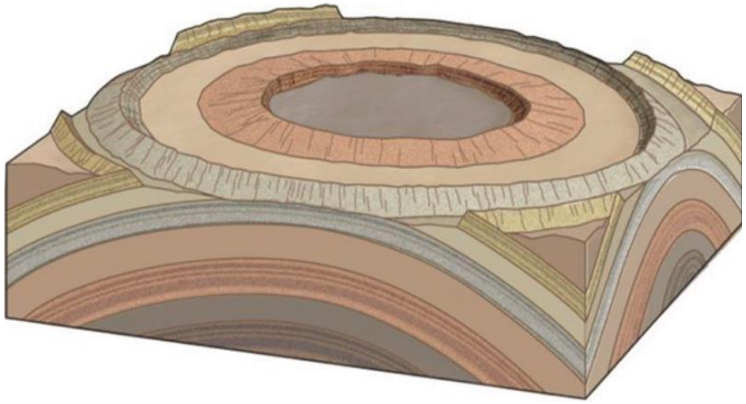
القبة : التركيب الجيولوجي الذي يمثل طية محدبة متماثلة تميل جميع طبقاتها بالدرجة نفسها وفي جميع الاتجاهات .

كيف ينتج هذا التركيب الجيولوجي ؟

نتيجة تأثير ضغط من الأسفل على الطبقات، مما يؤدي إلى تحدبها نحو الأعلى، وغالباً ما تتكوّن القباب بفعل اندفاع الماغما و تبريدها أسفل سطح الأرض، مما يؤدي إلى تحدب الطبقات التي تعلوها.

نتائج الحت و التعرية في القباب :

- **عندما تتعرض القباب إلى عمليات الحت و التعرية فإن الجزء العلوي من الطبقات يحدث له تعرية، فتظهر الطبقات المتكشفة على شكل دائري أو إهليجي .**
- **تكون الطبقات الأقدم في وسط القبة و الأحدث على الأطراف .**
- **تميل الطبقات في جميع الاتجاهات بعيدا عن مركز القبة، أنظر الشكل (20)، وتظهر شبيهة بالطية المحدبة في المقطع العرضي.**



الشكل (20): القبة طية محلية متماثلة في جميع الاتجاهات.

أحدد موقع الصخور الأحدث عمرا.

الأحدث على الأطراف

الحوض Basin

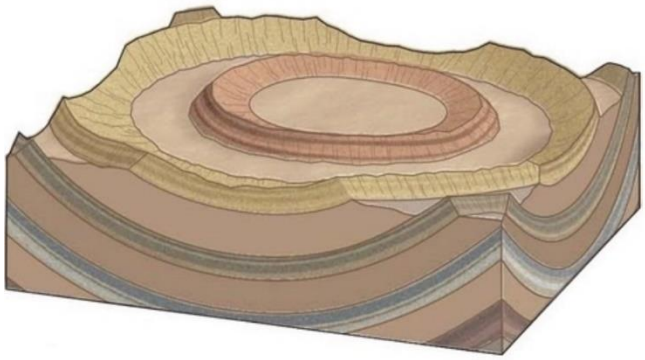
الحوض : التركيب الجيولوجي الذي يمثل طية مقعرة متماثلة تميل جميع طبقاتها بالدرجة نفسها وفي جميع الاتجاهات .

كيف ينتج هذا التركيب الجيولوجي ؟

ينتج من هبوط القشرة ا الأرضية نحو الأسفل لتتقعر، نتيجة ثقل الرواسب المتراكمة في منطقة ما من القشرة معطية شكل الحوض.

نتائج الحت و التعرية في الأحواض :

- عندما تتعرض الأحواض إلى عمليات الحت والتعرية و تحدث إزالة للطبقات العلوية فتظهر الطبقات المتكشفة، كما في القباب على شكل دائري أو إهليجي .
- الطبقات الأحدث تكون في وسط الحوض و الطبقات الأقدم تكون على الأطراف.
- تميل الطبقات في جميع الاتجاهات نحو مركز الحوض، أنظر الشكل (21)، وتظهر شبيهة بالطية المقعرة في المقطع العرضي.
- قد يتبادر إلى الذهن أن الطيات الكبيرة يجب أن تكون جبالا إذا كانت محدبة، و وديانا إذا كانت ،مقعرة، لكن العكس هو الصحيح غالباً، حيث إن : الطيات المحدبة ترتفع أولا على هيئة جبال، إلا أن تعرضها لعمليات التجوية والحت يؤدي إلى تأكلها بسرعة أكبر من الطيات المقعرة، مما يحولها في النهاية إلى وديان. ومن الأمثلة على ذلك: حوض البقعة في الأردن، الذي كان في الأصل قبة.



الشكل (21): الحوض طية مقعرة متماثلة في جميع الاتجاهات.

أحدد موقع الصخور الأقدم عمرا.

الطبقات الأقدم تكون على الأطراف.

افكر

السبب و النتيجة: لماذا تنتج عن القباب أحيانًا وديان و أحواض ؟

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أصنّف الطيّات اعتمادًا على اتجاه التقوس، وزاوية ميل المستوى المحوري.

تصنف الطيات اعتمادًا على اتجاه التقوس إلى : 1. طية محدبة 2. طية مقعرة.

تصنف الطية اعتمادًا على زاوية ميل المستوى المحوري إلى :

1. طية متماثلة 2. طية غير متماثلة 3. طية مقلوبة 4. طية مضطجعة

2. أوضح المقصود بكل من الطيّة، و جناح الطيّة، و محور الطيّة.

الطيّة: أحد التراكيب الجيولوجيّة التي تنشأ في الصخور اللدنة نتيجة تعرّضها غالبًا لإجهاد الضّغط ، إذ تنثني الطبقات الصخريّة، و تتقوّس دون أن تتكسّر، و تميل باتجاهين متعاكسين.

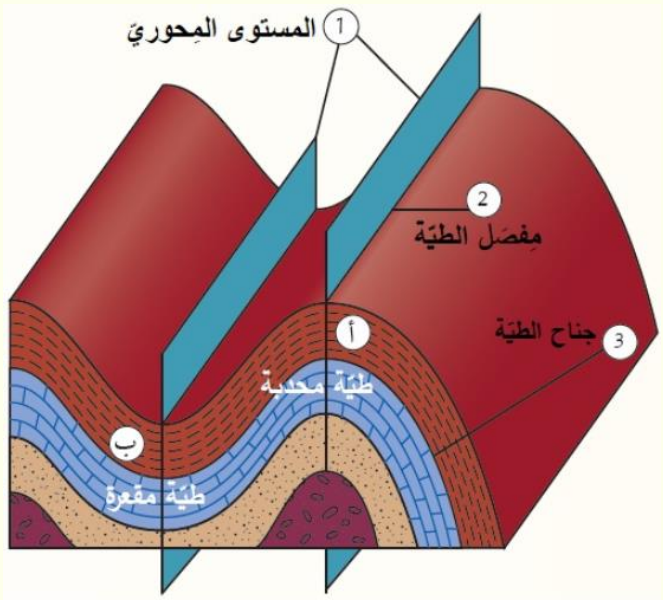
جناح الطيّة : أحد جانبي الطيّة، وللطيّة جناحان اثنان مكوّنان من طبقات مائلة يلتقيان عند محور الطيّة، وغالبًا ما يميل جناحا الطيّة في اتجاهين مختلفين.

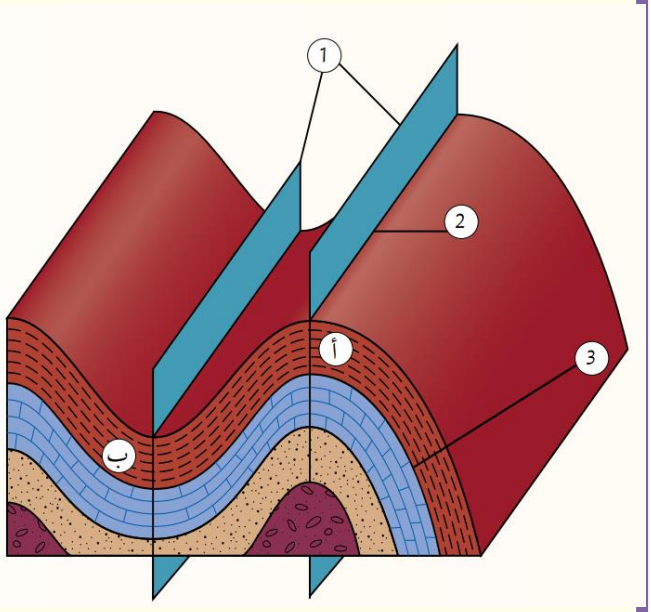
محور الطيّة: وهو الخط الذي تحدث عليه عمليّة الطيّ. ويحدّد أقصى تكوُّر لطبقة ما في الطيّة، و ينطبق على خط المفصل ويعد خطًا من المستوى المحوري .

3. أدرس الشكل الآتي جيّدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

أ. أحدّد على الرّسم الأجزاء المشار إليها بالأرقام (1، 2، 3) .

ب. أصنف الطيّتين (أ، ب) اعتمادًا على اتجاه التقوس.

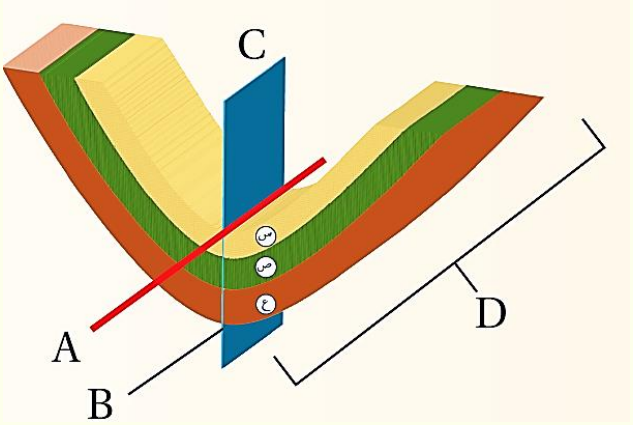




ج. أستنتج : أين تقع الطبقات الأقدم و الأحدث في كل من الطيتين (أ، ب)؟
الطية (أ) / محدبة : تقع الطبقات القديمة في مركزها.
الطية (ب) / مقعرة : تقع الطبقات الحديثة في مركزها.
د. أصف : كيف يميل جناحا الطيّة (ب) نسبة إلى المستوى المحوري.
يميل جناحا الطيّة في الطيّة (ب) نحو المستوى المحوري.
هـ. أحدّد نوع الإجهاد الذي سبب تشكل كل من الطيتين (أ، ب).
كلتا الطيتين المقعرة والمحدبة ناتجة عن إجهاد ضغط.
و. أتوقع نوع الصدع المتكون في صخور القشرة الأرضية إذا رافق عمليّةً طَيَ الصخور صَدْعٌ.
صدع عكسي لأنه ينتج من إجهاد ضغط.

5. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

أدرس الشكل الآتي الذي يمثل إحدى الطيات، ثم أجيب عن الأسئلة (1-5):



1 يشير الرمز (D) في الشكل إلى:
أ. محور الطية ب. المستوى المحوري.
ج جناح الطية. د. مفصل الطية.

2. يشير الرمز (C) في الشكل إلى:
أ. محور الطية. ب. المستوى المحوري.
ج. جناح العلية. د. مفصل الطية.

3. تصنف الطية في الشكل بحسب اتجاه التقوس و زاوية ميل المستوى المحوري إلى طية:
ا. مقعرة و متماثلة. ب .محدبة و متماثلة.
ج .مقعرة وغير متماثلة. د. مقعرة وغير متماثلة.

4. في الشكل السابق تعرّضت الطية إلى ضغط :
أ . متساو على كلا الجانبين.
ب .غير متساو على كلا الجانبين.
ج. غير متساو على كلا الجانبين وأحد جناحيها مقلوب.
د . متساو على كلا الجانبين وأحد جناحيها مقلوب.

5. إذا تعرضت الطية الظاهرة في الشكل إلى قوى ضغط بحيث أصبح جناحاها يميلان في الاتجاه نفسه بصورة أفقية تقريبا، و أصبح المستوى المحوري لها أفقيا، فإنها تصنف بحسب زاوية ميل المستوى المحوري إلى طية:

أ مقعرة. ب محدبة. ج . مضطجعة. د. مقلوبة.

الإثراء والتوسّع

الجيولوجيا الهندسيّة
Engineering Geology

تُعرَفُ الجيولوجيا الهندسيّةُ بأنها تطبيق عمليّ لعِلم الجيولوجيا في مجال الهندسة. وفيها تؤخَذ 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 بصورة رئيسة في عمليّة اختيار مواقع السّدود، والمستودَعات، والمطارات، والأنفاق وغيرها من المشاريع الهندسيّة الكبيرة. إذ إن وجود الطيّات والصُّدوع في الطبقات الصّخريّة غيرُ مرغوبٍ فيه 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 .

ما هي الجيولوجيا الهندسية؟

تطبيق عملي لعلم الجيولوجيا في مجال الهندسة و فيها تؤخذ العوامل الجيولوجيّة بعين الأهمية و التركيز عليها في الأعمال الهندسية المختلفة .

على ماذا تؤثر الجيولوجيا الهندسية؟

1. **اختيار الموقع، وعملية تصميم البناء، ومرحلة البناء، وكيفية تشغيل المنشأ بعد بنائه.**
2. **تؤثر التراكيب الجيولوجية في المشاريع الهندسية المشيدة فوقها، وتتحكم بصورة رئيسة في عملية اختيار مواقع السدود و المستودعات و المطارات، و الأنفاق وغيرها من المشاريع الهندسية الكبيرة**

علل : وجود الطيات والصدوع غير مرغوب فيه من الناحية الهندسية؟

لأنه يضعف قابلية التحمل للطبقات الصخرية خصوصا عند إقامة المشاريع الكبيرة مثل السدود التي تسلط أحمال كبيرة على الأساسات تحتها، ثم في النهاية، فإنها تعمل على تفتيت الصخور؛ وبذلك تؤثر في المنشأت المقامة فوقها.

مراجعة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. تُسمّى الانثناءاتُ الناتجة من تعرض الطبقات الصخرية لإجهاد الضغط

أ) الصُّدوع العادية. ب)الطيات.

ج) الكتل الاندفاعية. د) الأحواض الخسفية.

2. الصُّدوع الناتجة من حركة الجدار المعلق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدم؛ هي صُدوع :

أ) عادية ب) عكسية. ج) درجيّة. د) خَسْفية.

3. تُسمّى الطية التي يكون فيها المستوى المحوري أفقيا الطية :

أ) المقلوبة. ب) المضطجعة. ج المتماثلة. د) غير المتماثلة

4. أحَدُ التراكيب الجيولوجية الآتية ينتج بفعل إجهادات الشد:

أ) الطيّة المُحدبة ب) الطيّة المُقعرة.

ج)الصدع العادي. د) الصدع العكسي.

5 تُسمّى الطيّة التي يميل جناحاها بزاوية ميل متساوية على كلا الجانبين، سواء أكانت طيّةً مُحدَّبةً أم طيّةً مُقعَّرَةً، طية :

أ) متماثلة. ب غير متماثلة. ج) مقلوبة د) مضطجعة.

6. التركيب الجيولوجي الذي يمثله الشكل الآتي هو :

أ) صَدْع عادِي ب) صَدْعُ عكسِيٌّ.

ج) طيّةٌ مُحدبة د) طيّةٌ مُقعرة.

7. الطية التي يكون فيها المستوى المحوري مائلا ويميل جناحاها في الاتجاه نفسه، وتزيد زاوية ميل أحد جناحيها على 90، وتكون الطبقات الأحدث في وسطها هي الطية:

أ . المحدبة. ب المتماثلة. ج. المضطجعة. د . المقلوبة.

8. الصدوع التي تتكرر فيها الطبقات الصخرية رأسياً مع العمق هي الصدوع :

أ . العادية. ب .العكسية. ج .الجانبية. د . التحويلية.

9. التركيب الجيولوجي الذي ينتج عن إجهاد القص هو :

أ . الصدع العادي. ب. الطية المحدبة. ج. الصدع الجانبي. د . الطية المقعرة.

10. تتشكل الأحواض الخسفية عندما تتعرض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى:

أ. إحداث صدعين عاديين متقابلين، تبرز الكتل الصخرية فيما بينهما.

ب. إحداث صدعين عكسيين متقابلين، تبرز الكتل الصخرية فيما بينهما.

ج إحداث صدعين عكسيين متقابلين، تهبط الكتل الصخرية فيما بينهما.

د . إحداث صدعين عاديين متقابلين، تهبط الكتل الصخرية فيما بينهما.

11. الخط الذي تحدث عنده عملية الطي، و يحدد أقصى تكور لطبقة ما في الطية هو :

أ . المستوى المحوري. ب. محور الطية. ج .مفصل الطية. د . جناح الطية.

12. . تسمى الطية التي تتقوس فيها الطبقات الصخرية نحو الأعلى، و يميل جناحاها بعيدا عن المستوى المحوري، و تكون الطبقات الأقدم في وسطها، الطية:

1 - المقلوبة. ب. المضطجعة. ج. المقعرة. د . المحدبة.

السؤال الثاني: أملأ الفراغ في ما يأتي بما هو مناسب من المصطلحات:

1 تُسمّى الطيّة التي يميل جناحاها بزاوية ميل غير متساوية على كلا الجانبين سواء أكانت طيّةً مُحدَّبَةً أم طيّة مُقَعَّرَةً .....

2. الخط الوهمي الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكوّر (انحناء) للطيّة هو .....

3. تتكوّن الطيّة من مجموعة من الأجزاء منها:.....،.....،.....

4. تُسمّى الكتلة الصخرية التي تقع أسفل مستوى الصدع : .....

5. أحد أنواع الصُّدوع الذي تتحرك فيه الكتلتان الصخريتان بصورة أفقية نسبة إلى بعضها بعضا:.....

6. يعتمد تشوه الصخور على مجموعة من العوامل منها : ..... ، .....

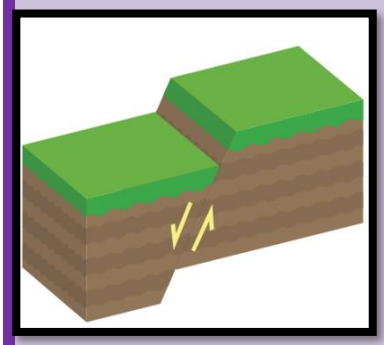
السؤال الثالث : أصف: كيف يؤثر إجهادُ الشَّد في الصخور الهشة؟

السؤال الرابع: أناقش كيف تتكوّن الكُتل الاندفاعية؟

السؤال الخامس: أقارن بين إجهادي الضغط والشد من حيث اتجاه القوة المؤثرة في الصخر.

السؤال السادس : أقارن بين موقع الجدار القدم، و الجدار المعلّق في كل من الصدعين: العادي ، و العكسي.

السؤال السابع: أدرس الشكل الآتي الذي يبين أحد أنواع الصُّدوع ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



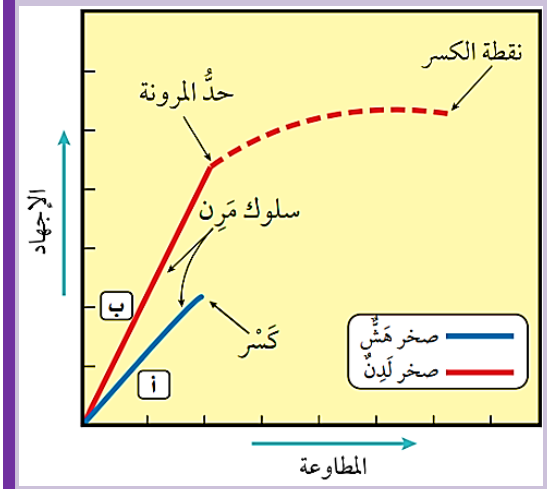
أ) أحدّد على الشكل أجزاء الصدع.

ب أبين نوع الإجهاد الذي أدى إلى تكون الصدع.

ج) أستنتج نوع الصدع.

د) أتوقع: هل يؤدي هذا النوع من الصُّدوع إلى تكرار بعض الطبقات الصخرية؟

السؤال الثامن: أدرس الشكل الآتي الذي يبيّن العلاقة بين الإجهاد والمطاوعة لصخور هشَةٍ، وأخرى لدنة. ثم أجيب عما يليه:



أ) أصف العلاقة بين الإجهاد والمُطاوعة.

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

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

د) أذكر مثالا على نوع كل من: الصخر (أ)، والصخر (ب).

السؤال التاسع:

أتوقع: هل يمكن أن تتشكل الطيات في الصخورالهشة؟ لماذا ؟

السؤال العاشر:

أبين متى توصَفُ الطيّاتُ بأنها متماثلة، ومتى توصف بأنها غير متماثلة؟

السؤال الحادي عشر

أقارن بين القبة و الحوض من حيث: ميل الطبقات في كلّ منهما، و حداثتها.

إجابات مراجعة الوحدة

السؤال الأول :

رقم السؤال	1	2	3	4	5	6
رمز الإجابة	ب	ب	ب	ج	أ	أ

السؤال الثاني:

1. طية غير متماثلة.
2. مفصل الطية .
3. جناح الطية ، مفصل الطية ، المستوى المحوري.
4. جدار قدم .
5. صدع جانبي .
6. الزمن ، درجة الحرارة.

السؤال الثالث:

اتساع و تقليل السمك في الوسط و انتفاخ الأطراف في الصخور .

السؤال الرابع:

عندما تتعرض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى إحداث صدعين عاديين متقابلين تبرز الكتل الصخرية بينهما للأعلى عندما تهبط الكتل الصخرية على جانبيها للأسفل .

السؤال الخامس:

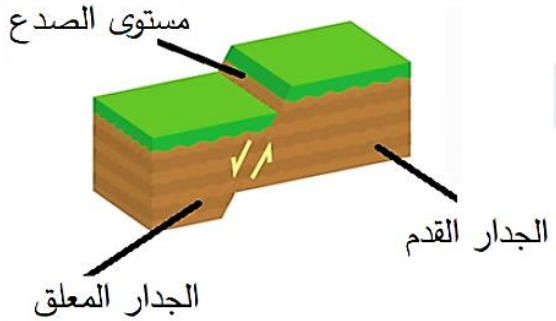
إجهاد الشد : قوتان متعاكستان **متباعدتان عن الجسم** الصخري تؤثران في مستوى واحد .

إجهاد الضغط : قوتان متعاكستان **باتجاه الجسم الصخري** تؤثران في مستوى واحد.

السؤال السادس:

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

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



السؤال السابع:

أ-

ب - إجهاد شد

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

د- لا يوجد تكرار في الطبقات في هذا النوع من الصدوع.

السؤال الثامن :

أ- كلما زاد الإجهاد زادت مطاوعة الصخر
ب حد المرونة: وهو الحد الذي لا يمكن للصخور بعده أن تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل تأثرها بالإجهاد.

ج) الصخر (أ) : يسلك سلوكا مرنا قبل حد المرونة وبعدها ينكسر ويسمى سلوكه سلوكا هشا.

الصخر (ب): يسلك سلوكا مرنا قبل حد المرونة وبعدها ينثني و بزيادة الإجهاد المسلط عليه ينكسر و يسمى سلوكه سلوكا لدنا .

د) مثال على (أ) : صخر الصوان.

مثال على الصخر (ب): الصخر الطيني.

السؤال التاسع:

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

السؤال العاشر:

توصف الطية بأنها طية متماثلة : عندما يميل جناحا الطية بزاوية ميل متساوية على كلا الجانبين؛ سواء أكانت طية محدبة ، أم طيّة مقعرة ويكون فيها المستوى المحوري عموديا على سطح الأرض.

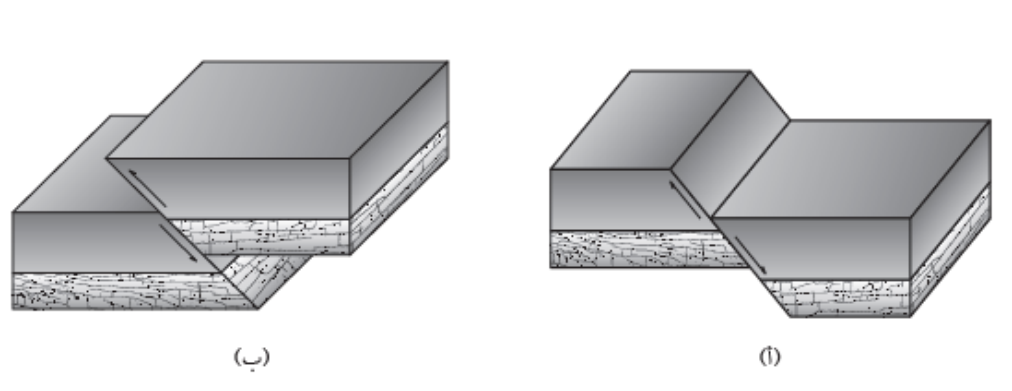
توصف الطية بأنها طية غير متماثلة : عندما يميل كل جناح من جناحي الطية **بزاوية ميل مختلفة عن الأخرى** سواء أكانت طيّة محدبة ، أم طيّة مقعرة و يكون فيها المستوى المحوري **مائلا بزاوية أقل 90** أي غير متعامد على سطح من الأرض .

السؤال الحادي عشر :

وجه المقارنة	القبة	الحوض
ميل الطبقات	تميل الطبقات في جميع الاتجاهات بعيدا عن مركز القبة	تميل الطبقات في جميع الاتجاهات نحو مركز الحوض
مكان وجود الأحدث	الطبقات الأقدم في وسط القبة و الأحدث على الأطراف	الطبقات الأحدث تكون في وسط الحوض و الأقدم تكون على الأطراف

أسئلة مثيرة للتفكير

السؤال الأول: أدرس الشكل الآتي الذي يبين صدعين (أ، ب)، ثم أجيب عن السؤالين (21).



1. أحدد نوع كل من الصدع (أ، ب).

أ. صدع عادي ب. صدع عكسي .

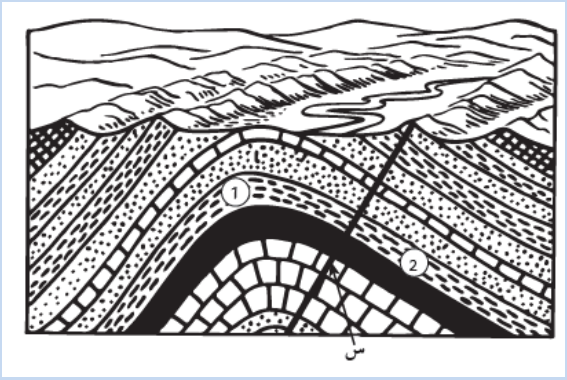
2. أتوقع: كيف تؤثر أنواع الصدوع المختلفة في مساحة القشرة الأرضية؟

الصدوع العادية تزيد من مساحة القشرة الأرضية .

الصدوع العكسية تقلل من مساحة القشرة .

السؤال الثاني:

أدرس الشكل الآتي الذي يمثل أحد التراكيب الجيولوجية، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه (أ، ب، ج)



أ . أحدّد نوع التركيب الجيولوجي في الشكل.

طية محدبة

ب . أستنتج نوع الصدع عند حدوثه في صخور القشرة الأرضية على طول الخط (س) إذا علمت أنه رافق عملية الطي، وأعلل ذلك.

صدع عكسي ؛ لأن الطيات المحدبة تتكون عند تعرض الصخور لإجهاد ضغط الذي يتسبب في حدوث الصدوع العكسية أيضا.

ج. أصف حركة الكتلة الصخرية (1) نسبةً للكتلة الصخرية (2) بعد حدوث الصدع على طول مستوى الصدع المرافق للطي.

ستمثل الكتلة (1) الجدار المعلق لأنها تقع فوق مستوى الصدع وستمثل الكتلة الصخرية (2) الجدار القدم لأنها تقع تحت مستوى الصدع و بما أن الصدع المتشكل هو صدع عكسي فسوف تتحرك الكتلة الصخرية (1) فوق مستوى الصدع إلى الأعلى نسبة للكتلة الصخرية (2).

السؤال الثالث: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. يكون المستوى المحوري في الطية غير المتماثلة مائلا بزاوية:

أ. 0^0 ب. 90° ج. أكبر من 90 د. أقل من 90^0

2. تتشكل الصدوع الدرجية عندما تتعرض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى إحداث:

أ. مجموعة من الصدوع العادية المتوازية. ب صدعين عاديين متقابلين

ج مجموعة من الصدوع العكسية المتقابلة. د. صدعين عكسيين متقابلين

3. يُعد صدع البحر الميت التحويلي من الصدوع :

أ. العادية. ب. التحويلية. ج العكسية. د الدرجية.

4 نوع الإجهاد الذي يؤدي إلى تشكل الطيات:

أ. الشد. ب. القص. ج. الضغط. د. الشد أو الضغط.

5. تسمى القوة المؤثرة في وحدة المساحة من الصخر:

ا. التشوه. ب الإجهاد. ج المطاوعة. د. التراكيب الجيولوجية.

6. يسمى الحد الذي لا يمكن للصخور بعد تجاوزه أن تعود إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه حد:

أ. المرونة ب الإجهاد. ج الهشاشة. د. اللدونة.

7. أي من العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بمفهوم التشوه اللدن؟

أ. يحدث فيه كسر للصخور.

ب من الأمثلة عليه تشوه صخر البازلت.

ج. يحدث عند تجاوز الإجهاد حد المرونة.

د. تعود الصخور فيه إلى وضعها الأصلي بعد زوال الإجهاد عنها.

8- يسمى الإجهاد الذي يتكون نتيجة تأثير قوتين متعاكستين تتحركان بصورة متوازية في الجسم الصخري وتؤثران في مستويين مختلفين :

أ. القص. ب الشد. ج الضغط د. التوتر.

9. عندما تتعرض طبقات من صخور لدنة لإجهاد ضغط فإنه يحدث لها:

أ . كسر، و يتحرك جزء من الطبقات إلى الأعلى.

ب. اتساع، و يقل سمك الطبقات في وسطها.

ج. طي للطبقات إلى الأعلى أو إلى الأسفل.

د. كسر و حركة جانبية للطبقات.

10. أي من التراكيب الجيولوجية الآتية يُحتمل أن يتشكل عندما تتعرض صخور هشة موجودة في أعماق كبيرة في باطن الأرض لإجهاد ضغط ؟

أ. صدع عادي. ب. صدع عكسي. ج. فاصل (شق). د. طية

11. التركيب الجيولوجي الذي تتكرر فيه الطبقات الصخرية مع العمق، هو:

أ . الصدع الجانبي. ب الصدع العادي. ج. الصدع العكسي. د. الصدوع الدرجية.

12. من أنظمة الصدوع التي تتشكل عندما تتعرض صخور القشرة الأرضية لقوى شد تؤدي إلى إحداث مجموعة من الصدوع العادية المتوازية:

1 . الصدوع العكسية. ب. الصدوع الدرجية. ج. الأحواض الخسفية د. الكتل الاندفاعية.

13. عندما تتعرض الصخور الطينية لإجهاد يتجاوز حد المرونة فإنها:

أ. تنكسر مباشرة

ب. تعود إلى شكلها الأصلي.

ج تصبح هشة.

د . يتغير شكلها و حجمها من دون أن تنكسر مباشرة.

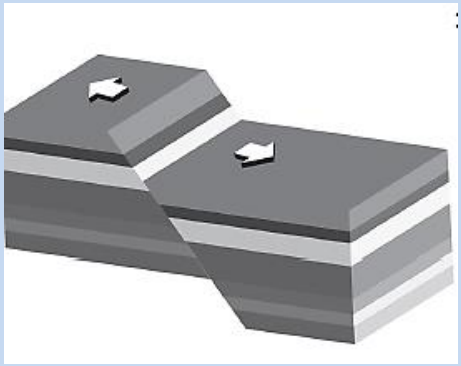
14. الوحدة المستخدمة لقياس الإجهاد المؤثر في الصخور هي:

أ. (N). ب . (m^2) ج.(N/m) د ..(m^2/N)

15. أي أزواج الصخور الآتية تعد مثالا على الصخور الهشة؟

أ . الغضار - البازلت. ب. البازلت - الطين. ج البازلت - الصوان. د. الصوان- الغضار.

16. يظهر الشكل المجاور أحد التراكيب الجيولوجية الناتجة عن إجهاد:



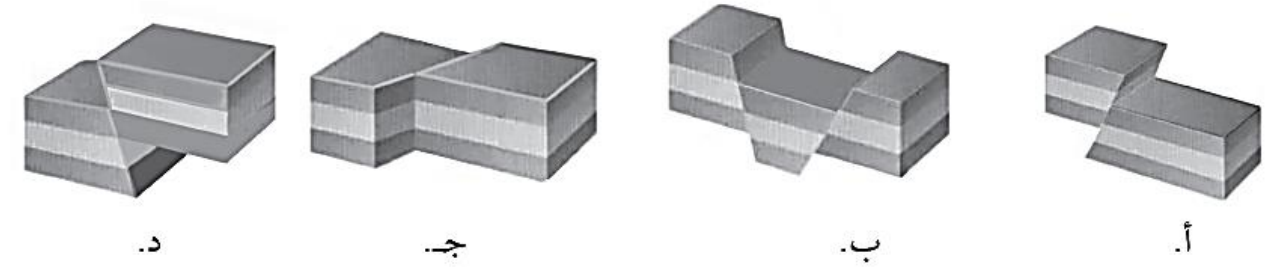
أ. قص مؤثرا في صخور هشة.

ب شد مؤثرا في صخور لدنة.

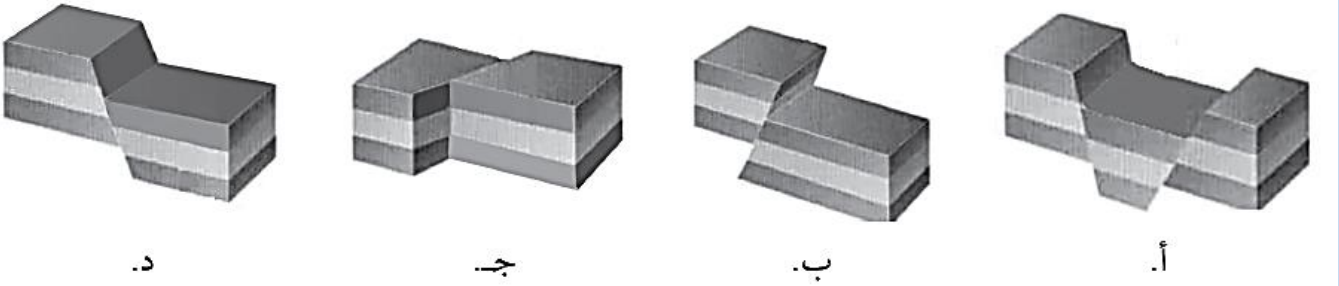
ج شد مؤثرا في صخور هشة.

د. ضغط مؤثرا في صخور هشة.

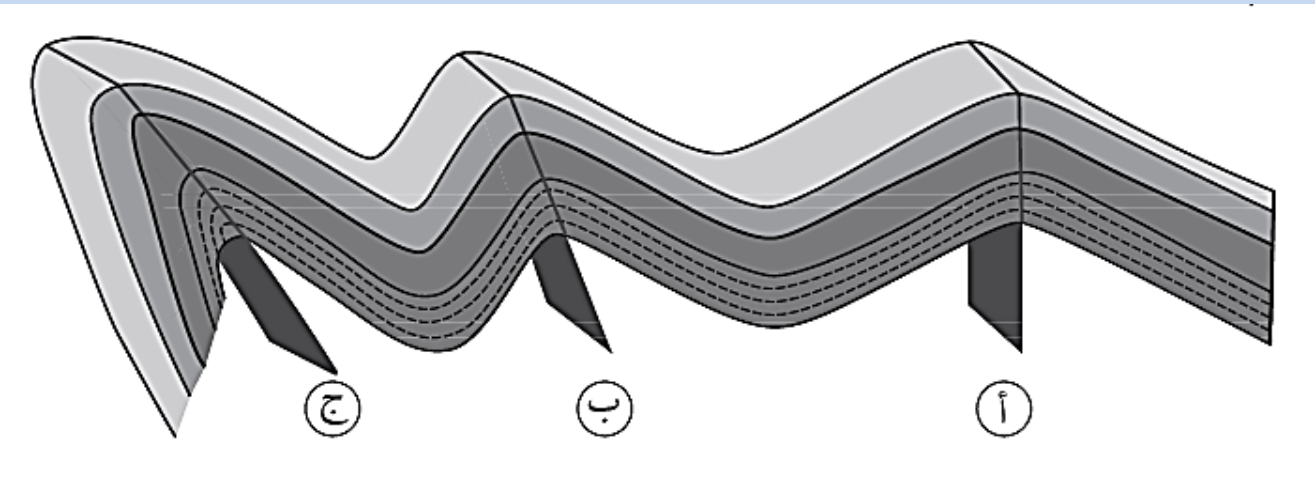
17. أي المظاهر الجيولوجية الآتية ناتج من إجهاد شد في أحد الصخور الهشة؟



18. . أحد المظاهر الجيولوجية الآتية ينتج من إجهاد ضغط، وهو:



يمثل الشكل الآتي مجموعة من الطيات المختلفة في زاوية ميل مستواها المحوري. أدرسه، ثم أجيب عن الأسئلة 19، 20، 21) بعده.



19. تصنف الطية (ج) اعتمادًا على ميل مستواها المحوري إلى طية:

ا . محدبة. ب متماثلة. ج مقلوبة. د. مضطجعة.

20. إذا علمت أن الطية (أ) هي طية متماثلة، فهذا يعني أنه:

أ . تتقوس فيها الطبقات الصخرية نحو الأعلى.

ب. المستوى المحوري فيها عموديا على سطح الأرض.

ج يميل كل جناح من جناحيها بزاوية ميل مختلفة عن الأخرى.

د. تتعرض الطبقات الصخرية لضغط غير متساو على كلا الجانبين.

21. إحدى العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بالطية (ب) وهي:

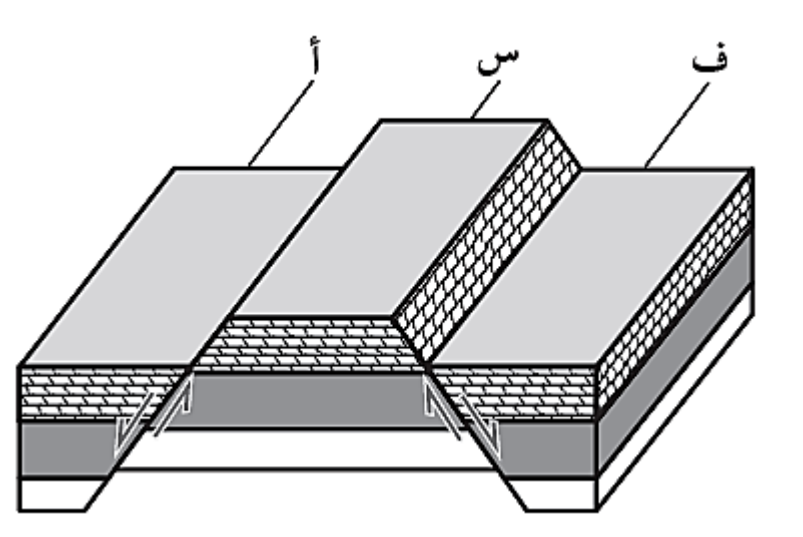
أ . تزيد زاوية قبيل أحد جناحيها على 90^0.

ب. الصخور الأحدث عمرا تقع في مركزها.

ج .مستواها المحوري عمودي على سطح الأرض.

د . تعرّضت الصخور فيها لقوى غير متساوية على كلا الجانبين.

يمثل الشكل الآتي أحد التراكيب الجيولوجية. أدرسه جيدا، ثم أجيب عن الأسئلة (24، 23، 22) بعده.



22. تسمى الكتلة الصخرية (س) في الشكل:

أ. جدارًا معلقا. ب حوضا خسفياً. ج مستوى الصدع. د. كتلة اندفاعية.

23. ينتج التركيب الجيولوجي في الشكل بسبب قوى:

أ. شد ادت إلى إحداث صدعين عاديين متوازيين.

ب شد ادت إلى إحداث صدعين عاديين متقابلين.

ج. ضغط أدت إلى إحداث صدعين عكسين متوازيين.

د . ضغط أدت إلى إحداث صدعين عاديين متقابلين.

24. تتشابه الكتلتان الصخريتان (ف، أ) بأن كليهما:

ا . جدار قدم. ب. تقعان أسفل مستوى الصدع.

ج جدار معلق. د. كتل اندفاعية.

25. يُعد غور الأردن مثالا على أحد أنظمة الصدوع، وهو:

1. الصدوع الدرجية. ب. الصدوع العكسية.

ج الأحواض الخسفية. د. الكتل الاندفاعية.