علوم الأرض و البيئة

الوحدة السابعة: تاريخ الأرض

الصف الثاني عشر / المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

الدرس الأول: التأريخ النسبي للصخور

الدرس الثاني: التأريخ المطلق للصخور

الدرس الثالث: جيولوجية الأردن

إعداد المعلمة: مي سميح صلاح

أتأمل الصورة :

تمكن علماء الجيولوجيا من تعرف تاريخ الأرض، وفهم العمليات والأحداث الجيولوجية التي مرت بها باتباع مجموعة من المبادئ والطرائق. فما هذه المبادئ والطرائق؟

الأحداث الجيولوجية التي مرّت بها باستخدام مبادئ عديدة، مثل: مبدأ النسقية الذي يبين أن الحاضر مفتاح الماضي، وأن جميع الأحداث الجيولوجية التي حدثت في الماضي تمت بالطريقة نفسها التي تحدث بها في الوقت الحالي، ومبادئ التأريخ النسبي التي يتم بالاعتماد عليها ترتيب الأحداث الجيولوجية والصخور من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها بعضًا، مثل: مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ القاطع والمقطوع ، كما يمكن معرفة أعمار الصخور باستخدام طرائق التأريخ الإشعاعي المختلفة.

الفكرة العامة:

تشبه الصخور - على اختلاف أنواعها - كتابا يكشف لنا تاريخ الأرض عبر ملايين السنين، والأحداث الجيولوجية التي مرت بها.

الدرس الأول: التاريخ النسبي للصخور.	الدرس الثاني: التاريخ المطلق للصخور	الدرس الثالث: جيولوجية الأردن
الفكرة الرئيسة : يستخدم العلماء مبادئ التأريخ النسبي في ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها.	**الفكرة الرئيسة :** يستخدم التأريخ المطلق في تحديد أعمار الصخور بدقة (بالسنوات)، ثم تحديد عمر الأرض.	**الفكرة الرئيسة :** تمتاز جيولوجية الأردن بتكشف أنواع مختلفة من الصخور على سطح الأرض منذ حقبة ما قبل الكامبري حتى اليوم، وباحتوائها العديد من الموارد المعدنية.

تجربة استهلالية

أهمية الأحافير في التتابعات الطبقية

توجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على هيئة طبقات متتالية، ويمكن أن يحتوي العديد منها أحافير محددة. فكيف تتكون الأحافير؟ وما فائدة الأحافير في دراسة تلك الطبقات؟

المواد والأدوات:

وعاء بلاستيكي سعته 1L / 250 ml ماء / 100 ml ملح / قطعة إسفنج / 500ml رمل.

إرشادات السلامة

- **توخي الحذر عند سكب المواد في الوعاء البلاستيكي.**
- **غسل اليدين بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.**

خطوات العمل:

1. **أسكب 250ml من الرمل في الوعاء البلاستيكي.**
2. **أضع القطعة الإسفنجية في الوعاء البلاستيكي، ثم أسكب فوقها 250 ml من الرمل بحيث تتشكل طبقة رملية تحوي بداخلها قطعة الإسفنج.**
3. **أسكب 250ml من الماء الدافئ في كوب سعته 500 ml.**
4. **أقيس 100ml من الملح ثم أضيف الملح إلى الماء و أحركهما جيدا حتى يذوب الملح.**
5. **أسكب المحلول الملحي فوق الرمل في الوعاء البلاستيكي، ثم أغطي الوعاء البلاستيكي بشبك و أضعه تحت أشعة الشمس مدة أسبوع.**
6. **استخرج قطعة الإسفنج من الرمل.**

التحليل والاستنتاج:

1 أصف ماذا حدث لقطعة الإسفنج.

أصبحت قطعة الاسفنج قاسية وذلك بسبب تبخر الماء من المحلول الملحي الموجود في مسامات الاسفنج عند وضع الوعاء تحت أشعة الشمس، حيث ترسبت بلورات الملح في المسامات قطعة الموجودة فيها.

2 أقارن بين تصلب قطعة الإسفنج وتشكل الأحافير في الصخور.

ما حدث لقطعة الاسفنج يشبه تشكل الأحافير، حيث أصبحت قطعة الاسفنج أكثر قساوة، لأن الرواسب الملحية ملأت المسامات فيها، وبالمثل تتكون الأحافير بعدة طرق منها عندما تملأ الرواسب الفراغات الموجودة في بقايا الكائن الحي بعد موته.

3 أقارن بين عمر طبقة الرمل وعمر الأحفورة التي شكلتها باستخدام قطعة الإسفنج.

عمر الأحفورة يماثل عمر طبقة الرمل التي وجدت فيها.

4 أستنتج: إذا تم وضع طبقة أخرى من الرمل فوق الطبقة الأولى، أي الطبقتين هي الأحدث؟

الطبقة التي تم إضافتها أحدث من الطبقة الأولى.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التاريخ النسبي للصخور
Relative Dating of Rocks

الفكرة الرئيسة

يستخدم العلماء مبادئ التاريخ النسبي في ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها.

مبادئ التاريخ النسبي Principles of Relative Dating

التأريخ النسبي Relative Dating : ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرت بسطح الأرض ترتيبا زمنياً من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها دون إعطائها عمرا محددا.

وقد استخدم العلماء مبادئ عدة لتأريخ العمر النسبي، وتقدير الأحداث الجيولوجية.

مبدأ التعاقب الطبقي Principle of Superposition

- كيف يتشكل التعاقب الطبقي ؟
  - تتكون الصخور الرسوبية في بيئات ترسيبية متنوعة، قد تكون بحرية أو قارية، و تحكمها ظروف ترسيبية تتحكم في نوع الطبقة الناتجة ومكوناتها.
  - و بتغير هذه الظروف، ينتهي ترسيب طبقة، و يبدأ ترسيب طبقة أخرى تعقبها من دون انقطاع زمني في عملية الترسيب و باستمرار عملية الترسيب.
  - و تغير الظروف الترسيبية (مثل: درجة الحموضة، ودرجة الحرارة)، تتراكم العديد من الطبقات الرسوبية بعضها فوق بعض بشكل متواز مكونة ما يسمى التعاقب الطبقي.

التعاقب الطبقي Superposition : مجموعة الطبقات الصخرية التي تترسب بعضها فوق بعض بشكل متواز نتيجة للتغير ظروف الترسيب، ومن دون انقطاع زمني في عملية الترسيب، ويمكن دراسة هذه الطبقات ميدانيا أينما تتكشف، انظر الشكل (1) الذي يبين تعاقبا طبقيا.

الشكل (1): طبقات رسوبية متعاقبة، تحوي صخورًا قديمة في الأسفل وصخورًا أحدثَ في الأعلى.

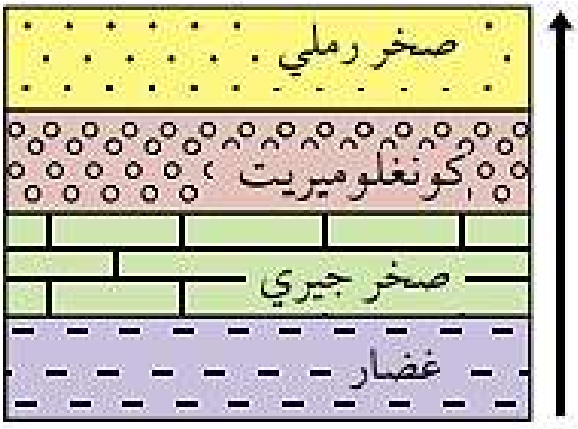
كيف تتعاقب الصخور الرسوبية ؟

في أحواض الترسيب على هيئة طبقات أفقية وفقا لمبدأ التعاقب الطبقي

من العالم الذي وضع مبدأ التعاقب الطبقي؟ العالم الإيطالي ستينو Steno

اذكر نص مبدأ التعاقب الطبقي؟

"كل مجموعة من الطبقات الصخرية المتعاقبة تكون فيها الطبقة السفلى هي الأقدم، والطبقة العليا هي الأحدث ما لم تتعرض هذه الطبقات لقوى تغير تعاقبها الأصلي "



الشكل (2): تعاقب طبقي.

❖ وفق هذا المبدأ، يستطيع الجيولوجي في الميدان تأريخ الصخور الرسوبية تأريخا نسبيا، وبذلك تكون كل طبقة أحدث من الطبقة التي تقع أسفلها، وأقدم من الطبقة التي تعلوها ، شرط أن تكون هذه الطبقات قد حافظت على وضعها الأفقي الأصلي، أو تعرضت لتغيير بسيط في الميل أو الاتجاه، كما هو الحال في الطبقات الصخرية ذات التراكيب الجيولوجية البسيطة التي لم تتأثر بحركات تكتونية عنيفة تسببت في تغيير وضعها الأصلي، أنظر الشكل (2) الذي يبين طبقات رسوبية متعاقبة. وينطبق هذا المبدأ أيضا على الطفوح البركانية.

أرتب الطبقات الصخرية في التعاقب الطبقي من الأقدم إلى الأحدث: غضار ، صخر جيري، كونغلوميريت، صخر رملي

❖ **أما إذا كانت الطبقات الصخرية قد تعرضت لحركات تكتونية عنيفة أدت إلى طيها ثم قلبها، فلا يمكن تطبيق مبدأ التعاقب الطبقي عليها لترتيبها من الأقدم إلى الأحدث، بسبب تغير ترتيب تعاقبها الأصلي، إذ تكون أقدم الطبقات فوق أحدثها .**

أنظر الشكل (3) الذي بين طبقات رسوبية مقلوبة.

الشكل (3): طبقات رسوبية تعرّضت لحركات تكتونية عنيفة أدّت إلى طيّها ثم قلبها.

أفكر :

كيف يمكن تعرف ترتيب الطبقات من الأقدم إلى الأحدث في حال تعرضت الطبقات الصخرية الحركات تكتونية عنيفة آلات إلى طيها ثم قلبها؟

يمكن تعرف ترتيب الطبقات من الأقدم إلى الأحدث في حال تعرض الطبقات الصخرية لحركات تكتونية أدت إلى طيها، ثم قلبها من خلال عدة طرق، منها: دراسة الأحافير في الطبقات وترتيبها من حيث الزمن، واستخدام مبادئ التأريخ النسبي التي يتم من خلالها تحديد العلاقات بين الطبقات الصخرية، كما يمكن تعرف وجود قلب للطبقات من خلال دراسة التراكيب الرسوبية الأولية، مثل: التدرج في حجم الحبيبات المكونة للصخر الرسوبي، ومن خلال حساب أعمار الصخور باستخدام التأريخ الإشعاعي.

مبدأ الترسيب الأفقي Principle of Original

- **نص مبدأ الترسيب الأفقي : الرسوبيات ثم الصخور الرسوبية تتركب أصلا على هيئة طبقات أفقية لأن الرسوبيات تترسب غالبًا على أرض منبسطة أو مستوية في قاع البحار أو المحيطات، و أما ما يحدث لها من طي أو ميل، فهو حدث جيولوجي لاحق على هذه الطبقات سببه قوى تكتونية حدثت بفعل حركة الصفائح الأرضية بعد عملية الترسيب الأفقي "**
- **العالم الذي وضعه هو : ستينو**

انظر الشكل (4) الذي يُبين صخور رسوبية تعرضت الحركات تكتونية.

أ . صخور رسوبية تعرضت الحركات تكتونية أدت إلى طيها.

ب . صخور رسوبية تعرضت لحركات تكتونية أدت إلى ميلها.

أصف: ماذا يحدث للصخور الرسوبية المترسبة افقيا إذا تعرضت لحركات تكتونية؟

إذا تعرّضت الصخور الرسوبية المترسبة أفقيا لحركات تكتونية فإنه يحدث لها طي أو ميل، وإذا زادت شدة الحركات التكتونية فيمكن أن يحدث لها قلب أو كسر.

أفكر:

وجد أحد الجيولوجيين احفورة أمونيت في إحدى الطبقات الجيرية قدر عمرها 150 million years فإذا وجدت الأحفورة نفسها في طبقة من الصخور الطينية، فما عمر هذه الطبقة ؟

150million years

مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية
Principle of Faunal and Floral Succession

- ✓ نص مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية : (كل طبقة أو مجموعة طبقات من الصخور الرسوبية تحوي أحافير محددة من الحيوانات والنباتات، تختلف عن تلك الموجودة في ما هو أقدم وأحدث منها من طبقات). تحتوي غالبية الصخور الرسوبية أحافير عاشت في الزمن الذي ترسبت فيه تلك الصخور.
- ✓ وضعه العالم : سميث .
- ✓ هذا يعني :

أن كل طبقة صخرية لها عمر زمني محدد اعتمادا على الأحافير التي تحويها، وأن تتابع المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية في التتابع الطبقي يبقى ثابتاً بغض النظر عن التغير في الخصائص الفيزيائية أو المكونات المعدنية للصخور المكونة له.

- ✓ و بذلك، تكون قد وضعنا مقياسًا نقيس فيه العمر النسبي للطبقات بحسب ما تحويه من أحافير، ونحدد إذا كانت تلك الطبقات أحدث من طبقات أخرى، أو أقدم منها، أو لها العمر نفسه.

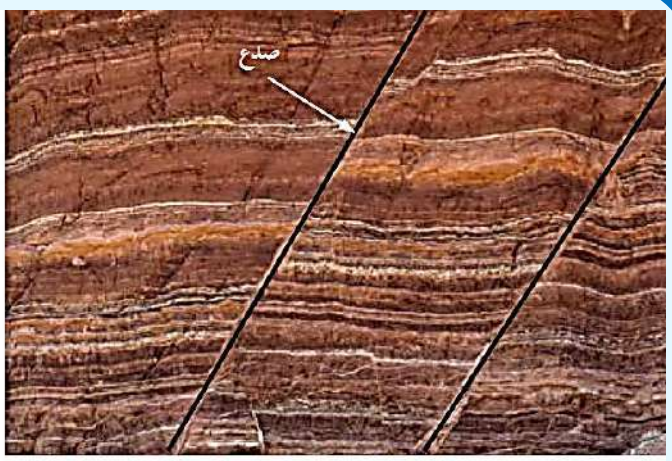
مبدأ القاطع والمقطوع Principle of Cross-Cutting Relationships

قد أجد في الطبيعة صدعا يقطع مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية، أو صخرا ناريا يقطع صخورا أخرى، فأي تلك التراكيب أو الصخور هو الأحدث، وأيها هو الأقدم؟

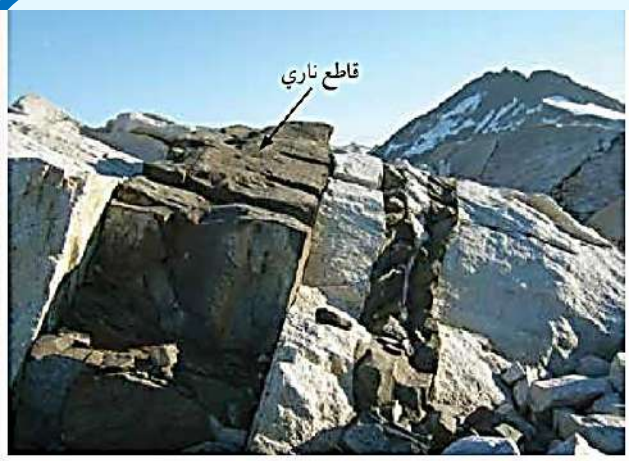
نص مبدأ القاطع والمقطوع : " القاطع أحدث عمرا من المقطوع، سواء كان القاطع جسما ناريا أم صدعا تكتونيا».

ففي التتابع الطبقي من الصخور الرسوبية الذي يقطعه صدع، سيكون هذا الصدع أحدث عمرًا من طبقات الصخور الرسوبية التي قطعها.

وكذلك سيكون القاطع الناري أحدث عمرا من الصخور التي يقطعها، أنظر الشكل (5) الذي بين العلاقة بين القاطع والمقطوع.



(أ)



(ب)

أ. صدعان يقطعان مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية.

ب قواطع نارية تقطع مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية.

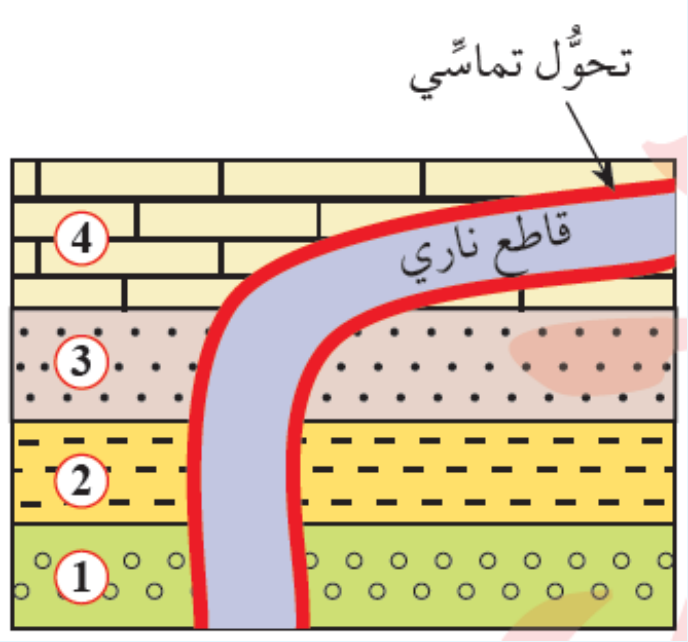
أصف العلاقة بين القاطع والمقطوع.

القاطع أحدث عمرًا من المقطوع سواءً أكان القاطع جسما ناريًا أم صدعًا تكتونيا .

كيف يُستدل على أن القاطع الناري هو الأحدث؟

عن طريق التحول التماسي Contact Metamorphism الذي يحدث للصخور الموجودة على جانبي القاطع الناري؛ إذ تؤدي الماغما الساخنة إلى تغيير مكونات الصخور المعدنية وخصائصها الفيزيائية.

أنظر الشكل (6) الذي يبين اندفاع ماغما ساخنة داخل طبقات من الصخور الرسوبية، وهذا ما أحدث تحولا تماسيًا.



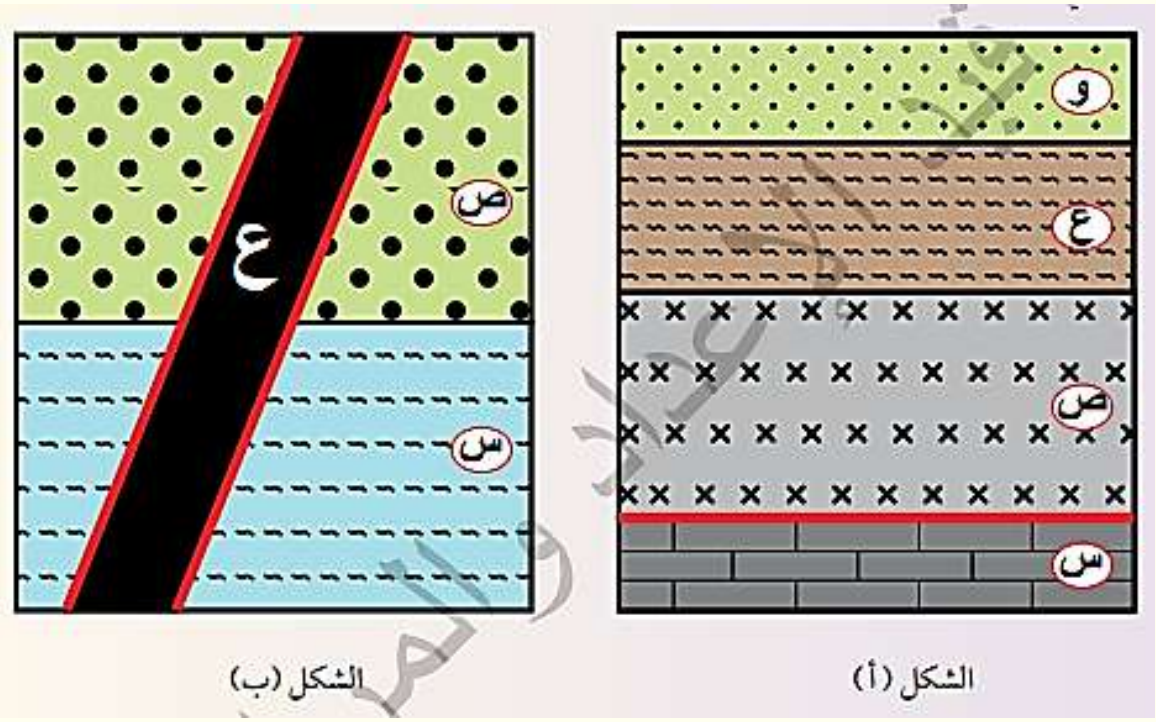
أرتب الأحداث الجيولوجية (1 ، 2 ، 3 ، 4) والقاطع الناري، من الأقدم إلى الأحدث.

تترتب الأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث كما يأتي ترسبت الطبقات 1،2،3،4بالترتيب وبشكل أفقي، ثم اندفعت الماغما الساخنة (القاطع الناري).

نشاط

مبدأ القاطع و المقطوع

أتأمل الشكليين الآتيين (أ) و (ب)، علما أن الشكل (أ) يوضح طبقات من صخور رسوبية (س،ع، و) والطفح البركاني (ص)، والشكل (ب) يوضح طبقات من صخور رسوبية (س، ص) والقاطع الناري (ع)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليهما:



التحليل والاستنتاج:

1. أحدد أي الأحداث الجيولوجية أحدث في الشكل (1) الطفح البركاني (ص) أم الصخر الرسوبي (س). أفسر إجابتي

الطفح البركاني (ص) أحدث من الصخر الرسوبي (س)، و ذلك لأن الطفح البركاني (ص) أحدث تحولا تماسيا في الصخر الرسوبي (س).

2. أصدر حكما على صحة العبارة الآتية، مبررًا إجابتي . " الصخران الرسوبيان (س،ص) في الشكل (ب) أحدث عمرا من القاطع الناري (ع)"

العبارة غير صحيحة، وذلك لأن القاطع الناري (ع) قطع الصخران الرسوبيان (س، ص)، و القاطع أحدث من المقطوع، لذا فإن الصخران الرسوبيان (س، ص) أقدم عمرا من القاطع الناري (ع).

3. أوضح ما تأثير القاطع الناري (ع) على الصخور الرسوبية في الشكل (ب)؟

أحدث الاندفاع الناري (ع) تحولا تماسيا في الأجزاء التي تلامسه من الصخور الرسوبية التي قطعها.

4. أحدد عدد التعاقبات الرسوبية في الشكلين (أ) و(ب).

عدد التعاقبات الرسوبية في الشكل أ هو 2 و هما التعاقب الطبقي (س) و التعاقب الطبقي (ع، و) و في الشكل (ب) هو 1 و هو التعاقب الطبقي (س،ص)

5. أرتب الأحداث الجيولوجية في الشكلين (أ) و (ب) من الأقدم إلى الأحدث.

الشكل (أ) :ترسبت الطبقة (س)، ثم اندفع الطفح البركاني (ص)، ثم ترسبت الطبقة (ع) ثم الطبقة (و).

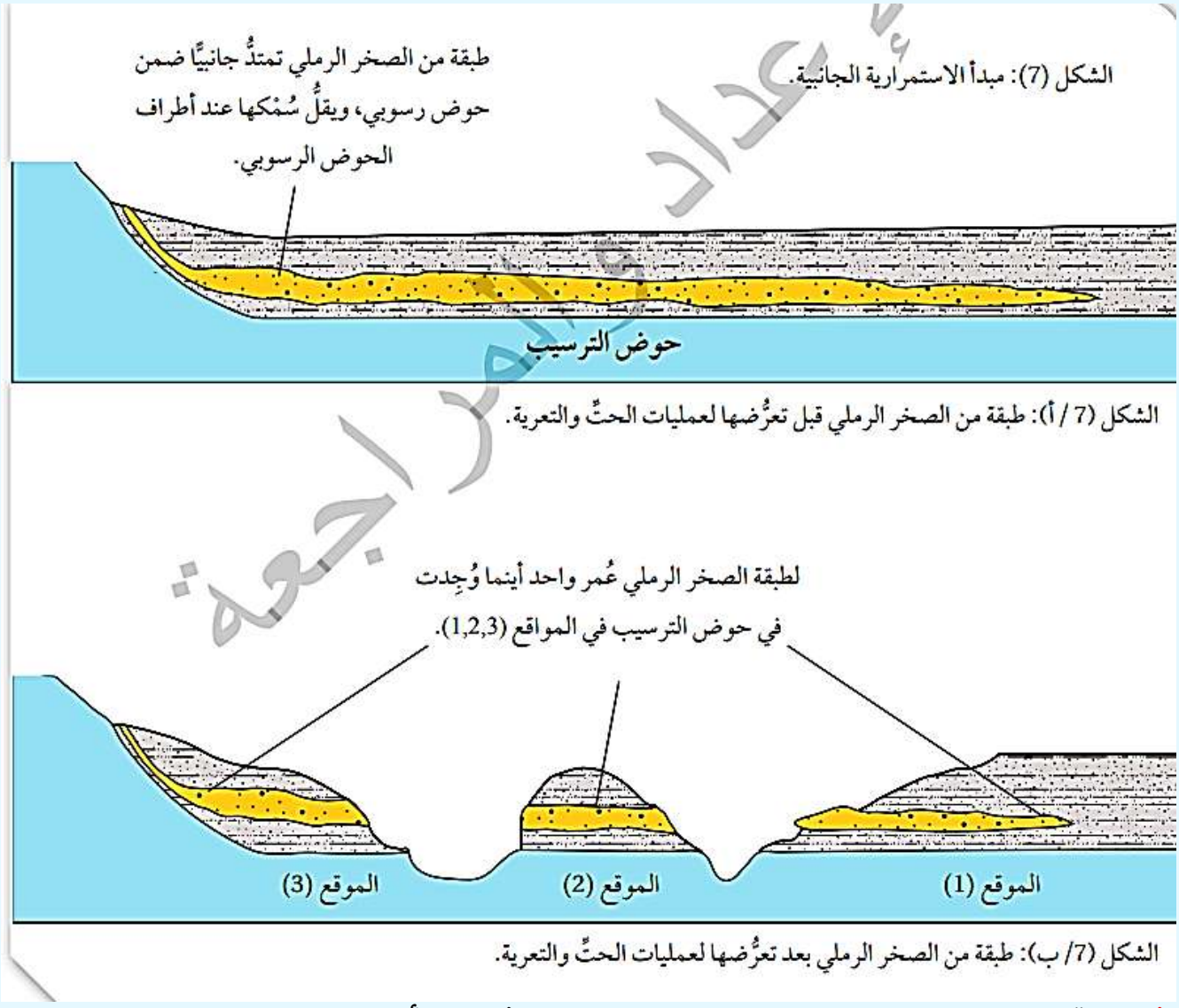
الشكل (ب): ترسبت الطبقة الرسوبية (س) ثم الطبقة الرسوبية (ص) ، ثم اندفع القاطع الناري (ع).

مبدأ الاستمرارية الجانبية Principle of Lateral Continuity :

نص مبدأ الاستمرارية الجانبية : " الصخور الرسوبية تمتد جانبياً في جميع الاتجاهات على امتداد حوض الترسيب، ويقل سمكها تدريجيا عند أطراف الحوض، و أن للطبقة الواحدة عمرا جيولوجيا واحدا في أي مكان توجد فيه ضمن الحوض الترسيبي".

بم يستخدم هذا المبدأ ؟ في تعرف امتداد الطبقات عند تعرضها لعمليات حت وتعرية.

أنظر الشكل (7) الذي يبين مبدأ الاستمرارية الجانبية.



الشكل (7): مبدأ الاستمرارية الجانبية.

الشكل (7 / أ): طبقة من الصخر الرملي قبل تعرُّضها لعمليات الحتِّ والتعرية.

الشكل (7/ ب): طبقة من الصخر الرملي بعد تعرُّضها لعمليات الحتِّ والتعرية.

فسر : قد واجهت الجيولوجيون صعوبة في تطبيق هذا المبدأ ؟

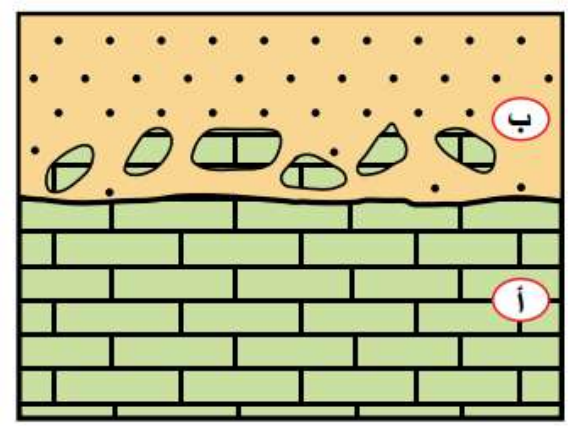
لأنه يسهل تتبع طبقة صخرية منكشفة أمتارا معدودة، أو كيلومترات عديدة، خلافًا للمناطق التي يكون فيها سمك التربة كبيرًا وهذا يحول دون تكشف الصخور.

أفكر: اصف: كيف تظهر الطبقات في أحواض الترسيب؟

تظهر ممتدة جانبيا في جميع الاتجاهات على امتداد حوض الترسيب، و يقل سمك الطبقات الرسوبية تدريجيا عند أطراف الحوض الترسيب.

مبدأ الاحتواء Principle of Inclusion

نص مبدأ الاحتواء Principle of Inclusion «الجسم الصخري الذي يحوي قطعا صخرية من جسم صخري آخر يكون أحدث من القطع الصخرية التي يحويها».



الشكل (8): احتواء الجسم الصخري (ب) قِطَعًا صخرية من الجسم الصخري (أ).

أنظر الشكل (8) الذي بين أنَّ الجسم الصخري (ب) يحوي قطعًا صخرية من الجسم الصخري(أ)، فيكون هو أحدث من الجسم الصخري (أ).

<u>قد يحدث الاحتواء بين :</u>

1. **صخور نارية و صخور رسوبية.**
2. **صخور رسوبية و صخور رسوبية .**
3. **صخور نارية وصخور نارية أخرى.**

✓ **أتحقق :**

أذكر مبادئ التأريخ النسبي .

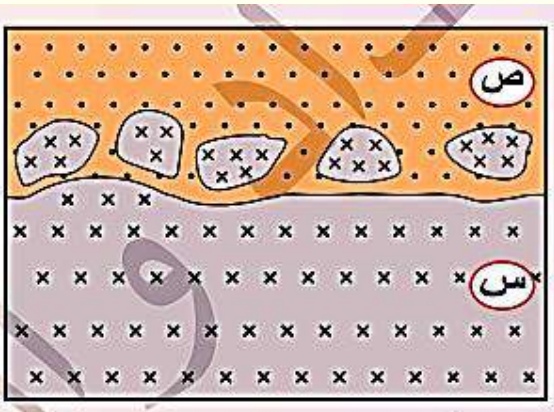
من مبادئ التاريخ النسبي : مبدأ التعاقب الطبقي، و مبدأ الترسيب الأفقي، و مبدأ تعاقب المجموعات الحيوانية و النباتية، و مبدأ القاطع و المقطوع، و مبدأ الاستمرارية الجانبية، و مبدأ الاحتواء.

لتعرُف آليَة الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة، أنفِذ النشاط الآتي.

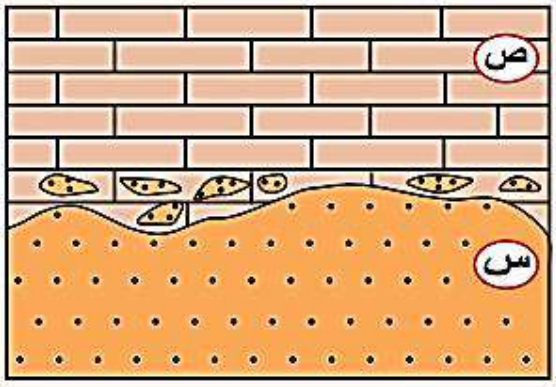
نشاط

أشكال الأحتواء

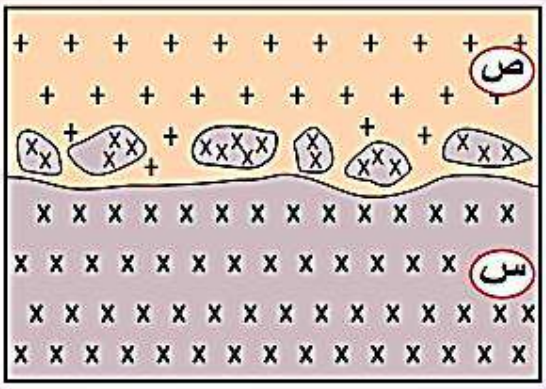
أدرس الأشكال المجاورة التي تبين كيفية الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



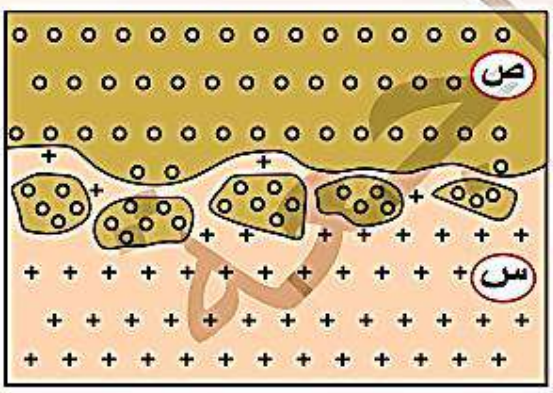
(أ): قِطَع من الصخر الناري (س) داخل الصخر الرسوبي (ص).



(ب): قِطَع من الصخر الرسوبي (س) داخل الصخر الرسوبي (ص).



(ج): قِطَع من الصخر الناري (س) داخل الصخر الناري (ص).



(د): قِطَع من الصخر الرسوبي (ص) داخل الصخر الناري (س).

التحليل والاستنتاج:

1. **أحدد الصخر الأقدم والصخر الأحدث في الشكلين (أ) و (ج).**

الشكل أ: الصخر الأقدم (س)، بينما الصخر الأحدث (ص)

الشكل ج: الصخر الأقدم (س) بينما الصخر الأحدث (ص).

2. **أتوقع ما سبب حدوث الاحتواء في الشكل (ب).**

سبب ذلك ما يأتي: تعرضت الطبقة (س) في قاع المحيط إلى عمليات حت وتعرية بفعل التيارات البحرية مما أدى إلى تكسر السطح العلوي منها، و عند ترسيب الطبقة (ص) فوقها حبست القطع الصخرية من الطبقة (س) داخلها.

3. أفسر كيف يحوي الصخر الناري (س) قطعا من الصخر الرسوبي (ص) في الشكل (د)؟

كانت الطبقة (ص) مترسبة سابقا، ثم اندفعت الماغما أسفلها فهشمت أطرافها السفلية وكسرتها، واحتبست قطعا من الطبقة (ص) بداخلها، وعندما بردت الماغما وتصلبت تشكل الصخر الناري (س) واحتفظ في داخله بهذه القطع.

يمكن أن يحدث الاحتواء بين أنواع الصخور المختلفة:

1. صخور نارية و صخور رسوبية.

- قد يحدث بين صخر رسوبي وآخر ناري أقدم منه، وذلك عندما يكتشف الصخر الناري الأقدم على سطح الأرض بفعل العوامل الجيولوجية المختلفة، ويتعرض إلى عوامل التجوية التي تكسر أجزاءه العليا، ثم تترسب فوقه الطبقة الرسوبية محتوية داخلها قطعا صخرية منه.
- قد يحدث الاحتواء بين صخر رسوبي قديم وآخر ناري أحدث منه، وذلك نتيجة اندفاع الماغما داخل الصخر الرسوبي، وهذا يؤدي إلى انصهار أجزاء منه، وتكسر أجزاءه السفلية واحتواء الماغما القطع المتكسرة داخلها، وعندما تبرد الماغما وتتصلب، تتشكل صخورا نارية تحتفظ داخلها بقطع من الصخور الرسوبية.

2. صخور رسوبية و صخور رسوبية.

قد يحدث الاحتواء بين صخر رسوبي وآخر رسوبي، وغالبا ما يحدث ذلك في حوض الترسيب في أثناء عملية الترسيب؛ إذ تعمل التيارات المائية على تكسير السطح العلوي للطبقة الصخرية القديمة في أثناء ترسيب طبقة جديدة فوقها، فتحوي القطع المتكسرة داخلها.

3. صخور نارية و صخور نارية.

قد يحدث أحيانا احتواء صخر ناري صخرا ناريا آخر، عندما تتدفع الماغما داخل الصخر الناري، وهذا يؤدي إلى انصهار أجزاء منه، و تكسر أجزاء أخرى و احتواء الماغما المندفعة أجزاء منه داخلها، و عندما تبرد الماغما وتتصلب و تصبح صخورا نارية ستحتفظ بتلك القطع، أنظر الشكل (9).

الشكل (9): صخر ناري محتبس داخل صخر ناري آخر.

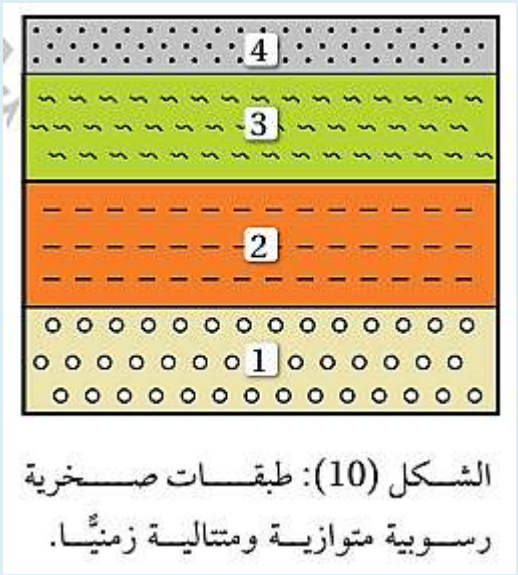
التوافق وعدم التوافق في الطبقات الصخرية
Conformity and Unconformity in Rock Layers

تعلمتُ سابقاً مفهوم التعاقب الطبقي، وأنه لا يوجد فاصل زمني بين انتهاء ترسيب طبقة وبدء ترسيب طبقة أخرى في التعاقب الواحد.

الطبقات الصخرية الرسوبية تكون - بحسب هذا المفهوم - متوازية و متتالية زمنيا أي متوافقة، إلا أننا لا نجد هذا في الطبيعة دائما، عندئذ تصبح العلاقة بين الطبقات الرسوبية علاقة عدم توافق، فما المقصود بالتوافق؟ وما أنواع عدم التوافق؟ وكيف نشأت؟

التوافق Conformity

التوافق : ترتيب الطبقات الصخرية بعضها فوق بعض متوازية ومتتالية زمنيا من دون حدوث انقطاع في عملية الترسيب، أي لا توجد فواصل زمنية بين انتهاء ترسيب طبقة وبداية ترسيب طبقة أخرى تليها في التعاقب الطبقي الواحد.



الشكل (10): طبقات صخرية رسوبية متوازية ومتتالية زمنيًّا.

انظر الشكل (10) الذي يُبين طبقات صخرية متوافقة، و لكن الطبقات الصخرية لا توجد دائما في الطبيعة متوافقة، فماذا تسمى الطبقات الصخرية غير المتوازية، أو تلك التي حدث فيها انقطاع في الترسيب؟

عدم التوافق Unconformity

تكون العلاقات بين الطبقات الصخرية الرسوبية غير متوافقة في العديد من الحالات منها :

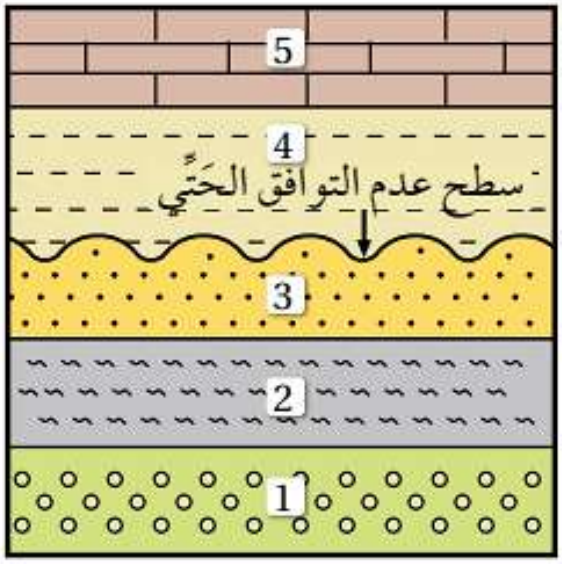
1. عندما تكون الطبقات الصخرية غير متوازية.
2. حين تفصل بينها سطوح تعرية، أو سطوح تشير إلى انقطاع في الترسيب، في ما يعرف بسطوح عدم التوافق:

- إذ تدل هذه السطوح على أن الطبقات الواقعة أسفل سطح عدم التوافق قد تكشفت، و ظهرت على سطح الأرض مددا زمنية طويلة، ثم تعرضت لعمليات حت و تعرية أزالت جزءا من التعاقب الطبقي.
- أو تعرضت لانقطاع الترسيب فيها مددا زمنية طويلة، ثم غمرت لاحقا بالبحر، وحدث الترسيب فوقها من جديد مشكلا تعاقبا طبقيًا جديدًا.

يُصنف عدم التوافق إلى الأنواع الآتية:

عدم التوافق الحتي :

عدم التوافق الحتي : سطح متعرج يفصل بين مجموعتين متوازيتين من الصخور الرسوبية التي تكون غالبا أفقية، أنظر الشكل (11) الذي يُبين طبقات متوازية يفصل بينها سطح عدم التوافق الحتي.



الشكل (11): طبقات متوازية يفصل بينها سطح عدم التوافق الحَتّي.

كيف يحدث عدم التوافق الحتي ؟

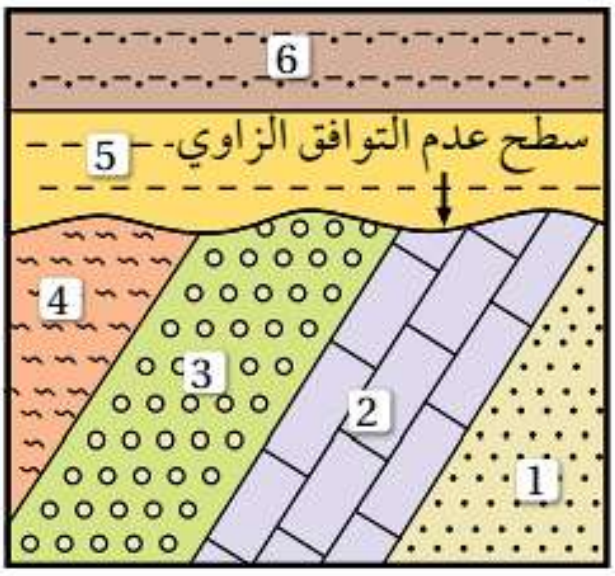
أ. عندما تؤدي عمليات الرفع إلى انحسار مياه البحر عن التعاقب الطبقي المترسب أفقيا في قاعه

ب. ثم تعرضه لعمليات حت وتعرية تزيل جزء منه وتحدث تعرجات في سطحه.

ج. وما إن تحدث عمليات خفض للتعاقب الطبقي و تغمره مياه البحر، و يعود الترسيب فوقه مرة أخرى، حتى يتكون تعاقب طبقي جديد، و يفصل بين التعاقبين الرسوبيين المتوازيين سطح عدم توافق حتي.

عدم التوافق الزاوي Angular Unconformity

عدم التوافق الزاوي : السطح الذي يفصل بين طبقات رسوبية مائلة أسفل طبقات رسوبية أفقية ، أنظر الشكل (12).



الشكل (12): طبقات غير متوازية يفصل بينها عدم توافق زاوي.

يُلاحظ من الشكل أن :

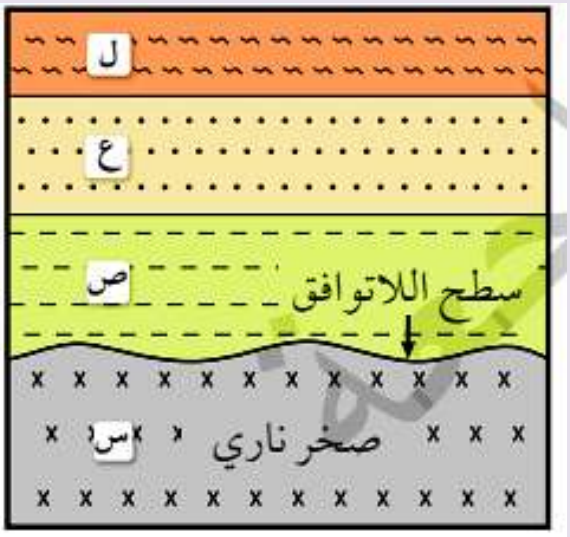
أ. الطبقات الرسوبية السفلية المائلة قد ترسبت أولا أفقيا في قاع البحر، ثم تعرضت لحركات تكتونية أدت إلى ميلها ورفعها، ثم انحسر البحر عنها؛ وهذا أدى إلى تعرضها لعمليات الحت والتعرية التي أزالت الجزء العلوي منها.

ب. ثم حدث لها خفض، وغمرت بمياه البحر، فترسبت طبقات أفقية جديدة، و تشكل سطح عدم التوافق الزاوي الذي يفصل بين تعاقبين رسوبيين غير متوازيين.

اللاتوافق Nonconformity

اللاتوافق : السطح الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسبت فوق صخور نارية، أو صخور متحولة قديمة، أنظر الشكل (13).

فمثلا، صخر الغرانيت - كما هو معلوم- يتكون نتيجة تبريد الماغما في باطن الأرض وتبلورها، لكنه قد يُرفع إلى سطح الأرض بفعل الحركات التكتونية، فيتعرض عندئذ لعمليات حت وتعرية، و عندما يتعرض لعمليات خفض، و يغمر بالمياه، تترسب طبقات رسوبية جديدة فوقه، و يفصل بينهما سطح عدم توافق، في ما يعرف باللاتوافق.



الشكل (13): سطح اللاتوافق الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة (ص، ع، ل) ترسَّبت فوق صخور نارية قديمة (س).

✓ أتحقق :

أوضح كيف يتكون سطح عدم التوافق الحتي.

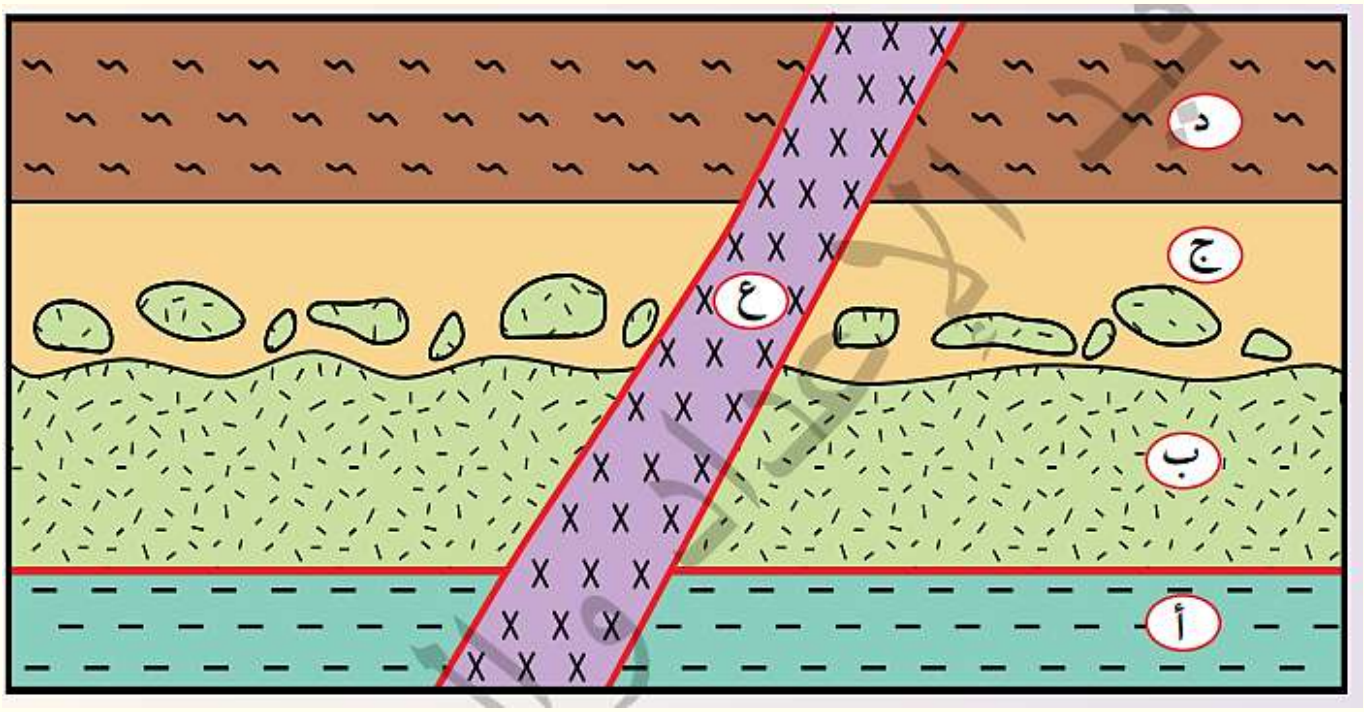
تنحصر مياه البحر عن التعاقب الطبقي المترتب أفقيًا في قاعه، فتتعرض الطبقات الصخرية إلى عمليات حت وتعرية تعمل على إزالة الجزء العلوي منه، وتحدث تعرجات في سطحه، وعندما يتعرض التعاقب الطبقي لعمليات خفض يغمر بمياه البحر، ويعود الترسيب فوقه مرة أخرى، فيتكون تعاقب طبقي جديد مواز له ويفصل بينهما سطح عدم توافق حتي.

لتعرف كيفية تطبيق المبادئ التي اعتمدت في التاريخ النسبي للأحداث الجيولوجية، أنفذ النشاط الآتي.

نشاط

مبادىء التاريخ النسبي

أتأمل المقطع الآتي الذي يمثل تعاقبات من الصخور الرسوبية (أ، ج، د) والقاطع الناري (ع) والطفح البركاني (ب)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل و الاستنتاج:

1. أحدد عدد سطوح عدم التوافق، وأنواعها.

سطح اللاتوافق بين الطبقة (ب) والطبقة (ج).

2. أستنتج من الشكل عدد التعاقبات الرسوبية.

تعاقبان طبقيان هما التعاقب الطبقي (أ) والتعاقب الطبقي (ج, د).

3. أرتب الأحداث الجيولوجية: (أ، ب، ج، د، ع) من الأقدم إلى الأحدث، ذاكرا المبادئ التي اعتمدت عليها.

ترسبت الطبقة (أ) ثم اندفع الطفح البركاني (ب).

ثم حدث رفع للمنطقة وحت و تعرية للطبقة.

ثم حدث خفض و غمر للمياه و ترسيب الطبقة (ج) والتي احتوت قطعا من الطفح البركاني (ب)

ثم ترسبت الطبقة (د)، ثم قطعت الطبقات بالقاطع الناري (ع).

و قد استخدمت المبادئ الآتية :مبدأ الترسيب الأفقي، ومبدأ الاحتواء، ومبدأ القاطع والمقطوع.

4. أوضح تأثير القاطع الناري في الطبقات الرسوبية: (أ، ج، د).

تسبب القاطع الناري (ع) في حدوث تحول تماسي في الأجزاء التي تلامسه من الطبقات الصخرية التي قطعها.

المضاهاة Correlation

يمكن تعرف امتداد الطبقات الصخرية المختلفة ذات العمر الواحد عند تعرضها لعمليات حت وتعرية باستخدام عملية المضاهاة .

- المضاهاة Correlation : المطابقة بين التتابعات الصخرية المتكشفة ذات العمر الواحد في المناطق المختلفة.
- تعتمد عملية المضاهاة بين التتابعات الصخرية على :
1. الخصائص الفيزيائية والمحتوى المعدني
2. المحتوى الأحفوري للصخر.
- يستخدم العلماء معرفتهم بالمبادئ النسبية خصوصًا مبدأي التعاقب الطبقي والاستمرارية الجانبية في عملية المضاهاة، فعندما يجري الجيولوجيون عملية مضاهاة بين الطبقات الصخرية في منطقتين مختلفتين، فإنهم يفترضون أن:

الطبقات الموجودة في الأسفل أقدم من الطبقات التي تعلوها، و عندما يعثر على طبقة معينة في منطقتين مختلفتين، يفترض أن عمرهما واحد قبل أن تتأثر بالعمليات الجيولوجية المختلفة.

- للمضاهاة أنواع عدة منها المضاهاة الصخرية و المضاهاة الأحفورية.

فكيف تحدث عملية المضاهاة الصخرية؟ وما الفرق بينها وبين المضاهاة الأحفورية؟

المضاهاة الصخرية Lithological Correlation

علام تعتمد المضاهاة الصخرية ؟

على التشابه في المكونات المعدنية والخصائص الفيزيائية للصخور.

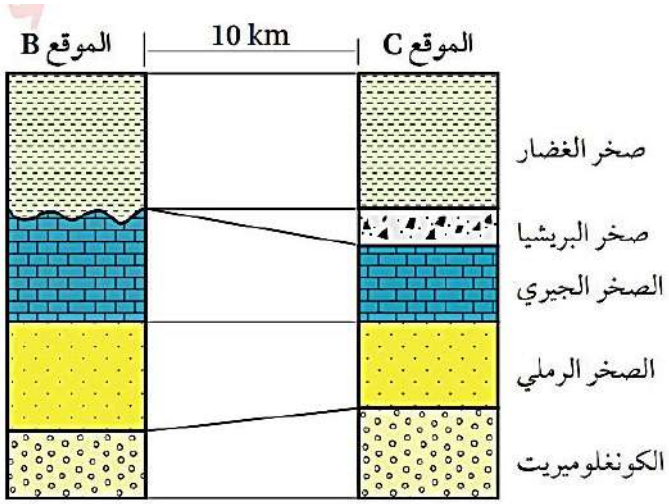
متى تكون المضاهاة الصخرية فاعلة ؟

عند المضاهاة بين المقاطع الصخرية القريبة من بعضها، أنظر الشكل (14)

مثال :

فإذا أفترضنا وجود مقطعين صخريين في مكانين مختلفين (B,C)، فإن عملية المضاهاة الصخرية تكون بـ :

1. توصيل السطح السفلي للطبقة الصخرية في المقطع الأول (B) بالسطح السفلي للطبقة الصخرية المشابهة لها في المقطع الثاني (C)
2. توصيل السطح العلوي للطبقة نفسها في المقطع الأول (B) بالسطح العلوي للطبقة المشابهة لها في المقطع الثاني (C)، وهكذا الجميع الطبقات الصخرية المتشابهة في المقطع الصخري.



الشكل (14): المضاهاة بالاعتماد على المُكوِّنات المعدنية والخصائص الفيزيائية للصخور.

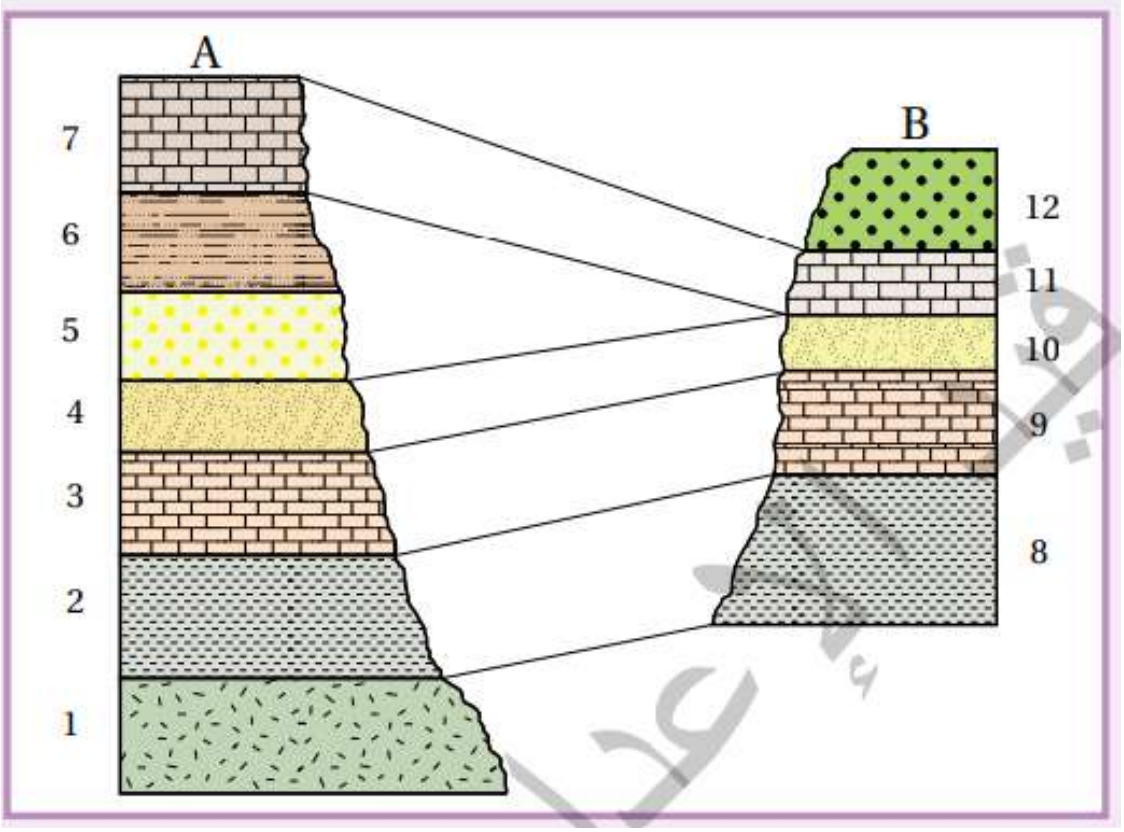
أحدِّد الطبقة الصخرية التي أزالتها عمليات الحَتّ والتعرية، وأحدِّد المقطع كذلك.

أحدد الطبقة الصخرية التي أزالتها عمليات الحَتّ والتعرية، وأحدِّد المقطع كذلك.

الطبقة الصخرية التي أزالتها عمليات الحت والتعرية هي صخر البريشيا من المقطع (B).

مثال (1)

يمثل الشكل الآتي مقطعين (AB) لطبقات رسوبية أجريت بينهما عملية مضاهاة صخرية، علما أن الصخر (1) يمثل صخرا ناريا. أدرسه جيدا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أوضح كيف أجريت عملية المضاهاة الصخرية بين الطبقات الرسوبية.

تم توصيل السطح السفلي للطبقة الصخرية في المقطع (A) بالسطح السفلي للطبقة المشابهة لها في المقطع (B) وتوصيل السطح العلوي للطبقة الصخرية نفسها في المقطع (A) بالسطح العلوي للطبقة المشابهة لها في المقطع (B).

أستنتج عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة.

(7) طبقات رسوبية.

أحدد أحدث الطبقات الرسوبية وأقدمها.

أحدث الطبقات الطبقة (12) في المقطع (B).

أقدم الطبقات الطبقة (2) في المقطع (A) والطبقة (8) المشابهة لها في المقطع (B).

أحدد الطبقات في المقطع (A) التي تعرضت لعمليات الحث والتعرية في المقطع (B).

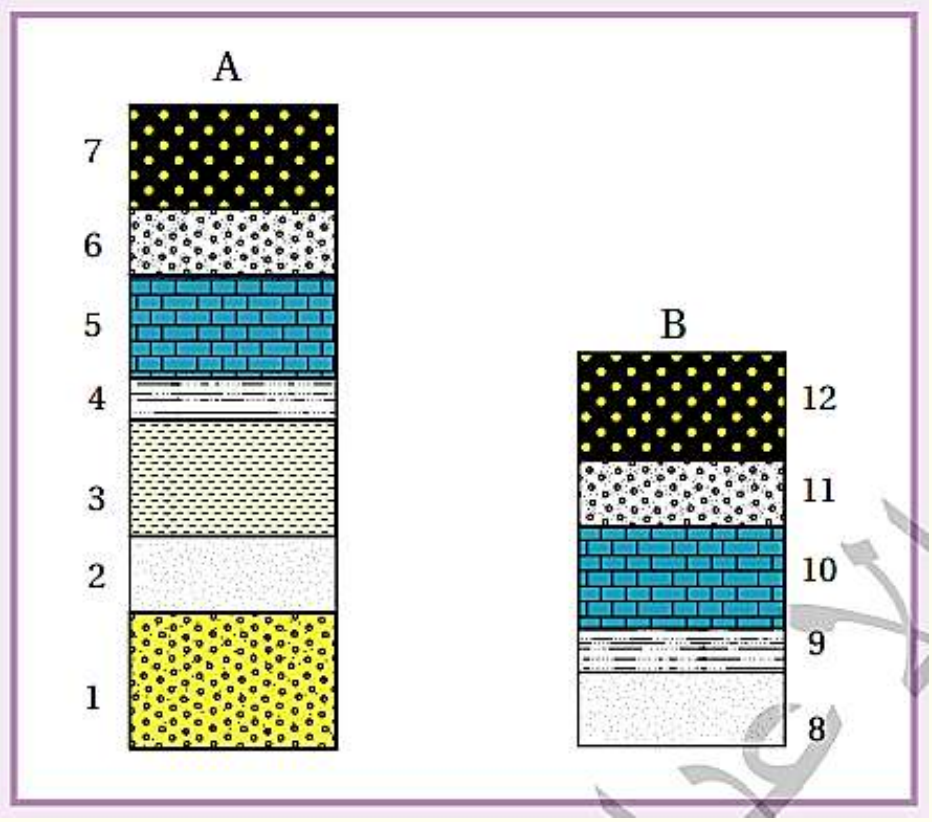
الطبقتان (6,5) .

أستنتج عدد أسطح عدم التوافق وأنواعها.

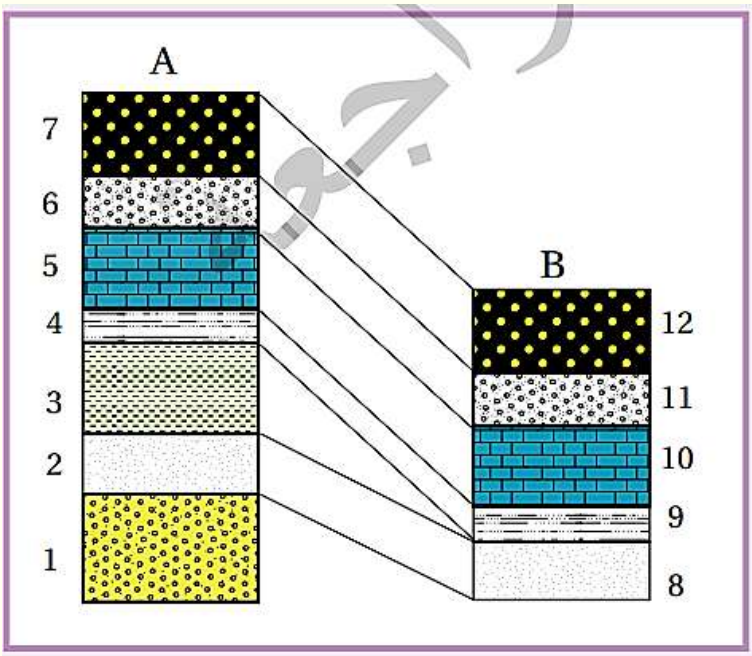
سطحا عدم توافق على النحو الآتي: بين (2,1) سطح لا توافق، وبين (11,10) سطح عدم توافق حتي.

مثال (2)

يمثل الشكل الآتي مقطعين (A,B) لطبقات رسوبية، أجري مضاهاة صخرية بين المقطعين (A,B)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

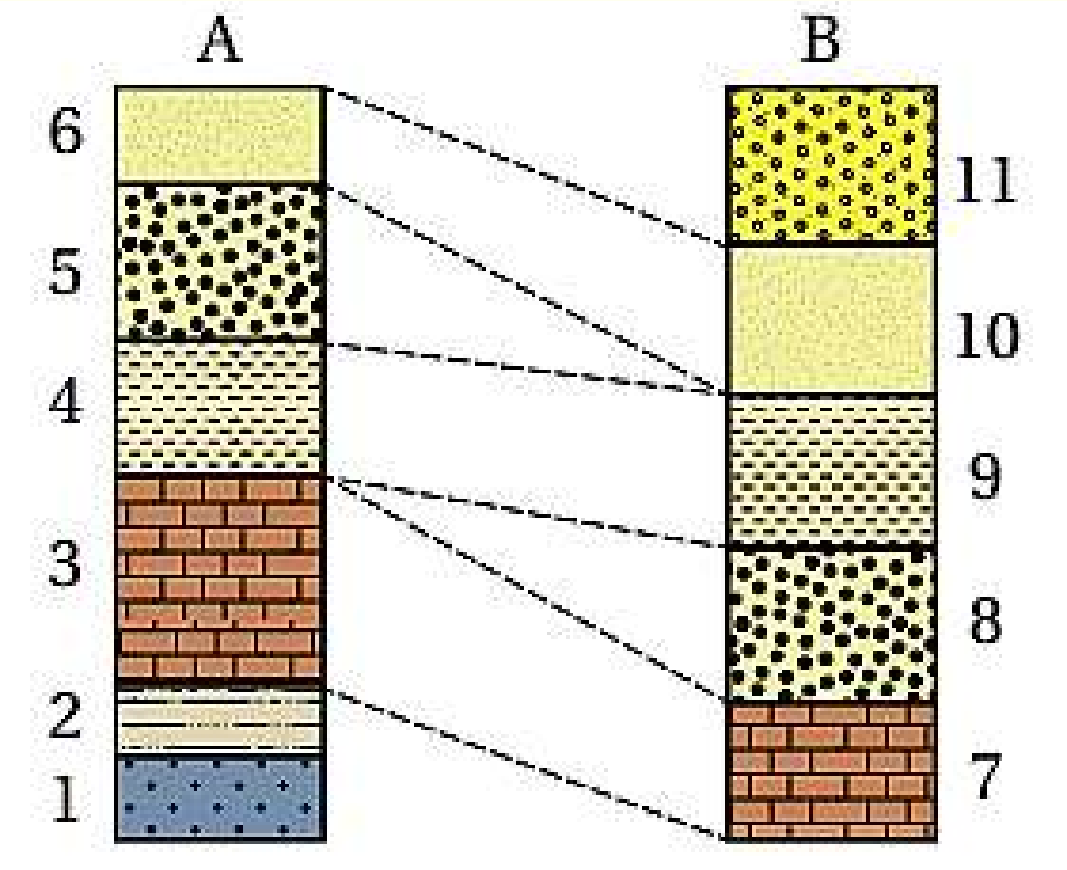


1. أستنتج عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة. (7) طبقات رسوبية .
2. أحدد أقدم الطبقات الرسوبية. الطبقة (1).
3. أحدد الطبقات في المقطع (A) التي تعرضت لعمليات الحت والتعرية في المقطع (B).
   الطبقة (3).
4. أستنتج عدد أسطح عدم التوافق، ثم أبين أنواعها.
   سطح عدم توافق حتي واحد في المقطع (B) بين الطبقتين (8-9).



تمرين:

- يمثل الشكل المجاور مقطعين (A,B) لطبقات رسوبية اجريت بينهما عملية مضاهاة صخرية ، علما ان الصخر (1) يمثل صخرا ناريا .



ادرسه جيدًا ثم اجيب عن الاسئلة الاتية :

1- استنتج عدد الطبقات الرسوبية في المنطقة .

- 7 طبقات

2- أحدد احدث الطبقات الرسوبية و اقدمها .

- أحدث الطبقات الرسوبية الطبقة (11)، وأقدم الطبقات الرسوبية هي الطبقة (2).

3- أحدد الطبقات التي تعرضت لعمليات الحت و التعرية .

- الطبقات التي تعرضت لعمليات الحت والتعرية هي الطبقة (8) والطبقة (5).

4- استنتج عدد اسطح عدم التوافق ، ثم أبين انواعها .

ثلاثة أسطح، وهي: سطح لا توافق بين (1،2) ، وسطح عدم توافق حتي بين (3، 4)، وسطح عدم توافق حتي بين (9، 10).

- تواجه الجيولوجيين بعض المشكلات في أثناء إجرائهم عملية المضاهاة الصخرية و من هذه المشكلات:

- المشكلة : تكرار النوع نفسه من الطبقات الصخرية في المقطع الصخري فيتعذر إجراء عملية المضاهاة .
- ✓ الحل : و تجنبا لهذه ا لمشكلة، تجرى المضاهاة الصخرية بمضاهاة مجموعة من الطبقات الصخرية في المقطع الصخري لها التتابع الطبقي نفسه.

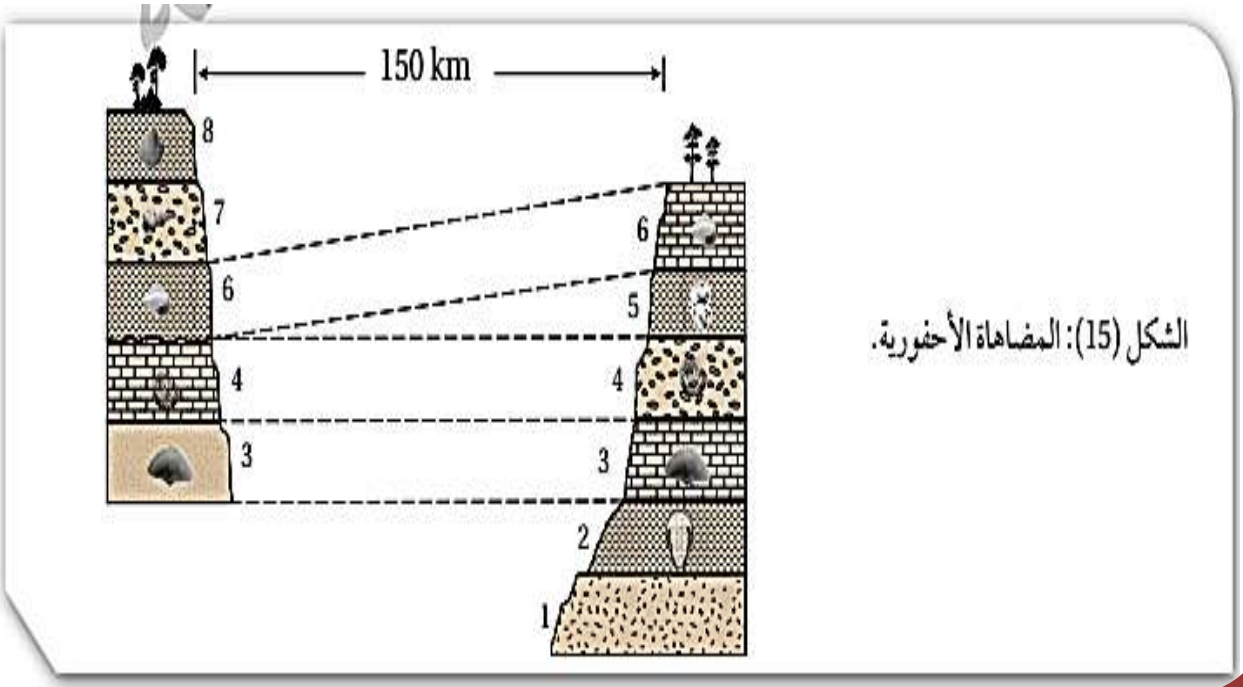
- المشكلة: التغير الجانبي للصخور نتيجة اختلاف ظروف الترسيب أو حدوث عمليات التجوية، وهذا يعوق عملية المضاهاة الصخرية، خصوصا عند مطابقة مقاطع صخرية تبعد مسافات كبيرة عن بعضها البعض، ولا يمكن إجراء عملية مضاهاة في هذه الحالة للمقاطع الصخرية بهذه الطريقة.
- ✓ الحل : لذا يلجأ الجيولوجيون إلى استخدام المضاهاة الأحفورية الأقل تأثرا بعامل المسافة.

المضاهاة الأحفورية Bicorrelation :

علام تعتمد المضاهاة الأحفورية؟ على التشابه في المحتوى الأحفوري للصخور.

متى يشيع استخدام المضاهاة الأحفورية؟ عند المضاهاة بين المقاطع الصخرية البعيدة عن بعضها.

كيف تجرى عملية المضاهاة الأحفورية ؟ بآلية المضاهاة الصخرية نفسها، إلا أن عملية توصيل الطبقات فيها لا تعتمد على المكونات المعدنية للصخور، إنما تعتمد على المحتوى الأحفوري لها، حيث توصل الطبقات ذات المحتوى الأحفوري المتشابه ببعضها. **انظر الشكل (15).**

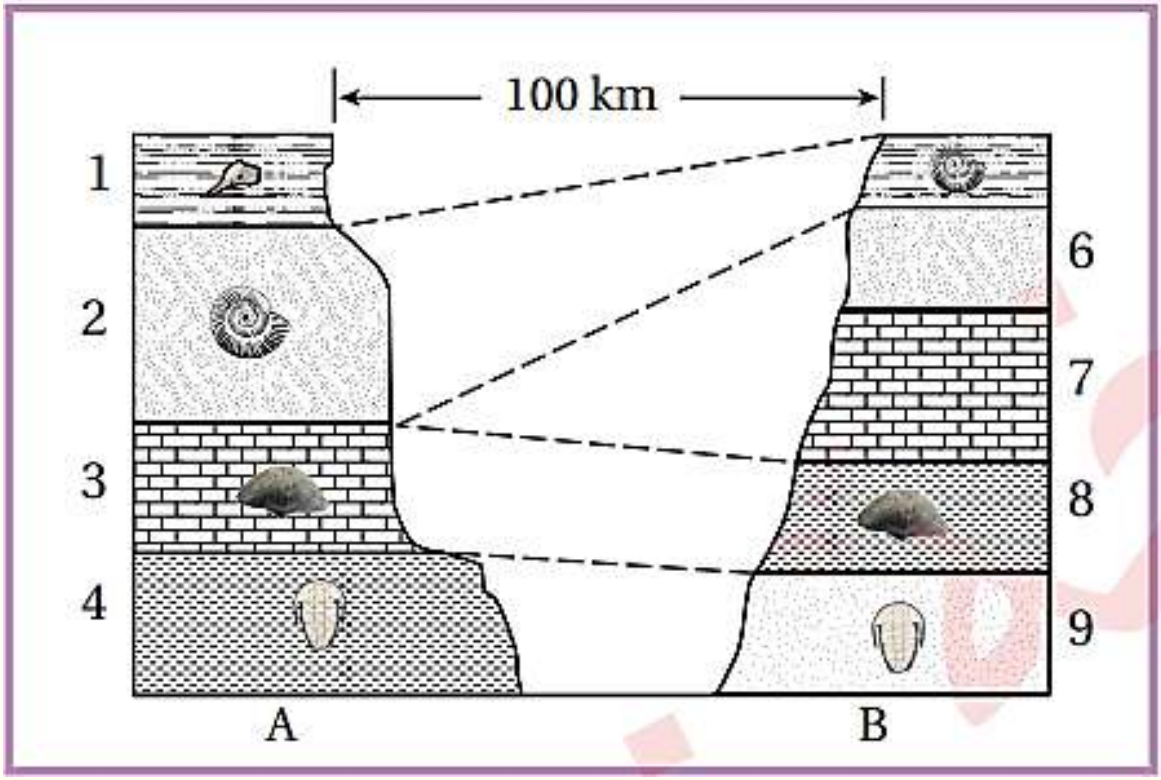


الشكل (15): المضاهاة الأحفورية.

مثال 3 :

يمثل الشكل الاتي مقطعين صخريين (A,B) ، أجريت بينهما مضاهاة أحفورية.

أدرسه جيدا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أفسر: هل تعتمد المضاهاة الأحفورية على التركيب المعدني للصخور؟

لا حيث أجريت المضاهاة على المحتوى الأحفوري للطبقات الصخرية، فالطبقة (4) يتشابه محتواها الأحفوري مع الطبقة (9)، وتختلفان في التركيب المعدني، وكذلك الطبقة (3)، يتشابه محتواها الأحفوري مع الطبقة (8) وتختلفان في التركيب المعدني.

2. أحدد مكان انقطاع الترسيب.

بين الطبقة (2) والطبقة (3)في المقطع (A).

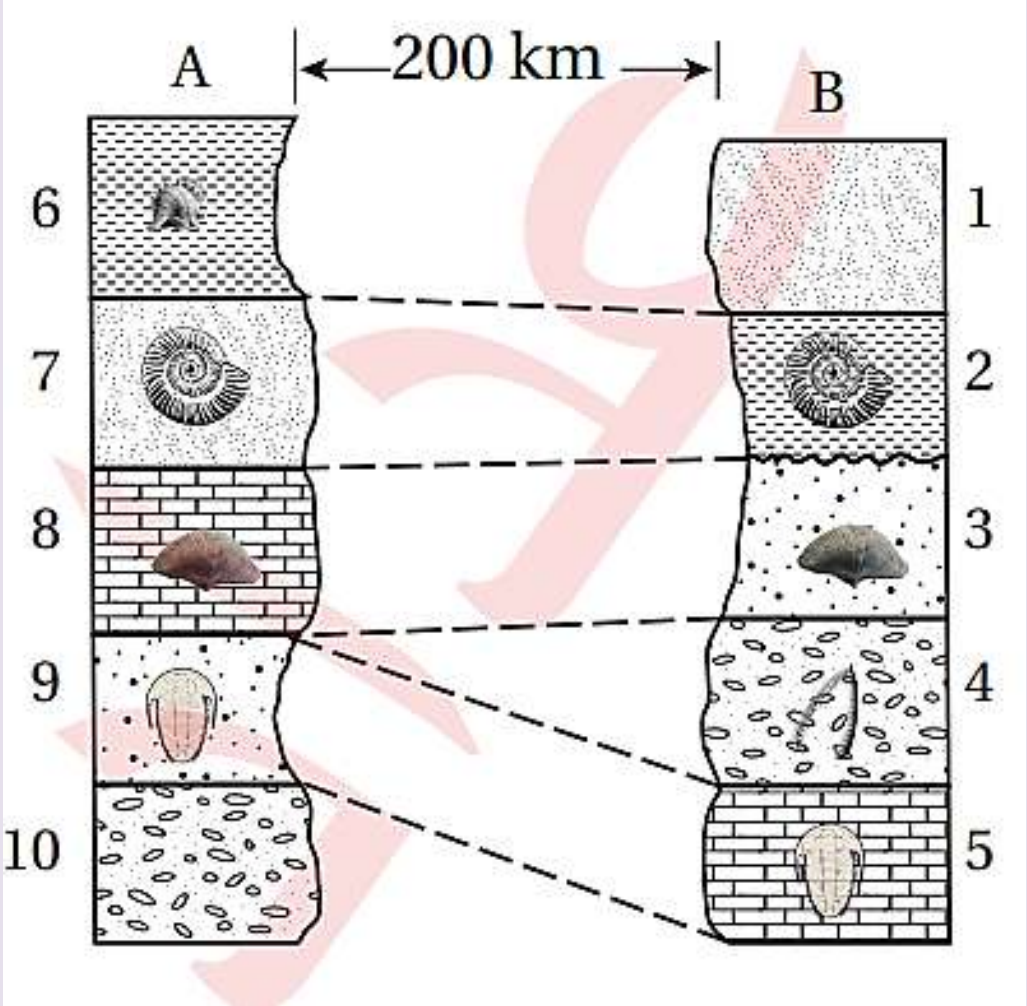
أفكر :

أفسر: لماذا لا يمكن استخدام المضاهاة الصخرية في المقاطع الصخرية التي تبعد مسافات كبيرة عن بعضها البعض؟

بسبب حدوث التغير الجانبي للصخور نتيجة اختلاف ظروف الترسيب أو حدوث عمليات التجوية.

تمرين

يمثل الشكل المجاور مقطعين صخريين (A,B) أجريت بينهما مضاهاة أحفورية. أدرسه، ثم أجيب عما يأتي:



1. أبين الأساس المعتمد في عملية المضاهاة في الشكل.
   - التشابه في المحتوى الأحفوري للطبقات الصخرية.
2. أفسر وجود النوع نفسه من الأحافير في الطبقتين: (9,5).
   - تدل على أن الطبقتين (9,5) ترسبتا في نفس المدة الزمنية.
3. أوضح: لماذا يصعب إجراء المضاهاة الصخرية بين المقطعين (A,B)؟
   - بسبب البعد الكبير بين المقطعين مما أدى إلى التغير الجانبي للصخور.
4. أبين الدليل على وجود القطاع في الترسيب في المقطع (A).
   - الدليل على وجود انقطاع في الترسيب بين الطبقتين (8 ، 9) في المقطع (A)، هو وجود فترة زمنية بين الطبقتين (8، 9) بحيث أنه عند إجراء المضاهاة تبين عدم وجود طبقة تحتوي على الأحفورة ضائعة.

تواجه الجيولوجيين بعض المشكلات التي تحد من إجراء المضاهاة الأحفورية، مثل :

1. عدم وجود أحافير في الطبقات الصخرية.
2. وجود أحافير عاشت في مدد زمنية طويلة
3. عاشت في أماكن جغرافية محدودة

النتيجة : لذلك لا يمكن الاعتماد على أي نوع من الأحافير في عملية المضاهاة، وعليه، يجب أن تمثل الأحفورة المستخدمة في عملية المضاهاة مدة زمنية محددة ولها انتشار جغرافي واسع، وسُميت هذه الأحافير الأحافير المرشدة Fossils Index أنظر الشكل (16 أ/ب).

الشكل (16/ أ) : أحفورة الترايلوبيت الدالة على العصر الكامبري.

الشكل (16/ ب): أحفورة الأمونيت الدالة على العصر الجوراسي.

الأحافير المرشدة : الأحافير المستخدمة في عملية المضاهاة لمدة زمنية محددة و لها انتشار جغرافي واسع.

أهمية المضاهاة The Importance of Correlation

يُعَدّ استخدام عملية المضاهاة بنوعيها من العمليات الضرورية والمُهمّة عند الجيولوجيين في تعرُّف تاريخ الأرض وتطوّرها، حيث :

1. **يُحدَّد بها العُمُر النسبي للصخور وترتيبها زمنيًا.**
2. **تساعد على تحديد سطوح عدم التوافق ومدد انقطاع الترسيب.**
3. **تُستخدَم هذه العملية أيضًا في التنقيب عن الثروات المعدنية والمياه والنَّفْط، حيث يمكن عن طريقها تعرُّف امتداد الطبقات التي تحوي تلك الخامات والثروات المعدنية.**
4. **تُستخدَم في رَسْم الخرائط الجيولوجية بربط التتابعات الطبقية في الأماكن المختلفة.**

أتحقَّق: ما الصعوبات التي تواجه الجيولوجيين في أثناء إجرائهم عملية المضاهاة الصخرية؟
تكرار النوع نفسه من الطبقات الصخرية، والتغير الجانبي للصخور نتيجة اختلاف ظروف الترسيب أو حدوث عمليات التجوية.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة: أذكر ثلاثة مبادئ تستخدم في تحديد أعمار الصخور النسبية.**

- مبدأ تعاقب الطبقات، ومبدأ الاحتواء ، ومبدأ القاطع والمقطوع.

2. **أوضح: كيف يستخدم مبدأ تعاقب الطبقات في تحديد الأعمار النسبية للصخور؟**

- تترسب الطبقات الصخرية الرسوبية بشكل أفقي من الأقدم إلى الأحدث، ومنه يمكن تحديد العمر للطبقات، و بهذا تكون كل طبقة أحدث من الطبقة التي تقع أسفلها وأقدم من التي تعلوها.

3. **أقارن بين سطوح التوافق وسطوح عدم التوافق من حيث ظروف التكون.**

- تتكوّن سطوح التوافق بين الطبقات المتعاقبة المتوازية والمتتالية زمنيا التي لم يحدث في أثناء ترسيبها أي انقطاع في عملية الترسيب.

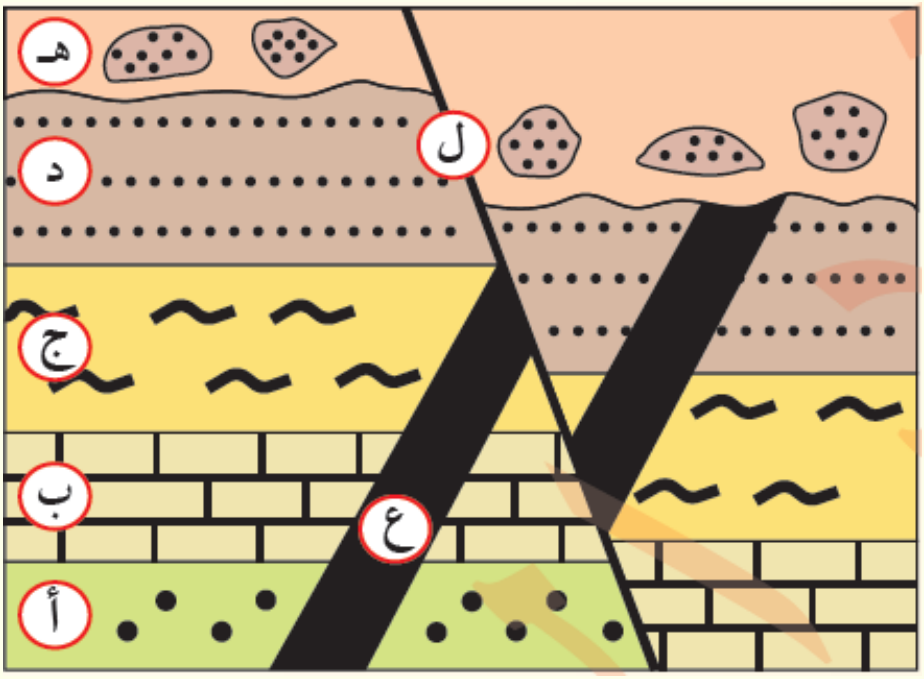
4. **أفسر سبب وجود سطح غير مستو بين مجموعتين من الطبقات الصخرية الرسوبية.**

- يدل وجود سطح غير مستو بين مجموعتين من الطبقات الصخرية الرسوبية على حدوث عمليات حت وتعرية للجزء العلوي من مجموعة الطبقات السفلي أدت إلى إزالة جزء منها.

5. **أوضح مبدأ القاطع والمقطوع.**

- هو أحد مبادئ التأريخ النسبي للصخور ينصُّ على أنَّ القاطع هو أحدث عُمرًا من المقطوع؛ سواء أكان القاطع جسم ناريًا، أم صدعًا تكتونيا .

6. **أتأمل الشكل الآتي الذي يبين تعاقبات الصخور رسوبية (أ، ب، ج، د، هـ)، والقاطع الناري (ع)، والصدع (ل)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:**



أ. أرتب الأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث.

- ترتيب الأحداث من الأقدم إلى الأحدث كما يأتي: ترسبت الطبقات (أ، ب، ج، د) بشكل أفقي بالترتيب في قاع البحر، ثم قطعت بالقاطع الناري (ع) ، ثم رفعت المنطقة فحدثت عمليات حتّ وتعرية أزالت جزءًا من الطبقة (د) ، ثم غمرت بالمياه وترسبت الطبقة (هـ) واحتوت قطعا من الطبقة (د) في داخلها، ثم حدث الصدع (ل) وقطع التعاقبين الطبقيين (أ، ب، ج، د) و (هـ).

ب.أحدد عدد التعاقبات الرسوبية.

- تعاقبان رسوبيان هما (أ، ب، ج، د)، (هـ).

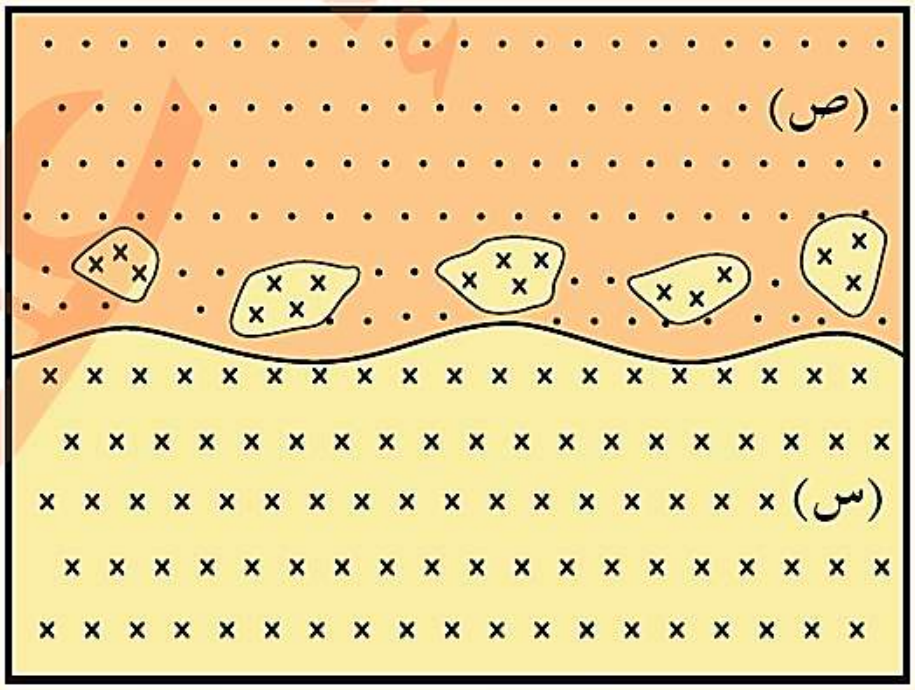
ج.أحدد عدد سطوح عدم التوافق.

- سطح عدم توافق حتّي بين الطبقتين (د) و (هـ) ، يمكن أيضًا وجود سطح لا توافق بين الطرف العلوي من القاطع (ع) مع الطبقة (هـ).

د. أذكر مبادئ التأريخ النسبي التي اعتمدت عليها في ترتيب الأحداث الجيولوجية.

- المبادئ التي اعتمد عليها هي: الترسيب الأفقي، والاحتواء، والقاطع والمقطوع.

7. أتوقع: كيف أمكن احتواء القطع الصخرية من الصخر الناري (س) في طبقة الصخر الرسوبي (ص) في الشكل الآتي؟



-

- تكشف الصخر الناري (س) على سطح الأرض، فتعرضت أجزاؤه العلوية لعمليات حت وتعرية أدت إلى تكسر أجزاءه العليا، ثم تعرضت المنطقة إلى عمليات خفض أدّت إلى غمرها بمياه البحر، وعندما ترسب الصخر الرسوبي (ص) احتبست قطع من الصخر الناري (س) في داخله.

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

1. المبدأ الذي يستخدم في تعرف امتداد الطبقات عند تعرُّضها لعمليات الحتّ والتعرية هو:

أ . مبدأ التعاقب الطبقي. ب. مبدأ الاستمرارية الجانبية.

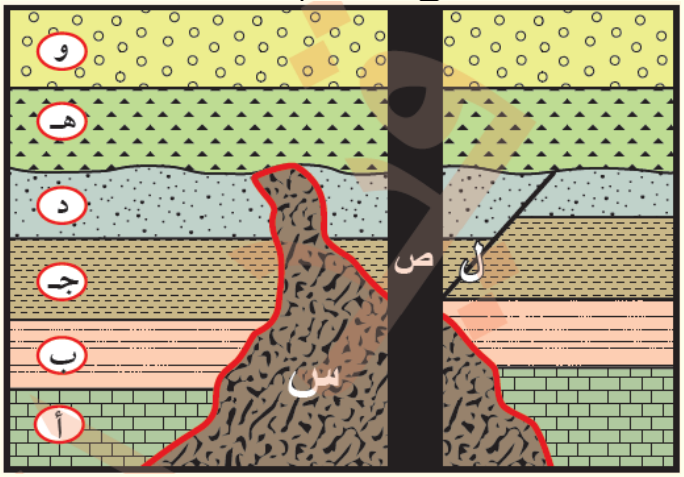
ج. مبدأ الاحتواء. د. مبدأ القاطع والمقطوع.

2. الحالة التي لا يمكن فيها تطبيق مبدأ التعاقب الطبقي لتحديد الأعمار النسبية للطبقات الصخرية فيه هي وجود:

أ. طبقات رسوبية يعلوها طفح بركاني. ب. طبقات رسوبية مقلوبة.

ج. طبقات رسوبية يقطعها صَدْع. د . طبقات رسوبية يتخللها طفوح بركانية.

أتأمّل الشكل الآتي الذي يمثّل صخورًا رسوبية (أ، ب، ج، د، هـ، و) والاندفاعين الناريين (س، ص)، والصدع (ل)، ثم أجيب عن الفِقْرات (3,4,5).



2. عدد التعاقبات الرسوبية في الشكل هو:

أ. 1 ب. 2 ج. 3 د. 4

3. الرمز الذي يدل على أحدث المظاهر الجيولوجية في الشكل هو:

أ. س ب. ص ج. أ د. هـ

4. المبدأ الذي يمكن استخدامه في تحديد العمر النسبي للاندفاع الناري (س) نسبة إلى بقية الصخور هو:

أ . التعاقب الطبقي. ب. الاحتواء.

ج. القاطع والمقطوع. د . الترسيب الأفقي.

الدرس2 : التأريخ المطلق للصخور
Absolute Dating of Rocks

الفكرة الرئيسة

يستخدم التأريخ المطلق في تحديد أعمار الصخور بدقة (بالسنوات) ثم تحديد عمر الأرض.

التأريخ باستخدام النشاط الإشعاعي Dating with Radioactivity

تعلمت سابقاً :

أن التأريخ النسبي يُرتب الأحداث الجيولوجية التي مرت بسطح الأرض وفقا لحدوثها، ولكنه لا يحدد زمن تلك الأحداث أو أعمار الصخور بدقة (بالسنوات)، لذا لجأ العلماء إلى استخدام طرائق أخرى تعتمد على النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة الموجودة في الصخور لإعطائها أعمارًا محددة، فما النشاط الإشعاعي؟ وكيف يحدث؟

النشاط الإشعاعي Radioactivity

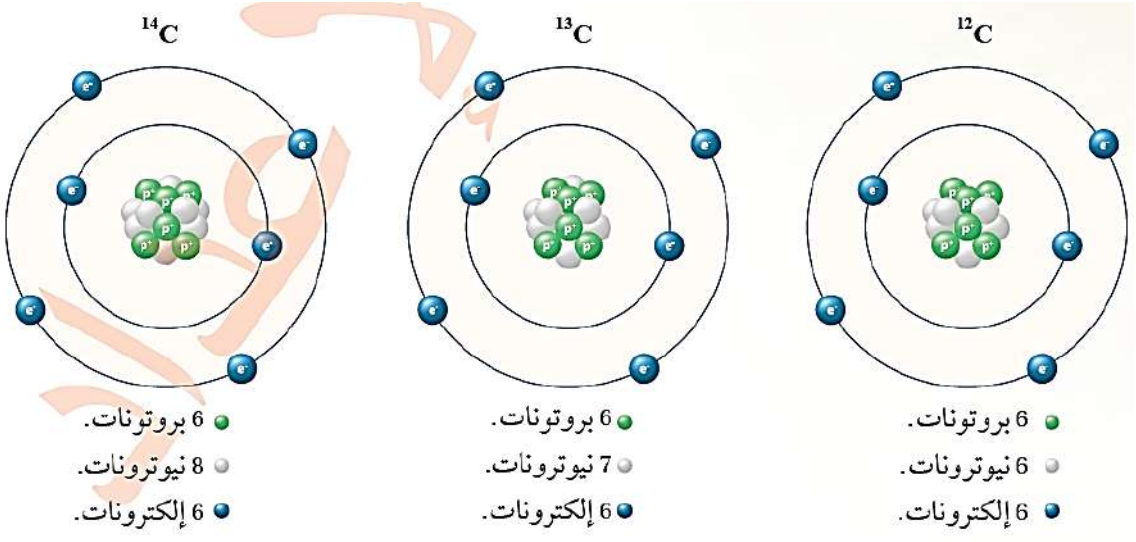
يتكون العنصر من النوع نفسه من الذرات، و يُحدد نوعه بعدد البروتونات الموجودة في نواته، في ما يعرف بالعدد الذري للعنصر.

فسر : اختلاف العدد الكتلي للعنصر الواحد ؟

بسبب اختلاف عدد النيوترونات في نواة ذرة العنصر الواحدة.

النظائر: مسمى يطلق على ذرات العنصر الواحد التي تحوي العدد الذري نفسه و تختلف في العدد الكتلي.

أنظر الشكل (17) الذي يمثل بعض نظائر الكربون.



الشكل (17): بعض نظائـــر الكربون التي تختلف في عدد النيوترونات في أنوية ذراتها.

فمثلا، العدد الذري لعنصر الكربون (C) هو 6 ، لأنه يحتوي ستة بروتونات في نواته، في حين تحتوي بعض عناصره أعدادا مختلفة من النيوترونات مثل:
6، 7 ، 8 لذا توجد للكربون نظائر مختلفة، منها: ^{12}C, ^{13}C , ^{14}C
ترتبط البروتونات و النيوترونات معا في معظم ذرات النظائر بقوى ترابط نووية قوية، و لذلك تكون معظم النظائر مستقرة.
إلا أن بعض النظائر تكون غير مستقرة، أي مشعة ، فتتحلل ذراتها تلقائيا بإطلاق جسيمات ألفا (α) وبيتا (β) وأشعة غاما (γ)، منتجة نظائر أكثر استقرارا، و قد يستمر التحلل الإشعاعي لبعض الذرات في عدد من المراحل حتى يتكون نظير مستقر؛ أي غير مشع.
فمثلا، يتحلل اليورانيوم (^{238}U) بمرور الزمن مكونا نظير الرصاص (^{206}Pb) المستقر.
النظيرة الأم المشعة : يُطلق على نظير العنصر غير المستقر أو المشع .
النظيرة الوليدة : يُطلق على النظيرة الناتجة من اضمحلال النظيرة الأم المشعة .
النشاط الإشعاعي، أو الاضمحلال الإشعاعي Radioactive Decay: تسمى العملية التي تتحلل فيها ذرات العناصر المشعة إلى ذرات عناصر مستقرة .

الربط بالفيزياء

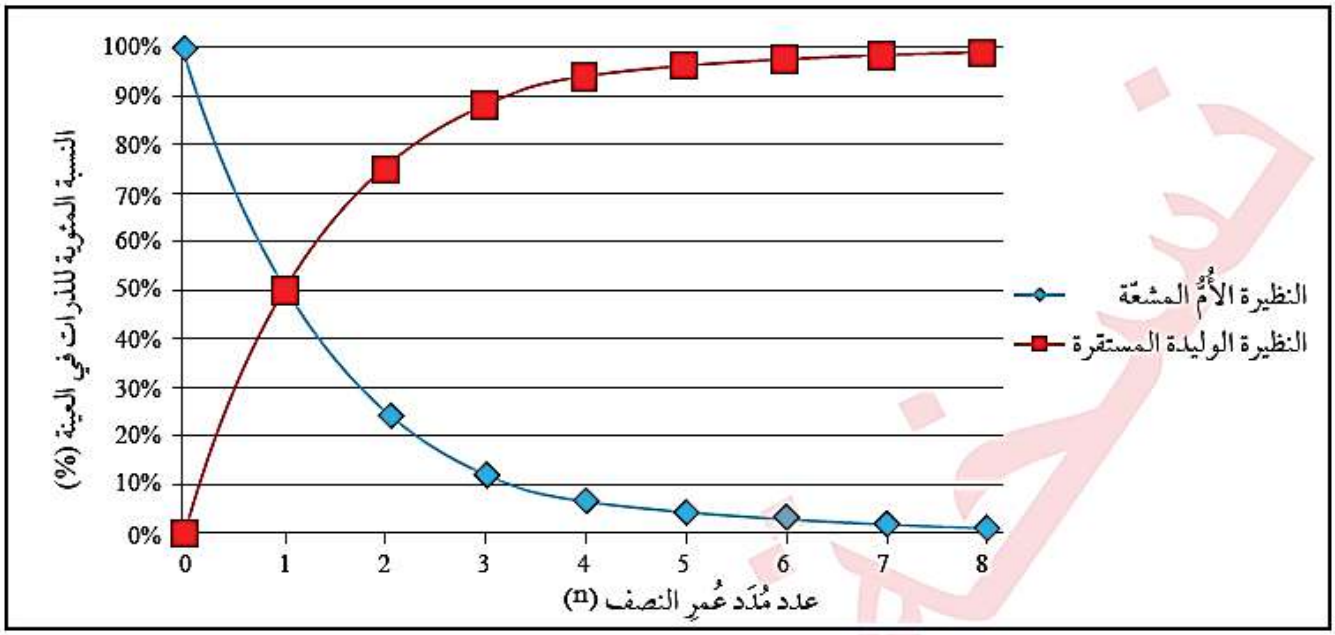
كيف يحدث الاضمحلال الإشعاعي بشكل تلقائي ؟

إذ يتحلل العنصر المشع في هذه العملية إلى عنصر آخر أكثر استقرارا نتيجة فقده جسيمات ألفا (α) أو جسيمات بيتا (β) وإطلاق أشعة غاما (γ)، فعندما:

- إذا تنبعث جسيمات ألفا (γ) التي تكافئ ذرة الهيليوم، تنقص الكتلة الذرية للنظيرة الأم المشعة بمقدار 4 وحدات والعدد الذري بمقدار وحدتين، ومن أمثلتها اضمحلال اليورانيوم ^{238}U إلى ثوريوم ^{234}Th .
- أما إذا انبعثت جسيمات بيتا (β) التي تكافئ الإلكترون، فإن العدد الذري يزداد بمقدار وحدة واحدة، في حين لا يحدث أي تغيير للعدد الكتلي، ومن أمثلتها اضمحلال الثوريوم ^{234}Th إلى البروتكتينيوم ^{234}Pa.
- يحدث انبعاث لأشعة غاما (γ) -وهي طاقة لا تغير من طبيعة العنصر- للتخلص من الطاقة الزائدة و لحدوث توازن للنظيرة الوليدة.

عمر النصف Half-Lite

تتحلل نظائر العناصر المشعة إلى نظائر مستقرة في زمن محدد ثابت يسمى عمر النصف.
عمر النصف Half-Life : الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد ذرات النظيرة الأم المشعة في العينة إلى ذرات نظيرة وليدة أكثر استقرارا، أو مستقرة.
انظر الشكل (18) الذي يبين العلاقة بين مدد عمر النصف والنسبة المئوية لكل من النظيرة الأم المشعة والنظيرة الوليدة المستقرة.



الشكل (18): تحلُّل النظيرة الأُمِّ المشعّة عن طريق الاضمحلال الإشعاعي إلى نظيرة وليدة مستقرة.

أقارن بين منحنى كل من النظيرة الأم المشعة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة في مدة عمر النصف الثانية.

عمر النصف الثانية تساوي نسبة النظيرة الأم المتبقية 25% في حين تساوي النظيرة الوليدة 75 %.

يبين الشكل (18) أن:

- **مدة عمر النصف في البداية تساوي صفرا، و هذا يدل على أن الاضمحلال الإشعاعي لم يبدأ بعد؛ إذ يُلاحظ أن العينة تقتصر بداية (حين تكون مدة عمر النصف صفرا) على النظيرة الأم المشعة بنسبة 100% كما يظهر في المنحنى الأزرق، عندئذ تكون نسبة النظيرة الوليدة المستقرة صفرًا أيضًا كما يظهر في المنحنى الأحمر.**
- **وبزيادة عدد مدد عمر النصف يبدأ النقصان في النسبة المئوية لذرات النظيرة الأم المشعة المتبقية تقابله زيادة في النسبة المئوية لذرات النظيرة الوليدة المستقرة حتى تقترب النسبة المئوية لذرات الأم المشعة المتبقية من الصفر.**

أتحقق

أوضح العلاقة بين النظيرة الأم المشعة والنظيرة الوليدة المستقرة.

مع الزمن تقل كمية النظيرة الأم المشعة، وفي المقابل تزداد كمية النظيرة الوليدة بالنسبة نفسها التي تقل فيها كمية النظيرة الأم المشعة.

الربط بالتكنولوجيا

يستخدم جهاز مطياف الكتلة (Mass Spectrometer) في:

قياس كميات النظائر المختلفة في العينات الصخرية و المعدنية، حيث تحدد نسبة النظيرة الأم المشعة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة، و عبر معرفة الزمن اللازم لاضمحلال نصف عدد ذرات النظيرة الأم المشعة (عمر النصف)، يمكن حساب العمر المطلق للصخور أو المعادن بدقة.

أنفذ التجربة الآتية لتوضيح العلاقة بين النظيرة الأم المشعة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة.

التجربة 1 :

نمذجة الاضمحلال الإشعاعي

المواد والأدوات: مِقَصٌّ، شريط ورقي، مِسطرة مترية، لوح من الكرتون، أقلام مختلفة الألوان.

إرشادات السلامة: توخّي الحذر عند استخدام المِقَصِّ.

خطوات العمل:

1. أُحضِر لوح الكرتون لتمثيل منحَنى الاضمحلال الإشعاعي، ثم أرسم عليه محورين (سيني، صادي) بحيث:
   - ✓ يُمثِّل المحور السيني عدد مُدَد عُمر النصف.
   - ✓ يُمثِّل المحور الصادي عدد الذرات.
2. أقيس طول الشريط الورقي، ثم أُمثِّل قيمته على الرسم البياني، بحيث يُمثِّل عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية عند مُدَّة عُمر النصف (صفر).
3. أقُصُّ الشريط قسمين متساويين، أحدهما يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعة المتبقية، و الآخر يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة، و أقيس طولهما، ثم أُمثِّل قيمتهما على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الأولى.
4. أقُصُّ الشريط الناتجَ الذي يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقية جزأين متساويين، بحيث يُمثِّل أحدهما النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقية، و أقيس طوله، ثم أُمثِّل قيمته على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الثانية.
5. أجمَع طول الشريط الآخر الناتج في الخطوة 4 الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة مع الطول الناتج لها في الخطوة 3، ثم أُمثِّل قيمة المجموع على الرسم البياني في مُدَّة عُمر النصف الثانية.
6. أُكرِّر الخطوة 4 لتمثيل ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية في مُدَّة عُمر النصف الثالثة.
7. أجمَع طول الشريط الناتجِ في الخطوة 6 مع الطول الناتج في الخطوة 5 لتمثيل عدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة في مُدَّة عُمر النصف الثالثة.
8. أُمثِّل البيانات للدلالة على مُدَّة عُمر نصف رابعة بقصِّ الشريط الناتج، وقياس طوله لتمثيل النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية.

بعد ذلك أجمع طول الشريط الآخر الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة مع الطول الناتج في الخطوة 7، ثم أُمثِّل قيمتهما على الرسم البياني.

9. أرسم المنحنى الذي يُمثِّل النظيرة الأُمَّ المشعّة المتبقيةَ، والمنحنى الذي يُمثِّل النظيرة الوليدة المستقرة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أُحدِّد: ماذا تُسمّى النظيرة المشعّة عند مُدَّة عُمر النصف صفر؟**

النظيرة الأم المشعة الأصلية.

2. **أحسُب النسبة بين النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة عند مُدَّة عُمر النصف الثالثة.**

عند مدة عمر النصف الثالثة تساوي نسبة النظيرة الأم المشعة المتبقية 12.5 % في حين تساوي نسبة النظيرة الوليدة المستقرة 87.5% و منه تكون النسبة بينهما 1:7.

3. **أُقارِن بين منحنى النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية ومنحنى النظيرة الوليدة المستقرة.**

يُظهر منحنى النظيرة الأم المشعة المتبقية تناقصًا مع الزمن، في حين يُظهر منحنى النظيرة الوليدة تزايدًا مع الزمن.

4. **أستنتج قيمة النظيرة الوليدة المستقرة بعد مُدَّة عُمر النصف الخامسة.**

سوف تختلف قيمة النظيرة الوليدة في مدة عمر النصف الخامسة بحسب طول الشريط، ولكن يجب أن تكون النسبة بين النظيرة الأم المشعة المتبقية إلى النظيرة الوليدة تساوي 31:1

التأريخ الإشعاعي للصخور Radiometric Dating of Rocks

لماذا تُستخدَم عملية الاضمحلال الإشعاعي؟
لتحديد الأعمار المُطلَقة للصخور والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض.
التأريخ المُطلَق Absolute Dating : اسم يُطلَق على طريقة حساب عُمر الصخور و المعادن التي تحوي نظائر مشعّة على نحوٍ دقيق ومُحدَّد.
ماذا يُمثِّل العُمر المُطلَق؟
عدد السنوات التي انقضت منذ تشكُّل المعدِن و انحباس النظيرة الأُمِّ المشعّة داخله حتى وقتنا الحاضر.

عملية الاضمحلال الإشعاعي :

1. **يستخدم العلماء جهاز مطياف الكتلة في قياس نسبة النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة في عيِّنة المعدِن**
2. **ثم حساب النظيرة الأُمِّ الأصلية لتحديد مُدَد عُمر النصف التي انقضت منذ بَدْء الاضمحلال الإشعاعي.**
3. **كلَّما كانت العيِّنة المأخوذة من الصخر المراد قياسه أقدم، احتوت كمِّية أكبر من النظيرة الوليدة المستقرة.**

شروط استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في التأريخ المُطلَق:

1. **أنْ تكون كمِّيات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة قابلةً للقياس.**
2. **أنْ يكون عُمر النصف للعنصر المراد تحليله مُحدَّدًا بدقَّة.**
3. **أنْ يبقى النظام الإشعاعي مغلقًا، ولا يسمح بالدخول أو الخروج لأيٍّ من ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية، أو ذرات النظيرة الوليدة المستقرة.**

من المعادن المُستخدَمة في تحديد العُمر المُطلَق للصخور، معدِن الزركون الذي يحوي عنصر اليورانيوم المشعّ لحظة تبلوره، ولكنَّه لا يحوي عنصر الرصاص، أنظر الشكل (19).

الشكل (19): بلورة معدن الزركون التي تُستخدَم في عمليات الاضمحلال الإشعاعي.

النظائر المُستخدَمة في التأريخ المُطلَق Isotopes Used in Absolute Dating

كما تعرَّفْتُ سابقًا:

- **توجد في الطبيعة العديد من النظائر المشعّة.**
- **إنَّ الزمن اللازم لاضمحلال تلك النظائر وتحلّلها إلى نظائر وليدة مستقرة دائمًا ثابت.**
- **إنَّ مقدار أعمار النصف لتلك النظائر مختلف:**
  - ✓ **بعضها يستغرق مُدَدًا زمنيةً قصيرةً جدًّا لا تتجاوز الثانية الواحدة للتحلّل إلى نظيرة وليدة مستقرة مثل الليثيوم (Li^8)**
  - ✓ **بعضها الآخر يستغرق تحلّله مُدَّةً زمنيةً طويلةً تُقدَّر بمليارات السنين مثل البوتاسيوم (K^{40}).**
  - ✓ **وفي المقابل، فإنَّ العديد من تلك النظائر تحتاج إلى سلسلة من التحوُّلات حتى تصل إلى نظيرة وليدة مستقرة مثل نظائر اليورانيوم.**
- **يستخدم العلماء خمسة نظائر على نحوٍ خاص في تحديد الأعمار المُطلَقة للصخور، وهي: اليورانيوم (U^{238})، اليورانيوم(U^{235})، البوتاسيوم (K^{40})، الروبيديوم (Rb^{87})، الكربون(C^{14}) ؛ذلك أنَّ عُمر النصف لمعظمها يوازي الأحداث الجيولوجية، أنظر الجدول (1)**

الجدول (1): أعمار النصف للنظائر الإشعاعية المُستخدَمة في تأريخ الصخور.

النظيرة الأُمّ المشعّة الأصلية	النظيرة الوليدة المستقرة	عُمر النصف
اليورانيوم (^{238}U)	الرصاص (^{206}Pb)	4.47 billion years
اليورانيوم (^{235}U)	الرصاص (^{207}Pb)	710 million years
البوتاسيوم (^{40}K)	الأرغون (^{40}Ar)	1.25 billion years
الروبيديوم (^{87}Rb)	السترونشيوم (^{87}Sr)	50 billion years
الكربون (^{14}C)	النيتروجين (^{14}N)	5730 years

أفكر

ما تأثير كلٍّ من الظروف الفيزيائية والكيميائية في مُعدَّل الاضمحلال الإشعاعي للعناصر المشعّة؟

تتحول النظائر المشعة إلى نظائر وليدة في مدة محددة تُسمّى عمر النصف، ومعدل الاضمحلال لا يتأثر بالظروف الفيزيائية (مثل درجة الحرارة والضغط)،وكذلك لا يتأثر بالظروف الكيميائية أيضًا؛ فالنظيرة المشعة سوف تتحلل إلى نظيرة وليدة في مدة عمر النصف نفسها ، بصرف النظر عن الظروف الفيزيائية أو الكيميائية المحيطة بها أو المحيطة بالمعدن الذي يحويها.

حساب أعمار الصخور Calculating Ages of Rocks

يُمكِن حساب العُمر المُطلَق للصخور التي تحوي نظائر مشعّة باتِّباع الخطوات الآتية:
تحديد عدد ذرات كلٍّ من النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية، والنظيرة الوليدة المستقرة. يُمكِن إيجاد النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية التي تُمثِّل ذرات العنصر المشع لحظة تبلور المعدِن، وبَدْء عملية الاضمحلال الإشعاعي كالآتي:

$$N_0 = N_p + N_d$$

حيث:
N_0: عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية.
N_p: عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية.
N_d : عدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة.
تحديد عدد مُدَد عُمر النصف (n) بإيجاد نسبة عدد الذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية.
أو باستخدام العلاقة الآتية:

$$N_p = N_0 \times (1/2)^n$$

حيث:
n: عدد مُدَد عُمر النصف.

- إيجاد العُمر المُطلَق للمعدِن أو الصخر عن طريق ضرب عدد مُدَد عُمر النصف الخاصة بالعيِّنة في قيمة عُمر النصف للعنصر المشعّ المُستخدَم كما في المعادلة م الآتية:

$$T=T_{1/2} \times n$$

حيث:

T:العُمر المُطلَق.

$T_{1/2}$: عُمر النصف.

أفكر

ما العلاقة بين مدد عمر النصف وكل من النظيرة الأم المشعة المتبقية والنظيرة الوليدة المستقرة؟

كلما ازدادت مدد عمر النصف تنخفض كمية النظيرة الأم المشعة المتبقية وتزداد النظيرة الوليدة المستقرة.

مثال (1)

عينة من عنصر مشعّ كتلتها 400 g ، خلال 15 days تحلَّلَ منها 350 g فكم يتبقى من العينة بعد مرور 30 days ؟

الحل:

أولًا: أجد قيمة النظيرة الأم المشعة المتبقية (N_p).

$N_0=N_p-N_d$

$N_p=400-350=50g$

ثانيًا: أَحْدد عدد مُدَد عمر النصف (n). يمكنني إيجاد (n) أيضًا عن طريق:

$N_p = N_0 \times (1/2)^n$

$50/400=(1/2)^n$

$1/8=(1/2)n$

$(1/2)^3=(1/2)^n$

$n=3$

لأنَّه تحلَّلَ 350 g من العنصر المشعّ، فإنَّ ما تبقى يـ

400 —n=1→ 200 —n=2→ 100 —n=3→ 50

ثالثًا: أجِد عمر النصف للعنصر المشعّ:

$T=T_{1/2} \times n$

$15= T_{1/2}\times 3$

$T_{1/2}= 5$ days

رابعًا: أجِد عدد مُدَد عمر النصف عندما يكون عمر العينة 30 days.

$T=T_{1/2} \times n$

$30=5\times n$

$n= 6$

خامسًا: أجِد قيمة النظيرة الأمّ المتبقية.

$N_p/N_0= (1/2)^n$

$N_p/400= (1/2)^6$

$N_n/400=(1/64)$ $N_n= 6.25g$

مثال (2)

حُلِّلت عيِّنة لبلّورة أحد المعادن بجهاز مطياف الكتلة، فوُجِد أنَّا تحوي 11915 ذرّة من العنصر المشعّ، و 35745 ذرّة من العنز الوليد المستقر. إذا كان عُمر النصف للعنصر المشعّ هو 2.7million years ، فكم عُمر عيِّنة المعدِن؟

الحل:

أوَّلًا: أجد قيمة النظيرة الأُمِّ المشعة الأصلية (N_0):

$$N0 = N_p + N_d = 11915 + 35745 = 47660$$

ثانيًا: أجد عدد مُدَد عمر النصف (n).

$$N_p = N_0 \times (1/2)^n$$

$$11915 = 47660 \times (1/2)^n$$

$$11915/47660 = (1/2)^n$$

$$(1/4)=(1/2)^n \longrightarrow n= 2$$

يُمكِنني إيجاد (n) أيضًا عن طريق الآتي:

ثالثًا: أجد عُمر العيِّنة:

$$T=T_{1/2} \times n$$

$$T= 2.7 \times 2= 5.4 \text{ million years}$$

تمرين

عثر العلماء على أحد أحافير الثدييات المفترسة المنقرضة التي كانت تعيش في الزمن الماضي. و بعد تحليلهم عينة من عظام هذه الأحفورة، وجدوا أنَّها تحوي كمِّية من النيتروجين (^{14}N) تساوي 31 ضعفًا ممّا فيها من الكربون (^{14}C) ، كم عُمر الأحفورة، علمً أنّ عُمر النصف للكربون هو 5730 years ؟

النيتروجين يمثل النظيرة الوليدة المستقرة و كميتها 31 ، الكربون يمثل النظيرة الأم المشعة المتبقية و كميتها 1، عمر النصف للكربون يساوي 5730years

يمكن إيجاد عمر العيّنة بتطبيق المعادلة: $T = T_{1/2} \times n$

يجب معرفة مدة عمر النصف كالآتي:

أولا : نجد كمية النظيرة الأم المشعة الأصلية:

$N_o = N_p + N_a$

$N_o = 1 + 31 = 32$

ثانيا: نجد عدد مدد عمر النصف (n):

$N_p = N_o x\ (1/2)^n$

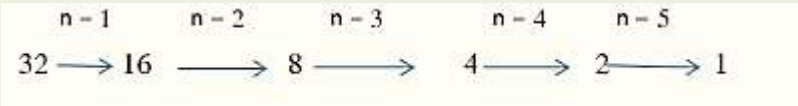
$1 = 32 \times (1/2)^n$

$1/32 = (1/2)^n$

$(1/2)^5 = (1/2)^n$

$n=5$

ويمكن إيجاد (n) أيضًا عن طريق الآتي:



ومنه عمر العينة يساوي:

$T = T_{1/2} \times n$

$T = 5730 \times 5 = 28650\ y$

التأريخ الإشعاعي و أنواع الصخور Radiometric Dating and Rocks Types

تعلَّمْتُ سابقًا أنَّ العلماء والمُؤرِّخين يستخدمون التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمار الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرَّت بسطح الأرض، فهل يُمكِن تأريخ أعمار جميع أنواع الصخور؟ وما أفضل أنواع الصخور التي يُمكِن تأريخها بالنشاط الإشعاعي؟

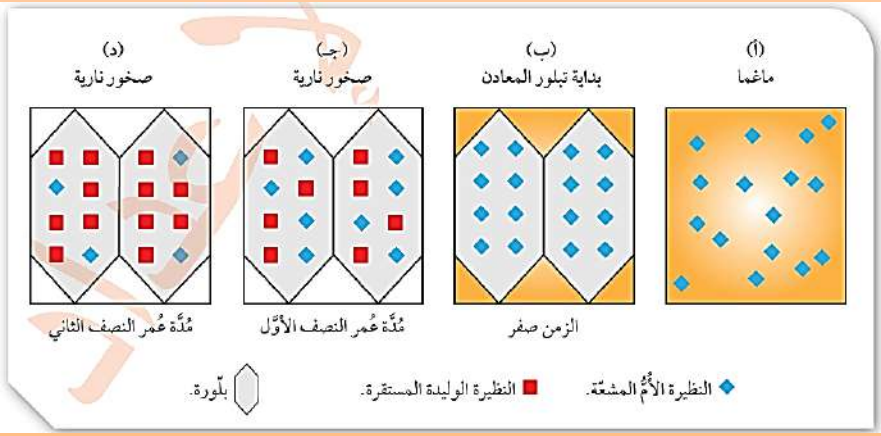
تأريخ الصخور النارية Igneous Rocks Dating

فسر : تُعَدُّ الصخور النارية أفضل الصخور استخدامًا في التأريخ الإشعاعي؟
ذلك لأنَّ معادنها التي تُستخدَم في التأريخ الإشعاعي عند تبلورها من الماغما تحتوي النظيرة الأُمِّ المشعّة فقط، ثم تتحلّل بمرور الزمن إلى نظيرة وليدة مستقرة، و تحتفظ البلّورات بكلتا النظيرتين من دون كسب أو فقدان.

و لهذا، فإنَّ عُمر الصخر النارى الذي يقاس بطرائق التأريخ الإشعاعي يشير إلى عُمر الصخر منذ لحظة تبلور المعادن المُكوِّنة له من الماغما، و انحباس النظيرة الأُمِّ المشعّة في البلورة ، لا عند نشأة الماغما. حيث يكون النظام الإشعاعي مفتوحًا في حالة الماغما.

يُبيِّن الشكل (20) تحلُّل ذرات النظيرة الأمِّ المشعّة الأصلية إلى ذرات نظيرة وليدة في بلّورات أحد المعادن في الصخور النارية:

- **يُلاحَظ من الشكل (20/أ) توزُّع ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية في الماغما. وما إنْ تبرد الماغما، حتى تبدأ المعادن المختلفة تتبلور فيها، وتحبس النظيرة الأُمَّ المشعّة الأصلية في التركيب البلّوري للمعدِن.**
- **يُلاحَظ في الشكل (20/ب) أنَّ عُمر الصخور أصبح صفرًا، و أنَّ عدد مُدَد عُمر النصف المنقضية هو أيضًا صفر.**
- **يلاحظ في الشكل (20/ج) أنَّه بعد مُضِيِّ مُدَّة عُمرِ النصف الأولى يتحلّل نصف ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية في كل بلورة معدِنية إلى ذرات نظيرة وليدة، في حين يظلُّ النصف الآخر على حاله.**
- **يلاحظ في الشكل (20/د) فيُبيِّن عدد ذرات النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية في كل بلّورة، وعدد ذرات النظيرة الوليدة المستقرة بعد مُضِيِّ مُدَّة عُمر النصف الثانية.**



الشكل(20): تحلُّل النظيرة الأُمِّ المشعة الأصلية إلى نظيرة وليدة داخل بلّورة المعدِن.
أحسُب: كم نسبة الذرات الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى ذرات النظيرة الوليدة المستقرة إذا مرَّت مُدَّتان من عُمر النصف؟
في مدة عمر النصف الثانية نسبة الذرات النظيرة الأم المشعة المتبقية إلى ذرات النظيرة الوليدة المستقرة تساوي 1:3.

أفكر

تبلور صخر الغرانيت قبل 200 million years ثم تعرض إلى حرارة وضغط شديدين قبل 100 million years، فتحول إلى صخر النايس، فإذا تم أخذ عينة لمعدن الغارنت من صخر النايس وتم تحليلها إشعاعيًّا بجهاز مطياف الكتلة، فما العمر المتوقع لمعدن الغرانيت؟

100million years

أفكر

هل يُمكِن أنْ تتحلّل جميع ذرات النظيرة الأمِّ المشعّة إلى نظيرة وليدة مستقرة في الاضمحلال الإشعاعي؟ لماذا؟

بما أن نصف كمية ذرّات النظيرة الأم المشعة سوف تستمر بالاضمحلال مع الزمن وتتحوّل إلى نظيرة وليدة بحسب عمر النصف، فإن جزءًا من النظيرة الأم المشعة سوف يبقى مع الزمن، ولكن ستكون كميتها قليلة جدا بحيث لا نستطيع استخدامها في تأريخ الصخور، وهذا يعني أن جميع ذرّات النظيرة الأم المشعة لا تتحوّل إلى نظيرة وليدة.

تأريخ الصخور المُتحوِّلة Metamorphic Rocks Dating

ماذا يحدث عند تعرُّض مختلف أنواع الصخور لعواملِ التحوُّل من حرارة وضغط، وحدوث إعادة تبلور لها؟

1. إن ذلك قد يؤدي إلى فتح النظام الإشعاعي، و حدوث كسْبٍ أو فقْدٍ للنظيرة الأُمِّ المشعّة، أو النظيرة الوليدة المستقرة من البلّورة، وهذا يؤدي إلى تغيير نسبتهما فيها.
2. وعند توقُّف عملية التحوُّل، تصبح البلّورات الجديدة نظامًا مغلقًا من جديد، ويبدأ العنصر المشع بالتحلّل إلى عنصر مستقر.
3. من ثَمَّ، فإنَّ التأريخ باستخدام الاضمحلال الإشعاعي للصخور المُتحوِّلة هو الذي يُؤرِّخ لحظة انتهاء عملية التحول و إغلاق النظام الإشعاعي في الصخور، وليس نشأة الصخر الأصلي.

مثال :

إذا احتوى صخر ما معدِن بيوتيت فيه نظيرة البوتاسيوم ^{40}K (النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية) و نظيره الأرغون ^{40}Ar (الوليدة المستقرة)، و تعرض هذا الصخر لعوامل التحوُّل، فإنَّ غاز الأرغون المُتكوِّن يخرج من الصخر؛ لأنَّ الحرارة تجعل بلّورة البيوتيت نظامًا مفتوحًا، فتصبح نسبة النظيرة الأُمِّ المشعّة المتبقية إلى النظيرة الوليدة المستقرة مختلفة، و تكون عند حساب النظيرة الأُمِّ المشعّة الأصلية أقلَّ ممّا لو كان النظام مغلقًا.

فسر : يؤدي كل ما سبق إلى اختلاف عُمر الصخر؟

لذا فإنَّ استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في الصخور المُتحوِّلة يعطيها دائمًا عُمرًا أحدث من عمر الصخر الأصلي؛ لأنَّ هذه الطرائق ترصد حادثة التحوُّل، لا نشأة الصخر الأصلي.

الربط بالعلوم الحياتية:

- تُستخدَم حَلْقات الشجر السنوية في تحديد أعمارها؛ إذ تحوي الأشجار سجلا زمنيًّا لأعمارها، وتنمو كل شجرة ضمن ظروف مُعيَّنة كل سنة، و يكون سُمْك الحلقات عريضًا عند توافر أمطار غزيرة ، في حين يكون سُمْكها قليل في مواسم الجفاف.
- يُعَدُّ أندريو دوغلاس أوَّل مَن استخدم التأريخ بالحَلْقات لتأريخ بيوت مصنوعة من الخشب.
- يستطيع العلماء اليوم استخدام هذه الطريقة في تأريخ مُدَد تصل إلى 10000 years.

تأريخ الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks Dating

الصخور الرسوبية الكيميائية:

تُستَخدَم طرائق الاضمحلال الإشعاعي في الصخور التي تترسَّب نتيجة زيادة تركيز المواد الذائبة في المحاليل المائية، مثل الصخور الجيرية؛ إذ يغلق النظام الإشعاعي فيها لحظة حدوث الترسيب.

إنَّ تأريخ الصخور الرسوبية الكيميائية يرصد عُمر الرسوبيات التي يتكوَّن منها الصخر الرسوبي الكيميائي؛ أيْ أنَّه يُؤرِّخ لحظة الترسيب.

الصخور الرسوبية الفتاتية :

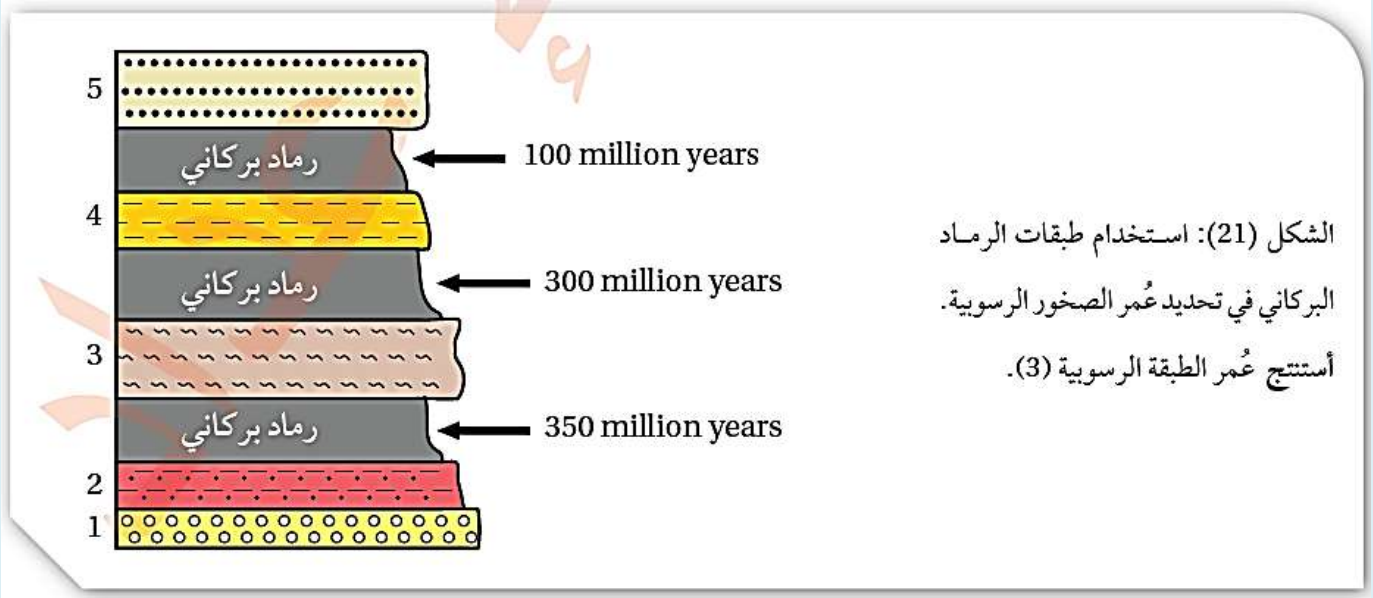
فسر : لا تُستخدَم طرائق الاضمحلال الإشعاعي لإيجاد أعمارها؟

لأنَّ حُبيبات المعادن المُكوِّنة لها تشكَّلت في صخور قديمة تعرَّضت لعمليات حَتٍّ و تعريةٍ ثم ترسيبٍ من دون أنْ يُحدِث ذلك أيَّ تغيير في بلّوراتها الداخلية، و هذا يعني بقاء النظام الإشعاعي فيها مُغلَقًا، فتحتفظ بالنظيرة المشعّة المتبقية و النظيرة الوليدة المستقرة من دون تغيير. و عند تقدير عُمرها، فإنَّه يكون قريبًا من عُمر الصخر الأصلي الذي أُخِذت منه المعادن، و ليس عُمر الصخر الرسوبي.

بماذا يُستخدَم الكربون (^{14}C)؟

في تأريخ بعض أنواع الصخور الرسوبية الكيميائية و الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية، مثل تأريخ طبقات الفحم الحجري.

يستخدم الجيولوجيون طرائق غيرِ مباشرة في تحديد أعمار الصخور الرسوبية، وذلك بمقارنة أعمارها بأعمار مُطلَقة لأجسام من صخور نارية محيطة بها باستخدام التأريخ النسبي؛ إذ يُحدِّد الجيولوجيون جسمين من الصخور النارية، أحدهما أقدم نسبيًّا من الصخور الرسوبية، والآخر أحدث من الصخور الرسوبية، أنظر الشكل (21).



الشكل (21): استخدام طبقات الرماد البركاني في تحديد عُمر الصخور الرسوبية.

أستنتج عُمر الطبقة الرسوبية (3).

أستنتج عمر الطبقة الرسوبية (3):

بما أن الطبقة (3) تقع بين طبقتين من الرماد المركاني عمر الطبقة السفليةm.y 350 و عمر الطبقة العلويةmy 300 فإن عمر الطبقة (3) يكون ما بين m.y(350-300).

أتحقَّق:

أُفسِّر سبب عدم استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في تأريخ الصخور الرسوبية الفتاتية.

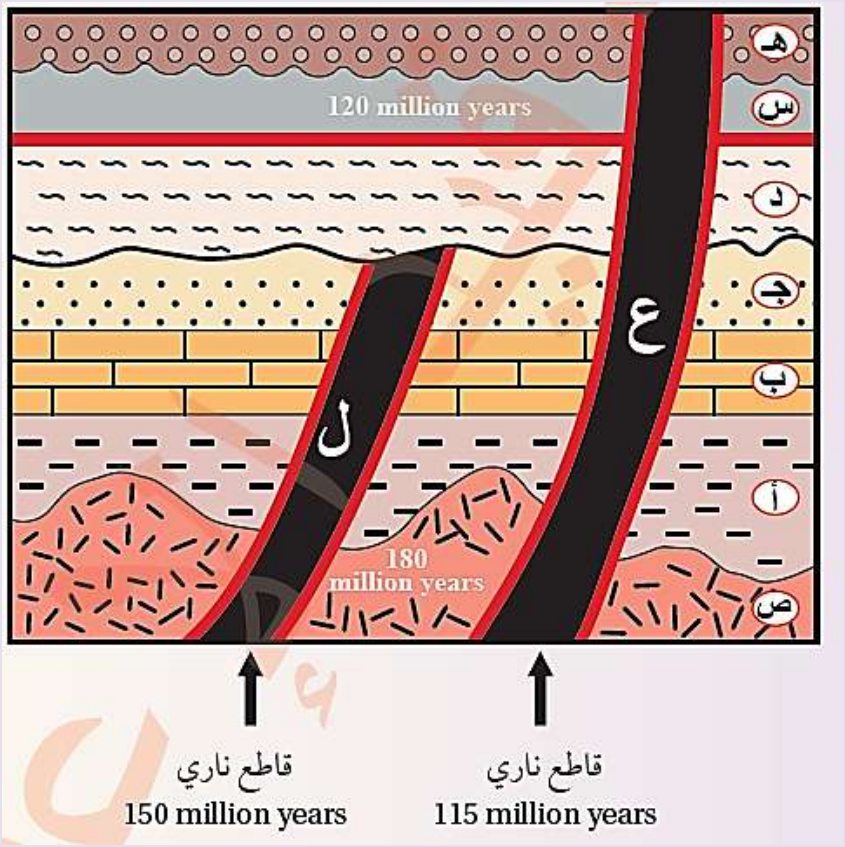
لأن حبيبات المعادن المكونة لها تشكلت في صخور قديمة تعرضت لعمليات حت و تعرية ثم ترسيب من دون أن يُحدث ذلك أي تغيير في بلوراتها الداخلية، و هذا يعني بقاء النظام الإشعاعي فيها مغلقا، فتحتفظ بالنظيرة المشعة المتبقية و النظيرة الوليدة المستقرة من دون تغيير، و عند تقدير عمرها فإنه يكون قريبا من عمر الصخر الأصلي الذي أخذت منه المعادن، وليس عمر الصخر الرسوبي.

لتعرُّف كيفية تحديد أعمار الصخور الرسوبية، أُنفِّذ النشاط الآتي.

التجربة 1 :

إعطاء الصخور الرسوبية أعمارًا مُطلَقةً

تُستخدَم الصخور النارية في تحديد أعمار الصخور الرسوبية على نحوٍ غير مباشر. و يُمثِّل الشكل الآتي تتابعات من الصخور الرسوبية (أ ،ب، ج، د ،هـ)، والصخر الناري (ص)، والقاطعين الناريين (ع، ل)، و الطفح البركاني (س)، علمًا أنَّ جميع أعمارها المُطلَقة مَقيسة بملايين السنين (million years)أتأمّل الشكل، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

1. أُحدِّد مبدأين للتأريخ النسبي يُمكِن استخدامهما في الشكل لترتيب الطبقات والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث.

يمكن استخدام مبدأ التعاقب الطبقي ومبدأ القاطع والمقطوع.

2. أستنتج عُمر التعاقب الطبقي (أ، ب، ج).

بما أن التعاقب الطبقي (أ ، ب ، ج) يقع فوق الصخر الناري (ص) ويقطعه القاطع (ل) فهو أحدث من الصخر الناري (ص) وأقدم من القاطع (ل) ؛ لذا يكون عمر التعاقب بين(150-180) million years

3. أستنتج عُمر الطبقة (هـ).

تقع الطبقة (هـ) فوق الطفح البركاني(س)؛ فهي أحدث منه، ويقطعها القاطع (ع) فهي أقدم منه؛ لذلك يكون عمرها بين million years (115 - 120)

سلم الزمن الجيولوجي Scale Time Geologic

جمع العلماء معلومات كثيرة عن أعمار صخور القشرة الأرضية في مناطق متنوعة من الأرض، استخدموا العديد من المبادئ لتشكيل عمود يمثل تلك الصخور بحسب أعمارها، و يضم أسفله أقدم الصخور، و يوجد في أعاله أحدثها، وقد سِّمي العمود الجيولوجي Geologic Column، أنظر الشكل (22).

الحِقب	العصر	المُكوِّنات الصخرية	التكاوين
حِقبة الحياة القديمة	البيرمي		أم عرنة
	السيلوري		الخشة
			المدورة
	الأوردوفيشي		دبيديب حسوة أمّ سَحم الديسي
	الكامبري		أم عشرين
			البرج/ أبو خشيبة
			سَلَب
	ما قبل الكامبري		

* المكونات الصخرية والتكاوين ليست للحفظ.

الشكل (22): جزء من العمود الجيولوجي في الأردن، يُمثِّل صخور حِقبة ما قبل الكامبري، وصخور حِقبة الحياة القديمة.

- **كيف يمكن تعرف زمن الأحداث الجيولوجية التي مر ت بسطح الأرض و مواضع الصخور زمنيا في تاريخ الأرض؟**

قسم العلماء تاريخ الأرض إلى وحدات زمنية مختلفة الأطوال بناء على تلك الأحداث، ووضعوها في جدول سِّمي سَّلم الزمن الجيولوجي.

- **سلم الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale: هو ترتيب زمني من الأقدم إلى الأحدث، ينظم الأحداث الجيولوجية التي تعاقبت على الأرض في تاريخها الطويل، و يقدم وصفا للتطور الجيولوجي و التغيُّر الحيوي فيها.**

- **ما الزمن الذي يؤرخه سَّلم الزمن الجيولوجي؟**

تاريخ الأرض منذ نشأتها قبل 4600 million years حتى وقتنا الحاضر.

تقسيم سلم الزمن الجيولوجي :

- **الدهر** : و هو مقسم وحدات زمنية أكبرها الدهر Eon ، حيث قُسم عمر الأرض قسمين، و هما:
  1. دهر ما قبل الكامبري
  2. دهر الحياة الظاهرة.
- **الحقبة** : قُسمت وحدة الدهر إلى وحدات أصغر تسمى الحقبةEras ،

  وقد قسم دهر الحياة الظاهرة إلى ثالث حقب:
  1. حقبة الحياة القديمة
  2. حقبة الحياة المتوسطة
  3. حقبة الحياة الحديثة.
- **العصور** : تتكون كل حقبة من وحدات أصغر منها تسمى العصورPeriods ، حيث قسمت :

  حقبة الحياة القديمة إلى ستة عصور.

  الحقبة المتوسطة إلى ثالثة عصور.

  الحقبة الحديثة إلى عصرين.
- **العهود** : يتكون العصر من عهود Epochs.
- **الأعمار** : تتكون العهود من أعمار Ages، أنظر الجدول (2).

الجدول (2): سُلَّم الزمن الجيولوجي.

الدهر Eon	الحِقَب Eras	العصور Periods	*العُمر (million years) Ages	التطوُّر الجيولوجي والتغيُّر الحيوي
دهر الحياة الظاهرة	حِقبة الحياة الحديثة	الرباعي	0.0 2.6	• ظهور الإنسان. • انتشار سلالات الثدييات.
		الثلاثي	65.5	
	حِقبة الحياة الوُسطى	الكريتاسي	145.5	• انقراض الديناصورات والأمونيتات. • ظهور الطيور الحديثة. • سيادة الديناصورات. • ظهور الطيور الأولى. • ظهور الثدييات.
		الجوراسي	199.6	
		الترياسي	251	
	حِقبة الحياة القديمة	البيرمي	299	• تكوُّن قارة بانغيا. • ظهور الزواحف شراعية الظهر. • انتشار النباتات البذرية مُعرّاة البذور. • انتشار النباتات الوعائية اللازهرية. • انتشار الأسماك وتنوُّعها.
		الكربوني	359	
		الديفوني	416	
		السيلوري	449	• بداية ظهور الأسماك. • ظهور اللافقاريات ذوات الهياكل الصُّلْبة (الترايلوبيتس).
		الأوردوفيشي	488	
		الكامبري	540	
ما قبل الكامبري			4600	• ظهور كائنات حيَّة وحيدة الخلية وحقيقة. • ظهور كائنات حيَّة وحيدة الخلية وبدائية النواة. • نشأة الأرض، وتكوُّن غُلُف الأرض.

* العمر (بملايين السنين) ليس للحفظ.

وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي

عمر الأرض Earth the of Age

فسر : قاس العلماء عمر صخور القشرة الأرضية باستخدام طرائق التأريخ الإشعاعي، ولكنَّهم لم يستطيعوا تحديد عمر الأرض تحديدا دقيقا؟

بسبب العمليات التي تحدث للصخور في أثناء دورة الصخور في الطبيعة:

1. إذ يمكن للصخور أن تتحول من نوع آخر
2. أو تنصهر داخل الستار
3. أو تتعرض لعمليات التجوية والتعرية

و هذا يؤدي إلى إزالة صخور، أو إنتاج صخور جديدة لها أعمار حديثة.

من الطرائق غير المباشرة التي لجأ العلماء إليها :

تحديد عمر النظام الشمسي، و أي من مكوناته بافتراض أن مكونات النظام الشمسي، ومنها الأرض التي تشكلت في الوقت نفسه.

وقد درس العلماء عينات صخرية متنوعة أُخذت من القمر أو من النيازك، واستخدموا طرائق التأريخ الإشعاعي في تحديد أعمارها:

مثال : إذ استخدموا طرائق الاضمحلال الإشعاعي للنظائر ذات عمر النصف الكبير في قياس عمر الأرض، لا سيما طريقة البوتاسيوم - أرغون، و طريقة اليورانيوم- رصاص.

صخور القمر Rocks Moon

تّمَكن رجال الفضاء من جمع عينات صخرية من القمر، تمثل صخورا بدائية تراوحت أقدم أعمارها بين billions (4.4 - 4.5).

النيازك Meteorites

- عثر العلماء على الآف النيازك التي سقطت على سطح الأرض من كَويكبات تشكلت مع بدء نشوء كل من النظام الشمسي و الأرض.
- قاس العلماء أعمار أكثر من 70 نيزكا باستخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي، وتبَّين لهم أن أعمارها تتراوح بين billion years 4.53 - 4.58
- من هذه النيازك: نيزك كانيون ديابلو Canyon Diablo وهو من النيازك الحديدية، وقد قدر العلماء عمره بنحو billion years (4.54) أنظر الشكل(23).

الشكل (23): عيِّنة من نيزك كانيون ديابلو الذي يُعَدُّ أحد النيازك الحديدية، ويُقدَّر عُمره بنحو (4.54) billion years.

أفكر: لماذا لا يستخدم العلماء طريقة الكربون 14 في تأريخ عمر الأرض؟
لأن عمر النصف للكربون (14) قصير(5730 سنة)مقارنة بعمر الأرض الكبير، لذلك يضمحل مع الزمن بحيث تصبح كمياته لا يمكن حسابها.

صخور القشرة الأرضية Earth's Crust Rocks

أقدم صخور القشرة

1. تَعُّد صخور النايس شمال غرب كندا أقدم الصخور التي عثر عليها في الأرض، و قد قُدِّر عمرها بنحو 4.03 billion years
2. تليها صخور حزام الحجر الأخضر إيسوا Isua Greenstone Belt غرب غرينلاند التي قُدِّر عمرها بنحو 3.8 - 3.7 billion years
3. و قد عثر غرب أستراليا على بلورات من الزركون قُدِّر عمرها بنحو 4.4 billion years و كانت موجودة في صخور رسوبية أحدث منها.

استخدم العلماء العديد من الطرائق الإشعاعية في تأريخ هذه الصخور، و لاحظو بذلك وجود توافق و تقارب بين أعمارها، وهذا زاد من ثقتهم بالنتائج التي توصلوا إليها، أنظر الشكل (24) الذي يبيّن صخورا قديمة من حزام الحجر الأخضر جنوب إفريقيا.

الشكل(24): عيِّنة تُمثِّل صخور الصوّان وأكاسيد الحديد من حزام الحجر الأخضر في جنوب إفريقيا وهي تتبع دهر الأرشيان قبل نحو 3 billion years

بناء على تحديد أعامر صخور القشرة الأرضية وصخور القمر والنيازك، قدر العلماء عمر الأرض بنحو 4.6 years billion.

أتحقق: لماذا لا تنبئ صخور القشرة الأرضية بالعمر الحقيقي للأرض؟

لأن صخور القشرة الأرضية تتعرض إلى العديد من العمليات الجيولوجية في أثناء دورة الصخور في الطبيعة، مثل : عمليات التحول ، أو الانصهار أو الحتّ والتعرية، ما يؤدّي إلى إزالة صخور، أو إنتاج صخور جديدة وبأعمار حديثة.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أُوضح سبب استخدام التأريخ المطلق في تحديد أعمار الصخور .

لأن التأريخ النسبي يرتب الأحداث الجيولوجية وفق حدوثها ، و لكنه لا يحدد زمن تلك الأحداث أو أعمار الصخور بدقة، لذلك لجأ العلماء إلى استخدام التأريخ المُطلَق لإعطائها أعمارًا محددة، إضافة إلى ذلك فإن معدل اضمحلال العناصر المشعة المستخدمة في التأريخ المطلق لا يتأثر بالظروف الفيزيائية والكيمائية.

2. أوضح المقصود بالنظائر.

النظائر : هي ذرّات العنصر الواحد التي لها العدد الذَّرّي نفسه، ولكنها تختلف في العدد الكتلي.

3. أحسب: عثر على بلورة من معدن الزركون في صخر الغرانيت، و كانت تحتوي وقت تبلورها 20 g من نظير اليورانيوم ^{235}U كم عمر صخر الغرانيت إذا تبقى من نظير اليورانيوم ^{235}U 5g علما أن عمر النصف لليورانيوم ^{235}U هو 710 millon years

- عدد مدد عمر النصف (n):

$N_p = N_o \times (1/2)^n$

$5 = 20 \times (1/2)^n$

$5/20 = (1/2)^n$

$n = 2$

عمر صخر الغرانيت يساوي :

$T = T_{1/2} X\ n$

$T = 710 \times 2$

$T = 1420\ m.y$

4. أستنتج: كيف يتغير عمر عينة من المايكا تحوي نظيري البوتاسيوم ^{40}K والأرغون ^{40}Ar بعد تسخينها في درجات حرارة عالية؟

غاز الأرغون المتكون يخرج من الصخر، لأن الحرارة تجعل بلورة المايكا نظامًا مفتوحًا، فتصبح نسبة النظيرة الأم المشعة المتبقية (البوتاسيوم) إلى النظيرة الوليدة المستقرة (غاز الأرغون) مختلفة، وتكون عند حساب النظيرة الأم المشعة الأصلية أقل مما لو كان النظام مغلقًا ما يعطي عمر أحدث للصخر من عمره الأصلي.

5. افسر: لماذا تستخدم النيازك في تحديد العمر المطلق للألرض؟

- لأن النيازك تمثل قطعًا من كُويكبات تشكّلت مع تشكّل النظام الشمسي ومنها تشكّل كوكب الأرض؛ لذا فإن قياس أعمارها يعطي أعمارًا مشابهة لعمر الأرض.

6. أقوم العبارة التالية: «وجود صخور نارية بين تتابعات من صخور رسوبية يمثل أهمية كبيرة في تحديد أعمار تلك الصخور الرسوبية».

- العبارة صحيحة؛ لأننا نستطيع باستخدام طرق الاضمحلال الإشعاعي قياس الأعمار المُطلقة للصخور النارية، ثم تقدَّر أعمار الصخور الرسوبية المجاورة لها.

7. اناقش:ما أهمية سَّلم الزمن الجيولوجي؟

- لسلم الزمن الجيولوجي أهمية كبيرة، لأنه يرتب الصخور والأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث على امتداد تاريخ الأرض الطويل، كذلك يقدم وصفا للتطور الجيولوجي والتغير الحيوي فيها، كذلك يؤرخ تاريخ الأرض منذ نشأتها قبل (4600m.y) وحتى وقتنا الحاضر.

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

1. نظيرة مشعة عدد ذراتها 1200 ذّرة، نتج منها بعد الإضمحلال الإشعاعي 900 ذّرة وليدة مستقرة، إذا علمت أن عمر النصف للنظيرة الأم المشعة يساوي 20 years million ، فإن عمر الصخر هو:

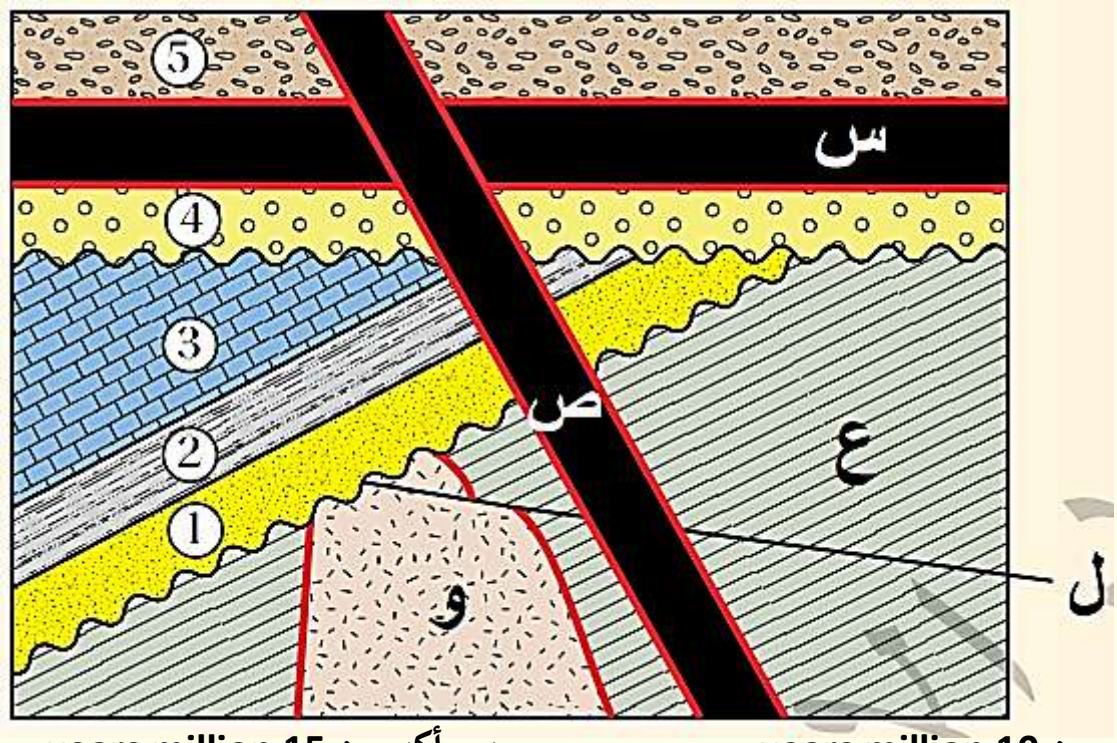
أ. 20 years million
ب. 40 years million
جـ. 45 years million
د. 55 years million

2. مستعينًا بالجدول الاتي الذي يمثل عمر النصف بالسنوات (years) لأرع نظائر، فإن النظيرة الأنسب لقياس عمر الأرض هي:

النظيرة	س	ص	ع	و
عمر النصف (years)	150	2500	4×10^5	9×10^9

أ . س ب. ص جـ ع د. و

3. إذا علمت أن عمر القاطع الناري (س) في الشكل الاتي هو 15 years million وعمر القاطع الناري (ص) هو 10 years million فإن عمر الصخر الرسوبي (5) هو:



أ . أقل من 10 years million ب. أكبر من 15 years million

جـ. 10-15 years million د . 15 years million

2. يعّد معدن الزركون من المعادن المستخدمة في التأريخ الإشعاعي، وذلك لأنه:

أ.يحوي عنصر اليورانيوم المشع عند تبلوره وال يحوي عنصر الرصاص.

ب. يحوي عنصري اليورانيوم والرصاص عند تبلوره.

جـ. يحوي عنصر الرصاص عند تبلوره وال يحوي اليورانيوم.

د. لا يحوي عنصري الرصاص او اليورانيوم عند تبلوره.

5. تسمى العملية التي تتحلل فيها ذرات العناصر المشعة إلى ذرات عناصر مستقرة:

أ. الإضمحلال الإشعاعي ب. التأريخ المطلق

ج. عمر النصف د. النظائر

الدرس3 : جيولوجية الأردن

الفكرة الرئيسة : يمتاز الأردن بجيولوجيته المتنوعه إذ تتكشُّف أنواع مختلفة من الصخور على سطحه الأرض منذ حِقبة ما قبل الكامبري حتى اليوم، و تحتوي هذه الصخور على العديد من الموارد المعدِنية.

أعمار الصخور في الأردن Ages of Rocks in Jordan

أخذ علماء الجيولوجيا منذ بدايات القرن الماضي يدرسون الصخور المتكشفة في الأردن والعينات الصخرية المستخرجة عند حفر آبار النفط في العديد من المناطق، مستخدمين في ذلك:

1. مبادئ التأريخ النسبي
2. طرائق التأريخ المطلق

و قد استطاعوا ترتيب الصخور وفقنا لأعمارها، وتعرف خصائصها وأنواعها والعلاقات المختلفة بينها وبناء تصور للأحداث الجيولوجية التي مرت بالمنطقة وعلاقتها بالمناطق المجاورة. فما ترتيب الصخور الموجودة في الأردن؟ وأين تتموضع تكتفائها؟

صخور حقبة ما قبل الكامبري Precambrian Rocks

العمر : تمتد أعمار صخور حقبة ما قبل الكامبري بين (540-800) million years، و يُطلق على أقدم الصخور الموجودة في الأردن و تتبع حقبة ما قبل الكامبري صخور الركيزة Basement Rocks.

المكان : تتكشف حول مدينة العقبة، و تتموضع على امتداد الجانب الشرقي لوادي عربة، وجنوب شرق البحر الميت، أنظر الشكل (25). تميل صخور الركيزة بمقدار 5^0 نحو الشمال و الشرق و الجنوب الشرقي، لذا فهي تتموضع تحت صخور أخرى أحدث منها في جميع مناطق الأردن.

الشكل (25): تكشُّف صخور الركيزة في الأردن حول مدينة العقبة، وعلى امتداد الجانب الشرقي لوادي الأردن، وجنوب شرق البحر الميت.

كم قدر العلماء عمر أقدم الصخور في الأردن ؟

بنحو 800 million years وهي صخور متحولة من النايس والشيست، عثر عليها في وادي أبو برقة شرق وادي عربة تمتاز صخور الشيت هذه بوجود بلورات معدنية جميلة من معادن الغارنت، أنظر الشكل (26) الذي يمثل عينة من تلك الصخور.

الشكل (26): عينة من صخر الشيست تحوي بلورات من معدن الفارنست، وتتكشف في وادي أبو برقة.

تقسم صخور الركيزة في الأردن بحسب أعمارها قسمين رئيسين، يسمى كل منهما معقدا، ويفصل بينهما سطح عدم توافق قدر عُمره بنحو 600 million years

وهذان المعقدان هما:

1. معقد العقبة Aqaba Complex :

العمر : الذي تتراوح أعمار صخوره بين (800-600million years).

المكان : تتكشف صخوره المكونة في معظمها من صخور نارية جوفية ذات تركيب غرانيتي، و صخور متحولة حول العقبة و جنوب وادي عربة و وسطه.

2. معقد العربة :Araba Complex

العمر : تتراوح أعمار صخوره بين 600-450million years

المكان : تتكشف صخوره التي تتكون من صخور الكونغلوميريت و صخور غرانيتية و ريولايتية في شمال وادي عربة وغور الصافي.

أنظر الشكل (27) الذي يمثل صخور كونغلوميريت السرموج. في نهاية هذه الحقيبة، توقف النشاط التكتوني والماغماتي، و رفعت المنطقة، ثم حدثت عمليات حت و تعرية أدت إلى تسوية الصخور في كثير من المناطق ، و تشكل سطح التسوية Peneplanation أنظر الشكل (28).

الشكل(27): صخور كونغلوميريت السرموج التي تُمثِّل الحدَّ السفلي لمَعقِد العَربة.

الشكل (28): سطح التسوية الذي يفصل بين صخور الركيزة النارية وصخور حقبة الحياة القديمة الرملية.

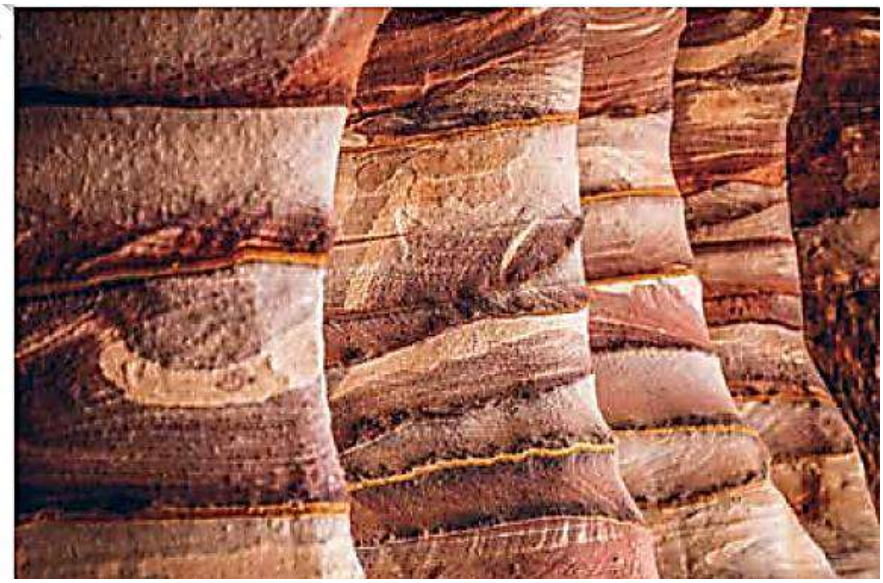
العمر : تمتد أعمار صخور حقبة الحياة القديمة بين million years (225-540) .

أين تتكشف هذه الصخور ؟ فوق صخور الركيزة، و يفصل بينهما سطح التسوية.

1. **صخور العصر الكامبري و صخور العصر الأوردوفيشي : تتكون صخور العصر الكامبري و صخور العصر الأوردوفيشي الأسفل - في المجمل - من صخور رملية ملونة، و صخور رملية بيضاء، أشهرها صخور البترا الوردية، أنظر الشكل (29) الذي يمثل صخورا رملية تتبع العصر الكامبري.**
2. **نهاية العصر الأوردوفيشي والعصر السيلوري : أما صخور نهاية العصر الأوردوفيشي و العصر السيلوري، فهي مكونة في معظمها من صخور الغضار.**
3. **العصر الديفوني و الكربوني: في ما يتعلق بالعصرين الديفوني والكربوني، فلا توجد في الأردن أي صخور تتبعهما، و يعتقد أن صخورهما تعرضت لعمليات حت و تعرية، و أزيلت من المنطقة في العصر الكربوني بسبب عمليات الرفع الناتجة من الحركة الأرضية الهرسينية البانية للجبال**

الحركة الأرضية الهرسينية : هي حركة انتجت من اصطدام قارتي (إفريقيا و أمريكا الجنوبية) بقارة أوراسيا نهاية العصر الديفوني، و امتدت في العصر الكربوني حتى بداية العصر البيرمي، و قد أدت هذه الحركة إلى تشكل العديد من السلاسل الجبلية الضخمة، مثل جبال الأبلاش شرق أمريكا الشمالية و رفع وسط الصفيحة العربية و ميلانها نحو الشمال و الشمال الشرقي، و تسبب هذا في عمليات الحت و التعرية.

4. **العصر البيرمي : أما العصر البيرمي، فتكون صخوره - في المجمل - من الصخر الرملي الذي يتكشف في العديد من الأماكن، مثل: شمال مصب وادي الموجب، و جنوب مصب وادي زرقاء ماعين في البحر الميت.**



الشكل (29): صخور رملية عديدة الألوان تكشَّفت في البترا جنوب الأردن، وهي تعود إلى العصر الكامبري.

بيئات الترسيب :

- **بيئة نهرية** : استنتج العلماء أن بيئة الترسيب في العصرين الكاميري والأوردوفيشي كانت بيئة نهرية متشعبة، تخللها طغيان محيط التيثس في بعض المدد الزمنية وهذا أدى إلى ترسيب الصخور الجيرية والصخور الدولوميتية كما في صخور تكوين البرج في العصر الكامبري.
- **بيئة بحرية** : في نهاية العصر الأوردوفيشي، ساد الترسيب البحري في المنطقة.
- **الترسيب القاري** : الترسيب القاري يُستدل عليه بصخور العصر البيرمي عاد مرة أخرى.

صخور حقبة الحياة المتوسطة Mesozoic Rocks

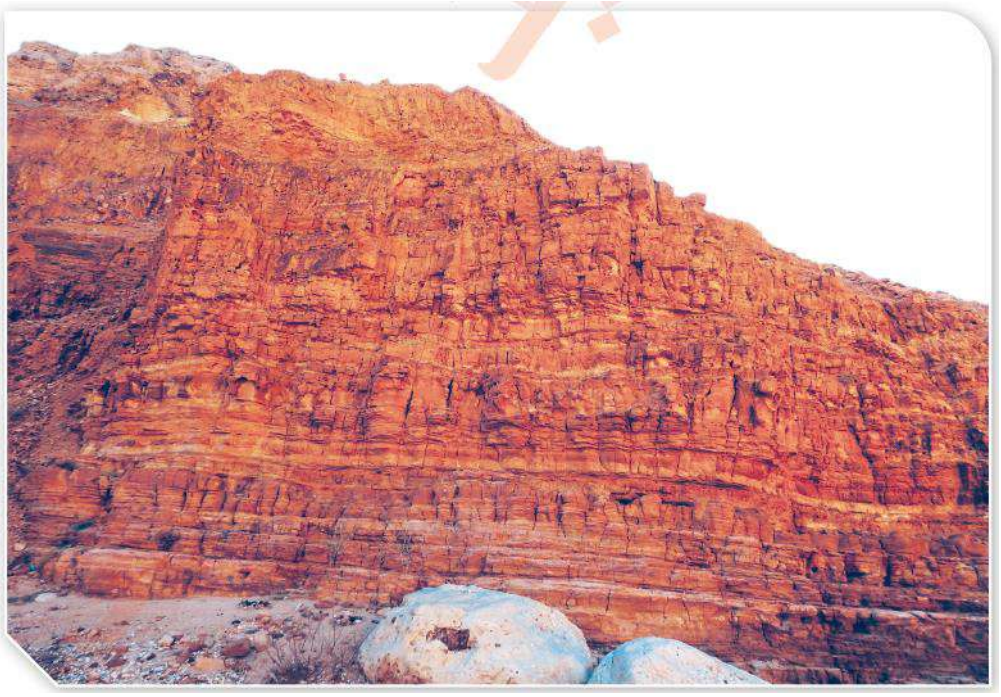
العمر : تمتد أعمار صخور حقبة الحياة المتوسطة بين (65-225) million years .

أين تكشف صخور هذه الحقبة ؟

في أجزاء واسعة من سطح الأردن، وبخاصة الصخور التابعة للعصر الكريتاسي.

صخور العصر الترياسي: تكشفت الصخور الرملية والغرينية والطينية التابعة له في عدد من المناطق، منها شمال شرق البحر الميت، ووادي الموجب، فضلاً من تكلفات الصخور الجبس في منطقة نهر الزرقاء، أنظر الشكل (30).

صخور العصر الجوراسي: فغلب عليها الصخور الجيرية والصخور الدولوميتية، وتكشفت في مناطق عديدة، منها شمال العارضة وغربها وجنوب غرب البقعة.



الشكل (30): تكشُّف صخور تابعة للعصر الترياسي في وادي مخيرس قرب البحر الميت.

صخور العصر الكريتاسي : قسم العلماءالصخور إلى قسمين، هما:

- ✓ **صخور العصر الكريتاسي السفلي التي تسمى رمال الكرنب وتتكون من صخور رملية تتداخل بينها شمال الأردن صخور جيرية و أخرى دولوميتية.**
- ✓ **صخور العصر الكريتاسي العلوي التي تتكون من صخور جيرية و صخور دولوميتية تعلوها طبقات من الصوّان و الفوسفات و الصخر الزيتي.**

بيئات الترسيب :

- **تنوعت بيئات الترسيب في حقبة الحياة المتوسطة بين طغيان محيط التيثس من شمال الأردن إلى جنوبه، و سيادة البيئة البحرية فيه، وانحسار محيط التيثس نحو الشمال، و سيادة البيئة النهرية.**
- **امتاز العصر الكريتاسي العلوي بطغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن، ما عدا بعض أجزائه في أقصى الجنوب لذا تتموضع صخور الكريتاسي العلوي في معظم أجزاء الأردن، أنظر الشكل (31) الذي يمثل صخورا جيرية من العصر الكريتاسي.**

الشكل (31): صخور جيرية من العصر الكريتاسي.
أحد البيئة التي تشكلت فيها هذه الصخور.
البيئة التي تشكلت فيها الصخور الجيرية هي البيئة البحرية.

الربط بالتاريخ

استنتج العلماء من الأحافير وجود محيط قديم ضخم يفصل بين القارات في العصور الجيولوجية المختلفة سمي محيط التيثس.

تشكل محيط التيثس في نهاية الحقبة القديمة و استمر حتى بداية الحقبة الحديثة ويمثل البحر الأبيض المتوسط بقاياه وقد كان يمتد وينحسر على سطح الأردن مددا متفاوتة.

افكر: ما أسباب تكون صخور الفوسفات في العصر الكريتاسي العلوي من التاريخ الجيولوجي للأردن؟

لأنه حدث في العصر الكريتاسي العلوي طغيان لمحيط التيثس في معظم مناطق الأردن، فتكوّن صخر الفوسفات نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحية البحرية بعد موتها.

صخور حقبة الحياة الحديثة

العمر : بدأت حقبة الحياة الحديثة منذ 65 million years حتى اليوم.

أين تكشفت صخور هذه الحقبة ؟

على مساحات واسعة من مناطق الأردن :

- العهدين الباليوسين و الإيوسين : إذ تتكشف صخور الصوان و الصخور الجيرية التابعة للعهدين الباليوسين والإيوسين في أنحاء مختلفة من الأردن بسبب طغيان محيط التيثس وغمره معظم سطح الأردن.
- في نهاية عهد الإيوسين: تراجع محيط التيثس، و تكشَّف سطح الأرض بسبب عمليات الرفع التي بدأت منذ تكوُّن صدع البحر الميت التحويلي حتى اليوم.
- ومن ثَمَّ، أخذت عمليات الترسيب القاري تشمل رسوبيات حِقبة الحياة الحديثة التي تشكَّلت بعد عهد الإيوسين إلى اليوم، ورسوبيات قارية نهرية وبحيرية.

عدد صخور هذه الحِقبة؟

الكونغلوميريت، والصخور الرملية الجيرية، والصخور المِلحية.

أين انتشرت تكشُّفات هذه الحِقبة ؟

على طول امتداد البحر الميت وفي العديد من مناطق الأردن الأخرى.

صخور حقبة الحياة الحديثة

بما تمتاز هذه الحِقبة؟

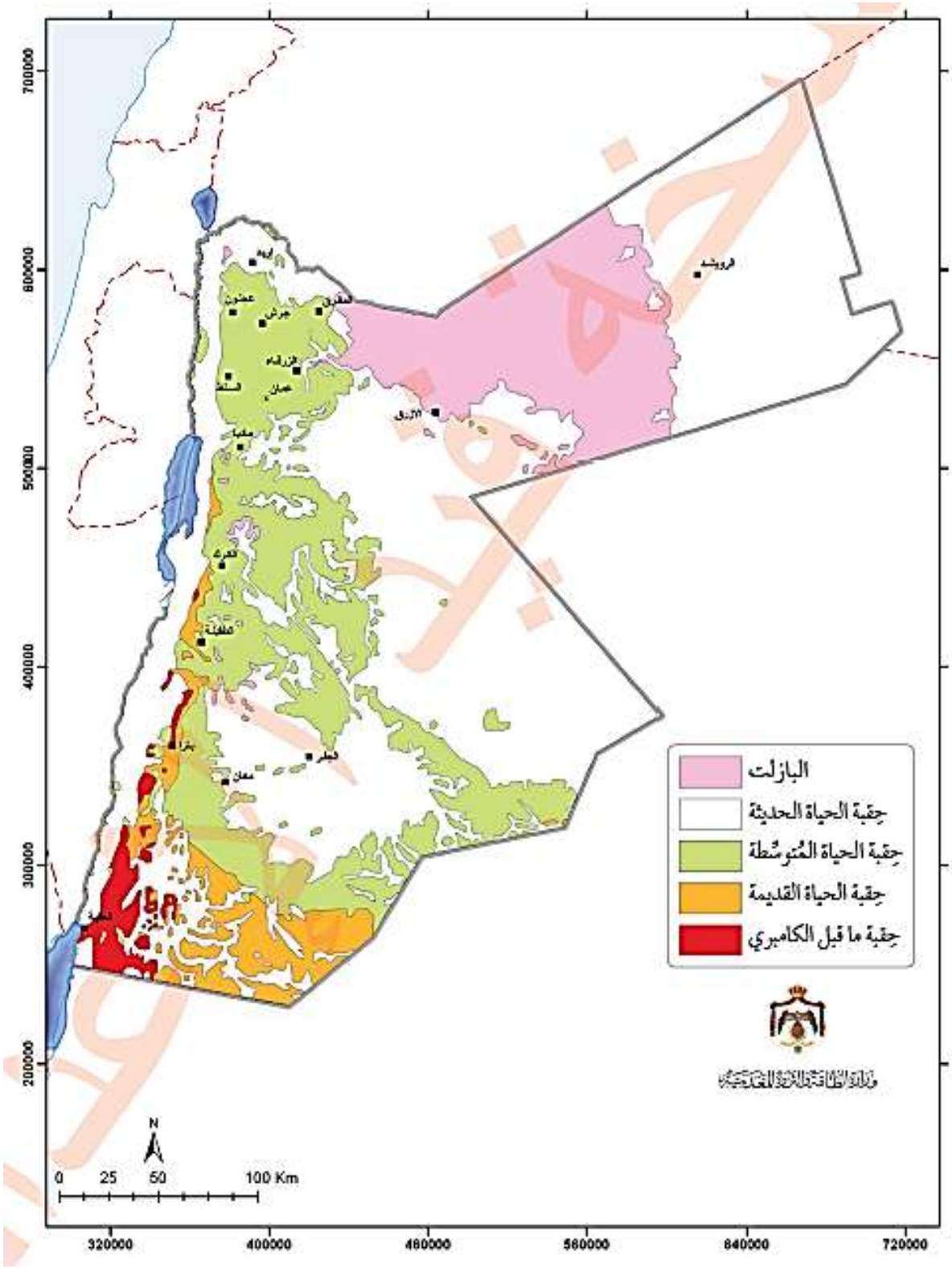
بوجود صخور البازلت على هيئة طفوح بركانية تتموضع شمال شرق الأردن، وتمتدُّ على مساحة $11*10^3\ Km^2$ وهي جزء من حَرَّة الشام، أنظر الشكل (32)، وتتكشَّف هذه الصخور في العديد من المناطق الأُخرى، مثل: وادي الكرك، و وادي العرب، و عيون زارة، و شيحان، و وداي الحسا.

الشكل (32): تميز البادية الشرقية في الأردن بوجود الصخور البازلتية.

أتحقق : أحدد: في أي عهود حقبة الحياة الحديثة غمر محيط التيثس سطح الأردن؟

في حقبة الحياة الحديثة غمر محيط التيثس سطح الأردن في العهدين الباليوسين والإيوسين من العصر الرباعي.

رسمت وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية خريطة جيولوجية تظهر تكشفات أنواع الصخور المختلفة في الأردن بحسب أعمارها، انظر الشكل (33).



الشكل (33): خريطة توزع الصخور في الأردن بحسب الحقب التي تتبع لها.

احدد: اين تكشف صخور حقبة ما قبل الكامبري في الأردن؟

تتكشف صخور حقبة ما قبل الكامبري حول مدينة العقبة، وعلى امتداد الجانب الشرقي لوادي عربة، وجنوب شرق البحر الميت.

أنفذ النشاط الآتي، لتعرف سلم الزمن الجيولوجي الذي يمثل الصخور في الأردن.

نشاط

بناء سلم زمن جيولوجي في الأردن

يمثل سلم الزمن الجيولوجي سجلا للصخور والأحداث التي شهدها سطح الأرض منذ نشأتها حتى اليوم، وتعد الصخور والأحداث التي شهدها الأردن جزءا من تلك الأحداث.

خطوات العمل:

أرسم جدولا على لوح من الكرتون يحوي أعمدة تمثل العناوين الآتية: الحقبة، العصر، أنواع الصخور، الأحداث الجيولوجية.

الحِقبة	العصر	أنواع الصخور	الأحداث الجيولوجية
حِقبة الحياة الحديثة	الرباعي (بلستوسين، هولوسين)		
	الثلاثي (باليوسين، إيوسين، أوليغوسين، ميوسين)		
.....			

2. أقسم الجدول صفوفا بحسب المدة الزمنية من الأقدم في الأسفل إلى الأحدث في الأعلى
3. أكمل الفراغ في الجدول بما درسته من الصخور والأحداث التي شهدها الأردن.

ملحوظة: يمكن الاستعانة بالإنترنت والمراجع العلمية لتعرف المزيد عن ذلك.

التحليل والاستنتاج:

1. أحدد أقدم أعمار قدرت لصخور الأردن.

حوالي 800m.y

2. أقارن بين صخور حقبة ما قبل الكامبري وصخور حقبة الحياة المتوسطة من حيث النوع.

معظم صخور حقبة ما قبل الكامبري هي صخور ذات تركيب غرانيتي وصخور متحولة في حين أن صخور الحقبة المتوسطة صخور رسوبية تتكوّن من صخور رملية وصخور جيرية وفوسفات و صخر زيتي.

3. أفسر سبب اختلاف أنواع الصخور في العصر الكريتاسي السفلي عنها في العصر الكريتاسي العلوي.

سبب الاختلاف هو طغيان محيط التيثس وانحساره ؛ ففي العصر الكريتاسي السفلي انحسر محيط التيثس عن الأردن و سادت البيئة النهرية، فترسبت صخور الكرنب الرملية، أما في العصر الكريتاسي العلوي فقد حدث طغيان لمحيط التيثس في معظم مناطق الأردن وسادت البيئة البحرية وترسبت الصخور الجيرية والفوسفات والصخر الزيتي.

الموارد المعدنية في الأردن Mineral Resources in Jordan

يزخر الأردن بالعديد من الموارد الطبيعية، مثل المعادن والصخور الصناعية التي تتوزع على طول امتداد أراضيه، وتكونت على مدار الزمن الجيولوجي، فبعضها يتبع حقبة ما قبل الكامبري، و بعضها يتبع حقبة الحياة المتوسطة، و بعض آخر يتبع حقبة الحياة الحديثة.

وقد تعرفت بعض تلك الموارد (مثل الصخر الزيتي)، و أماكن انتشارها في الأردن، فكم أعمار تلك الموارد؟ وما أنواعها؟ وأين تتموضع في الأردن؟

المعادن والصخور في حقبة ما قبل الكامبري Minerals and Rocks in Precambrian

تحتوي صخور الركيزة العديد من المعادن والصخور التي يمكن استغلالها والاستفادة منها في الصناعات المتنوعة، وهذه أبرزها:

الصخور الغرانيتية Granitoid Rocks :

- ✓ الموقع : توجد الصخور الغرانيتية حول العقبة وعلى طول امتداد وادي عربة
- ✓ العمر: وهي تتبع لمعقد العقبة ومعقد العربة، انظر الشكل (34).
- ✓ الاستخدام : يمكن استخدام تلك الصخور في البناء، وبخاصة في عمل التصاميم (الديكورات)، ورصف الشوارع.

الشكل (34) صخور غرانيت متكشفة في جنوب الأردن.

الفلسبار Feldspar:

- ✓ الموقع : يُستخرج الفلسبار من الصخور الغرانيتية
- ✓ الاستخدام : يُستخدم في صناعة الزجاج والسيراميك.

الذهب Gold:

- ✓ الموقع : يتموضع الذهب في صخور نسق أحيمر البركانية في وادي أبو خشيبة، ووادي الحور، مصاحبا لعروق مكونة من الكوارتزبورفيري.
- ✓ الاستخدام : يستخدم الذهب في الصناعات الإلكترونية وصناعة الجواهر والحلي.

المعادن والصخور في حقبة الحياة القديمة Minerals and Rocks in Paleozoic

الزركون Zircon:

- ✓ **العمر** : يتموضع معدن الزركون في صخور رملية تتبع العصر الأوردوفيشي
- ✓ **الموقع** : تتكشف تلك الصخور في وادي المزراب على بعد 350 km جنوب عمان، وعلى بعد 100km شمال شرق العقبة.
- ✓ **الاستخدام** : يستخدم الزركون في صناعة قوالب الصب في زيادة مقاومته، وفي تلميع العدسات الطبية، وفي أجهزة الاستشعار عن بعد.

رمل السيليكا Silica Sand:

- ✓ **الاستخراج** : يستخرج رمل السيليكا من الصخر الرملي الأبيض الذي يتكون في الأساس من الكوارتز النقي.
- ✓ **العمر**: يتبع جزء من الصخر الرملي الأبيض العصر الأوردوفيشي، والجزء الآخر يتبع صخور رمل الكرنب التابعة للعصر الكريتاسي السفلي.
- ✓ **الموقع** : تتكشف تلك الصخور في مناطق عديدة، منها: منطقة قاع الديسي و منطقة رأس النقب، أنظر الشكل (35).
- ✓ **الاستخدام** : يستخدم رمل السيليكا في عدد من الصناعات، مثل: صناعة السيراميك، وصناعة الزجاج، والصناعات الإلكترونية.

الشكل (35): صخور الديسي الرملية البيضاء التي تتبع العصر الأوردوفيشي جنوب الأردن.

أحدد المعدن الرئيس الذي تتكون منع صخور الديسي .

الكوارتز النقي

النحاس Copper :

- ✓ **الموقع** : تتوافر خامات النحاس في المناطق التي توجد فيها الصخور الرملية الدولوميتية التابعة للعصر الكامبري، مثل: خربة النحاس الواقعة في الجزء الشمالي من منطقة فينان ووادي خالد، وضانا، ومنطقة أبو خشيبة جنوب وادي عربة، أنظر الشكل (36).
- ✓ **الاستخدام** : يستخدم النحاس في العديد من الصناعات الكهربائية مثل: صناعة الأسلاك، والأدوات الكهربائية مثل أجهزة التلفاز والمحولات، وكذلك في مجال البناء مثل صناعة مقابض الأبواب.

الشكل (36): إحدى خامات النحاس التي يستخلص منها عنصر النحاس في ضانا.

الكاؤولين Kaolin :

- ✓ **الموقع** : تتكشف رسوبيات الكاؤولين في أربع مناطق رئيسة في جنوب الأردن، هي: بطن الغول، والمدورة، وشرق مدينة القويرة في حسوة، وأم سحم.
- ✓ **العمر** : أما صخوره، فتتبع العصر الأوردوفيشي، أنظر الشكل (37).
- ✓ **الاستخدام** : يستخدم الكاؤولين في صناعة السيراميك، و الدهانات، و البلاستيك، و المطاط.

الشكل (37): تكشفات معدن الكاؤولين، حيث يستخرج و يُستثمر في مجالات عدة.

✓ **أتحقق**: أحدد ثلاثة استخدامات للكارولين.

يُستخدم الكاؤولين في صناعة السيراميك، والدهانات، والبلاستيك.

المعادن و الصخور في حقبة الحياة المتوسطة Minerals and Rocks in Mesozoic

الصخر الجيري النقي Pure Limestone:

- ✓ العمر : يتموضع الصخر الجيري النقي على هيئة صخور الكوكينا التابعة للعصر الكريتاسي العلوي.
- ✓ الموقع : في مناطق عديدة، مثل: القطرانة، والسلطاني، وجرف الدراويش.
- ✓ الاستخدام : يستخدم الصخر الجيري النقي في العديد من الصناعات، مثل: إنتاج كربونات الكالسيوم، والأسمنت الأبيض، وصناعة الصلب، والورق، والزجاج.

الدولوميت Dolomite :

- ✓ العمر : يتوافر الدولوميت مصاحبًا للصخور الجيرية في أعمار مختلفة مثل: العصرين الكامبري، والكريتاسي.
- ✓ الموقع : يتكشَّف في مناطق عديدة، مثل: وادي غور حديثة غرب الكرك، ورأس النقب شمال العقبة.
- ✓ الاستخدام : يُستخدَم الدولوميت في مجالات عديدة، مثل الزراعة، والخلطات الأسمنتية.

المعادن والصخور في حقبة الحياة الحديثة Minerals and Rocks in Cenozoic

الطباشير Chalk:

- ✓ العمر : يتموضع صخر الطباشير في العديد من التكوينات الجيولوجية الطبقية التابعة للعصر الكريتاسي العلوي، وأيضا في حقبة الحياة الحديثة.
- ✓ الموقع : منطقة العمري الضاحكية جنوب شرق الأزرق، ومنطقة قصر الحرانة شرق عمان، انظر الشكل (38).
- ✓ الاستخدام : تستخدم الطباشير في عدد من الصناعات، مثل الدهانات، والأسمنت، والزراعة.

الشكل (38):
طبقات من الطباشير في منطقة العمري الضاحكية التي تتبع حقبة الحياة الحديثة.

الزيوليت Zeolite:

✓ **الموقع** : ينتج معدن الزيوليت من التجوية الكيميائية للطف البركاني المتكشف وسط شرق الأردن وشماله، مثل جبل الأرتين شمال شرق الأزرق.

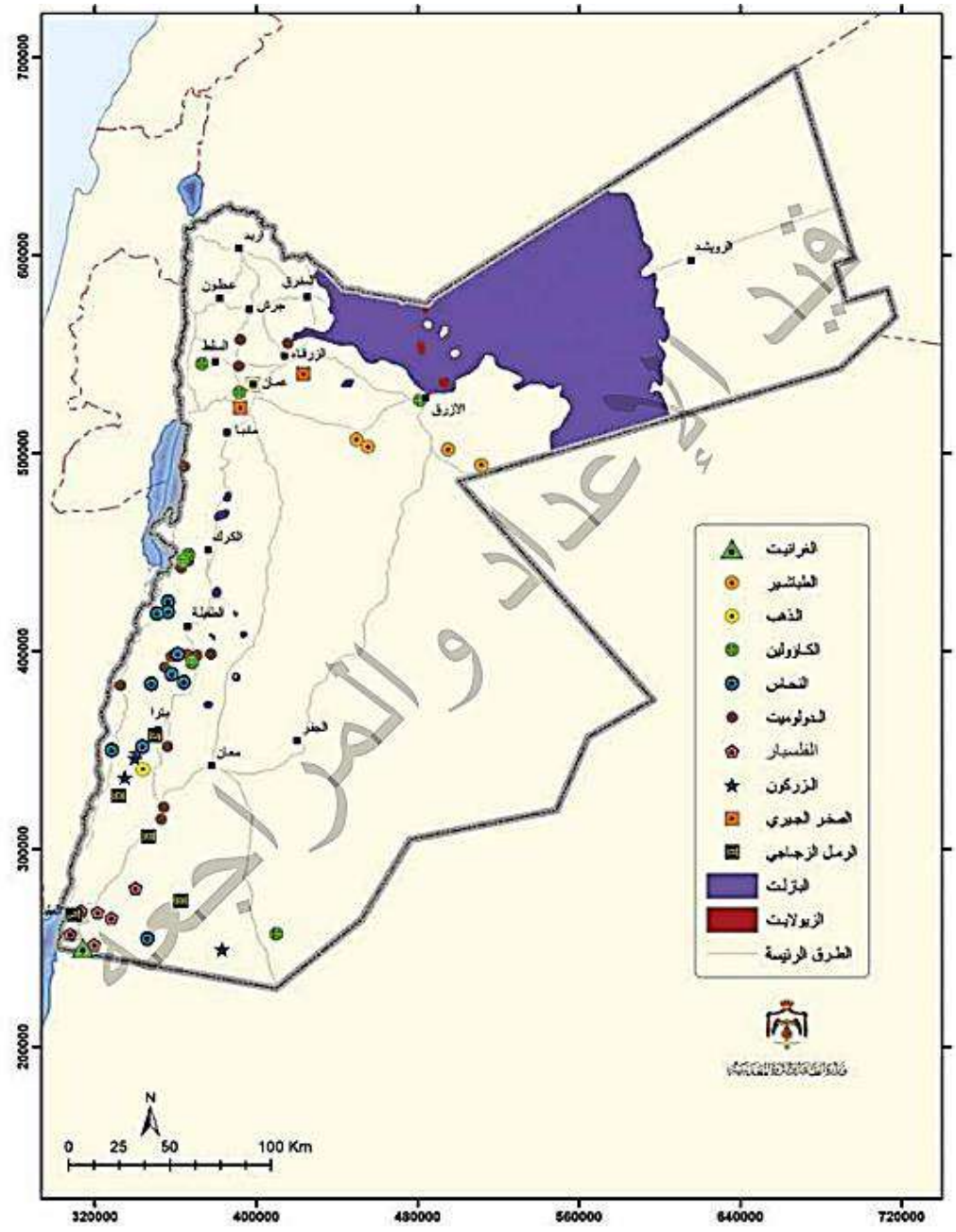
✓ **الاستخدام** : يستخدم الزيوليت في الزراعة سمادًا و محسنا للتربة، و في تنقية المياه العادمة، و الأسمنت.

البازلت Basalt :

✓ **العمر** : يتبع حقبة الحياة الحديثة.

✓ **الموقع** : يتكشف البازلت الذي شمال شرق الأردن ووسطه مثل جبل شيحان، ويتموضع في الجنوب على هيئة قواطع.

✓ **الاستخدام** : يستخدم البازلت في صناعة الصوف الصخري وفي البناء، أنظر الشكل (39).



أصل الموارد المعدنية في حقبة الحياة القديمة بأماكن توزعها.

الحقبة	المورد المعدني	الموقع
حقبة الحياة القديمة	الزركون	جنوب عمان على بعد 350 km وعلى بعد 100 kmشمال شرق العقبة.
	رمل السيليكا	قاع الديسي ورأس النقب
	النحاس	خربة النحاس، ووادي خالد، ضانا، ومنطقة أبو خشيبة.
	الكاؤولين	بطن الغول، والمدورة، وشرق مدينة القويرة في حسوة، وأم سحم

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أقارن بين معقد العقبة ومعقد العربة من حيث عمر الصخور وأماكن تكشفها.

معقد العقبة : عمر: صخوره ما بين 600-800 m.y ، وتتكشف صخوره حول العقبة وفي جنوب ووسط وادي عربة.

معقد العربة وعمر صخوره بين 600- 540m.y ، وتتكشف صخوره في شمال وادي عربة وغور الصافي.

2. أفسر سبب تكون سطح التسوية بين صخور الركيزة وصخور حقبة الحياة القديمة.

بسبب عمليات الحتّ والتعرية التي نتجت في نهاية حقبة ما قبل الكامبري بعد عمليات الرفع التي تعرضت لها المنطقة بعد توقف النشاط التكتوني الماغماتي.

3. استنتج: تتكون صخور العصر السيلوري من الغضار. ما بيئة الترسيب المكونة لتلك الصخور؟

بيئة ترسيب بحرية

4. أحدد الأماكن التي يتكشف فيها صخر الجبس في الأردن وتتبع العصر الترياسي.

يتكشف الجبس التابع للعصر الترياسي في منطقة نهر الزرقاء.

5. أناقش زملائي/زميلاتي في سبب انتشار الصخور الجيرية في معظم أجزاء سطح الأردن.

تتكوّن الصخور الجيرية في بيئة بحرية، وبسبب طغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن، ما عدا بعض اجزائه في اقصى الجنوب، فقد ترسبت وانتشرت الصخور الجيرية في معظم أجزاء الأردن.

6. أذكر فائدتين لرمل السيليكا.

صناعة السيراميك، وصناعة الزجاج ، والصناعات الإلكترونية.

7. أحدد أماكن تموضع الذهب في الأردن الحقبة التي تتبعها.

يوجد الذهب في صخور نسق أحيمر المركانية في وادي أبو خشيبة، ووادي الحور التابعة لحقبة ما قبل الكامبري.

مراجعة الدرس

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

1. أقدم الصخور التي عثر عليها في الأردن هي صخور:

أ. نارية. ب. متحولة

ج. رسوبية قتالية. د. رسوبية كيميائية.

2. أشهر صخور حقبة الحياة القديمة هي:

1 صخور الشيست في وادي أبو برقة. ب. الصخور الرملية في البتراء

ج صخور الكونغلوميريت السرموج. د. الصخور الدولوميتية شمال العارضة.

3. تميزت البادية الشرقية في الأردن بوجود الصخور البازلتية التي تعود إلى:

أ. حقبة ما قبل الكامبري. ب. حقبة الحياة القديمة.

ج حقبة الحياة المتوسطة. د. حقبة الحياة الحديثة.

4. من المناطق التي يتكشف فيها الزركون في الأردن:

أ. وادي المزراب ب. ضانا. ج. جرف الدراويش. د. جبل الأرتين.

5. من الصخور المميزة لحقبة الحياة الحديثة:

أ. الطباشير. ب الكاؤولين. ج الصخور الغرانيتية. د. الصخر الجيري النقي.

السياحة الجيولوجية في الأردن

السياحة الجيولوجية : أحد أنواع السياحة التي تعنى بترويج المظاهر و التراكيب الجيولوجية والمورفولوجية، وتشجيع السياح على زيارة المواقع الجيولوجية دون تعريضها للتلف أو التشويه.

تشمل السياحة الجيولوجية :

التضاريس، و التراكيب الجيولوجية، و الصخور، و المعادن والأحافير، والمناظر الطبيعية، وكذلك المتاحف الجيولوجية.

فوائد تفعيل السياحة الجيولوجية في الأردن:

1. **التعريف بالتكشفات الجيولوجية الفريدة من نوعها في الأردن.**
2. **زيادة الدخل السياحي**
3. **توافر فرص عمل للشباب**
4. **تطوير المجتمعات المحلية المحيطة بتلك المواقع**
5. **الإسهام في حفظ تلك المواقع من الاندثار بسبب العناية المستمرة بها.**

من المناطق الجيولوجية التي يمكن ترويجها سياحيا :

منطقة رم، ومنطقة البحر الميت، وامتداد حرة الشام شمال شرق الأردن، ومغارة برقش، والصخور والوديان في وادي عربة.

تعد السياحة الجيولوجية في الأردن من أنواع السياحة المهمة بسبب وجود تنوع جيولوجي فريد، حيث يضم مواقع جيولوجية فريدة مثل منطقة رم، ومنطقة البحر الميت، وامتداد حرة الشام شمال شرق الأردن، ومغارة برقش، والصخور والوديان في وادي عربة وتمثل هذه المواقع تاريخا جيولوجيا يمتد لملايين السنين، وتسهم السياحة الجيولوجية في دعم الاقتصاد الوطني، حيث تعمل على زيادة الدخل السياحي وتوفر فرص عمل للشباب، وكذلك تعمل السياحة الجيولوجية على تطوير المجتمعات المحلية المحيطة بتلك المواقع.

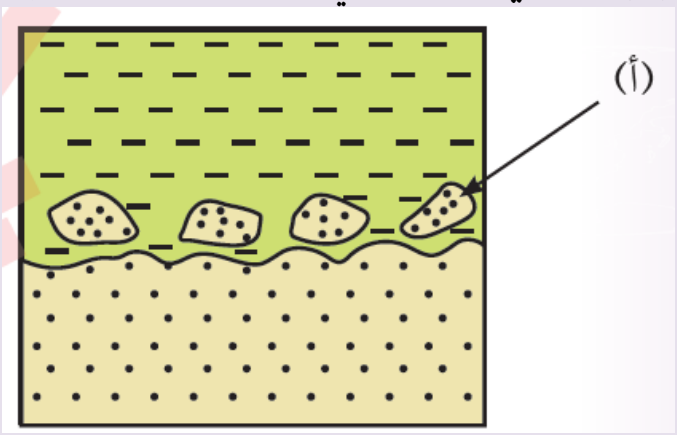
مراجعة الوحدة

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

1. المبدأ الذي نصه: (كل مجموعة من الطبقات الصخرية المتعاقبة تكون فيها الطبقة السفلى هي الأقدم، والطبقة العليا هي الأحدث) هو :

أ. الاحتواء ب. الترسيب الأفقي. ج. القاطع والمقطوع. د. التعاقب الطبقي.

2. المبدأ الذي تدل عليه الصخور المشار إليها بالرمز (1)، ويستفاد منه في تحديد أعمارها النسبية هو:



أ. القاطع والمقطوع.

ب. الاحتواء.

ج. التعاقب الطبقي.

د. تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية.

3. يتبع العصر الجوراسي حقبة:

أ. ما قبل الكامبري ب. الحياة القديمة ج. الحياة المتوسطة د . الحياة الحديثة

4. إحدى المدد الزمنية الآتية تمثل امتداد أعمار صخور الركيزة في الأردن:

أ). 800-540) million years.

ب. (540-225) million years.

ج. (225-65) million years

د. 65 million years -حتى الآن.

5. العصر الجيولوجي الذي لا توجد فيه تكشفات صخرية تابعة له في الأردن هو:

أ. الكامبري ب. الكريتاسي ج. الثلاثي د. الديفوني

6. أحد المعادن الآتية ينتج من تجوية الطلt البركاني، ويستخدم في تنقية المياه العادمة:

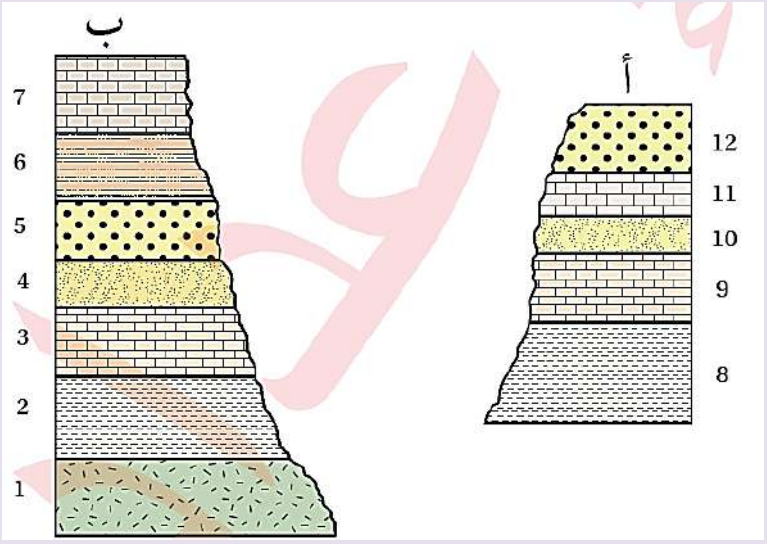
أ. الجبس ب. الفلسبار ج. الدولوميت د. الزيوليت

7. أحد العناصر المشعة الآتية يُستخدم في تحديد الأعمار المطلقة للصخور:

أ. الليثيوم (^{8}Li)　　ب. اليود (^{13}I).

ج. الكوبالت (^{60}Co).　　د. الروبيديوم (^{87}Rb).

8. بعد إجراء عملية مضاهاة صخرية بين المقطعين (أ ،ب) تبين أن سطح عدم التوافق يتموضع في المقطع (أ) من الشكل الآتي بين الطبقتين:



أ. 4و5　　ب. 9 و 10

ج. 10 و 11　　د. 11 و 12

9. السطح الذي يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسبت فوق صخور نارية أو صخور متحولة قديمة هو سطح:

أ. توافق　　ب. لا توافق　　ج عدم توافق زاوي　　د. عدم توافق حتي

حتي

10. إذا علمت أن الشكل الآتي يمثل بلورة لمعدن الزركون في صخر غرانيت، فإن عدد مدد عمر النصف التي مضت منذ تشكل صخر الغرانيت هو:

أ. 1　　ب. 2　　ج. 3　　د. 4

11. تتكشف صخور الركيزة في الأردن حول منطقة:

أ. عمان　　ب. الأزرق.　　ج. العقبة　　د. اربد

12. تعود الصخور الرملية والغرينية والطينية المتكلفة في منطقة شمال شرق البحر الميت إلى حقبة:

أ . ما قبل الكامبري.　　ب. الحياة القديمة.　　ج الحياة المتوسطة.　　د . الحياة الحديثة.

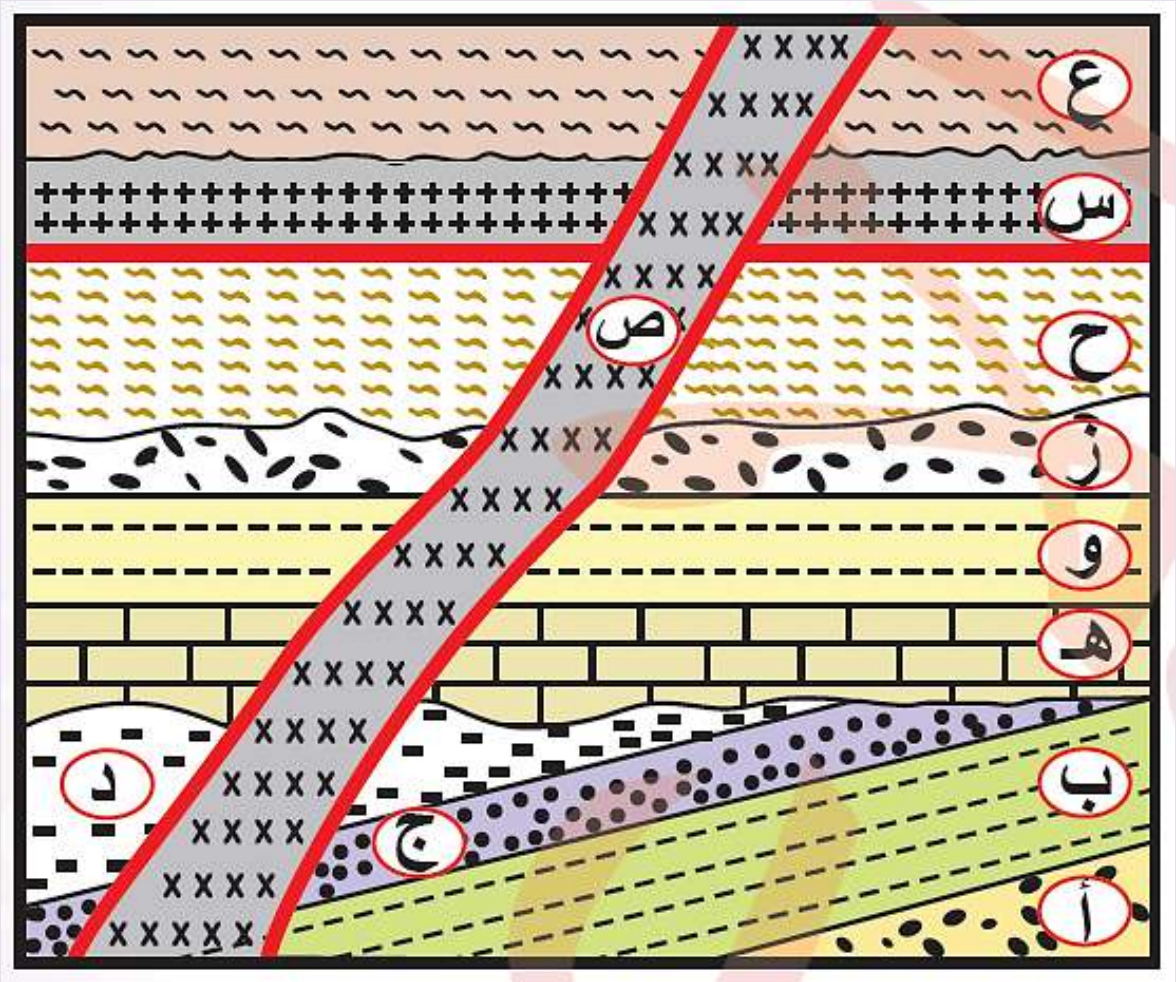
13. المعدن الموجود في الصخور الرملية التي تكشف في منطقة وادي المزراب ويتبع العصر الأوردوفيشي هو:

أ. الزركون　　ب. الكاؤولين.　　ج. الدولوميت.　　د. الذهب.

14 العصر الذي امتاز بطغيان محيط البثش في معظم مناطق الأردن ما عدا بعض أجزاء في أقصى الجنوب هو:

أ . الكريتاسي العلوي.　　ب. الأوردوفيشي.　　ج. الكامبري.　　د. الديفوني.

السؤال الثاني:يبين الشكل الآتي تعاقبات لصخور رسوبية (أ، ب، ج، د، هـ و، ز، ح، ع)، وقاطعا ناريا (ص) ، وطفحا بركانيا (س)، علما أن عمر الطفح البركاني (س) 35million years وعمر القاطع الناري (ص) 30 million years أتأمل الشكل جيدا، ثم أجيب عما يليه من أسئلة:



أصف الأحداث الجيولوجية الواردة في الشكل من الأقدم إلى الأحدث.

1. ترسيب الطبقات الصخرية (أ ، ب ، ج ، د) على الترتيب
2. ثم تعرضت تلك الطبقات الصخرية إلى حركات تكتونية أدت إلى ميلها ورفعها ، ومن ثم رفعت المنطقة، ما أدى إلى تعرضها إلى عمليات الحت والتعرية التي أزالت الجزء العلوي منها
3. ثم غمرت بمياه البحر فترسبت الطبقات (هـ، و ، ز) بالترتيب وتشكل سطح عدم التوافق الزاوي
4. ثم رفعت المنطقة وانحسر البحر عنها و تعرضت لعمليات حت وتعرية أدت إلى حتّ وتعرية الطبقة الصخرية (ز)
5. ثم غمرت المنطقة مرة أخرى بمياه البحر فترسبت الطبقة الصخرية (ح)
6. ثم تدفق الطفح البركاني (س) وكوّن تحوّل تماسيًّا بالطبقة (ح) وشكّل صخورًا متحوّلة في منطقة التماس
7. ثم ترسبت الطبقة (ع) بعدما برد وتشكل سطح اللاتوافق
8. ثم اندفع القاطع الناري (ص) وقطع الطبقات (أ، ب، ج، د، هـ، و، ز، ح، ع) ، والطفح البركاني (س) وأدّى إلى تكوّن تحوّل تماسي في منطقة التماس مع تلك الصخور.

ب أحدد المبادئ التي اعتمدتها في ترتيب الأحداث الجيولوجية.

المبادئ التي اعتمد عليها في ترتيب الأحداث هي: الترسيب الأفقي، والتعاقب الطبقي، والقاطع والمقطوع.

ج. أحدد سطوح عدم التوافق الواردة في الشكل.

سطح عدم توافق زاوي بين التعاقب الطبقي (أ، ب، ج، د) والتعاقب الطبقي (هـ، و، ز)، وسطح عدم توافق حتي بين التعاقب (هـ ، و ، ز) والتعاقب (ح) ، وسطح لا توافق بين الطفح البركاني (س) والطبقة الرسوبية (ع).

د. أحدد العمر المطلق للطبقة (ع).

العمر المُطلَق للطبقة (ع) بين m.y (30-35).

السؤال الثالث: أكمل الفراغ بما هو مناسب من المصطلحات في ما يأتي:

أ. تعاقب المجموعات الحيوانية والمجموعات النباتية مبدأ ينص على أن كل طبقة أو مجموعة طبقات من الصخور الرسوبية تحتوي أحافير محددة من الحيوانات والنباتات، تختلف عن تلك الموجودة في الطبقات الأقدم والأحدث.

ب.اللاتوافق سطح يفصل بين صخور رسوبية حديثة ترسبت فوق صخور نارية أو صخور المتحولة قديمة.

ج. عدم التوافق الزاوي سطح يفصل بين طبقات رسوبية مائلة في الأسفل تتموضع فوقها طبقات رسوبية أفقية.

د. مبدأ الاستمرارية الجانبية مبدأ يستخدم في تعرف امتداد الطبقات عند تعرضها لعمليات حت وتعرية أو في عملية المضاهاة الصخرية.

هـ. سطح التسوية (سطح لاتوافق) سطح يفصل بين صخور الركيزة المكونة من الصخور النارية والصخور الرملية.

و.الاضمحلال الإشعاعي عملية تلقائية تحلل فيها ذرات العناصر المشعة، وتتحول إلى ذرات عناصر مستقرة أو أكثر استقرارا وإنتاجا للطاقة.

ز. عمر النصف الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرات النظيرة الأم المشعة في العينة إلى نظيرة وليدة أكثر استقرارا.

السؤال الرابع: أفسر كلا مما يأتي تفسيرًا علميا دقيقا:

أ) يشترط في استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي في التأريخ المطلق أن يكون النظام الإشعاعي مغلقا.

لأن النظام المفتوح يسمح بدخول أو خروج ذرّات النظيرة الأمّ المشعة المتبقية، أو ذرّات النظيرة الوليدة المستقرة؛ ما يؤدي إلى إعطاء أعمار أحدث أو أقدم للصخر المراد قياسه.

ب) تستخدم طرائق الاضمحلال الإشعاعي في تقدير أعمار الصخور النارية.

لأن الصخور النارية تحقق شروط استخدام الاضمحلال الإشعاعي في تأريخ الصخور، إذ تحتوي معادنها عندما تتبلور من الماغما على النظيرة الأم المشعة فقط، ومع الزمن تتحلّل إلى نظيرة وليدة مستقرة، وتحتفظ البلورات بكلا النظيرين من دون كسب أو فقدان.

ج) تقاس الأعمار المطلقة لصخور القمر لتحديد عمر الأرض.

لأن القمر والأرض بحسب الفرضية السديمية قد تشكّلا في الوقت نفسه: وتُعدّ صخور القمر صخورًا بدائية؛ لذا فإن عمر القمر يمثل عمر الأرض.

د) تعد صخور العصر الكريتاسي العلوي أكثر الصخور انتشارا في الأردن.

لأن العصر الكريتاسي العلوي امتاز بطغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن، ما عدا بعض أجزائه في أقصى الجنوب.

السؤال الخامس:

أقارن بين التأريخ النسبي والتأريخ المطلق من حيث تحديد أعمار الصخور.

يعطي التأريخ النسبي ترتيب الصخور والأحداث الجيولوجية التي مرت على سطح الأرض ترتيبًا زمنيًّا من الأقدم إلى الأحدث نسبة إلى بعضها بعضًا ، وباستخدام مجموعة من مبادئ التأريخ النسبي للصخور، في حين يستخدم التأريخ المُطلق في حساب عمر الصخور بصورة دقيقة ومحددة بالسنوات، باستخدام طرائق تعتمد على الاضمحلال الإشعاعي؛ لذا لا يمكن التنبؤ بعدد السنوات التي تفصل بين حدث وآخر تالٍ له باستخدام التأريخ النسبي.

السؤال السادس:

أستنتج الفائدة من وجود سلم زمن جيولوجي في الأردن.

الفائدة من وجود سلّم زمن جيولوجي في الأردن يسهل دراسة تسلسل الحياة والأحداث الجيولوجية التي تعاقبت في أثناء تاريخ الأرض الطويل، ويقدّم وصفًا لتغيّر أنواع الكائنات الحيّة وأشكالها، وتطوّرها منذ ما قبل الكامبري حتى حقبة الحياة الحديثة، وسهولة الوصول إلى الخامات والموارد المعدنية؛ إذ إن كل حقبة حياة تميزت بانتشار نوع محدد من الخامات والموارد المعدنية.

السؤال السابع:

احسب عمر صخر غرانيتي يحتوي معين البيوتيت فيه 12.5% من البوتاسيوم (^{40}K)، و 87.5%من الأرغون (^{40}Ar)، علما أن عمر النصف للبوتاسيوم (^{40}K) هو billion years (1.25).

أولا: أجد قيمية النظيرة الأم الأصلية (N)

$No = Np + Nd$

$N = 12.5\% + 87.5\%$

$No = 100\%$

ثانيًا: أجد عدد مدد عمر النصف (n):

$Np = No \times (1/2)^{n}$

$12.5\% = 100\% \ X \ (1/2)^{n}$

$(1/2)^{n} = (1/2)^{3}$

$n = 3$

ثالثًا : أجد عمر الصخر الغرانيتي

$T = T_{1/2} \times n$

$T = 1.25 \times 3 = 3.75$ billion years

السؤال الثامن:

استنتج: هل يمكن استخدام الكربون (^{14}C) في تحديد عمر أحفورة ديناصور؟ لماذا؟

لا يمكن استخدام الكربون (C14) في تحديد عمر أحفورة ديناصور، وذلك لأن من شروط استخدام طرائق الاضمحلال الإشعاعي هو أن تكون كمية النظيرة الأم المشعة المتبقية والنظيرة الوليدة قابلة للقياس، وبما النصف للكربون قليل ويساوي 5730 ، وأعمار أحافير الديناصورات أكبر من 65.5 m.y لذلك ستكون كمية النظيرة الأم المشعة المتبقية غير قابلة للقياس.

السؤال التاسع:

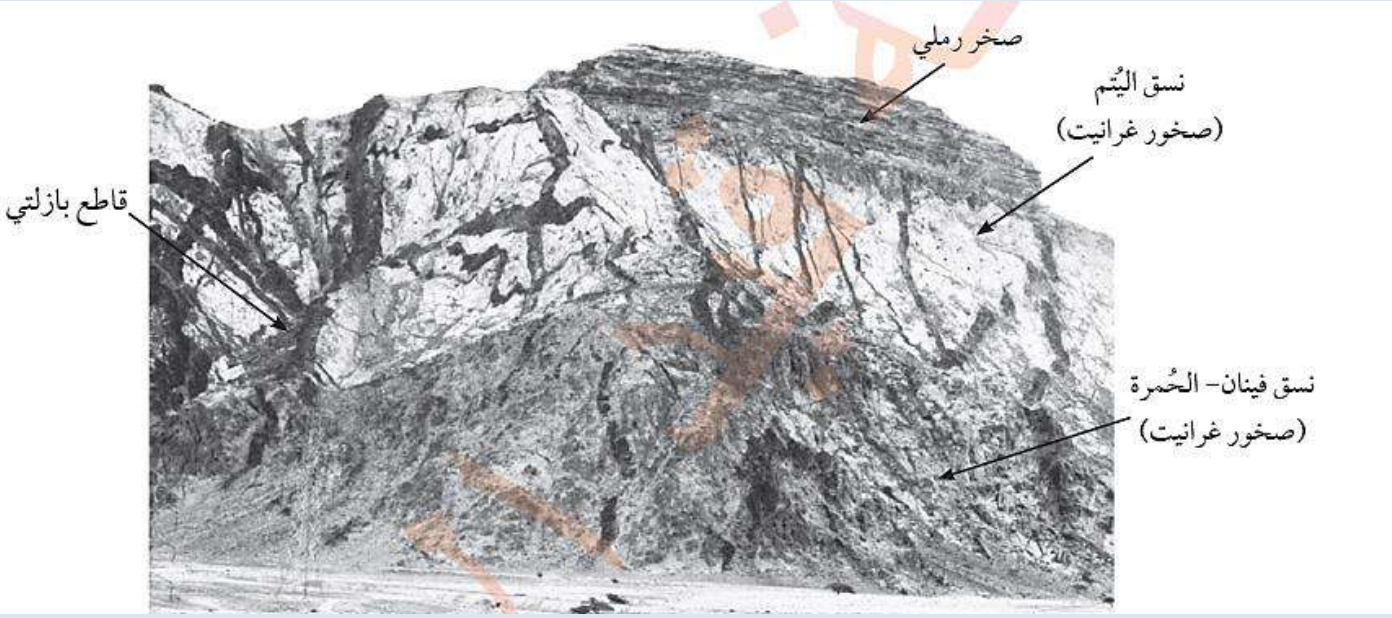
أقوم العبارة الآتية: «يعتمد تطبيق مبادئ تحديد العمر النسبي واستخدامها على التفكير المنطقي في تشكل الصخور والأحداث الجيولوجية».

العبارة صحيحة حيث أن مبادئ التأريخ النسبي تعتمد على قواعد منطقية للعمليات الجيولوجية المختلفة من ترسيب وحت وتعرية أو احتواء وغيرها، فمثلا يجب أن تترسب الطبقة السفلية قبل الطبقة التي تعلوها، وكذلك يجب أن يكون الصخر متشكلا وموجودًا حتى يتم قطعه من صخر آخر.

أسئلة مثيرة للتفكير

السؤال الأول:

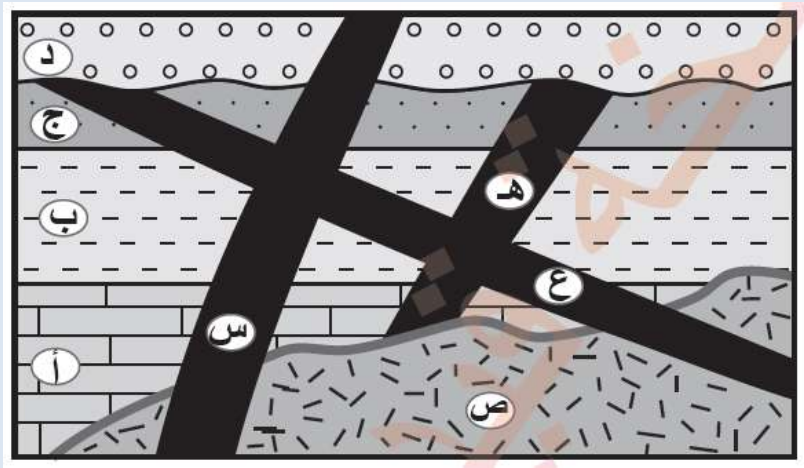
يُمثِّل الشكل الآتي أحد تكشُّفات صخور الركيزة في جنوب الأردن، وهو يتكوَّن من صخور تابعة لمَعقِد العقبة، وهي صخور نسق اليُتم الغرانيتية التي قُدِّرت أعمارها بنحو 608 million years ، وصخور نسق فينان- الحُمرة الغرانيتية التي تتبع مَعْقِد العربة، وتُقدَّر أعمارها بنحو 586 million years ، والقواطع النارية ذات التركيب البازلتي التي قُدِّرت أعمارها بنحو 545 million years ، والصخور الرملية التي تتبع العصر الكامبري. أدرس الشكل، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. **أُحدِّد: ما نوع سطح عدم التوافق بين الصخر الرملي وصخور نسق اليُتم الغرانيتية؟**
2. **أُقارِن بين القواطع البازلتية وصخور نسق فينان - الحُمرة الغرانيتية من حيث العُمر.**
3. **أُرتِّب الأحداث الجيولوجية التي شهدتها المنطقة من الأقدم إلى الأحدث.**

السؤال الثاني:

يُمثِّل الشكل الآتي تعاقبات من الصخور الرسوبية: (أ، ب، ج، د)، والصخر الناري(ص)، والقواطع النارية: (ع، هـ، س). أدرس الشكل، ثم أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أُحدِّد رمز أحدث قاطع ناري في الشكل.
2. أُقارِنُ بَيْن القاطعين الناريّين:(ع)و (هـ) من حيث العُمر النسبي.
3. أُرتِّب الأحداث الجيولوجية الواردة في الشكل من الأقدم إلى الأحدث.
4. أذكُرُ مبدأين من مبادئ التأريخ النسبي استُخدِما في ترتيب الأعمار النسبية للأحداث الجيولوجية الواردة في الشكل.

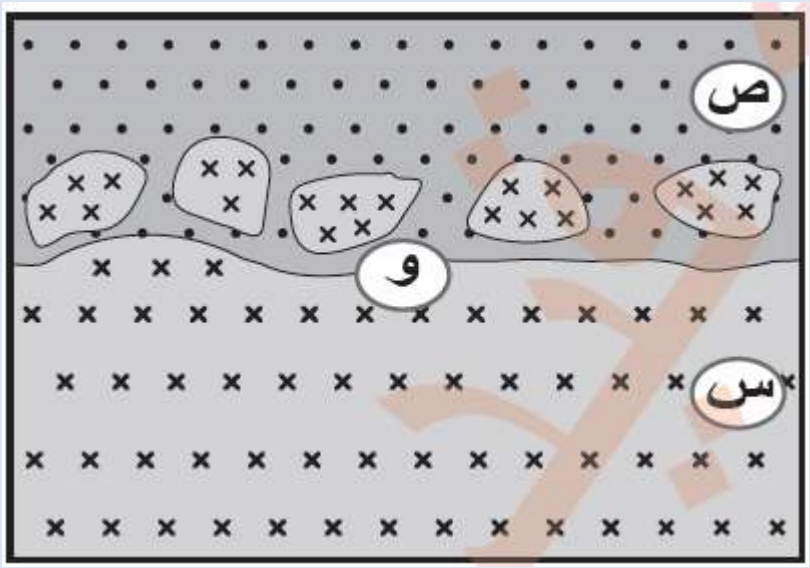
السؤال الثالث:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. المبدأ الذي ينصّ على أنّ «الصخور الرسوبية تمتدّ جانبيًّا في جميع الاتجاهات على امتداد حوض الترسيب، ويقلّ سُمْكها تدريجيًّا عند أطراف الحوض، وأنّ للطبقة الواحدة عُمُرًا جيولوجيًّا واحدًا في أيّ مكان توجد فيه ضمن الحوض الترسيبي » هو مبدأ:

أ . القاطع والمقطوع. ب. التعاقب الطبقي. ج. الاستمرارية الجانبية. د . الاحتواء.

2. بالرجوع إلى الشكل المجاور الذي يمثّل احتواء الصخر الرسوبي (ص) قِطَعًا من الصخر الناري (س)، فإنّ الرمز (و) يشير إلى سطح:



أ . توافق. ب. لا توافق. ج. عدم توافق حتّي. د . عدم توافق زاوي.

3. الاحتواء الذي يحدث في حوض الترسيب في أثناء عملية الترسيب يحدث فيه:

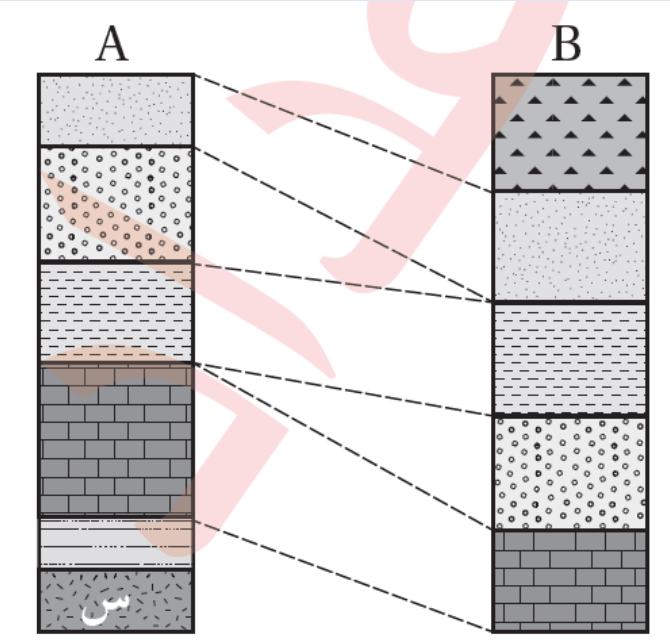
أ . احتواء صخر ناري قِطَعًا من صخر رسوبي.

ب. احتواء صخر متحوّل قِطَعًا من صخر ناري.

ج. احتواء صخر رسوبي قِطَعًا من صخر رسوبي آخر.

د . احتواء صخر ناري قِطَعًا من صخر ناري آخر.

*يمثّل الشكل المجاور المقطعين (A) و(B) أجريت بينهما مضاهاة صخرية. إذا علمْتُ أنّ الصخر (س) هو أحد الصخور النارية، وبقية الصخور هي صخور رسوبية، أتأمّل الشكل، ثم أجيب عن الفِقْرتين (5 ، 4).



4. عدد أسطح اللاتوافق في الشكل هو:

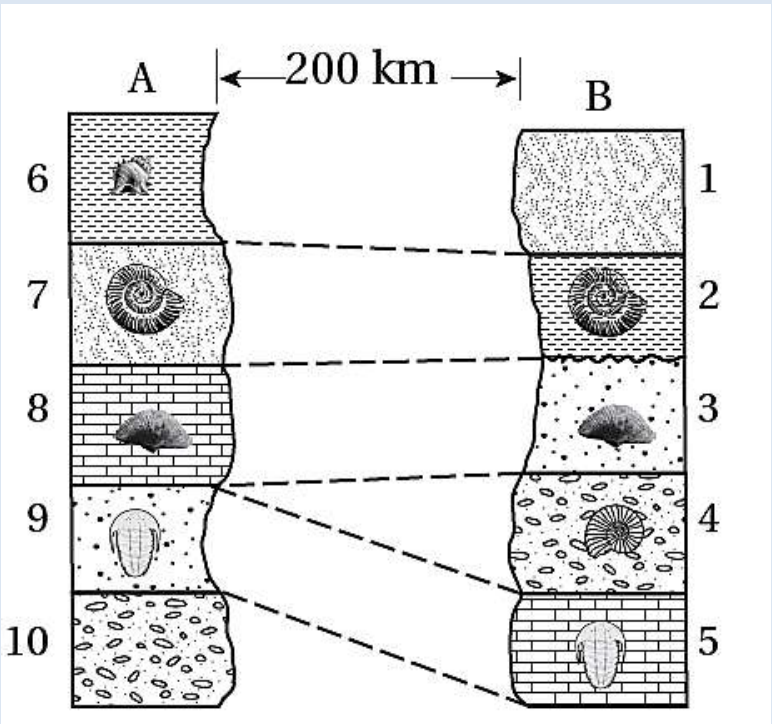
أ. 1 ب. 2 ج. 3 د. 4

5. عدد أسطح عدم التوافق الحتّي في الشكل هو:

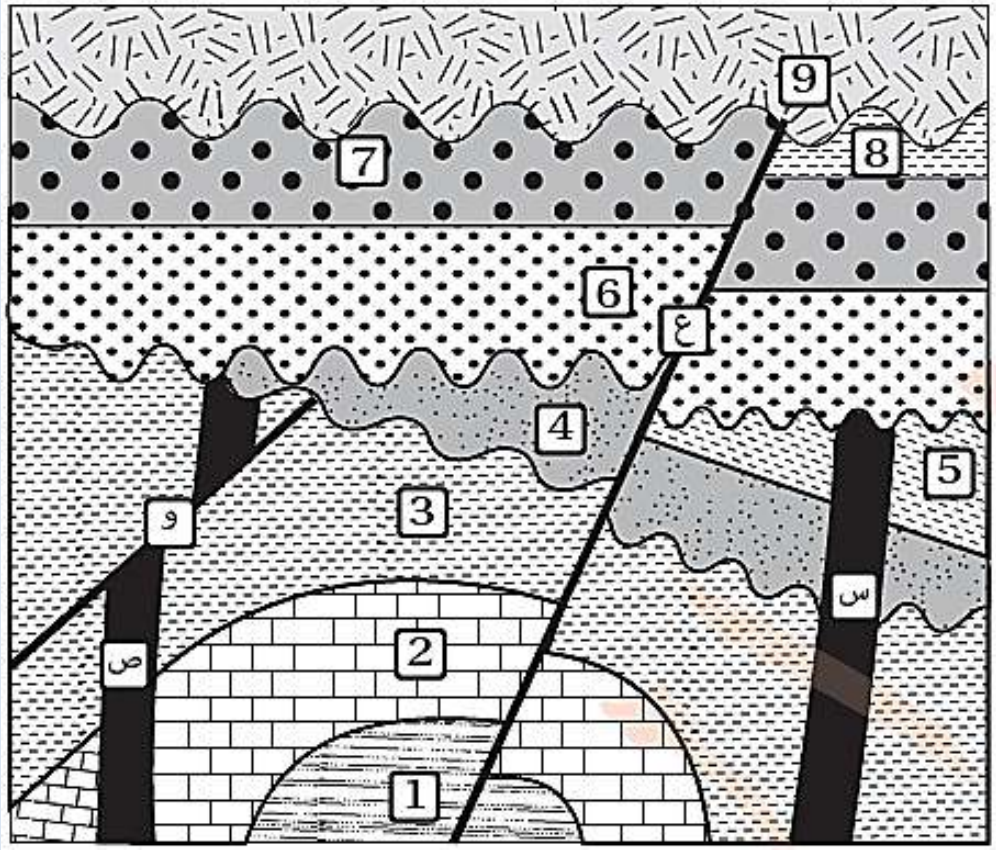
أ . 1 ب. 2 ج. 3 د . 4

6. عدد أسطح عدم التوافق في الشكل المجاور الذي يمثل مضاهاة أحفورية بين مقطعين صخريين رسوبيين (A) و(B) هو:

أ . 1 ب. 2
ج. 3 د . 4



أجيب عن الفِقْرات (10 , 9 , 8 , 7)، مُعتمِدًا على الشكل المجاور الذي يمثّل تعاقبات من الصخور الرسوبية (9 ، 8 ، 7 ، 6 ، 5 ، 4 ، 3 ، 2 ، 1)، وقاطعين ناريين (س، ص)، والصدعين (ع، و):



7. عدد سطوح عدم التوافق هو:

أ . 1 ب. 2 ج. 3 د . 4

8. عدد التعاقبات الرسوبية في الشكل هو:

أ . 1 ب. 2 ج. 3 د . 4

9. ترتيب الأحداث الجيولوجية)و، ص، 4، 2، 5 (من الأقدم إلى الأحدث من اليمين إلى اليسار هو:

أ . 2، 4، 5 ، ص، و ب. ص، و، 2، 4، 5

ج. ص، 2، 4 ، و، 5 د . 2، ص، و، 4، 5

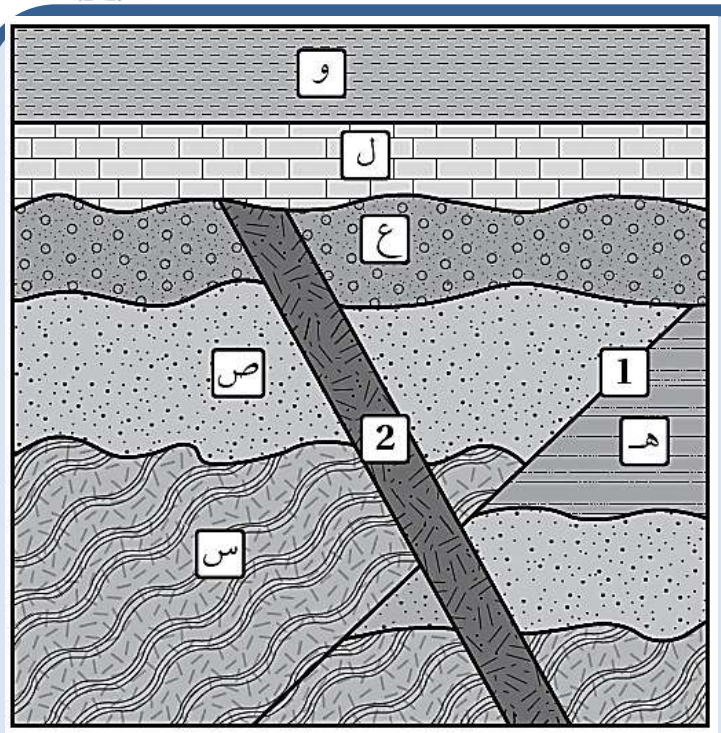
10. إذا علمْتُ أنّ عُمُر القاطع الناري (س) هو 200 million years وعُمُر القاطع الناري (ص) هو 350 million years فإنّ عُمُر التعاقب الطبقي (5، 4) هو:

أ. أكبر من 200 million years

ب. أقل من 200 million years

ج. أكبر من 350 million years

د. يساوي 350 million years



11. يبين الشكل المجاور تعاقبات من الصخور الرسوبية (س، ص، ع، ل، و) والصدع (1) والقاطع الناري (2). بناءً على ذلك، فإنّ ترتيب المعالم الجيولوجية (س، ص، ل، 2، 1) من الأقدم إلى الأحدث من اليمين إلى اليسار هو:

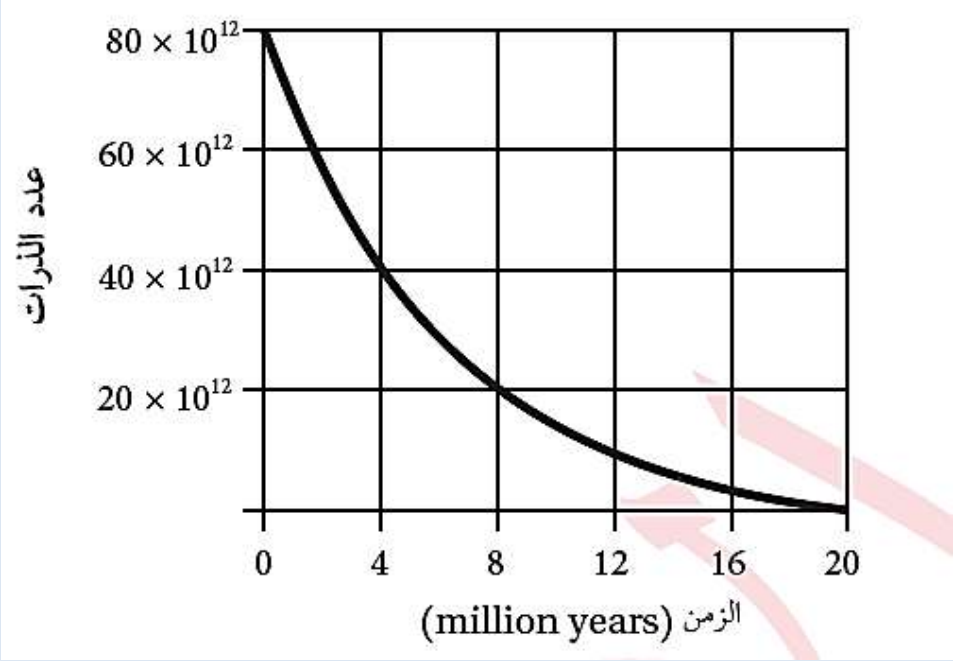
أ . س، ص، ل، 1، 2

ب. س، ص، ل، 1، 2

ج. س، ص، 1، 2 ، ل

د . 1، س، ص، ل، 2

يبين الشكل المجاور منحنى الاضمحلال الإشعاعي لأحد العناصر المشعّة بَعْد تحليل إحدى العينات الصخرية، أتأمّل الشكل، ثم أجيب عن الفِقْرتين (13 و 12).



12. عُمُر النصف لهذه العينة هو:

أ . 2 million years **ب. 3 million years**

ج. 4 million years **د . 6 million years**

13. عدد الذرات المتبقية بَعْد مرور 12 million years هو:

أ. 20×10^{12} **ب. 30×10^{12}** **ج. 10×10^{12}** **د. 50×10^{12}**

14. بدأت عينة من عنصر مشع بالتحلل، إذا تحلل (4/3) العينة خلال 24 years ، فإن عدد فترات عمر النصف هو:

أ . 1 ب. 2 ج. 3 د . 4

15. حُلّلت عينة تمثل بلّورة لأحد المعادن بمطياف الكتلة، فوُجِد أنّ كمية الرصاص نسبةً إلى اليورانيوم في العينة هو 1:15 إذا علمْتُ أنّ عُمُر النصف لليورانيوم هو 4.5 billion years فإنّ عُمُر البلّورة هو:

أ . 16 billion years ب. 4.5 billion years

ج. 18 billion years د . 13.5 billion years

16. تتكون معظم صخور نهايتَي العصرين الأوردوفيشي والسيلوري من صخور:

أ . البازلت. ب. الغرانيت. ج. الغضار . د . الكونغلوميريت.

17. يتكشّف صخر الجبس التابع لحِقْبة الحياة المتوسطة في منطقة:

أ . نهر الزرقاء. ب. شمال مَصبّ وادي الموجب. ج. وادي عربة. د . شيحان.

18. من المعادن أو الصخور التابعة لحِقْبة الحياة القديمة في الأُرْدُنّ:

أ . الذهب. ب. الدولوميت. ج. الزيوليت. د . الزركون.

19. بناءً على الشكل المجاور الذي يمثّل سطح التسوية، فإنّ الرمزين (س) و(ص) يشيران بالترتيب إلى:

أ . صخور البازلت، الصخور الرملية. ب. صخور الكونغلوميريت، الصخور الجيرية.

ج. صخور رملية، صخور الركيزة النارية. د . صخور الركيزة النارية، صخور رملية.

20. المعدن الذي يُستخدَم في تنقية المياه العادمة هو:

أ . الزيوليت. ب. الكاؤولين . ج. الزركون. د . الفلسبار.

21. تميل صخور الركيزة بزاوية مقدارها ° 5 إلى:

أ . الجنوب والشرق والشمال الشرقي. ب. الشمال والشرق والجنوب الشرقي.

ج. الجنوب والغرب والشمال الغربي. د . الشمال والغرب والشمال الغربي.

22. يتموضع صخر الطباشير في العديد من التكوينات الجيولوجية الطبقية التابعة للعصر:

أ . الكريتاسي العلوي ب. الكامبري ج. الأوردوفيشي د . البيرمي

23. الصخر الذي يُستخدَم في صناعة الصوف الصخري هو:

أ . الكاؤولين. ب. البازلت. ج. الغرانيت. د . الصخر الجيري.

24. ترتيب كل من وَحْدات سُلّم الزمن الجيولوجي من الوَحْدة الكبرى إلى الوَحْدة الصغرى هو:

أ . الدهر، الحِقَبة، العصر. ب. العصر، الحِقَبة، الدهر.

ج. الحِقَبة، الدهر، العصر. د . الدهر، العصر، الحِقَبة.

25. قاس العلماء أعمار أكثر من 70 نيزكًا، ووجدوا أنّ أعمارها تتراوح بين:

أ. (3.7-3.8) billion years ب. (4.53-4.58) billion years

ج. (800-540) billion years د. (540-225) billion years

26. أراد باحث جيولوجي دراسة صخور تكوين البرج، الصخور التي سيجدها الباحث في هذا التكوين هي:

أ . الصخور الجيرية والصخور الدولوميتية. ب. صخور الكونغلوميريت والصخور الجيرية.

ج. صخور الغرانيت والصخور الجيرية. د . الصخور الدولوميتية وصخور البازلت.

27. سبب تموضُع صخور الكريتاسي العلوي في معظم مناطق الأردن هو:

أ . طغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن.

ب.سيادة البيئة النهرية في معظم مناطق الأردن.

ج. انحسار محيط التيثس نحو الشمال.

د . تكشُّف الصخور بفعل عمليات الرفع.

28. في أثناء رحلة علمية لفريق من الجيولوجيين في عدة مناطق من الأردن، لوحظ وجود من الصخور الملحية في إحدى المناطق، الزمن الذي تتبع له هذه الصخور هو:

أ . ما قبل الكامبري. ب. حِقْبة الحياة القديمة.

ج. حِقْبة الحياة المتوسطة. د . حِقْبة الحياة الحديثة.

29. أقدم الصخور التي عُثِر عليها في الأرض هي:

أ . صخور الشيست المتكشفة في وادي أبو برقة.

ب. صخور الركيزة المتكشفة في الأردنّ.

ج. صخور حزام الحجر الأخضر إيسوا غرب غرينلاند.

د . صخور النايس شمال غرب كندا.

30. من استخدامات صخور الكاؤولين التابعة لحِقْبة الحياة القديمة:

أ . صناعة السيراميك. ب. إنتاج كربونات الكالسيوم.

ج. صناعة الأسلاك. د . صناعة الصوف الصخري.

إجابات أسئلة مثيرة للتفكير

السؤال الأول

1- سطح اللاتوافق

2 - صخور نسق فينان - الحمرة الغرانيتية أكبر عمراً من القواطع البازلتية، حيث تقطع القواطع البازلتية صخور نسق فينان – الحمرة الغرانيتية، والقاطع أحدث دائما من المقطوع.

3- تبلورت في البداية صخور نسق اليتم، ثم تبلورت صخور نسق فينان - الحمرة الغرانيتية، ثم قطعت بالقواطع البازلتية، ثم رفعت المنطقة وحدث حتّ وتعرية، ثم خفضت مرة أخرى وترسبت طبقات رملية.

السؤال الثاني:

1- القاطع (س)

2- القاطع الناري (ع) أحدث عمرًا من القاطع الناري (هـ).

3- ترسب التتابع الطبقي (أ ، ب ، ج ، ثم قطعه القاطع (هـ)، ثم اندفعت الصخور النارية (ص)، وتصلبت وأحدثت تحوّل تماسيًّا في كل من الطبقتين (أ، ب)، ثم قطعت الصخور بالقاطع (ع)، ثم رفعت المنطقة وانحسر البحر عنها وتعرضت إلى عمليات حتَّ وتعرية وأزالت جزءا من الطبقة (ج)، ثم تعرضت المنطقة لعمليات أدّت إلى غمرها مرة أخرى تحت مياه البحر وترسبت الطبقة (د) وتشكل سطح عدم التوافق الحتي، ثم اندفع القاطع (س) وقطع الصخور جميعها.

4- مبدأ التعاقب الطبقي، ومبدأ القاطع والمقطوع.

السؤال الثالث

1. ج. الاستمرارية الجانبية

2. ب. لا توافق

3. ج. احتواء صخر رسوبي قطعا من صخر رسوبي آخر

4.أ.1

5. ب. 2

6.أ.1

7. ج. 3

8. ج. 4

9- د. 2، ص، و، 4، 5

10 أ. أكبر من (200 million years).

11- ج. س، ص، 1، 2، ل

12 4 million years

13. ج. 10×10^{12} .

14. ب. 2

15- ج. 18 billion years

16- ج. الغضار

17- أ. نهر الزرقاء

18- د. الزركون

19- ج. صخور رملية، صخور الركيزة النارية

20- أ. الزيولايت

21- ب. الشمال والشرق والجنوب الشرقي

22- أ. الكريتاسي العلوي

23- ب. البازلت

24- أ. الدهر، الحقبة، العصر

25.-(4.58-4.53)Billion years

26- أ . الصخور الجيرية والصخور الدولوميتية

27. أ. طغيان محيط التيثس في معظم مناطق الأردن

28. د. حقبة الحياة الحديثة

29 . د. صخور النايس شمال غرب كندا

30 - أ. صناعة السيراميك