



جامعة الازهر الشريف
فرع اسيوط
كلية العلوم
قسم الجيولوجيا

محاضرات في الجيولوجيا العامة



الفرقة الاولى تربية
شعبة التاريخ الطبيعي

المحتوى

11 - 2

الفصل الأول

مقدمة في علم الجيولوجيا ومادة الأرض

28 - 12

الفصل الثاني

علم البلورات

36 - 29

الفصل الثالث

المعادن

50 - 37

الفصل الرابع

الصخور

58 - 51

الفصل الخامس

الأزمنة الجيولوجية

64 - 59

الفصل السادس

الجيولوجيا في خدمة الإنسان

الجيولوجيا

الفصل الأول

مقدمة فى علم الجيولوجيا ومادة الأرض

❖ تعريف علم الجيولوجيا (علم الأرض) :

الجيولوجيا أو علم الأرض هو العلم الذي يهتم بدراسة الأرض، وتاريخها، وتركيبها الداخلي، والعوامل الداخلية (كالزلازل والبراكين) والخارجية (كالتجوية والتجوية) التي أثرت ولا زالت تؤثر على سطح الأرض، وعلاقتها بالأجرام السماوية. كلمة جيولوجيا مشتقة من اللغة اليونانية، حيث أن geo تعني "أرض"، وlogos تعني "سبب".

الأرض؛ هذا الكوكب المتميز الذي حير العلماء بموقعه بين كواكب السماء عمومًا، وكواكب المجموعة الشمسية خصوصًا؛ حيث بدأ التفكير في الظواهر الطبيعية منذ أن وطئ الإنسان بقدميه سطح الأرض، فقد فطنَ إلى المغارات والكهوف؛ لحمايته من قسوة البيئة، ومن الحيوانات الكاسرة، فكانت نظرته الأولى إلى الصخور والقطع الحجرية المترامية، وبعد أن توصلَ إلى صلابتها هُدهد التفكيرُ إلى استغلالها في صناعة الأدوات الزراعية، أو بعض الأسلحة البدائية، وأخيرًا في توليد الشرارات النارية عن طريق احتكاك القطع الصخرية، وبعد أن توصلَ إلى النار تطوّرت أساليبه في اكتشاف المعادن وصهرها لاستخدام الفلزّات.

وهكذا قسّم علماء التاريخ عصورَ الإنسان؛ تبعًا لمهارته، وكيفية استغلالها؛ فهناك العصر الحجري، والعصر النحاسي، والعصر البرونزي.

الأرض هي ثالث كواكب المجموعة الشمسية بعدًا عن الشمس بعد عطارد والزهرة، وتعتبر أكبر الكواكب الأرضية في النظام الشمسي، وذلك من حيث قطرها وكتلتها وكثافتها. ويطلق على هذا الكوكب أيضًا اسم العالم واليابس.

تعتبر الأرض مسكنًا لملايين الأنواع من الكائنات الحية، بما فيها الإنسان؛ وهي المكان الوحيد المعروف بوجود حياة عليه في الكون. تكونت الأرض منذ حوالي 4.54 مليار سنة، وقد ظهرت الحياة على سطحها في المليار سنة الأخيرة. ومنذ ذلك الحين أدى الغلاف الحيوي للأرض إلى تغير الغلاف الجوي والظروف غير الحيوية الموجودة على الكوكب، مما سمح بتكاثر الكائنات التي تعيش فقط في ظل وجود الأكسجين وتكوّن طبقة الأوزون، التي تعمل مع المجال المغناطيسي للأرض على حجب الإشعاعات الضارة، مما يسمح بوجود الحياة على سطح الأرض. تحجب طبقة الأوزون الأشعة فوق البنفسجية، ويعمل المجال المغناطيسي للأرض على إزاحة

وإبعاد الجسيمات الأولية المشحونة القادمة من الشمس بسرعات عظيمة ويبعدها في الفضاء الخارجي بعيدا عن الأرض، فلا تتسبب في الإضرار بالكائنات الحية. وتدور الأرض حول الشمس بسرعة 19 ميل / ثانيه فتتم دورة كاملة في 365 يوماً وربع يوم تقريباً ، وذلك في فلك يبلغ طوله 580 مليون ميل بسرعة معدلها 66.000 ميل / ساعة . وليس فلك الأرض حول الشمس كامل الاستدارة ، ولذا يتفاوت بعدها عن الشمس بين 91.500.000 ميل و 93.500.000 من الأميال . بعض الحقائق العددية والأخرى من الأرض : -

ميل محور الأرض عن الوضع العمودي أمام الشمس	23.5°
طول قطر الأرض المار بقطبيها (المحور)	7900 ميل
طول قطر الأرض عند خط الاستواء	7900 ميل
طول محيط الأرض عند خط الاستواء	24902 ميل
طول محيط الأرض المار بالقطبين	24819 ميل
مساحة اليابس	57.656.000 ميل مربع
المساحة المائية	139.294.000 ميل مربع
مجموع مساحة يطح الكرة الأرضية	196.950.000 ميل مربع
نسبة الماء العذب إلى الماء المالح	20 %

أفرع علم الجيولوجيا:

توجد أفرع كثيرة لعلم الجيولوجيا وكل فرع منها يبحث في ناحية معينة ولكن معظمها مكمل لبعض للوصول إلي أدق التفاصيل. ومن دراسة الأفرع المختلفة لعلم الجيولوجيا نجد هناك ارتباط وثيق بينها وبين العديد من العلوم الأخرى مثل الأحياء والكيمياء والفيزياء والجغرافيا والفلك وكذلك يرتبط بالعلوم الهندسية إن علم الجيولوجيا من أكثر العلوم التي تربطها علاقات هامة مع العلوم الأخرى، نتجت عن ذلك فروع جديدة في الجيولوجيا، وتعد حلقة اتصال بين الجيولوجيا وبقية العلوم الأخرى:

1- الجيولوجيا الطبيعية Physical Geology:

وهو يختص بدراسة تأثير العوامل الداخلية والخارجية علي سطح القشرة وما يتبع ذلك من عمليات مختلفة . ومن الفروع الأخرى لهذا العلم ما يأتي:

- 2- **الصخور والمعادن Rocks and minerals:**
وهو يختص بدراسة جميع أنواع الصخور الموجودة في القشرة الأرضية وكذلك المعادن المختلفة وطبيعتها وتواجدها وإستخراجها.
- 3- **الأشكال البلورية للمعادن Crystallography:**
وهو يهتم بدراسة الأشكال الهندسية المختلفة التي ترتبط علي هيتها جزيئات المعادن لتكون أشكال بلورية مختلفة.
- 4- **الجيولوجيا الاقتصادية Economic geology:**
وهو يقوم بالبحث والتنقيب عن الخامات ذات القيمة الاقتصادية.
- 5- **جيولوجيا المناجم Mining geology:**
ويختص بدراسة المناجم والأنواع المختلفة منها وكيفية إستخراج المعادن منها.
- 6- **جيولوجيا المياه الجوفية Hydrogeology:**
يختص بدراسة تواجد المياه الجوفية وكيفية الإستفادة منها.
- 7- **التضاريس Geomorphology:**
يختص بدراسة التضاريس المختلفة من سهول ووديان ومرتفعات ومنخفضات وما شابه ذلك .
- 8- **الجيولوجيا التركيبية والتكتونية Structural geology and Geotctonic:**
ويختص بدراسة التراكيب والأشكال المختلفة التي تتواجد عليها الطبقات والصخور والحركات الأرضية التي أثرت علي القشرة الأرضية.
- 9- **علم الطبقات Stratigraphy:**
يختص بدراسة تتابع الطبقات والقوانين والظروف المختلفة التي تتحكم في تكوينها.
- 10- **علم الترسيب Sedimentology:**
وهو يختص بدراسة الرسوبيات وأماكن ترسيبها بعد تفتتها ونقلها بواسطة العوامل المختلفة.
- 10- **علم الحفريات Paleontology:**
وهو يختص بدراسة بقايا الكائنات التي تميز بيئة الصخور التي توجد فيها والحفريات إما فقارية أو لافقارية .
- 11- **جيولوجيا البترول Petroleum geology:**
ويهتم بدراسة كل ما يختص بالزيت الخام من حيث ظروف التكوين وتجميعه ودراسة المصائد البترولية المختلفة الحاوية لهذا الزيت وكيفية استخراج الزيت منها.
بعد التطور الكبير في العلوم عامة، وفي الجيولوجيا بفروعها ، ظهرت مجموعة من العلوم الجيولوجية التطبيقية، تعتمد على الأسس النظرية لفروع الجيولوجيا الكلاسيكية، واتفق العلماء في الآونة الأخيرة على إطلاق اسم علم الأرض

Earth science على مجموعة العلوم الجيولوجية، وأهمُّ هذه العلوم: علم المحيطات Oceanography، علم الجيولوجيا التطبيقية Applied Geology، الجيولوجيا الحقلية Field Geology، علم الزلازل Seismology، الجيولوجيا الهندسية Engineering geology، ، علم الجيولوجيا البيئية Environmental geology، الاستشعار عن بعد Remote sensing، الجيولوجيا العسكرية Military geology، علم المعادن البصرية Optical mineralogy، علم قياس عمر الأرض chrono - geology، الجيولوجيا التصويرية Photo - geology، والجيولوجيا الطبية Medical geology، الجيولوجيا الكونية Cosmic geology.

وهناك ارتباط بين الجيولوجيا والعلوم الحياتية (البيولوجيا)، عن طريق علم المتحجرات Paleontology الذي يهتم بدراسة بقايا الأحياء المختلفة من حيوانات فقاريّة ولا فقاريّة ونباتات.

وهناك علاقة بين الجيولوجيا وعلم الفلك (Astronomy) ويسمى هذا العلم الجيولوجيا الفلكية، أو الكونية Astronomic Geology الذي يختص بدراسة الأرض وعلاقتها بالنظام الشمسي.

أما علم الهندسة فيرتبط بعلم الجيولوجيا فيما يسمى الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology، وهو الذي يدرس الأعمال الهندسية، والمشكلات الهندسية في الإنشاءات وحفر الأنفاق والسدود وإقامة المطارات.

ويرتبط علم الجيولوجيا بعلم الجغرافية القديمة؛ وذلك بدراسة الجيولوجيا التاريخية للقشرة الأرضية.

ويرتبط علم الجيولوجيا مع العلوم الزراعية بما يسمى الجيولوجيا الزراعية Agricultural geology... إلخ.

أهمية الجيولوجيا في حياتنا : إن التطور الصناعي والاقتصادي قائم على علم الجيولوجيا حيث اننا نعتمد بشكل كبير على ما يتم استخراجه من ثروات مختلفة من باطن الأرض واستغلال هذه الثروات لدعم اقتصاد البلاد ومن أهم فوائد علم الأرض:

- 1-التنقيب عن الخامات المعدنية كالذهب والحديد والفضة وغيرها
- 2-الكشف عن مصادر الطاقة المختلفة مثل الفحم والبتروول والغاز الطبيعي والمعادن المشعة التي تستخدم في انتاج الطاقة الكهربائية المنتجة من المفاعلات النووية.
- 3-البحث عن مواد البناء المختلفة مثل الحجر الجيري والطفل والرخام والجبس وغيرها.
- 4-تساعد في تخطيط المشاريع العمرانية كبناء مدن جديدة وسدود وأنفاق وشق طرق آمنة من الأخطار والكوارث.

- 5-البحث عن المواد الأولية المستخدمة فى الصناعات الكيميائية كالصوديوم والكبريت والكلور لتصنيع أسمدة ومبيدات حشرية وأدوية.
- 6-الكشف عن مصادر المياه الأرضية التى نعتمد عليها فى الشرب ورى الأراضى الزراعية.
- ما سبق جزء قليل من الفوائد والتطبيقات التى يقدمها علم الجيولوجيا فى شتى نواحى الحياة، وهناك المزيد والمزيد من تلك الفوائد لا يسعنا المجال لسردها.

بعض الظواهر الطبيعية التى يفسرها علم الجيولوجيا:-

- 1- تكون سطح الأرض من قارات ومحيطات وبحار.
- 2- إختلاف القارات فى تضاريسها من مكان لآخر.
- 3- إختلاف سلاسل الجبال فى إمتدادها من مكان لآخر.
- 4- وجود سهول ووديان فى بعض الأماكن.
- 5- إختلاف البحار فى العمق :فمنها ما هو ضحل ومنها ما هو عميق".
- 6- دراسة أسباب حدوث الزلازل والبراكين.
- 7- دراسة إقتصادية فى البحث والتنقيب عن الخامات المعدنية والبتروول والمياه الجوفية وكيفية إستخراجها من سطح الأرض أو من أعماقها.

مادة الأرض

تمكن العلماء حديثاً عن طريق إستخدام دراسة الزلازل والموجات المصاحبة لها من التعرف علي مكونات القشرة الأرضية وتم تقسيمها إلي:

- 1- الغلاف الجوي Atmosphere
- 2- الغلاف المائي Hydrosphere
- 3- الغلاف الصخري Lithosphere
- 4- الوشاح Mantle
- 5- لب الأرض Core

النطاقات الداخلة للكرة الأرضية :-

من دراسة وتحليل بيانات الزلازل عام 1909 بواسطة عالم يوغسلافي تبين أن سرعة الموجات الزلزالية تزيد زيادة فجائية من حوالي 6 كم / ثانية إلى 8 كم / ثانية على عمق 30 كم تقريباً ...
فمالذي أدى إلى هذه الزيادة ؟..

التفسير الوحيد لذلك هو وجود سطح عند هذا العمق يفصل بين مادتين مختلفتين في الكثافة اختلافاً كبيراً ويختلف عمق هذا السطح من مكان إلى آخر (4 - 40 كم)
إذاً نستنتج من ذلك وجود نوعية من الصخور يتراوح سمكها من 4 كم إلى 40 كم تختلف كثيراً عن نوعية الصخور التي تحتها ... فسميت النوعية التي بالأعلى باسم القشرة الأرضية Crust وسمي ما تحتها بالوشاح Mantel وسمي السطح الفاصل بينهما بسطح مو هو الانفصالي Moho Discontinuity ..

وبعد ذلك بسنوات اكتشف عالم ألماني يدعى جوتنبرغ سطح انفصالي آخر يشبه الموهو ولكن على عمق 2898 كم وحدث عليه أيضاً تغير كبير ومفاجيء لسرعة الموجات الزلزالية وسمي ذلك السطح بسطح جوتنبرغ Gotenberg Discontinuity نسبة إلى مكتشفه ..

وبمزيد من الدراسات وجد أن خصائص المادة التي تعلو هذا السطح هي خصائص الصخور عند درجات الحرارة والضغط السائدة في تلك الأعماق ولكن الخصائص تحت هذا السطح تختلف كثيراً بحيث تتكون من مادة سائلة ذات كثافة عالية جداً (حوالي 11 جم / سم) وبدراسة الأنواع المختلفة من النيازك وجد أن التفسير المنطقي هو أن الجزء الداخلي من الأرض مكون من الحديد والنيكل وسمي هذا الجزء اللب Core ...

وفي أوائل الستينيات تم اكتشاف سطح انفصالي آخر داخل اللب على عمق

5145 كم

وعلى هذا الأساس تم تقسيم الأرض إلى ثلاثة أغلفة أساسية وهي كالتالي (من الخارج إلى الداخل)

- 1- القشرة Crust : وهو غشاء خارجي خفيف يتراوح سمكه بين 4 إلى 40 كم
- 2- الوشاح Mantle : وهو طبقة صخرية صلبة يبلغ سمكها 2898 كم
- 3- اللب Core وينقسم إلى قسمين :
 - اللب الخارجي Outer Core وهو طبقة فلزية منصهرة يبلغ سمكها 2245 كم
 - اللب الداخلي Inner Core وهو نطاق صلب غني بالحديد يبلغ نصف قطره 1225 كم.

أولاً: الغلاف الجوي Atmosphere:

- هو غلاف غازي محيط بالكرة الأرضية.
- دائم التحرك ويؤثر على سطح الكوكب بأكمله .
- يبلغ ارتفاعه حوالي 1000 كيلومتر ويخلخل عند الارتفاعات الشاهقة.
- يقدر وزنه بحوالي خمسة ملايين من الأطنان وهو السبب في الضغط الجوي على سطح الأرض.
- يقل الضغط الجوي تدريجياً كلما صعدنا إلى أعلي "حيث أن الضغط الجوي يقل إلى النصف كلما ارتفعنا مسافة خمسة كيلومترات ونصف".

❖ تركيب الغلاف الجوي:

- يتركب الغلاف الجوي أساساً من غاز النيتروجين وهو يمثل 78% من حجم الهواء والأكسجين الذي يمثل 21% من حجم الهواء تقريباً.
- توجد مع هذان الغازان مجموعة أخرى من الغازات لا تتعدي في مجموعها 1% أهمها الهيدروجين والهيليوم والأرجون والكربتون والزينون.
- توجد أيضاً كميات متغيرة من بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والأوزون.
- تتكون الطبقات العليا (أكثر من 50 كيلومتر) أساساً من الهيدروجين والهيليوم حتى نهاية الغلاف الجوي.
- تحتفظ الأرض بالهواء الجوي عن طريق الجاذبية الأرضية لخدمة جميع الكائنات الموجودة على الأرض.

❖ أهمية الهواء الجوي:

- 1- توفره لجميع الكائنات دون تمييز أو سيطرة.
- 2- الأكسجين لازم للتنفس والإحتراق والنيتروجين لازم لغذاء النبات وهو أيضاً يلطف من حدة إحتراق الأكسجين ونظراً لكبر كثافتهما فإنهما يتواجدان قريبين من سطح الأرض.

- 3- يقوم النبات بعملية البناء الضوئي ومن ثم يحفظ التوازن بين الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون.
- 4- يذوب الأكسجين بقلّة في الماء حتى لا يذوب في الغلاف المائي للأرض وبذلك تستمر الحياة علي البر والبحر حيث أن الكائنات المائية تتنفس بالأكسجين الذائب في المياه التي تعيش فيها.
- 5- يمتص الأكسجين الأشعة فوق بنفسجية القادمة من الشمس عند إرتفاع 2 كيلومتر من سطح البحر وبذلك نتقي ضررها . كما أن جزءاً من الأكسجين يتحول إلي أوزون مكوناً طبقة الأوزونوسفير.
- 6- سمك الغلاف الجوي مناسب تماماً لاحتراق معظم الشهب عند إحتكاكها بالهواء وبالتالي لا يصل إلي الأرض إلا النيازك الكبيرة وهو نادر الحدوث.
- 7- نظراً لأن المجال المغناطيسي للأرض يمتد إلي إرتفاعات كبيرة فإنه يجعل الجسيمات الذرية المشحونة "كالأشعة الكونية" تدور في أحزمة تحيط بالأرض علي إرتفاعات بعيدة وتسمى هذه الأحزمة أحزمة "فان الن الإشعاعية".
- 8- نظراً لميوعة الهواء الجوي فإنه يتأثر بسرعة بالحرارة والضغط مما يعمل علي سهولة تحركه منتجة بذلك الرياح والعواصف والأعاصير التي تحمل بخار الماء الذي يكون سحباً وأمطاراً ليحدث التوازن الحراري علي سطح الأرض . كما أن الهواء الجوي شفاف يسمح بوصول الضوء إلي الأرض ويقوم بنشئته ليحدث النهار والشفق كما يعمل علي نقل الصوت.

❖ طبقة الأوزون:

- تتعرض حالياً لخطر التآكل والتمزق وحدوث الثقوب لهذه الطبقة الواقية من الإشعاعات الكونية ويرجع ذلك إلي:
- 1- تكرار صعود وهبوط الطائرات النفاثة.
 - 2- إنتاج المبيدات والمعطرات المحملة علي غازات عالية التطاير كالأيروسولات.
 - 3- كثرة إطلاق الصواريخ التي تحمل سفن الفضاء والأقمار الصناعية.
- وتؤثر الزيادة في نسبة الإشعاعات الكونية التي تصل إلي الأرض من خلال هذه الثقوب علي الإنسان مسببة:
- سرطان الدم والأورام السرطانية .
 - إرتفاع تدريجي في درجة حرارة الأرض مما يؤدي إلي ذوبان الجليد عند القطبين وبالتالي غرق معظم شواطئ العالم.
 - إختلاف الطقس وتزحزح حزام للمطر خلال الخمسين سنة القادمة.

ثانياً: الغلاف المائي Hydrosphere: ويشمل:

- 1- كل المياه الموجودة علي سطح الأرض (محيطات - بحار - بحيرات - أنهار).
 - 2- المياه الأرضية (الجوفية) والتي تنتج من تسرب مياه المطر والبحار والأنهار في مسام الصخور المسامية عن طريق الشقوق والفجوات الموجودة بهذه الصخور.
- وتختلف هذه المياه من حيث:

- 1- درجة الملوحة فمنها العذب ومنها المالح.
 - 2- العمق فمنها الضحل ومنها العميق.
- وتتبادل المياه السطحية موضعها مع المياه العميقة عن طريق ما يسمى بالتيارات السطحية والراسية والتي تنتج من تأثير حرارة الشمس.

♦ التيارات السطحية:

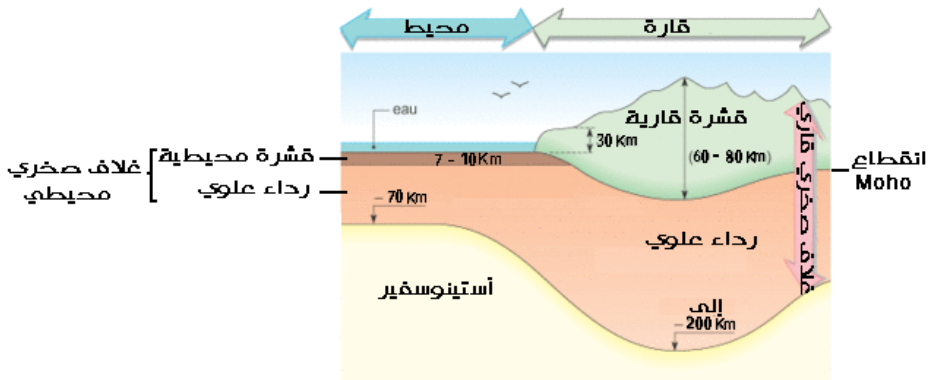
عندما ترتفع درجة حرارة الهواء الملامس للماء تحدث الرياح التي تدفع بدورها المياه السطحية في اتجاه هبوطها.

♦ التيارات الرأسية:

تغير الحرارة من كثافة الماء ويطفو الماء الأقل كثافة بينما يهبط الماء الأكثر كثافة إلي القاع فتحدث التيارات العميقة الرأسية.

ثالثاً: الغلاف اليابس The Lithosphere:

- وهو يشمل القشرة الأرضية والجزء العلوي من الوشاح وسمكه حوالي 100 كيلومتر .
- يتراوح سمك القشرة الأرضية من 5-10 كيلومتر تحت المحيطات أما القارات فيصل إلي 50 كيلومتر.
- يتكون قاع المحيطات من صخور البازلت الثقيلة مغطاة بطبقة من الرسوبيات.
- تتكون القشرة القارية من الصخور الجرانيتية والرسوبية والمتحولة.



رابعاً: الوشاح The Mantle:

- يكون أكثر من 80% من حجم القشرة الأرضية ويصل سمكه إلي حوالي 2900 كم وتتداخل أجزاء منه داخل القشرة الأرضية.
- يتكون الوشاح من سيليكات الحديد والماغنسيوم وبعض أكاسيد الحديد والسيليكون والماغنسيوم .
- يعتقد أن صخر الكمبرليت الذي يتواجد فيه الماس تكون في جزء خاص من الوشاح وعلي عمق يصل إلي 200 كم.

خامساً: اللب أو باطن الأرض The Core:

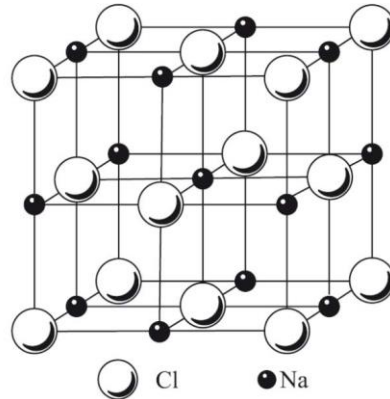
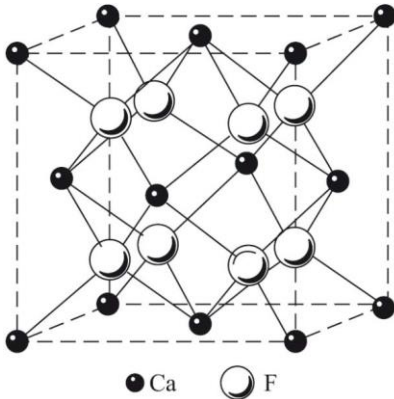
- يبلغ قطره 3486 كم .
- يكون 61 (سدس) حجم الأرض و 31 (ثلث) كتلتها .
- يصل ضعفه إلي ملايين من الضغط الجوي.
- كثافته من 10: 13.5 جم | سم³ (كثافة الأرض ككل 5.5 جم/سم³) و (كثافة معادن القشرة الأرضية بين 4.2 – 20 جم/سم³).
- درجة حرارته تصل إلي 3000 – 5000 م
- إستنتج الجيولوجيون من دراسة تركيب الشهب والنيازك أن لب الأرض يتكون غالباً من الحديد أو النيكل (حيث يعتقد أن مادة الشهب والنيازك من نفس مادة الأرض).

الفصل الثاني

علم البلورات

❖ البلورات (Crystals) :

قد توجد المعادن في الطبيعة كما ذكرنا متبلورة أي أنها تكون على هيئة البلورة ذات الشكل الهندسي الخماسي ، وتختلف البلورات في الحجم ، فيعتبر دقيق لا يكاد يرى بالعين المجردة ، وبعضها متوسط الحجم ولكن يمكن تمييزه ورؤيته ، وبعضها يبلغ حجماً كبيراً ، وتبلور المعادن ناتج من ترتيب الذرات التي تتتركب منها فهي تكون منظمة الوضع في أشكال هندسية ثابتة ، تنعكس على سطح البلورة . أما المعادن الغير متبلورة فإن ذراتها تكون مبعثرة وليست مرتبة بشكل هندسي خاص فبلورة ملح الطعام تتتركب من عنصري الصوديوم والكلور اللذان يتخذان أوضاعاً هندسية ثابتة داخل هذا المعدن.



والشكل البلوري له أهمية خاصة في تمييز المعادن بعضها من بعض ، لأن لكل معدن عادة نظام بلوري خاص يتميز به عن الآخر .

وإذا فحصنا أي بلورة نجد أن لها أسطحاً خارجية منتظمة تتصل بعضها بزوايا ثابتة في البلورة الواحدة . فكذلك تكون هذه الأسطح إما موازية لبعضها أو ترتبط مع بعضها بأوضاع حسابية ثابتة فبلورة ملح الطعام تكون على شكل مكعب ذي ستة أوجه منتظمة الشكل . ويلاحظ أن هذا ثابت سواء كانت هذه البلورات طبيعية أو صناعية تكونت من محاليل ملحية مركزة .

والمادة المنصهرة التي في باطن الأرض ، الماجما (Magma) تشبه المحاليل المركزة ، ولذلك إذا بردت ببطء أو بسرعة ينتج عنها معادن متبلورة كبيرة أو صغيرة الحجم على التوالي ، حسب الظروف الطبيعية الموجودة وقت التبلور .

♣ المحاور البلورية (Crystal Axes) :

لسهولة دراسة البلورات نفرض عادة وجود ثلاثة محاور وهمية في وسط البلورة ولسهولة معرفتها تسمى بمحور (أ) ، محور (ب) ، ومحور (ج) فمحور (ج) يكون عادة رأسياً في وسط البلورة . أما محور (ب) فيكون أفقياً وموازيًا للمشاهد ، أما محور (أ) فإنه يكون أفقياً ولكن في اتجاه المشاهد . ويلاحظ أن هذه المحاور الثلاثة متعامدة ومتساوية في بلورة المكعب . أما في البلورات الأخرى فقد تكون مختلفة الطول ومتعامدة أو غير متساوية ومائلة . وللبعض البلورات (مجموعة السداسي) أربعة محاور بلورية .

♣ محاور التماثل (Axes of Symmetry) :

محور التماثل هو محور وهمي يمكن إدارة البلورة حوله بحيث يتكرر منظر نفس الجزء من البلورة الذي بدأنا منه مرة أو أكثر . وهناك المحور الثنائي الذي يمكن إدارة البلورة حوله بحيث يتكرر نفس المنظر (عادة وجهه مشابه تماما للوجه الذي بدأنا منه) مرتين في الدورة الكاملة (360°) . وهناك المحور الثلاثي والرباعي والسداسي ، ولا يوجد محور تماثل خماسي .

♣ مستويات التماثل (Planes of Symmetry) :

هذه المستويات وهمية كذلك ، وهي تتوسط جسم البلورة ، ولكل نظام بلوري عدد محدد من هذه المستويات يتميز بها عن الآخر . ويقطع كل من هذه المستويات جسم البلورة إلى قسمين متشابهين تماماً بدرجة إننا إذا وضعنا مرآة في أحد هذه المستويات فإن صورة نصف البلورة الظاهر في المرآة يكمل النصف الآخر .

♣ مركز التماثل (Centre of Symmetry) :

هو عبارة عن نقطة وهمية في مركز البلورة تتكرر حولها الأوجه المقابلة ، أي أن كل واجه أو حادة في أحد نصفي البلورة (العلوي أو السفلي) يقابله في النصف الآخر .

♣ تقسيم البلورات :

تقسم البلورات لسهولة دراستها إلى مجموعات تتميز كل مجموعة منها بعدد ثابت من المحاور البلورية ومحاور ومستويات التماثل السابقة الذكر وهذه المجموعات هي :

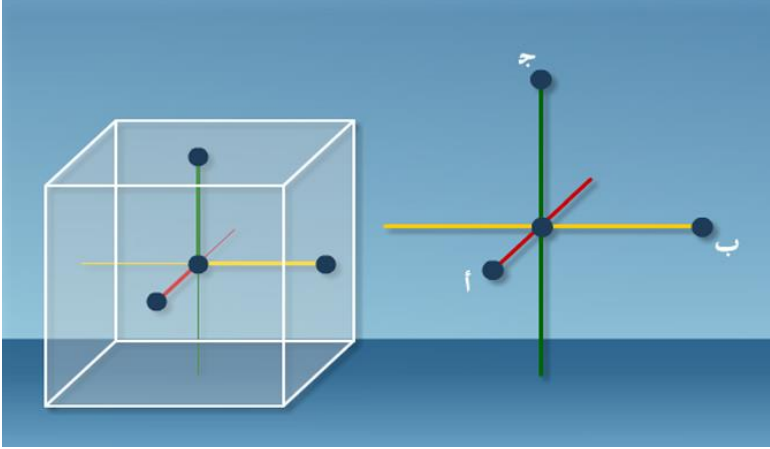
- 1- نظام المكعب (Cubic System) .
- 2- نظام الرباعي (Tetragonal System)
- 3- نظام المعين (Orthorhombic System)
- 4- نظام السداسي (Hexagonal System) 5 - نظام الثلاثي (Trigonal System)
- 6- نظام أحادي الميل (Monoclinic System)
- 7- نظام ثلاثي الميل (Triclinic System)

فصيلة المكعب

Cubic System

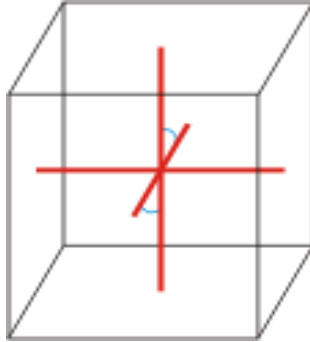
سوف نكتفي هنا بدراسة النظام الكامل لتمثيل المكعب وهو النظام العادي وسداسي
 الثماني الأوجه : Hex-octahedral Class
 ❖ التقاطع المحوري

تحتوي بلورات هذا النظام على ثلاث محاور بلورية كلها متساوية ويرمز لها
 بالرموز أ ، ب ، ج ، والزوايا $\alpha \beta \gamma$ متساوية وتساوي 90 درجة .
 ويختار المحور (أ) عموديا لدارس البلورة والمحور (ب) موازيا على صدر
 الدارس والمحور (ج) يكون راسيا كما في شكل (14)



التقاطع المحوري لفصيلة المكعب

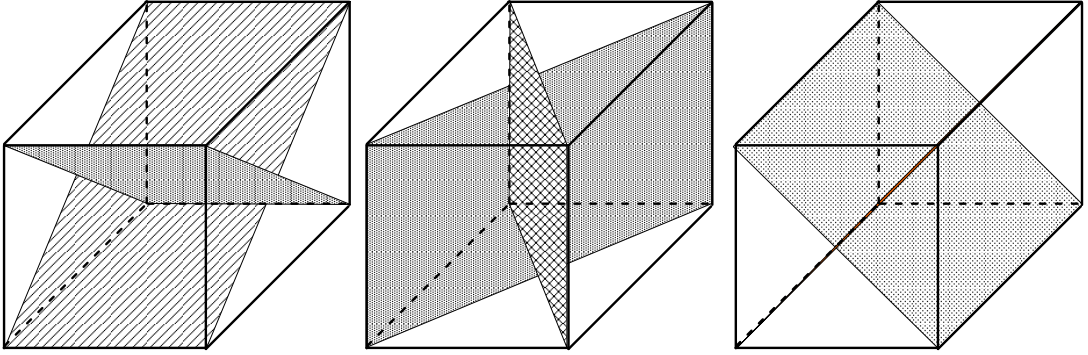
وتختار هذه المحاور منطبقة على الثلاث محاور الرباعية التماثل



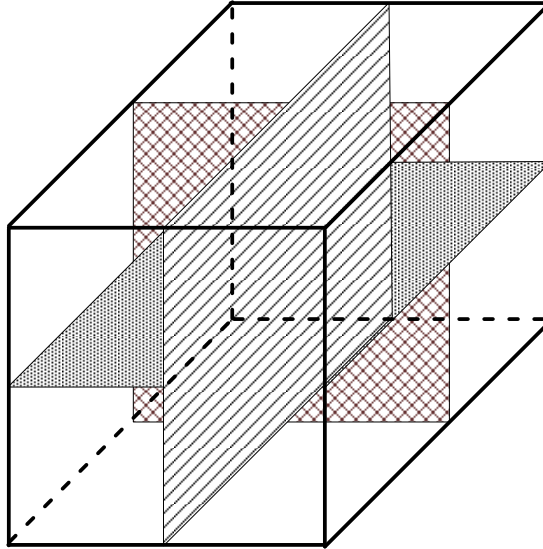
شكل (11) رسم طريقة اختيار المحاور السنورية

❖ عناصر التماثل في فصيلة المكعب . شكل (12) أ ، ب ، ج:

تحتوي بلورات هذا النظام على أعلى عدد من عناصر التماثل في البلورات فيها
23 عنصرا تماثليا . هي : 13 محور تماثل وتسعة مستويات تماثل بالإضافة إلي مركز
التماثل وتفصيل هذه العناصر كما يلي:

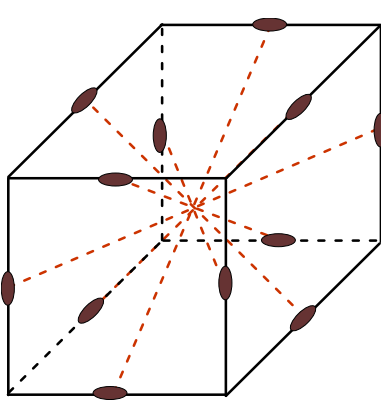


ثلاثة أزواج من المستويات المائلة

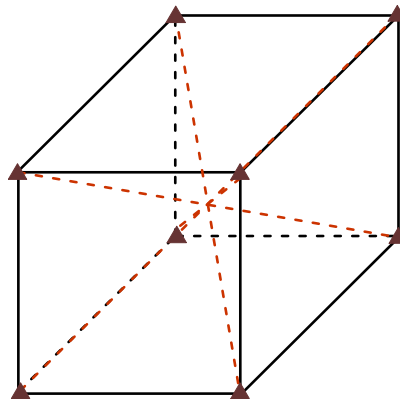


ثلاثة مستويات متعامدة

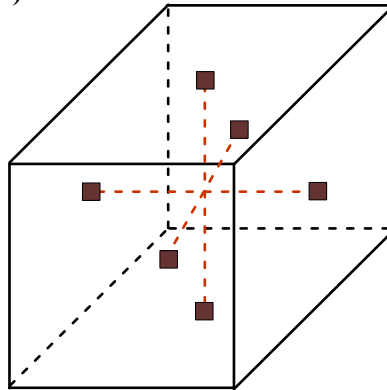
شكل (12 - أ)
مستويات التماثل التسع في فصيلة المكعب النظام الكامل التماثل



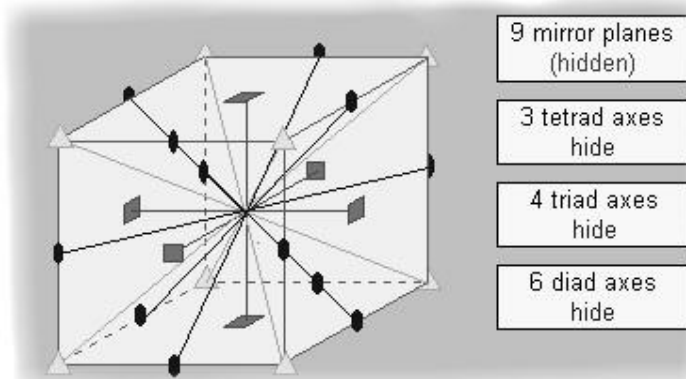
ستة محاور ثنائية التماثل
(من منتصف الأحرف)



الأربعة محاور ثلاثية التماثل
تبدأ من الأركان الثلاثة



الثلاثة محاور الرباعية التماثل



شكل (12 - ب) الثلاثة عشر محور تماثل مجتمعة موضحة علي بلورة سداسي الأوجه ويعبر عن مركز التماثل الانقلابي

شكل (12 أ ، ب ، ج) عناصر التماثل في فصيلة المكعب

❖ محاور التماثل : (شكل 12 - ب)

وهي عبارة عن ستة محاور ثنائية التماثل ، أربعة محاور ثلاثية التماثل ، وتنطبق الثلاثة الرباعية التماثل على المحاور البلورية ، أما المحاور الثلاثية التماثل فهي تميل على المحاور البلورية . والمحاور ثنائية التماثل تنصف الزوايا بين المحاور البلورية وتقع في المستويات التماثلية المحورية (تلك التي تشمل المحاور البلورية) .

❖ مستويات التماثل (شكل 12 - أ)

تحتوي بلورات هذه الفصيلة على تسعة مستويات تماثل منها ثلاث مستويات متعامدة بالإضافة إلى ثلاثة أزواج من المستويات التماثلية المائلة .

❖ مركز التماثل : (شكل 15 - ج)

تحتوي جميع بلورات هذه الفصيلة على مركز للتماثل .

❖ قانون التماثل الكامل :

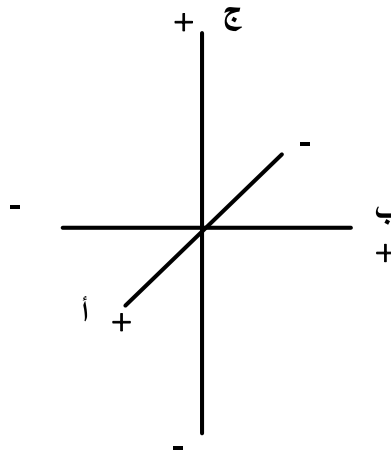
$$(2^6/m, 4^3/m, 3^4, n)$$

فصيلة الرباعي Tetragonal System

❖ نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. Ditetragonal Bipyramidal class.

◆ التقاطع المحوري :

تشمل هذه الفصيلة كل البلورات التي بها محوران أفقيان متساويان ومحور رأسي مختلف عنهما (أكبر أو أقصر) وعمودي عليها والزوايا $\alpha = \beta = \gamma$ وكلها $= 90^\circ$



شكل (13)
التقاطع المحوري لفصيلة الرباعي

○ عناصر التماثل :

تحتوي بلورات هذا القسم على إحدى عشر عنصرا تماثلها هي :

○ مستويات التماثل :-

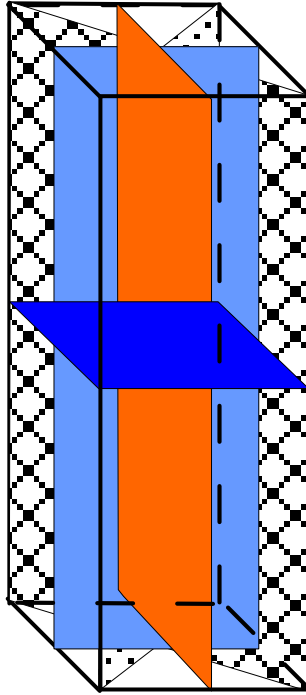
تحتوي بلورات هذا القسم على خمسة مستويات تماثل أحدها أفقي وأربعة رأسية أثنتن متعامدان واثنان وتريان .

○ محاور التماثل :

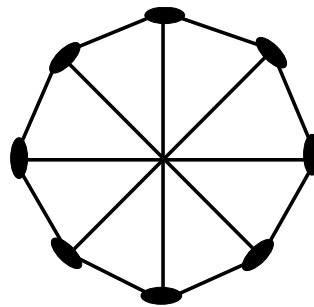
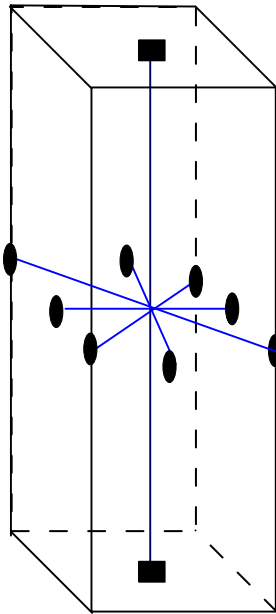
وعدها خمسة محاور احدها رباعي وهو المحور الرأسي بالإضافة إلي أربعة محاور ثنائية كلها تقع في المستوى الأفقي اثنان متعامدان واثنان وتريان .

○ مركز التماثل:

تحتوي جميع بلورات هذا القسم علي مركز تماثل.



مستويات التماثل الخمس لفصيلة الرباعي النظام الكامل التماثل



محور التماثل الرباعي (رأسي) والأربعة محاور ثنائية التماثل (كلها أفقية)

شكل (14) عناصر التماثل لفصيلة الرباعي بنظام الهرم المنعكس الرباعي المزعوم.

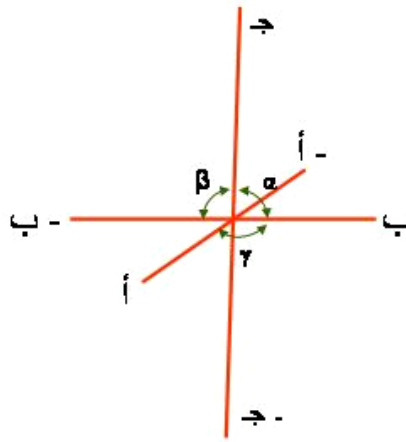
فصيلة المعيني القائم

Orthorhombic System

❖ نظام الهرم المنعكس المعيني القائم:

○ التقاطع المحوري :

المحاور البلورية الثلاث أ ، ب ، ج في هذه الفصيلة مختلفة في الطول (ولذا فإن النسبة المحورية تتكون من ثلاث قيم أ : ب : ج .) .



شكل (15)
التقاطع المحوري لفصيلة المعيني القائم

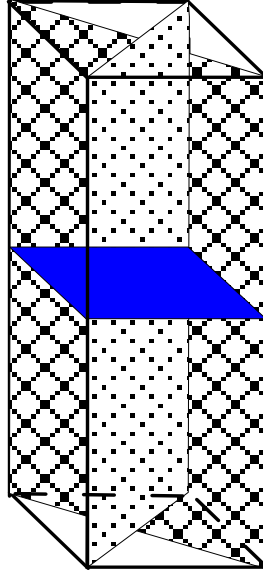
أما الزوايا المحورية الثلاث فما زالت متساوية وكل منها 90° ويختار المحور (ج) رأسياً والمحور (ب) موازياً للدارس أما المحور (أ) فيكون عمودياً على صدر الدارس .

وعادة ما نختار المحور (ج) < (ب) < (أ)

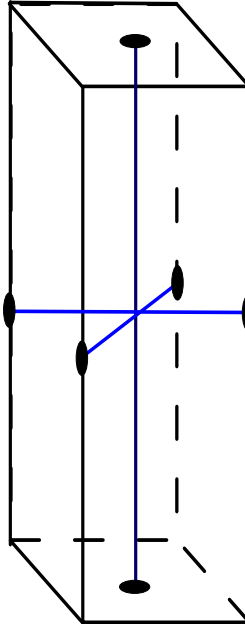
○ عناصر التماثل :-

تحتوي بلورات هذا القسم على سبعة عناصر للتماثل هي : ثلاث مستويات تماثل ، وثلاث محاور ثنائية التماثل ومركز تماثل .

قانون التماثل: $(2^4, m, 4^1, n)$



ثلاثة مستويات تماثل



ثلاثة محاور ثنائية التماثل

شكل (16)

عناصر التماثل لفصيلة المعيني القائم نظام الهرم المنعكس المعيني القائم

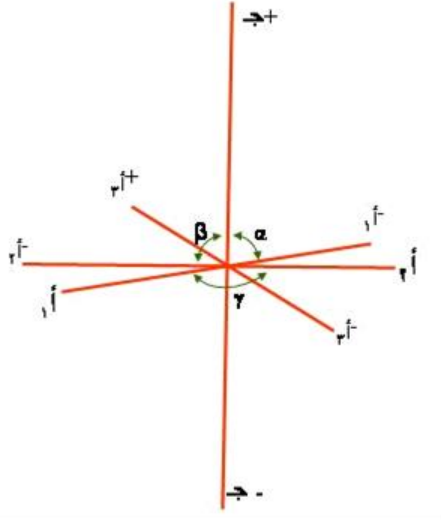
فصيلة السداسي

Hexagonal System

❖ نظام الهرم المنعكس المزدوج

○ التقاطع المحوري (حالة خاصة)

يختلف التقاطع المحوري لبلورات هذه الفصيلة عن جميع الفصائل الأخرى فهي تحتوي أربعة محاور بلورية ، ثلاثة محاور متساوية أفقية تتقاطع بزاوية 120° أما المحور الرابع فهو رأسي ويختلف عنها في الطول (إما أطول أو أقصر) ويتعامد على المستوى الأفقي الذي يحتويها .



شكل (17)

التقاطع المحوري لفصيلة السداسي

عند دراسة بلورات فصيلة السداسي فإنه من المصطلح عليه أن يمسك الدارس البلورة بحيث يكون المحور (جـ) رأسيًا وبحيث يكون أحد المحاور الأفقية الثلاث موازيًا للدارس من اليمين إلى اليسار وتميز نهايات المحاور البلورية بالإشارة السالبة والموجبة كما هو مبين بشكل (17) وتحسب الزاوية خاصة بين الأطراف الموجبة المتتالية لأي محورين أفقيين من المحاور الأفقية الثلاثة a_1 ، a_2 ، a_3 .

ولما كان أطوال المحاور أ ، ج تختلف فيتوقع أن لكل مادة تتبلور في هذا النظام نسبة محورية خاصة بها . وهي نسبة المحور ج إلي المحور أ .

❖ عناصر التماثل:

○ المحاور:

تحتوي بلورات هذه الفصيلة علي سبعة محاور تماثل تفصلها محور واحد سداسي التماثل وهو المحور الرأسي (ج) وستة محاور ثنائية التماثل منها ثلاثة تنطبق علي المحاور الأفقية أ₁ ، أ₂ ، أ₃ والثلاث الأخرى تنصف الزوايا بين هذه المحاور.

○ المستويات:

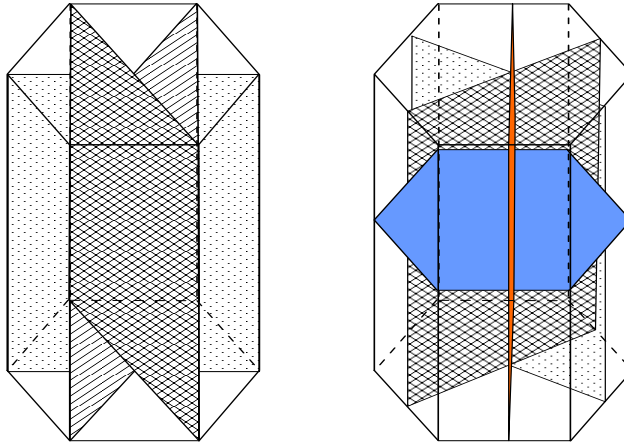
تحتوي بلورات هذا النظام علي سبعة مستويات تماثل أحدها أفقي ويشمل المحاور البلورية الأفقية الثلاث وستة مستويات رأسية منها ثلاث تشمل المحاور الأفقية وثلاث أخرى تنصف الزاوية بينها.

○ مركز التماثل:

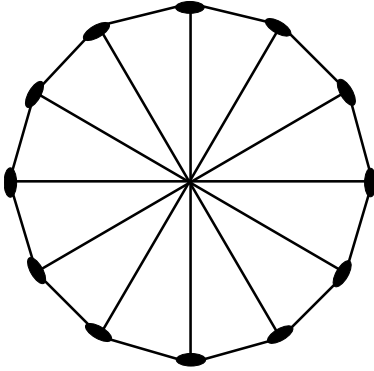
تحتوي بلورات هذه الفصيلة علي مركز تماثل

قانون التماثل الكامل

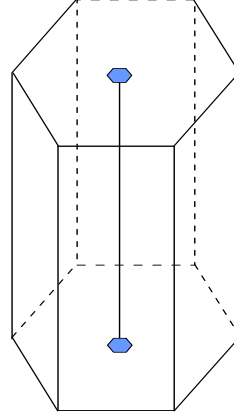
$$(2^6/m, 6/m, 2)$$



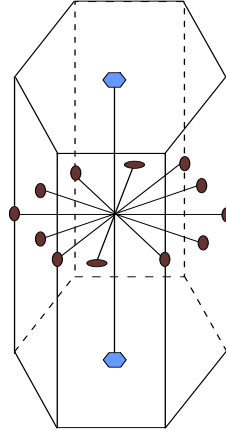
سبعة مستويات تماثل ست محاور رأسية وواحد فقط أفقي



6 محاور ثنائية التماثل



محور التماثل السداسي



سبعة محاور تماثل

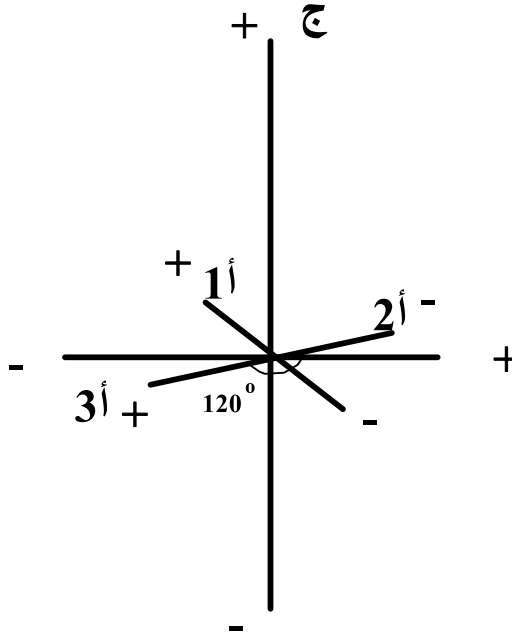
شكل (18) عناصر التماثل في فصيلة السداسي نظام الهرم السداسي المنعكس العزوم

فصيلة الثلاثي Trigonal System

القسم الثلاثي من فصيلة السداسي

❖ التقاطع المحوري:

يشابه التقاطع المحوري لفصيلة الثلاثي ذلك الذي تتميز به فصيلة السداسي فيتكون من 4 محاور بلورية ثلاثة منها أفقية ومتساوية الطول وتتقاطع بزوايا 120° ، أما المحور الرابع فهو عمودي علي المستوي الأفقي (الذي يشمل المحاور الأفقية) وهو إما أطول أو أقصر (شكل 22)



شكل (22)
التقاطع المحوري لفصيلة الثلاثي

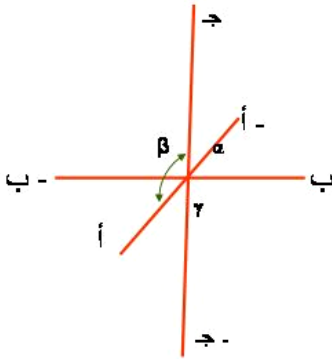
ويكون المحور الرأسي (ج) دائماً ثلاثي التماثل ، وتتميز بلورات هذا القسم بأنها لا تحتوي علي مستوي تماثل أفقي.

فصيلة الميل الواحد Monoclinic system

❖ نظام المنشور المائل Monoclinic Prismatic

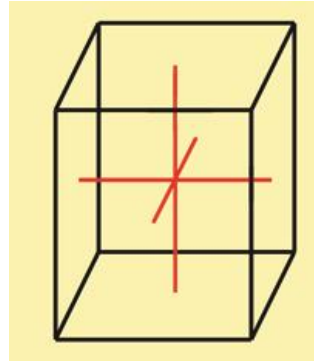
❖ التقاطع المحوري:

تحتوي هذه الفصيلة كل البلورات التي بها ثلاث محاور بلورية غير متساوية ،
وتتميز بأن الزاوية بين المحورين (أ) , (ج) غير قائمة وهي الزاوية بيتا.
وتعرف الجهة المنفرجة من الزاوية بيتا بزاوية الموجبة أما الجهة الحادة
فتعرف بيتا السالبة.



شكل (ب)

التقاطع المحوري لفصيلة الميل الواحد



شكل (23)

طريقة اختيار المحاور البلورية

وتستخدم الزاوية بيتا للتعرف علي المعادن التي تتبلور في هذا النظام
بالإضافة إلي النسبة المحورية أ : ب : ج وهو ما يعرف بعناصر التبلور لفصيلة
الميل الواحد .

❖ عناصر التماثل:

نتيجة لاختلاف أطوال المحاور الثلاثة بالإضافة إلي تغير قيمة الزاوية بيتا فإن
عناصر التماثل تقل بشكل ملحوظ فيصبح الآتي:

- 1- مستوي تماثل واحد رأسي .
- 2- محور تماثل واحد ثنائي
- 3- مركز للتماثل.

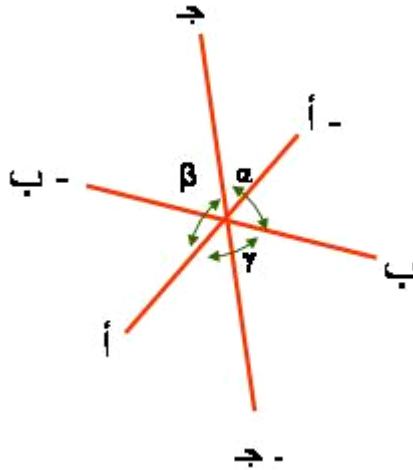
فصيلة الميول الثلاثة

Triclinic System

❖ نظام السطوح:

○ التقاطع المحوري:

يبلغ التقاطع المحوري في هذه الفصيلة أقصى درجات التشوه ، فتحتوي هذه الفصيلة كل البلورات التي بها ثلاثة محاور بلورية غير متساوية وثلاثة زوايا محورية غير متساوية وغير متعامدة.



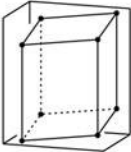
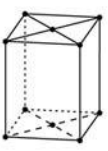
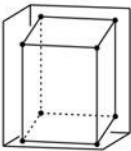
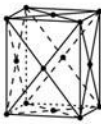
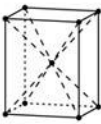

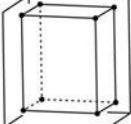
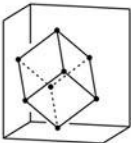
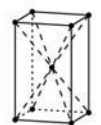
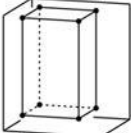
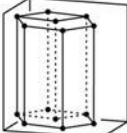


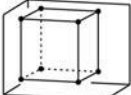
شكل (24)

التقاطع المحوري لفصيلة الميول الثلاثة

وتكون عناصر التبلور في هذه الفصيلة مكونة من ستة قيم هي أ:ب:ج وقيم الزوايا المحورية الثلاث ألفا وبيتا وجاما.

❖ عناصر التماثل:

نتيجة لتشوه بلورات هذا القسم واختلاف أطوال المحاور الثلاثة واختلاف قيم الزوايا المحورية الثلاثة ، وعدم تعامدها فإن عناصر التماثل تصل إلي حدها الأدنى . فتحتوي بلورات المحاور الثلاثة علي عنصر واحد للتماثل وهو مركز التماثل.

أمثلة فلزية	شبهات مركزية الوجوه Face-centred (F)	شبهات مركزية الجسم Body-centred (I)	شبهات مركزية القاعدتين Base-centred (C)	شبهات بسيطة Primitive (p)	النظام البلوري System
أكسينيت Axinite <chem>Cu SO4 . 5H2O</chem>					ثلاثي الميل Triclinic $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
أمفيبول Amphibole <chem>Na2 Co3</chem>					الوحيد الميل Monoclinic $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
أوليفين Olivine Barytes <chem>AgNo3</chem>					المعيني القائم Orthorhombic $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
كالميت Calcite As					الثلاثي Trigonal Rhombohedral $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
زركون Zircon <chem>KH3PO4</chem>					الرباعي Tetragonal $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
أباتيت Apatite كوارتز Quartz Zn					السداسي Hexagonal $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$
غارنت Garnet ماغنتيت Magnetite					المكعب Cubic $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

الفصل الثالث

المعادن

المعدن هو الوحدة البنائية والأساسية التي يتكون منها جميع أنواع الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة المكونة للقشرة الأرضية.

قد يتكون الصخر من معدن واحد مثل الكالسيت الذي يكون صخور الحجر الجيري ولكن غالبية الصخور تتكون من مجموعة من المعادن تتجاور مع إحتفاظ كل منها بخصائصه ، وعادة تشترك المعادن المكونة للصخر في بعض الصفات أو الخواص ، فالصخر الناري الذي تبلور من صهير يتكون من مجموعة من المعادن تبلورت علي مدي صغير نسبياً من درجة الحرارة والضغط ، أما الصخور الرسوبية التي نقلت وترسبت تحت ظروف واحدة بأنها تكون مشتركة في بعض الخواص المتقاربة مثل حجم الحبيبات والوزن النوعي.

أمكن تعريف أكثر من ألفي معدن ولكن المعادن الشائعة والمعادن ذات القيمة الاقتصادية لا يتجاوز عددها المائتي معدن ، أما المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية فإنها تعد بالعشرات وهي مقسمة إلي عدة مجموعات معدنية أكثرها شيوعاً مجموعة السيليكات تليها من حيث الوفرة مجموعة الكربونات ثم المعادن الاقتصادية من أكاسيد وكبريتيدات ومعادن عنصرية منفردة.

❖ تطور إستخدام الإنسان للصخور والمعادن:-

- إستخدم إنسان العصر الحجري معدن الصوان في عمل الحراش والسكاكين التي كانت أسلحته لصيد الحيوان وللدفاع عن نفسه.
- إستعمل الأصباغ المعدنية ممثلة في المغرة الحمراء والصفراء وغيرها في الرسم علي جدران الكهوف التي كان يعيش فيها.
- ولما عرف الإنسان النار إزدهرت صناعة الفخار من معادن الطين.
- الإنسان المصري القديم كان أول من إستخدم الأحجار ذات الألوان الزاهية من فيروز وجمشت ومالاكيت وزمرد كأحجار للزينة ، كما تعامل مع الفلزات (النحاس والذهب) بعد أن شكلها لتناسب مع استخدامات الحياة المتعددة.

❖ التعريف الدقيق للمعدن:-

- هو مادة صلبة غير عضوية تتكون في الطبيعة وله تركيب كيميائي محدد وتترتب ذرات العناصر المكونة له في هيكل بنائي ينتج عنه شكل بللوري مميز.

- بالنسبة للمشتغلين بالجيولوجيا الإقتصادية فإن الفحم والبتروال السائل من أصل عضوي هي مواد معدنية مع أنها لا تتفق مع شقين من التعريف السابق.
- أيضاً التركيب الكيميائي للمعدن يتغير في معظم المعادن بإحلال عنصر محل آخر (في نطاق ضيق) بحيث لا يغير من الترتيب الذري للهيكل البنائي للمعدن.
- ومن هذا يتبين أن الشق الأساسي في تعريف المعدن هو كونه مادة متبلرة يتحكم النظام البلوري لها في شكل المعدن وخصائصه الطبيعية من لون وصلابة وإنقسام ومكسر بل وفي خصائصه الكيميائية أيضاً.

❖ الشكل الخارجي للبلورة :

** تتميز البلورة بالآتي :

- لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية يتحدد وضعها تبعاً لطريقة ترتيب الذرات في الهيكل البنائي للمعدن.
- شكل البلورة يتوقف على درجة نموها في الإتجاهات الثلاثة للفضاء
- فهي متساوية الأبعاد إذا نمت في كل الاتجاهات بنفس الدرجة مثل شكل المكعب .
- وهي عمدانية أو إبرية إذا نمت في إتجاه واحد أكثر من الأثنين الآخرين .
- وهي قرصية إذا نمت في إتجاهين أكثر من الإتجاه الثالث ثم هي صفائحية مع زيادة نسبة التفلطح .
- تتمتع البلورة بقدر من التماثل يظهر من تكرار الأوجه المتشابهة على جوانب أو حروف أو أركان البلورة الواحدة .
- تتغير درجة التماثل البلوري بالزيادة أو النقصان من بلورة لأخرى . فمثلاً نجد أن بلورة على شكل مكعب تحتوى على عدد أكبر من عناصر التماثل حيث أنها متساوية الأبعاد ومحاورها في الإتجاهات الثلاثة متعامدة وتقل درجة التماثل البلورى مع إختلاف أطوال المحاور وتغير الزوايا بينها .

❖ تكون المعادن :

تتكون المعادن في الطبيعة على هيئتين :

- [أ] معادن عنصرية : أي بتكون كل منها على هيئة عنصر واحد مثل الذهب أو الكبريت أو الجرافيت .
- [ب] معادن تتكون من إتحاد عنصرين أو أكثر ترتبط لتكون مركباً ثابتاً نتيجة إتحاد العناصر كيميائياً إما في الصهير الماجمائي (المعادن المكونة للصخور النارية) أو في

المحلول الذي ترسبت منه (المعادن المكونة للصخور الرسوبية) . وبالرغم من التعرف على أكثر من مائة عنصر إلا أن ثمانية عناصر فقط تكون أكثر من 98% بالوزن من صخور القشرة الأرضية . هذه العناصر هي :

الأكسجين	46.6%	السيليكون	27.7%	الألمونيوم	8.1%
الحديد	5.0%	الكالسيوم	2.6%	الصوديوم	2.8%
البوتاسيوم	2.6%	المغنسيوم	2.1%	بقية العناصر	1.5%

ويلاحظ أن العناصر المعروفة التي تدخل في تركيب المعادن الاقتصادية لا تتعدى نسبتها في صخور الأرض أكثر من 1.5% . ويرتبط تكوين المعدن إلى حد كبير بتكون الصخر الذي يحتوي عليه .

❖ الخواص الفيزيائية للمعادن :

الخواص الفيزيائية للمعادن تشتمل على الآتي :

- 1- خواص بصرية
- 2- خواص تماسكية
- 3- خواص مغناطيسية
- 4- خواص أخرى

وترجع أهمية دراسة الخواص الفيزيائية للمعادن في أنها تساعد الجيولوجي على التعرف والتمييز بين المعادن المختلفة في أماكن تواجدها وذلك من خلال العينة اليدوية.

أولاً : الخواص البصرية :

وهي خواص تعتمد على تفاعل المعدن مع الضوء الساقط عليه والمنعكس منه وأهم هذه الخواص :

- 1- البريق
- 2- اللون
- 3- عرض الألوان
- 4- الشفافية
- 5- المخدش

[1] البريق :

وهو درجة عكس المعدن للضوء . ويقسم إلى :

بريق فلزي

لها بريق لا يشبه بريق الفلزات ويوصف بما يشابهه من أمثلة مألوفة مثل الزجاجي أو اللؤلؤي أو الماسي أو الحريري أو ترابي أو أرضي مطفي وسطح غير براق.

بريق فلزي

لها بريق الفلزي أي أن لها مظهر الفلزات التي تعكس الضوء بدرجة كبيرة بحيث يكون المعدن ساطعاً لامعاً إذا سقط عليها الضوء.

[2] اللون :

- يعتمد لون المعدن على طول الموجات الضوئية التي تنعكس منه وتعطي الإحساس بالضوء .
- تتغير ألوان غالبية المعادن باختلاف تركيبها الكيميائي أو إحتوائه على نسبة من الشوائب ولذلك تقل أهميته في التعرف على المعدن مع أنه أكثر الصفات وضوحاً
- من أمثلة المعادن متغيرة الألوان معدن المرو (الكوارتز) فهو شفاف إذا كان نقياً وهو وردي أو أرجواني إذا احتوى على شوائب من أكاسيد الحديد أو المنجنيز وهو في لون الحليب إذا احتوى على شوائب من فقاعات غازية كثيرة وهو مدخن مسود إذا كسرت بعض الروابط بين ذرات عناصره .
- هناك معادن ثابتة الألوان لها لون ثابت يعرف باللون الحقيقي أو المتأصل للمعدن مثل لون الكبريت الأصفر واللون الأخضر لمعدن المالاكيت (كربونات النحاس المائية أو الجنزارة) .

[3] خاصية عرض الألوان :

هو تغير اللون مع حركة عين الإنسان بحيث يشد انتباهه . وتتميز بها أحجار الزينة (الكريمة أو نصف الكريمة) . الماس مثلاً يفرق شعاع الضوء الساقط عليه نتيجة انكساره إلى اللونين الأحمر والبنفسجي بحيث تعطي أوجهه بريقا عالياً في كل الاتجاهات . معدن الأوبال الثمين يتميز بخاصية اللاألأة أو خاصية "عين الهر" حيث يتموج بريق المعدن ذو النسيج الأليافي باختلاف إتجاه النظر إليه .

[4] الشفافية :

هي قدرة المعدن على إنفاذ الضوء خلاله . والمعدن إما شفاف يمكن الرؤية خلاله بوضوح أو نصف شفاف أو معتم الذي لا ينفذ الضوء من خلالها .

[5] المخدش :

هو لون مسحوق المعدن . ولون المخدش ثابت في المعادن التي يتغير لونها نتيجة لوجود الشوائب ولذلك فهو إحدى الخواص التي يمكن الاعتماد عليها في التعرف على المعادن .

ثانيا : الخواص التماسكية للمعادن :

1- الصلادة 2- الانفصام 3- المكسر 4- القابلية للسحب والطرق

[1] الصلادة :

صلادة المعدن أو صلابته هي درجة مقاومته للخدش أو البري . وتحدد نسبيا حيث يخدش المعدن الأكثر صلادة المعدن الأقل صلادة عند احتكاكه به .

○ مقياس موه Moh للصلادة :

هو مقياس حدد فيه العالم موه القيم العددية لقياس الصلادة لتتراوح بين واحد لأقل المعادن صلادة وهو التلك وعشرة لأشد المعادن صلادة وهو الماس كما يلي :

المعدن	الصلادة	التركيب	الكالسيوم	فلوريت	أباتيت
الصلادة	1	2	3	4	5
المعدن	أرثوكليز	كوارتز	توباز	كورندوم	الماس
الصلادة	6	7	8	9	10

في هذا المقياس نجد أن الفرق بين درجات الصلادة من 1 – 9 متساوية تقريبا ولكن الفرق بين الكوراندوم (9) والماس (10) كبير جدا . ومن أهم مميزات الأحجار الكريمة والتمينة أنها لا تخدش بسهولة ذلك أن أغلبها يزيد صلابته عن 7.5.

○ وسائل تعيين الصلادة :

- أقلام الصلادة : وهي من سبائك ذات درجات صلادة محددة تستخدم لتعيين صلادة المعادن المختلفة .
- ظفر الإنسان : صلابته 2.5 أي أنه يخدش المعادن الأقل من 2.5 مثل التلك والجبس ولا يخدش المعادن الأكبر صلادة مثل الكالسيوم .
- نصل سكين أو قطعة زجاج نافذة وصلادتها 5.5.
- لوح المخدش الخزفي وصلادته 6.5.
- مبرد صلب وصلادته 7 تقريبا .

ويمكن استخدام الصلادة عمليا في التمييز بين الأحجار الكريمة الطبيعية غالبية الثمن وأحجار الزينة المقلدة صناعيا من مواد زجاجية أو أكاسيد الألمونيوم والتي تتميز بألوان زاهية لكن صلابتها تقل غالباً عن (6) بينما الأحجار الكريمة صلابتها أكبر من (7.5) .

[2] الانفصام:

ويقصد به قابلية المعدن للتشقق علي إمتداد مستويات ضعيفة الترابط نسبياً
ينتج عنها أسطح ملساء عند كسر المعدن أو الضغط عليه.
وتنقسم المعادن من حيث الانفصام إلي:

معادن لها انفصام في إتجاه واحد مثل معدن الميكا الذي يتشقق مكوناً رقائق أو صفائح رقيقة	معادن لها أكثر من مستوي انفصام مثل الهاليت وله انفصام مكعبي والكالسيت وله انفصام معيني	معادن لا تنقسم مثل الكوارتز
---------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------

[3] المكسر:

هو الشكل الناتج عن كسر المعدن وذلك في المعادن التي ليس لها انفصام
واضح ، وقد يكون هذا المكسر أحد الأشكال التالية:

مكسر محاري مثل الكوارتز	مكسر خشن وهو غير منتظم الشكل كما في البيريت	مكسر مسنن السطح الناتج ذو أسنان حادة مدببة كما في غالبية المعادن	مكسر أملس أو ناعم
----------------------------	---------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	----------------------

[4] القابلية للسحب والطرق:

هو قابلية المعدن للتشكيل إلي رقائق أو أسلاك مثل الذهب والفضة والنحاس
والمعادن الأخرى غير القابلة للسحب والطرق فهي قابلة للكسر أو التفطيت عند الطرق
عليها.

ثالثاً: خواص فيزيائية أخرى:

1- الوزن النوعي	2- الخواص المغناطيسية	3- الخواص الحرارية
معادن خفيفة – معادن متوسطة – معادن ثقيلة	معادن مغناطيسية – معادن غير مغناطيسية	أي قابلية المعدن للإنصهار وكذلك درجة الإنصهار.

رابعاً: خواص مساعدة أخرى:

1- مذاق المعدن ملحي (الهاليت) – مر (الكالسيت)	2- ملمس المعدن ناعم – متوسط – خشن	3- رائحة المعدن
-----------------------------------------------------	--------------------------------------	-----------------

أمثلة من المعادن الإقتصادية الشائعة

(1) الذهب (2) الماس (3) الجالينا (4) الكالسيت

[1] الذهب Au:

- ✓ معدن عنصر فلزي ترتبط ذرته بالرابطة الفلزية.
- ✓ يتجمع الذهب في عروق المرو (الكوارتز) علي هيئة صفائح أو قشور دقيقة الحجم لا تري بالعين المجردة.
- ✓ يوجد في الطبيعة عادة مختلطاً بعناصر فلزية مثل الفضة.
- ✓ ويعتبر الخام إقتصادي إذا احتوى الطن من المرو على أكثر من نصف جرام من الذهب.
- ✓ تنتج أفريقيا حوالي 60% من الإنتاج العالمي وأغلبه من جنوب أفريقيا وغانا وبوكينا فاسو.
- ✓ يوجد الذهب في مصر في عروق المرو والصخور المحيطة به في الصحراء الشرقية في مناطق عديدة.
- ✓ أستغل قدماء المصريين الذهب من العروق الظاهرة أو القريبة من سطح الأرض.

○ بعض الخواص الفيزيائية للذهب :

- بلورات الذهب نادرة وهي من فصيلة المكعب وإن وجدت تأخذ شكل ثماني الأوجه .
- الوزن النوعي للذهب الخالص 19.3
- صلابته منخفضة (2.5-3) .
- قابل للسحب والطرق .
- موصل جيد للحرارة والكهرباء وذلك لارتباط ذراته بالرابطة الفلزية .

[2] الماس C :

- معدن عنصري لافلزي يتركب من الكربون .
- بلوراته من فصيلة المكعب ثمانية الأوجه .
- خام الماس يتواجد في صخور قاعدية تبلورت في باطن الأرض تحت درجة حرارة 2500م° وضغط 100000 ضغط جوي
- تنتج أفريقيا أغلب إنتاج العالم من الماس حوالي 90% من دول جنوب أفريقيا وغانا وغينيا وتنزانيا .
-

○ بعض الخواص الطبيعية للماس :

- أعلى المعادن صلادة وترجع الصلادة العالية إلى أن تركيبه الداخلي بسيط نسبياً حيث ترتبط ذرات الكربون برباط تساهمي بين كل أربعة ذرات تحيط بذرة أخرى من الكربون في وسط شكل رباعي الأوجه .
- البريق مطفي للبلورات الطبيعية غير المصقولة ولكن بعد القطع والصقل تزداد خاصية تفريق وكسر أشعة الضوء الساقط على البلورة بزيادة عدد الأوجه .

○ إستخدامات الماس :

- الماس الشفاف كبير الحجم نسبياً يستخدم كأحجار كريمة للزينة.
- الأنواع الأقل شفافية والأصغر حجماً تستخدم في الصناعة لقطع المعادن والصخور الصلبة وتلميعها .

[3] الجالينا Pbs :

- التركيب الكيميائي عبارة عن كبريتيد الرصاص (Pbs) وهو الخام الأساسي لفلز الرصاص.
- يتبلور في فصيلة المكعب.
- عادة يوجد معدن الجالينا مصاحباً لمعدن السفاليريت (كبريتيد الزنك Zns) وهو خام الزنك المشابه للجالينا في ظروف التكوين.
- يتواجد خام الرصاص والزنك في منطقة أم غيج جنوب القصير علي ساحل البحر الأحمر.
- يستخدم منذ قديم الأزل وحتى الآن بعد طحنه للزينة (كحل للعيون) كما يستخرج منه فلز الرصاص.

[4] الكالسيت CaCO_3 :

- التركيب الكيميائي كربونات كالسيوم وهو أكثر المعادن شيوعاً في الصخور الرسوبية حيث يكون أغلب صخور الحجر الجيري.
- يتبلور في فصيلة الثلاثي وتأخذ بلوراته هيئة معيني الأوجه.
- الصلادة: 3 الإنقسام: كامل معين الأوجه.
- ويمثل المكون الأساسي لصخور الرخام المتحولة عن الحجر الجيري بارتفاع درجة الحرارة أو الحرارة والضغط.
- تستخلصه الكائنات البحرية الحيوانية وبعض أنواع الطحالب لبناء هيكلها ثم يترسب مرة ثانية في قاع البحر بعد موتها وتشكل البقايا الحفرية جزءاً أساسياً من صخور الحجر الجيري.
- يذوب في الماء الحامض علي هيئة بيكربونات كالسيوم ويترسب بعد فقد ثاني أكسيد الكربون حيث يتحول إلي كربونات كالسيوم غير ذائبة.

الفصل الرابع

الصخور

تنقسم العمليات التي تؤدي إلى تغيير معالم الأرض إلى قسمين رئيسيين هما:-

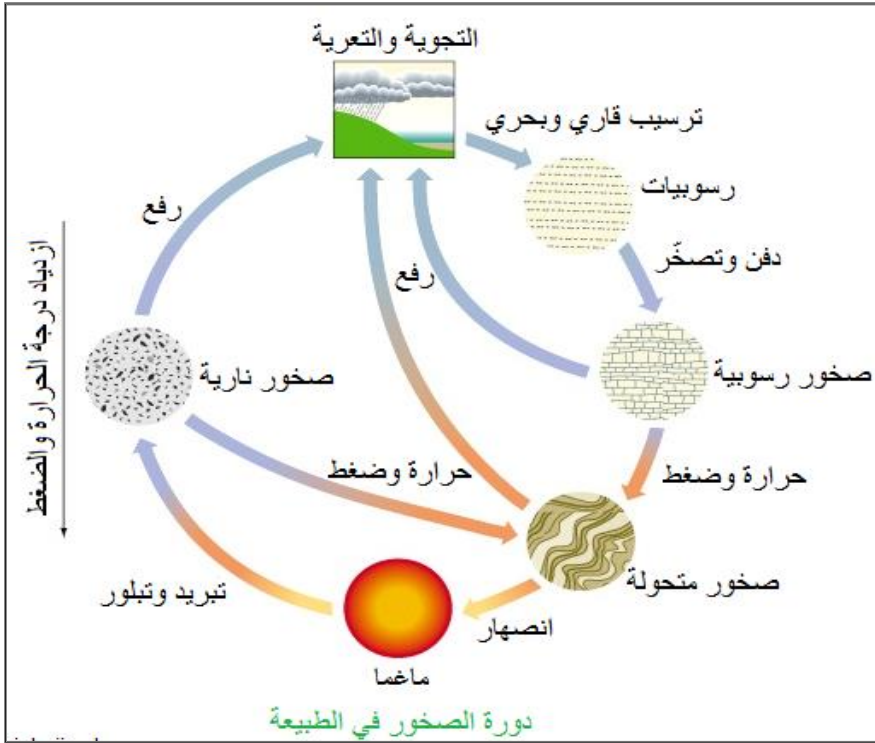
- عمليات تهدم السطح وتؤدي إلى خفض ارتفاعاته.
- عمليات بناء تعمل في الاتجاه المضاد لرفع السطح عن طريق النشاط البركاني والحركات البانية للجبال.

❖ دورة الصخور في الطبيعة:

كان العالم الاسكتلندي جيمس هاتون أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة على الأرض (النارية والرسوبية والمتحولة) في دورة واحدة تقوم فيها العمليات الجيولوجية بالعمل على تغيير الصخور من نوع إلى آخر وهي كالتالي:-

أولاً: تفتت الصخور النارية إلى صخور رسوبية:

- لما كانت الصخور النارية هي أول صخور تكونت عندما كانت الأرض منصهرة في المراحل الأخيرة من نشأتها فإن أول دورة بدأت بتفتت الصخور النارية إلى صخور رسوبية.
- تفتت الصخور بفعل عوامل التجوية من أمطار ورياح إلى كسر صغيرة من فتات الصخور.
- تتجرف وتنقل هذه الفتات إلى أحواض الترسيب في المناطق المنخفضة ليتعري سطح الصخر ثانية ويتعرض لعوامل التجوية من جديد.
- عوامل نقل هذه الفتات طبيعية وكثيرة منها الأنهار والثلجات وتيارات الهواء أو الأمواج في البحار.
- عندما تضعف قدرة عامل النقل (بقلة الإنحدار أو ضعف سرعة الرياح) يتسرب الفتات المنقول.
- يتراكم هذا الفتات في المناطق المنخفضة من السطح (قاع البحر أو المحيط) في صورة طبقات أفقية يتزايد سمكها مع مرور الزمن.
- تتأثر الطبقات السفلي بثقل ما يعلوها فتتضاعف حبيباتها وتتلاصق ثم تترسب مادة لاحمة بين حبيبتها مما يؤدي إلى تحجر الصخور وتغييرها من رواسب سائبة إلى صخور رسوبية صلبة أو متحجرة.



ثانياً: تحول الصخور الرسوبية إلى صخور متحولة:

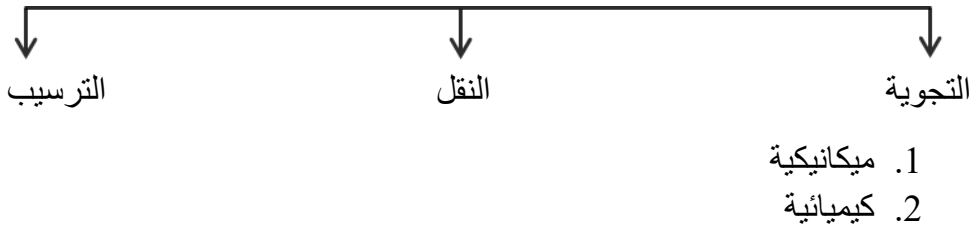
- إذا هبطت الصخور الرسوبية إلى أعماق كبيرة في باطن الأرض نتيجة عدم الاستقرار فإنها تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة وضغط متزايد مما يؤدي إلى تحول الصخور الرسوبية إلى صخور متحولة.
- عادة يشمل التحول تغيير نوع المعادن ونسيج الصخر ويسمى الصخر في هذه الحالة صخر متحول.

ثالثاً تحول الصخور المتحولة إلى صخور نارية:

- عندما تتعرض الصخور للإنصهار نتيجة للزيادة الكبيرة في الضغط ودرجات الحرارة فتتصهر المعادن المكونة لها ويتكون الصهير.
- يتصلب الصهير نتيجة الانخفاض في درجة الحرارة إما عن طريق التبلر في جوف الأرض مكوناً الصخور النارية الجوفية (مثل الجرانيت) أو أن يندفع هذا الصهير إلى السطح على شكل حمم بركانية تبرد فجأة مكونة الصخور النارية البركانية (مثل البازلت).

❖ العمليات التي تؤدي إلى تغيير معالم سطح الأرض:

منذ نشأة الأرض وهي دائبة الحركة فهناك ظواهر تغيير في معالم سطحها باستمرار بالارتفاع لتكوين الغازات والجبال أو بالإنخفاض لتكوين قيعان المحيطات والبحار. والعمليات الجيولوجية المسؤولة عن ذلك هي:



♦ أولاً: التجوية:

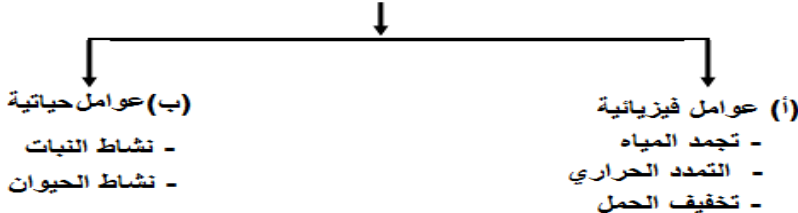
يقصد بالتجوية تأثير عوامل الجو بنوعها (ميكانيكية – كيميائية) في الصخور المختلفة والنتيجة النهائية للتجوية هي:

- تفتت الصخور إلى قطع أصغر حجماً من نفس مكونات الصخر.
- أو تفتته وتفككه ميكانيكياً إلى المعادن المكونة له.
- أو تحلل المعادن كيميائياً وتكون معادن جديدة.

(1) التجوية الميكانيكية:-

- هي عوامل تؤدي إلى تجزئة الصخر إلى قطع صغيرة تحتفظ فيه كل منها بمعادنها الأصلية دون تغيير.
- فمثلاً صخر الجرانيت يتكون من ثلاثة معادن أساسية هي (الكوارتز – الميكا – الفلسبار).
- فإذا تفتت قطعة من الجرانيت إلى قطع في حجم الحصى فإن كل قطعة منها تتكون مع الجرانيت بجميع معادنه. ولكن إذا تم التفتت إلى قطع في حجم حبيبات الرمل فإن كل حبيبة منها هي أحد المعادن المكونة لصخر الجرانيت.

عوامل التجوية الميكانيكية



❖ العوامل الفيزيائية:

[1] تجمد المياه:

- في شقوق وفواصل الصخور في المناطق الباردة أو الجبلية المرتفعة:
والأساس العلمي في ذلك أن الماء عندما يتجمد يزيد حجمه بمقدار العشر تقريباً.
- وكنتيجة لتكرار عملية التجمد ليلاً وذوبان الصقيع نهاراً أو في مواسم متبادلة تتسع الشقوق والفواصل القريبة من السطح والتي تملئ بالماء.
- وبتوالي هذه العمليات تؤدي إلى فصل قطع من الصخور عن الصخر الأصلي ولا تلبث أن تتساقط بفعل الجاذبية الأرضية مكون أسفل الجبل أو الهضبة منحدرًا ركامياً.

[2] التمدد الحراري:

- تمدد وإنكماش سطح الصخر أو المعادن المكونة له تبعاً للتغيرات اليومية في درجات الحرارة خاصة في المناطق الصحراوية الجافة حيث الفرق بين حرارة النهار والليل كبير أو نتيجة لحدوث الحرائق.
- وهذا العامل يضعف من قوة التماسك بين المكونات المعدنية للصخر مما يؤدي إلى تفتته بتكرار هذه العملية مع مرور الزمن.

[3] التمدد الناتج عن تخفيف الحمل:

ويحدث ذلك نتيجة:

- التعرية: عندما يزال سمك كبير من الصخور كان ثقل (وزن) طبقاته يضغط علي ما تحته من صخور.
- ظهور صخور نارية جوفية علي السطح كانت تحت ضغط كبير في باطن الأرض.
- ويظهر تأثير تخفيف الحمولة بتمدد الصخور الذي يحدث إلي أعلي حيث لا مقاومة.
- ونستدل علي ذلك بانفصال سطح الجرانيت إلي قشور كروية الشكل.

❖ العوامل الحياتية:

- (1) **النبات:** وذلك لأنه يضرب بجذوره في التربة أو الفواصل بين الصخور ويؤدي ذلك إلى تفتيت وتفكيك مكونات السطح الخارجي للأرض.
- (2) **الحيوان:** تساعد الحيوانات والحشرات التي تعيش تحت سطح الأرض في حفر للتربة والمساهمة في جعلها سائبة وقابلة للحركة مع عوامل النقل.

(2) التجوية الكيميائية:

التجوية الكيميائية هي عوامل تؤدي إلى تحلل الصخور عن طريق تغيير مكوناتها المعدنية إلى معادن أخرى وذلك بإضافة عنصر أو أكثر إلى تركيبها أو بفقدان بعض العناصر مما يغير من تركيبها الكيميائي.

ويحدث ذلك تحت الظروف الجوية السطحية حتى تصبح تلك المعادن في حالة إتزان مع الظروف الجديدة. ويزيد احتمال حدوث التغيير بالتجوية الكيميائية كلما زاد الاختلاف بين ظروف تكون المعدن وبين ظروف البيئة السطحية وعلى ذلك فإن المعادن التي تبلورت من الصهير في درجات حرارة عالية أكثر قابلية للتجوية من تلك التي تكونت في درجات منخفضة وتحت ضغط أقل وهذه العوامل هي:

(أ) تأثير المياه: { الإذابة – التميؤ }

(ب) الأكسدة .

[أ] تأثير المياه: من أهم عوامل التجوية الكيميائية وتنقسم إلى

(1) الإذابة:

خاصة إذا احتوت المياه على كميات قليلة من مواد أخرى مذابة مثل CO_2 .

ومن دراسة تحلل صخر الجرانيت ، نجد أن مكونات الجرانيت المعدنية الأساسية وهي الفلسبار البوتاسي والميكا والكوارتز ، تتفاوت في درجة تأثرها بالتجوية الكيميائية .

الكوارتز هو آخر ما تبلور من المعادن المكونة للجرانيت وبذلك تكون تحت درجات حرارة منخفضة نسبياً كما أن تركيبه الكيميائي وصفاته الفيزيائية تجعله ثابتاً لا يتأثر بالتجوية الكيميائية.

معدن الفلسبار (سيليكات ألومنيوم وبوتاسيوم أو صوديوم) يتحلل تحت تأثير حامض الكربونيك الناتج من ذوبان قليل من ثاني أكسيد الكربون في مياه الأمطار .

ويظهر تأثير تحلل الفلسبار إلى كاولينيت وهو أحد معادن الطين في إنطفاء بريقه وتحوله إلى الحالة الترابية.

الميكاً أيضاً ، خاصة الميكاً السوداء تتحلل إلى معادن طينية. وبالتالي فإن سطح الجرانيت بعد التحلل يكون الكوارتز هو المعدن الوحيد الذي يبقى دون تغيير ، بينما تتحول المعادن المجاورة إلى مكونات معدنية جديدة أضعف وأقل تماسكاً من المعادن الأصلية مما يساعد ويسرع بظهور تأثير عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية التي تفكك وتفتت الطبقة السطحية للصخر.

[2] التميؤ:

إضافة الماء إلى التركيب المعدني فهو يساعد علي تحلل الصخور كيميائياً مثل تحلل الأنهيدريت (كبريتات كالسيوم لا مائية) إلى الجبس تحت تأثير مياه الأمطار المحملة بثاني أكسيد الكربون.

(ب) الأكسدة:

تتم بواسطة الأكسجين الجوي خاصة علي المعادن التي يدخل الحديد والماغنسيوم في تركيبها.

ثانياً: النقل والتعرية:

هي وسيلة لإزالة النواتج الناتجة عن التجوية علي سطح الصخور بواسطة عوامل نقل طبيعية بمساعدة الجاذبية الأرضية وهذه العوامل هي:

- [1] النقل النهري
- [2] الثلجات
- [3] أمواج البحار والمحيطات
- [4] الرياح

(أ) النقل النهري:

تتوقف قدرة النهر علي الحمل علي اثنين من العوامل هي:

- 1- الإنحدار الذي يتحكم في سرعة جريان الماء.
- 2- كمية المياه التي يستوعبها المجري.
- وكلما زادت قدرة النهر زاد حجم الفتات الذي يستطيع حمله.
- الحبيبات الأصغر حجماً والأخف وزناً (حجم السلت والطين) تنتقل علي هيئة معلق في تيار الماء (الحمل المعلق).

- الحبيبات المتوسطة (في حجم حبيبات الرمل مثلاً) تعلق في تيار الماء قرب القاع لبعض لوقت حتي تتغلب الجاذبية الأرضية علي قدرة النهر علي حمل هذه الحبيبات فتعود إلي قاع البحر تتدحرج عليه.
- الحبيبات الكبيرة في الحجم (الحصى مثلاً) تتدحرج علي القاع في إتجاه سريان الماء وهذا ما يعرف باسم "حمل القاع".
- "الحمل الذائب" وهي الأملاح الذائبة في مياه النهر والتي ينقلها معه من الصخور التي تسقط عليها الأمطار. وأيضاً فإن جزءاً كبيراً من مياه الأمطار التي تسقط علي سطح الأرض يتخلل الصخور ويمر في مسامها أو شقوقها حتي يتجمع أسفل السطح في مستوي ما يعرف بالمياه الجوفية.

(ب) الثلجات أو المثالج:

- تحمل الثلجات الماء متجمداً في المناطق القطبية أو المناطق المرتفعة التي يسقط عليها الثلج ويتجمد في الوديان بين الجبال حتي تمتلئ مكونة كتلة واحدة بما فيها الفتات الصخري من أعلاها لأسفلها.
- عندما تزداد درجة حرارة الجو يبدأ الجليد في الذوبان في المكان الأكثر دفئاً مما يؤدي إلي حركة الثلجة في كتلة واحدة لأسفل حاملاً معه الفتات الصخري من سفح الجبل حيث يرسبه عند القاعدة.

(ج) أمواج البحار والمحيطات:

تهاجم هذه الأمواج الشواطئ وتؤدي إلي تآكلها وتنتقل مع إتجاه التيار لتترسب في مناطق أخرى.

(د) الرياح:

يلاحظ أن ذرات التراب صغيرة الحجم والأقل وزناً يحمله الهواء لارتفاع كبير بينما حبيبات الرمل الأكبر حجماً والأثقل وزناً تحمل بالقرب من سطح الأرض ويمكن رؤية تأثيرها علي كشط أعمدة التليفون لإرتفاع لا يزيد عن 75 سم من سطح الأرض ، وكذلك في إزالة طلاء سيارة تسير أثناء العاصفة وخدش زجاجها.

ثالثاً: الترسيب:

يترسب الفتات الصخري الذي يحمله عامل النقل عندما تضعف قدرته ويصبح غير قادر علي حمل مواد صلبة. وقد تتغير قدرة عامل النقل زيادة أو نقصاً لمرات

عديدة خلال رحلة الفتات الصخري فيحدث الترسيب علي مراحل إلي أن يصل إلي حوض الترسيب حيث يترسب مكوناً سمكاً محسوساً من الرواسب.

♦ تنقسم الرواسب حسب مكان تكونها إلي:

- 1- رواسب قارية.
- 2- رواسب بحرية.
- 3- رواسب دلتاوية مشتركة بين النهرية والبحرية عند مصبات الأنهار.

ومن أمثلة الرواسب القارية في البيئة المصرية هو تكون السهل الفيضي علي جانبي نهر النيل ، وقد تكون هذا السهل قبل إنشاء السدود وخاصة السد العالي علي النيل كالتالي:-

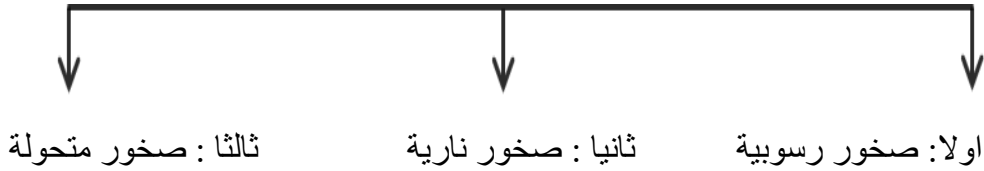
- 1- كانت زيادة تصرف النهر وقت الفيضان تجعل مجراه غير قادر علي إستيعاب هذا القدر من التصرف فيرتفع مستوي الماء في المجري.
- 2- ومع زيادة حمولة النهر من الفتات المعلق تصبح الجسور ضعيفة أمام إندفاع الماء فتكسر أو يعلوها ماء النهر لتفيض علي الجانبين حيث يرسب النهر حملة.
- 3- تتوالي الفيضانات ويزداد سمك الرواسب سنة بعد أخرى وقد بينت الحسابات أن نهر النيل كان يرسب ملليمتر واحد من الطمي سنوياً.

• الرواسب الدلتاوية :

- تترسب هذه الرواسب عند إلتقاء النهر بالبحر تقريبا حيث تقل سرعة تيار النهر نتيجة إصطدام بمياه البحر.
- وتصنف الرواسب متدرجة مع إزدياد العمق كالآتي :

- أ- رمل قرب الشاطئ ب- سلت ج - طين في المناطق الأكبر عمقا .
- ويمكن تفسير وجود الحصى والزلط مع رواسب اصغر حجما على جانبي دلتا النيل وفي منطقة طريق القاهرة – السويس بان هذه المواد قد تم نقلها وترسيبها بواسطة أنهار أقدم من نهر النيل وقد جفت هذه الأنهار تاركة هذه المواد في أماكن ترسيبها .

أنواع الصخور



اولا: الصخور الرسوبية :

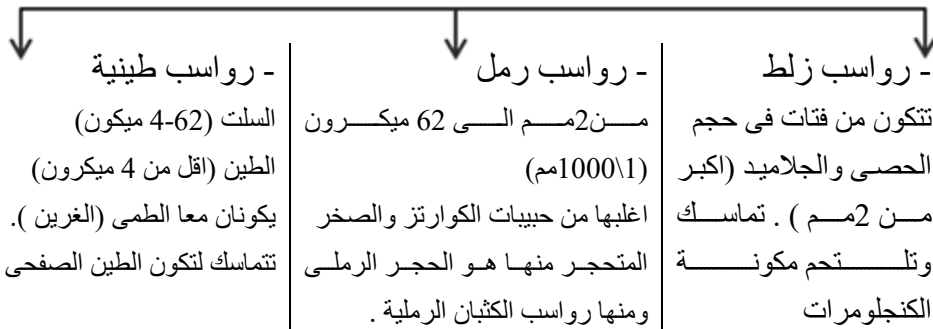
- تكونت من ترسيب نواتج التجوية والتعرية الصلبة والذائبة التي تنقلها عوامل النقل الطبيعية وتصل بها إلى أحواض الترسيب .
- تغطي حوالى ثلاثة أرباع (4/3) سطح الأرض بسمك رقيق بحيث لا تمثل أكثر من 5% من حجم صخور القشرة الأرضية .
- كثيرا من الصخور الرسوبية مهم إقتصاديا مثل رواسب الحجر الجيري والفسفات والفحم والحديد وايضا الصخور الخازنة للبترول والغاز والمياه الجوفية .
- تمثل الصخور الطينية والرملية والجيرية حوالى 90% من الصخور الرسوبية .

❖ تنقسم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها إلى :

- 1- صخور فتاتية (ميكانية)
- 2- صخور كيميائية
- 3- صخور حيائية وكيميائية

(1) الصخور الرسوبية الفتاتية (الميكانيكية) :

- يقصد بها الصخور المتكونة من الفتات الصخرى الذى يتم نقله وترسيبه وهو فى الحالة الصلبة.
- تنقسم هذه الصخور حسب حجم حبيباتها إلى :



[2] الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة:

- تتكون هذه الرواسب نتيجة ترسب الأملاح الذائبة في الماء بعد زيادة تركيزها في المحلول نتيجة بخر الماء.
- إستغل الإنسان هذه الظاهرة في إستخراج ملح الطعام من مياه البحار بتبخرها صناعياً في الملاحات.
- من أشهر أمثلة هذه الرسوبيات: الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) – ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) وأيضاً رواسب الهيماتيت (خام الحديد البتروخي) بأسوان.

[3] الصخور الرسوبية الحياتية والكيميائية:-

- أصل تكون هذه الصخور والرواسب من الأجزاء الصلبة من الهياكل الداخلية أو الخارجية للأحياء البحرية بعد موتها والتي استخلصتها أصلاً من ماء البحر.

♦ ومن أمثلة هذه الصخور:

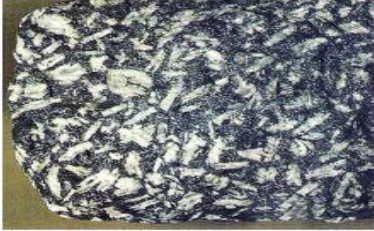
- 1- صخور الحجر الجيري الغنية بالحفريات أو البقايا الصلبة للأحياء البحرية من فقاريات ولا فقاريات وأحياء دقيقة مثل الفورامينيفرا أو نباتات الطحالب الجيرية.
- 2- صخور الفوسفات المحتوية علي بقايا حفرية تحاوي على الفوسفات بالإضافة إلي مكونات معدنية فوسفاتية تزيد من تركيز الفوسفات في الصخور.
- 3- **الفحم النباتي:** وهو من الرواسب العضوية ذات القيمة الاقتصادية يتكون نتيجة دفن المواد النباتية في باطن الأرض لمدة طويلة حتي تفقد الأنسجة المواد الطيارة ويتركز الكربون مكوناً الفحم.
- 4- **الصخور الرسوبية الخازنة للبترول والغاز:** يتكون البترول والغاز من تحلل البقايا الحيوانية والنباتية البحرية الدقيقة بمعزل عن الهواء بعد ترسيبها مع الصخور الطينية والتي تعرف بصخور المصدر ليتم نضجها في باطن الأرض في درجات حرارة بين 70 – 100° وعلى عمق 42 كيلومتر لتتحول إلي الحالة السائلة والغازية بعد ذلك تهاجر إلي صخور الخزان المسامية مثل الرمل والحجر الرملي والحجر الجيري.
- 5- **الطين النفطي:** وهو صخر طيني غني بالمواد الهيدروكربونية أغلبها من أصل نباتي توجد في حالة شمعية صلبة تعرف باسم "الكيروجين" وعند تسخين هذا الصخر إلي 480° تقريباً يتحول الكيروجين إلي مواد نفطية . ومتوسط ما يغطيه الطن الواحد من الصخر حوالي 40 لتر من المواد البترولية ، ولم يستغل هذا النوع حالياً بل هو يمثل احتياطي لحين نفاذ البترول أو أن يصبح سعر إنتاجه منافساً لسعر إنتاج البترول.

تقسيم الصخور النارية حسب مكان تكوينها:**[1] الصخور النارية الجوفية:**

هي التي تتبلور في جوف الأرض بالتبريد البطيء يعطي الفرصة لتكون عدد قليل من البلورات كبيرة الحجم وتتميز بنسيج خشن بلورته كبيرة الحجم تري بالعين المجردة ومن أمثلتها صخور الجرانيت والجابرو.

[2] الصخور النارية البركانية:

التي تتبلور علي سطح الأرض أو بالقرب منه يبرد فيه الصهير بسرعة كبيرة مما يؤدي إلي تكون بلورات كثيرة العدد ولكنها صغيرة الحجم مهجرية لا تري بالعين المجردة أو يكون الصخر زجاجياً أو عديم التبلور ومن أمثلتها الصخور البازاتية التي تمثل غالبية الصخور البركانية علي الأرض.



شكل (1) : صورة لصخر الديوريت
بورفيري، البلورات الكبيرة من
الفلسبار .

[3] الصخور المتداخلة:

وهي تمثل الحالة المتوسطة بين الصخور الجوفية والصخور البركانية ويتكون كالتالي:

1. أثناء إندفاع الصهير في إتجاه سطح الأرض يحدث أن تتداخل بين الصخور المحيطة به لظروف لم تسمح له بالخروج إلي السطح.
2. يبرد الصهير ويتبلور متخذاً أشكالاً مختلفة وفقاً لما يحيط به من صخور.

وعادة يكون نسيجها خليط من البلورات الكبيرة وسط أرضية من البلورات أصغر حجماً ويسمي نسيجاً بورفيرياً.

وهذا التقسيم السابق تم علي أساس نوع النسيج الدال علي عمق تبلور الصخور.

❖ وتنقسم الصخور النارية أيضاً علي أساس المكونات الأساسية أو الغالبة في الصخر خاصة نسبة السيليكا إلي:

- 1- صخور حامضية فيها نسبة سيليكات تزيد عن 70% فاتحة اللون مثل الجرانيت والرايوليت.
- 2- صخور متوسطة فيها نسبة السيليكا بين 70 – 50% مثل الأنديزيت (نسبة إلي جبال الأنديز)
- 3- صخور قاعدية فيها نسبة السيليكا أقل من 50% قاتمة اللون مثل البازلت والجابرو.

○ أكثر الصخور النارية شيوعاً في القشرة الأرضية:

(أ) الصخور الجرانيتية (ب) الصخور البازلتية (ج) الصخور الأنديزيتية

وجه المقارنة	الجرانيت	البازلت	الأنديزيت
ظرف تكوينه	تبريد بطئ للصهير	تبريد سريع للصهير	مرحلة متوسطة
مستوي تكوينه	في باطن الأرض	علي سطح الأرض	مستوي متوسط
ظروف تبلور المعادن	في المراحل الأخير لتجمد الصهير (أقل من 850°م)	في المراحل الأولى لتجمد الصهير (أكثر من 1100°م)	مرحلة متوسطة
النسيج	خشن	دقيق جداً أو زجاجي	بورفير
التركيب الكيميائي والمعدني	غني بالبوتاسيوم والصوديوم والسيليكا تزيد عن 70%	غني بالحديد والماغنسيوم والسيليكا أقل من 50%	متوسط التركيب بين الجرانيت والبازلت إضافة إلي كميات متقاربة من الحديد والكالسيوم والماغنسيوم
اللون	وردي فاتح لاحتوائه علي الكوارتز	أسود قاتم لاحتوائه علي الحديد	
المكافئ الصخري	الرايوليت (بركاني)	الجابرو (جوفي)	الدايوريت (جوفي)

- الصخور المكافئة: هي صخور تتواجد مع الصخر الأصلي وقريبة منه في التركيب الكيميائي والمعدني وظروف التكوين وتختلف معه في مستوي التكوين والنسيج.
- وكل من الصخر الجوفي والبركاني المتكافئان لهما نفس التركيب الكيميائي والمعدني.

ثانياً: الصخور المتحولة:

الصخور المتحولة هي صخور كانت في الأصل رسوبية أو نارية وتغيرت إلى هيئة أخرى بعد تعرضها لظروف ارتفاع في الضغط ودرجة الحرارة في باطن الأرض.

وهذا التحول كالتالي:

- تغير معادن الصخر المتحول إلى معادن جديدة.
- تغير نسيج الصخر ليصبح أكثر تبلوراً.
- ترتيب المعادن في الصخر في اتجاهات تدل على اتجاه الضغط الواقع عليه.

والتحول يحدث كنتيجة لأحد الأسباب التالية:

- أثناء الحركات البانية للجبـال حيث يتولد ضغط شديد عام.
- عندما تكون الصخور ملامسة أو ملاصقة لكتلة من الصهير في درجة حرارة عالية.
- على مستوي الصدوع حيث تتحرك كتلتان من الصخور يحدث بينهما ارتفاعاً في درجات الحرارة .
- زيادة الحرارة في الصخور المتحولة يؤدي إلى كبر حجم بلورات معادنها والمثال على ذلك صخر الرخام الذي يتحول عن الحجر الجيري حيث تتلاحم بلورات الكالسيت وتتداخل مما يزيد من صلابة الرخام وقوة تماسكه.
- تتغير ألوان وتعريق الكثير من أنواع الرخام بسبب وجود أنواع من الشوائب مما يزيد من استخدامه كواحد من أحجار الزينة.
- تأثير الضغط مع الحرارة يؤدي إلى ترتيب البلورات المعادن المكونة للصخور في اتجاهات سائدة ، والمثال على ذلك صخر الشيست (خاصة الشيست الميكاتي) الذي يتميز بخاصية التورق نتيجة ترتيب البلورات الميكاتي في اتجاه واحد.
- نمو البللورات بتأثير ارتفاع درجة الحرارة في اتجاه عمودي على اتجاه الضغط لتقليل تأثيره.

الوابع الخامس

الأزمنة الجيولوجية

اولا : طرق قياس الزمن الجيولوجي

هناك طريقتان مختلفتان يعتمد عليهما قياس الزمن الجيولوجي وهما الزمن النسبي والزمن المطلق .

[1] الزمن النسبي :

- وهو يؤرخ الأحداث منسوبة إلى حادثة هامة في تاريخ الأرض سواء وقع قبل الحادثة أم بعدها بغض النظر عن سنة وقوعها .
- مثلا الزمن الجيولوجي ينقسم إلى : ما قبل الكامبري وما بعد الكامبري وترجع هذه التسمية إلى العثور على أقدم الصخور الرسوبية التي تحتوي على حفريات في منطقة كامبريا وسمى عصرها بالعصر الكامبري وما قبله سمي ما قبل الكامبري وما بعده سمي ما بعد الكامبري .

[2] الزمن المطلق :

- وهو يحدد تاريخ الحدث بدقة ويحسب السنوات التي مرت عليه بألاف أو ملايين السنين .
- ويقاس الزمن الجيولوجي بإحدى طريقتين :

الساعة الجيولوجية:

أي قياس الزمن الجيولوجي إعتماذا على ظاهرة تسير في إتجاه واحد بمعدل ثابت منذ نشأتها في الماضي ولا ترجع إلى سيرتها الأولى إنما تستمر في التغير مع الزمن .
ويستخدم في ذلك التقويم الجيولوجي المشاهدات والحسابات التالية :

- أ- تحليل المواد المشعة
- ب- تطور الحياة
- ج- سرعة الترسيب
- د- تعرية سطح الأرض
- هـ -حساب معدل الملوحة في البحار والمحيطات

تحليل الأحداث التي تتكرر بشكل دوري على مساحات كبيرة من سطح الأرض مثل تأثير معدل الترسيب ونوعية الرواسب في البحيرات الواسعة نتيجة التغير الموسمي للمناخ وما يترتب عليه من انتشار الثلجات في المناطق المرتفعة وكذلك التشوهات التي تنتاب صخور القشرة وظهور سلاسل الجبال في أماكن مختلفة من

العالم . ولكن هذه الطريقة لم تثبت فعاليتها ودقتها في قياس الزمن الجيولوجي ولذلك لم تلق اهتمام كبير .

[أ] تحليل المواد المشعة :

تحتوي معظم الصخور على مواد مشعة تتحلل بصفة دائمة منتجة كميات متفاوتة من عناصر مختلفة ومن أمثلتها :

- اليورانيوم 238 الذي يتحول في النهاية إلى عنصر الرصاص 206 مروراً بعدد من النظائر .
- وتتم ظاهرة التحلل لهذه المادة المشعة خلال فترة زمنية محددة تسمى فترة نصف العمر Half life time .
- هذه الفترة قدرت بالنسبة لليورانيوم 238 بحوالي 4.56×10^9 سنة . فإذا تبلور معدن ما من الصهارة واشتمل على قدر من اليورانيوم 238 فإنه يبدأ في التحلل إلى أن ينخفض إلى النصف في حدود زمن قدره 4560 مليون سنة ليعطى في النهاية الهيليوم والرصاص 206 وكلاهما ثابتين لا يتحلا بعد ذلك .
- ولذلك فنسبة الرصاص 206 والهيليوم إلى اليورانيوم 238 تعطي علاقة وطيدة لعمر المعدن والصخر الحاوي له عند تبلورها من الصهارة وكذلك الزمن الجيولوجي وهناك أيضاً:
- تحليل الربيديوم إلى الإسترانشيوم
- تحليل البوتاسيوم إلى الأرجون .

[ب] تطور الحياة :

- يمكن ملاحظة تطور الحياة بمتابعة البقايا المتحجرة للكائنات التي عاشت في الماضي.
- الحفرية المرشدة هي التي لها مدى زمني قصير وانتشار جغرافي واسع وتكون مفيدة لتحديد عمر الطبقات .
- الطبقات المختلفة الممثلة للأزمنة الجيولوجية المتتابعة تحتوي على حفریات متعاقبة لنفس المجموعة تعكس المراحل المتتالية التي مرت بها أثناء تطورها
- معنى ذلك أن كل طبقة في تتابع جيولوجي تحتوي على أنواع جديدة من الحياة لم تكن شائعة في الطبقات الأقدم منها.
- وعلى ذلك يمكن تحديد أسطح عدم التوافق حيث انقطع الترسيب فترة من الزمن ثم عاد ثانية بمجموعة من الطبقات تحتوي على حفریات تمثل مرحلة متقدمة من التطور تظهر اختلافاً مفاجئاً عن نظيراتها الأقدم منها .
- ومن دراسة الكائنات وتغير شكلها الخارجي وتركيبها الداخلي يمكن معرفة تاريخ الصخور الحاوية لهذه الكائنات وبالتالي يمكن تقسيم الزمن الجيولوجي .

[ج] سرعة الترسيب:

وجد أن معدل سرعة الترسيب بالقرب من دلتاوات الأنهار حوالي 30سم/100 سنة وبالتالي إذا كان هناك تتابع رسوبي دلتاوي سمكه 1500 متر مثلاً فإن ذلك يعني:

$$\text{زمن الترسيب كله} = \frac{100 \times 100 \times 1500}{30} = 500000 \text{ سنة}$$

في حالة التتابع الرسوبي الذي يتكون من العديد من الطبقات يتم أولاً حصر عدد هذه الطبقات وسمك كل طبقة منها ثم السمك الكلي ومن ذلك وبعد حساب معدل سرعة الترسيب يمكن حساب الزمن.

تعطي هذه الطريقة نتائج تقريبية غالباً ويرجع ذلك إلي:

- 1- وجود فترات عدم الترسيب لم يعمل حسابها.
- 2- وجود فترات حدث فيها تآكل لسطح الطبقات ولم يعمل حسابها أيضاً.
- 3-

[د] تعرية سطح الأرض:

- يميل سطح الأرض إلي الإنخفاض والإستواء بسبب التعرض المستمر لعوامل التعرية مثل فعل المياه الجارية والرياح والثلجات.
- درست معدلات تراجع شلالات نياجرا بكندا ووجد أنها بدأت منذ حوالي 32.000 سنة وهو نفس الزمن الذي مر علي آخر فترة جليدية بشمال أمريكا وكانت بداية نشأة تلك الشلالات.
- وهناك علاقة توصل إليها العلماء بين مساحة التعرية وزمن التعرية ومنها استنتجوا أن مساحة 4.5 مليون كيلومتر مربع يحتاج إلي فترة زمنية تبلغ حوالي 9 مليون سنة .

[هـ] حساب الملوحة في البحار والمحيطات

تعتمد تلك الطريقة علي:

- حساب كمية الأملاح المذابة في مياه المحيطات والبحار.
- حساب كمية الأملاح التي تنقلها الأنهار سنوياً نتيجة عمليات التجوية الصخرية.
- ومن هذه البيانات يمكن حساب عمر هذه البحار والمحيطات.
- وإذا افترضنا أن البحار والمحيطات بدأت عذبة وأن سبب ملوحتها الحالية هي الأملاح التي تحملها الأنهار.
- وباعتبار أن كمية الأملاح التي تحملها الأنهار إلي البحر تبلغ 1.56×10^{14} جم في السنة وأن الأملاح الكلية في مياه المحيطات تبلغ 1.26×10^{22} جم فإن عمر المحيطات يقدر بحوالي 90 – 400 مليون سنة.
- وجميع الدراسات والحسابات السابقة تعطي نتائج تقريبية وبتطبيق أكثر من طريقة حسابية يمكن التوصل إلي الرقم الأقرب إلي الصواب لعمر الأرض.

ثانيا: الأزمنة الجيولوجية – الأحقاب والعصور

- شارلز ليل Charles Lyell. سنة 1833م هو أول من قسم الزمن الجيولوجي إلى ثلاثة أقسام هي: الأولي والثانوي والثلاثي.
- وليم سميث William Smith سنة 1839م لجأ إلى دراسة الحفري الحيواني والنباتي بالإضافة إلى الخواص الصخرية وتراكيبها لتقسيم الزمن الجيولوجي إلى أحقاب وعصور ولم يكتفي بتتابع الصخور فقط وذلك للأسباب التالية:-
- 1- أن وحدات الصخور الرسوبية المكونة للتتابع الطباقى لا تظهر جميعها في مكان واحد.
- 2- أن العديد من هذه الوحدات يتشابه صخوراً رغم انتمائها لأزمنة جيولوجية مختلفة.
- وقد لوحظ أن إختلاف المحتوي الحفري كان فجائياً مما أوحى بأن أحداثاً مدمرة أو كوارث أرضية قد تعرضت لها الأرض صاحبها عمليات الطي والخسف مما سبب صورة من عدم التوافق المجموعة الطباقية التي تعرضت لهذه الكوارث والمجموعة الطباقية التي ترسبت فوقها .
- وقد صاحب هذه الكوارث ظهور سلاسل الجبال المرتفعة صاحبت إختلاف في المناخ وتراجع الغلاف المائي عن اليابسة وإختفاء بعض الكائنات لعدم قدرتها على التأقلم مع الظروف البيئية الجديدة ولذلك استخدمت هذه التغيرات الطبيعية والعضوية أساساً لتقسيم الزمن الجيولوجي إلى أقسامه الرئيسية الثلاثة وأضيف إليها الرباعي مؤخراً.
- ومن الأمثلة المسجلة في مصر التراكيب الجيولوجية في مناطق أبو رواش وشبراويت والواحات البحرية وكذلك تحت السطح في خليج السويس .

تاريخ الكرة الأرضية

ينقسم التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية إلى :

(2) حقبة الفانيروزوي (الحياة المعلومه)	(1) حقبة الكريتوزوي (الحياة غير المعلومه)	
أ- حقبة الحياة القديمة (370 مليون سنة) ب- حقبة الحياة المتوسطة (167 مليون سنة) ج- حقبة الحياة الحديثة (62 مليون سنة)	ب- عصر البروتروزوي (ما قبل الكامبري العلوي) من 2600 مليون إلي 600 مليون سنة	أ- عصر الأركيزوي (ما قبل الكامبري السفلي) من 4600 مليون إلي 2600 مليون سنة

1- حقبة الكربتوزوي (الحياة غير المعلومة) Cryptozoic :

- لم تشمل أي صورة من صور الحياة العضوية المميزة ذات معالم أو تراكيب واضحة يمكن الإستدلال عليها . وقد إمتدت لمدة 4000 مليون سنة (من 4600 مليون سنة مضت حتى 600 مليون سنة)
- عثر على كائنات دقيقة من الطحالب الجيرية الأولية وبعض التجمعات الميكروسكوبية للبكتيريا اللاهوائية وبقايا متحوصلة لصورة الحياة لم تحفظ كاملة في صخور القشرة لعدم وجود هيكل صلب لها يعكس تركيبها أو نمط معيشتها .

2- حقبة الفانيروزوي (الحياة المعلومة) Phanerozoic :

- تتميز بوجود بقايا عضوية مميزة للكائنات الحيوانية والنباتية التي عاشت وازدهرت وتنوعت في الماء واليابس وتركت آثارها في الصخور المختلفة . وقد إمتدت 600 مليون سنة حتى الزمن الحديث .
- وقد قسمت هذه الحقبة إلى ثلاثة أحقاب جيولوجية هي من الأقدم إلى الأحدث :
 (أ) حقبة الحياة القديمة (Paleozoic) 370 مليون سنة منذ 600 مليون إلى 230 مليون سنة.
 (ب) حقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic) 167 مليون سنة منذ 230 مليون إلى 63 مليون سنة.
 (ج) حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic) 63 مليون سنة حتى العصر الحديث .

[أ] حقبة الحياة القديمة Paleozoic:

أنقسم إلى ستة عصور اعتماداً على المحتوى الحفري وسميت نسبة إلى الولاية التي سجلت فيها لأول مرة وقد رتبت من الأقدم إلى الأحدث كما يلي :

العصر	أصل التسمية	مميزاته الصخرية	مميزات الأحيائية
1- العصر الكامبري (100 مليون سنة)	منطقة كامبريا بمناطق ويلز جنوب غرب الجزر البريطانية	أقدم تتابع رسوبي بحقبة الحياة القديمة	شعب من الطحالب الجيرية وحفريات لافقارية بحرية
2- العصر الأوردوفيشي (65 مليون سنة)	قبيلة أوردوفيشي التي عاشت سابقاً بمناطق ويلز البريطانية	مواد جيرية بكميات وفيرة	لافقاريات أكثر إنتشاراً وتنوعاً من العصر الكامبري
3- العصر السيلوري (40 مليون سنة)	قبيلة سيلورس التي عاشت سابقاً بمناطق ويلز البريطانية	صخور غنية برواسب الطين الجيري	أنواع متطورة من الحفريات - أسماك عظيمة بدائية ونباتات أولية عديمة البذور في اليابس.
4- العصر الديلوني (50 مليون سنة)	مقاطعة ديفون شاير بجنوب إنجلترا	صخور الحجر الرملي ذو اللون الأحمر	لافقاريات متنوعة - أنواع متطورة من الأسماك - أسماك رئوية
5- العصر الكربوني (65 مليون سنة)	نسبة إلى طبقات الفحم الحجري بكل من أوروبا وأمريكا	رواسب متداخلة من الحجر الرملي والطفل مع طبقات رقيقة من الحجر الجيري	لافقاريات متنوعة برمائيات أولية - أشجار حرشفية تحولت إلى الفحم ومعراة البذور
6- العصر البرمي (50 مليون سنة)	مملكة برميا القديمة في جبال أورال بالاتحاد السوفيتي	طبقات متبادلة من الحجر الجيري والرملي تنتهي برواسب الطفلة الغنية بالملاح الصخري المكون من البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم	ظهور أنواع متطورة من اللافقاريات والفقاريات خاصة الأسماك والبرمائيات والزواحف البدائية

[ب] حقبة الحياة المتوسطة Mesozoic :

وقد قسم هذا العصر إلى ثلاثة عصور اعتماداً على طبيعة صخور السائدة وأقسامها المتعارف عليها بالمناطق التي تراكمت فيها بصورة واضحة وترتيب متكامل وهذه العصور مرتبة من الأقدم إلى الأحدث كما يلي :

العصر	أصل التسمية	مميزاته الصخرية	مميزات الاحيائية
1- العصر الترياسي (49 مليون سنة)	ينسب إلي لفظ Tros-three أي يسهل تقسيمه إلى ثلاثة أقسام	طبقات متبادلة من الحجر الرملي والحجر الجيري	<ul style="list-style-type: none"> حفريات لافقارية متطورة سادت الفقاريات مثل الزواحف البرية والمائية والطائفة ظهور أول الزواحف العملاقة والثدييات البدائية. إنتشار السرخسيات والمخروطيات.
2- العصر الجوراسي (46 مليون سنة)	نسبة إلي جبال جورة الممتدة بين فرنسا وسويسرا	صخر جيري بطروخي متداخل مع طبقات رقيقة من الفحم	<ul style="list-style-type: none"> سيادة الراسقديات مثل الأمونيتات لذا أطلق عليه عصر الأمونيتات. إنتشار الأسماك العظيمة والزواحف العملاقة بأنواعها ولذا أطلق عليه أيضاً عصر الزواحف. ظهور أول حفرية لأقدم الطيور ظهور الثدييات الكيسية مثل الكانجaro ظهور مغطاة البذور
3- العصر الطباشيري (72 مليون سنة)	من الأصل اللاتيني Creta-Chalk أي طباشير	تتابع من الصخور الطباشيرية التي تكون الهضاب التي تحد مضيق دوفر بانجلترا	<ul style="list-style-type: none"> لافقاريات متنوعة حفريات أسماك - برمائيات وزواحف طيور متطورة ظهور أولي الثدييات المشيمية أنواع عديدة من مغطاة البذور.

[ج] حقبة الحياة الحديثة Cenozoic :

- قسم هذا الحقب إلى حقبتين صغيرتين نظرا لكثرة الكائنات وتنوعها وسرعة تطورها واختلاف كثافتها خلال مداه الزمني وهما :
- الحقب الثالث Tertiary والحقب الرابع Quaternary بالإضافة إلى المليون سنة الأخيرة والتي تعرف بالعصر الجليدي Glacial .
- قسم هذا الحقب إلى ستة أزمنة بحسب محتويات طبقاته من أنواع الحفريات التي تنتمي إلى قبيلة الرخويات ونسبتها المئوية التي تعمر الأرض الآن وهي مرتبة من الأقدم إلى الأحدث كما يلي :

الزمن	أصل التسمية	نسبة الأنواع الحديثة من الحفريات	مميزاته العامة
1- الباليوسين (5 مليون سنة)	مشتقة من اللفظ اللاتيني Palios-Recent أي باكورة فجر الحديث	صفر	1- ازدهار الفقاريات بصفة عامة والثدييات بصفة خاصة مثل الفيلة والخيول البدائية والقرود.
2- الأيوسين (12 مليون سنة)	مشتقة من اللفظ اللاتيني Eos-Dawn أي فجر الحديث	1 - 5 %	2- وجدت بقايا فقاريات بمنقطة الفيوم والتي سجلت المراحل الأولى لتطور الثدييات البدائية.
3- الأوليجوسين (11 مليون سنة)	مشتقة من Oligos-Small أي مستهل الحديث	10 - 15 %	3- حفريات متطورة للثدييات والطيور والنباتات الزهرية.
4- الميوسين (12 مليون سنة)	مشتقة من Meion - Minor أي قليل الحديث	20 - 40 %	
5- البليوسين (12 مليون سنة)	مشتقة من Pleion - Major أي سائد الحديث	50 - 90 %	
6- البليوستوسين (2-1 مليون سنة)	مشتقة من Pleistos - Most أي معظم الحديث	90 - 100 %	

- وخلال زمن البليوستوسين كانت الكائنات التي تقطن الأرض شبيهة بالتي تعيش الآن ولكن توزيعها اختلف بحسب الاختلافات المناخية التي شهدتها الأرض.
- بدأ ظهور الإنسان منذ حوالي 20 ألف سنة مضت .
- الفترة التي نعيشها الآن Holocene = Recent بدأت منذ 15 ألف سنة فقط وتمثل سيادة الجنس البشري وسيطرته على الطاقة وغزو الفضاء وتطور المعرفة والهبوط إلى سطح القمر .

الباب السادس:

الجيولوجيا في خدمة الإنسان

يؤدي علم الجيولوجيا دوراً هاماً في حياتنا اليومية بدءاً من البحث واستخراج مصادر الطاقة والكشف عن الثروات المعدنية وتدبير مصادر إضافية للمياه ومواد البناء وإقامة المشروعات الهندسية العملاقة والمساهمة في حماية البيئة وكذلك الأغراض العسكرية.

[1] الجيولوجيا والطاقة:-

(أ) البترول والغاز الطبيعي:

- يلعب الجيولوجيون الدور الرئيسي في عمليات البحث والتنقيب عن زيت البترول والغاز الطبيعي.
- تؤدي الدراسات السطحية والتحت سطحية وتحليل التتابع الصخري إلي إستنتاج المواقع الملائمة للنشأة للبترول وظروف هجرته وتحديد المصائد البترولية.
- إستخدمت الخرائط الجيولوجية والجيوفيزيكية في إكتشاف البترول في العديد من حقول البترول المنتجة في مصر ، وكان أول الحقول المكتشفة في مصر هو حقل جمسة سنة 1908م

- توالي إكتشاف البترول في مصر في حقول:

* المرجان (1965م) * العلمين (1966م) * أبو الغراديق (1969م)

* الرزاق (1975م) * يدما (1971م)

ومن أهم حقول الغاز في مصر:

* أبو ماضي (1967م) * أبو الغراديق (1968م) * أبو قير (1969م)

- تم تكثيف الدراسات الجيولوجية علي منطقة الصحراء الغربية خلال السنوات الأخيرة وأسفر ذلك عن إكتشاف البترول والغاز الطبيعي في مناطق بدر الدين - خالدة - أبوسنان - أم بركة.
- كما تم العثور علي كميات وفيرة من البترول والمكثفات في البحر المتوسط إلي الشمال الشرقي من بورسعيد ، هذا بالإضافة إلي ما يبذل من جهد لدراسة وتقييم الإحتياطي وإمكانية زيادته لرفاهية الأجيال القادمة.

(ب) الفحم:

- إهتمت الدراسات الجيولوجية بالبحث عن طبقات الفحم في عدة مناطق علي أرض مصر لمعرفة توزيع تلك المواد الكربونية ودراسة الصخور الحاملة لها والتعرف علي الظروف الجيولوجية التي تكونت تحتها.

تركزت الدراسات علي ثلاثة مناطق بسيناء هي: جبل المغارة – عين موسى – بدعة وثورا ، وقد أثبتت هذه الدراسات ما يلي:

- إكتشاف وجود الفحم بكميات إقتصادية كبيرة فى صخور العصر الجوراسي في جبل المغارة كطبقات مختلفة السمك تتخلل رواسب من الحجر الرملي الطيني وأهم هذه الطبقات طبقة رئيسية يتراوح سمكها من 120 – 190 سم وعلي أعماق من 40 – 400 متر كما ثبت وجود طبقة أخرى متوسط سمكها 65سم تعلو الطبقة السابقة بحوالي 10 أمتار ويتم حالياً تجهيز الفحم للإستغلال والإنتاج وقد أثبتت التحاليل الكيميائية علي الفحم المكتشف أنه صالح لإنتاج فحم الكوك اللازم لصناعة الحديد والصلب وذلك عند خلطه مع نسبة معينة من الفحم المستورد عالي الكفاءة .
- إكتشاف الفحم في صخور العصر الجوراسي والكريتاوي السفلي في منطقة عيون موسى ولكنه حالياً غير صالح للإستغلال لوجوده علي أعماق كبيرة ووجود بعض المشاكل التعدينية وأهمها إرتفاع ضغط وغزارة المياه الجوفية.
- إكتشاف الفحم في طبقات الطفلة الكربونية ضمن صخور العصر الكربوني المنكشفة علي السطح في منطقة بدعة وثورا (علي الجانب الغربي من جنوب سيناء) ولكنه لا يصلح للإستخدام نظراً لوجوده علي هيئة عدسات قليلة الأمتداد وصغيرة في السمك.

[ج] المواد النووية:

- يهتم الجيولوجيون بالبحث والتنقيب عن خام معدن اليورانيوم المشع الذي يعتبر من أهم المعادن المشعة ويتم البحث في الصخور القاعدية المنتشرة في الصحراء الشرقية ، وذلك بهدف إستغلاله في توفير الوقود النووي اللازم لتشغيل محطات توليد الكهرباء النووية.
- من الدراسات الجيولوجية العديدة تم إستكشاف عدة مواقع يمكن إستخلاص معادن اليورانيوم منها:-
 - بعض الصخور الجرانيتية في الصحراء الشرقية.
 - بعض الصخور الرسوبية في الواحات البحرية.
 - ضمن مكونات الرمال السوداء الممتدة علي الساحل الشمالي (اليورانيوم متداخل مع معدن المونازيت)
 - صخور الفوسفات (حيث يمكن إستخلاص اليورانيوم خلال عملية تصنيع حامض الفسفوريك من خام الفوسفات).

[2] الجيولوجيا والثروات المعدنية:

الثروات المعدنية في مصر يمكن إستغلالها من ثلاثة مصادر هي:

- 1- صخور ما قبل الكمبري (الركيزة المعقدة من الصخور النارية والمتحولة)

- 2- الصخور الرسوبية.
- 3- رواسب الأودية والشواطئ ضمن الفئات الصخري الناتج من عوامل التجوية والرياح والمياه الجارية أو علي الشواطئ حيث تعمل حركة الأمواج المستمرة علي تركيز المكونات المختلفة وتسهيل إستغلالها إقتصادياً.

خام الحديد:-

- يعتبر خام الحديد من أهم الخامات الرئيسية في الصناعات الثقيلة.
- أنشأت مصر أول مصنع للحديد والصلب في منطقة حلوان بعد ثورة 1952م وتم إستغلال خام الحديد المعروف في منطقة شرق أسوان.
- بعد عمليات التوسع في صناعة الحديد بدأ الإتجاه إلي إستغلال خام الحديد المكتشف حديثاً في منطقة الواحات البحرية.
- يصل إنتاج مصر حالياً من خام الحديد إلي حوالي 2.2 مليون طن سنوياً.
- لإستكمال الدور الهام للجيولوجيا - تم إكتشاف إحتياطيات هائلة من الحجر الجيري اللازم في عملية إستخلاص الحديد ويجري إستغلال هذا الحجر من محاجر الرفاعي (القاهرة) - بني خالد (المنيا) - عتاقة (السويس).

الفوسفات:

- أسهمت الأبحاث الجيولوجية في الكشف عن إحتياطيات كبيرة لخام الفوسفات في مناطق وادي النيل (السباعية - المحاميد) وساحل البحر الأحمر (الحمراوين).
- أدت الدراسات الجيولوجية المكثفة إلي إكتشاف إحتياطيات ضخمة من رواسب الفوسفات في هضبة أبو طرطور (الوادي الجديد) وتجري حالياً الإستعدادات لتنفيذ مشروع عالمي لإستخراج وتصنيع الخام.

المنجنيز:

- تم إكتشاف هذا الخام عام 1907م في منطقة أبو زنيمة علي الساحل الشرقي لخليج السويس.
- إستغل المنجنيز للتصدير حتي عام 1967م ولكنه توقف مع إحتلال سيناء.
- بعد تحرير سيناء بدأت مصر في إستغلال الخام مرة أخرى في تغذية صناعات الفيرومنجنيز التي أقيمت في منطقة أبو زنيمة.
- تستغل نسبة من المنجنيز في الصناعات المحلية مثل الحديد والصلب - بطاريات الجافة - بعض الصناعات الكيميائية.

الرمال البيضاء والكاولين:

- تستغل هذه الخامات لتصنيع الزجاج والحراريات والخزف والصيني.
- يتم إستخراج هذه الخامات من مناطق سيناء - كلابشة (جنوب غرب أسوان) - وادي الدحل (الصحراء الشرقية).

الذهب:

- يستغل الذهب منذ قديم الزمان من مناطق مختلفة في وسط الصحراء الشرقية.
- أعدت العديد من الدراسات في العصر الحديث علي المناجم القديمة لمحاولة إعادة إستغلالها بالإستفادة من التكنولوجيا المتقدمة في هذا المجال.

القصدير والتيتانيوم:

- يستغل هذان المعدنان في صناعة العديد من السبائك والبويات.
- بعد دراسات جيولوجية مكثفة تم إكتشاف هذه الخامات في جنوب الصحراء الشرقية بالقرب من ساحل البحر الأحمر مصاحبة لصخور ما قبل الكامبري.

[3] الجيولوجيا والمياه الجوفية:

- تلعب المياه الجوفية دوراً هاماً في تنمية وإصلاح الأراضي الصحراوية في مصر (96% من المساحة).
- تهتم الدراسات المتقدمة بالكشف عن المياه الجوفية باستخدام طريقة المسح الجيوفيزيقي وحفر الآبار الإستكشافية وكذلك دراسة التركيب الكيميائي للخرانات الأرضية.
- تؤدي هذه الدراسات إلي تحديد إمتداد وسمك الطبقات الحاملة للمياه – وتقدير كمية المياه وأنواعها ومعاملات النفاذية – وحساب معامل الأمان.
- هذه النتائج لها دور أساسي في تحديد مواقع المشروعات الصناعية والزراعية والتجمعات السكانية في المدن الجديدة ومناطق إستصلاح الأراضي.
- تساهم الدراسات الجيولوجية في مشروعات شق الترع وإنشاء المصارف حتى لا تحدث مصاعب نتيجة سريان تلك المجاري المائية وسط طبقات ملحية أو خلال رواسب ذات مسامية ونفاذية عالية مما يسبب تسرب كميات كبيرة من المياه في باطن الأرض.
- تفسر أبحاث الجيولوجيا ظاهرة تفاوت ملوحة المياه الجوفية والتي تؤدي إلي تغير تركيز الأملاح في التربة ، وهذا قد يتسبب في أن تصبح التربة مالحة إذا زادت الملوحة عن 3%.
- تستخدم الجيولوجيا المائية في الكشف عن بعض الرواسب المعدنية ، وذلك بتحليل عينات من المياه علي مسار معين فإذا زاد تركيز أحد العناصر علي ذلك المسار يقود ذلك إلي مصدر الخام.
- يساعد الماء الجوفي في هجرة وتجميع المواد البترولية حيث يوجد عادة أسفل تلك التجمعات.
- تلعب الجيولوجيا المائية دوراً هاماً في دراسة الطاقة الحرارية للأرض ومنها يمكن تحديد درجات الحرارة في الأعماق المختلفة (تستغل عند إنشاء أنفاق المناجم علي أعماق كبيرة).
- توجد في مصر العديد من ينابيع المياه الساخنة تصلح لأغراض السياحة والعلاج ، وأهم هذه المناطق : حمام فرعون – عيون موسى – العين السخنة – واحة سيوة.

[4] الجيولوجيا ومشروعات الإنشاء والتعمير:

- يساهم الجيولوجيون بدور رئيسي في عمليات البحث والتقييم لمواد البناء والتعمير التي تعتبر الركائز الأساسية في مواجهة مشاكل الإسكان وتشديد المنشآت المختلفة.
- صناعة الأسمنت من الصناعات الهامة التي تحتاج إلي معاونة الجيولوجيا خاصة في عمليات إستخراج الحجر الجيري والطفلة (المكونان الرئيسيان في صناعة الأسمنت) وذلك بغرض تصنيع أنواع مختلفة من الأسمنت مثل الأسمنت الحديدي – الأسمنت المقاوم للكبريتات لإقامة المنشآت في المياه المالحة – الأسمنت منخفض الحرارة.
- صناعة الطوب يساهم فيها عدد كبير من الجيولوجيين خلال مراحلها المختلفة.
- أهمية الدراسات الجيولوجية للأماكن المقترحة للبناء والتشييد عليها حتي تتفادي ظاهرة هبوط سطح الأرض في بعض المناطق – أو الإنهيارات الأرضية نتيجة البناء علي المنحدرات الجبلية – أو البناء العشوائي في مجاري السيول.
- أهمية الجيولوجيا في إختيار الأماكن المناسبة للتوسع العمراني بعيداً عن مصادر الأخطار الناتجة من الحركات الأرضية (الشقوق والفواصل – الفوالق – المنحدرات الجبلية – الأراضي الرخوة).
- أهمية الخرائط الجيولوجية في توضيح تضاريس مناطق التعمير وتحديد الموارد الطبيعية المتاحة بها مثل مواد البناء والمياه الأرضية.

[5] الجيولوجيا والمنشآت الهندسية:

- تلعب الدراسات الجيولوجية دوراً هاماً في اختيار مواقع المشروعات الهندسية الكبيرة مثل السدود والقناطر والأنفاق.
- أجريت في مصر دراسات جيولوجية مكثفة علي صخور ضفتي قناة السويس عند إنشاء نفق أحمد حمدي , وكذلك الدراسات العديدة علي منطقة أسوان عند بداية تنفيذ السد العالي.
- الدراسات التي يتم تنفيذها تتضمن دراسة الخواص الطبيعية للصخور وحساب معدل المسامية والنفاذية وقدرة الصخور علي تحمل الجهد ، وكذلك حساب التغيرات التي تطرأ علي الصخور عند تشبعها بالماء.
- من الواجب إقامة السدود علي أراضي صلبة من صخور متجانسة تمتد لأعمال بعيدة مثل الجرانيت والدلوميت.

- في حالة إقامة أحد السدود علي أراضي رخوة فمن الواجب إزالة كمية من الصخور من مكان الإنشاء وقبل التنفيذ ، وتعادل في الوزن وزن السد المقترح إنشاءه وذلك لضمان إتران المنطقة وعدم الإخلال بتوزيع الأحمال عليها.

[6] الجيولوجيا والبيئة:

يلعب علم الجيولوجيا دوراً هاماً في المحافظة علي البيئة – ويتلخص هذا الدور في الدراسات والمجهودات التالية:

- (أ) حماية الشواطئ
- (ب) دراسة حركة الكثبان الرملية
- (ج) الوقاية من أخطار السيول (د) ترميم وحماية الآثار.
- [أ] إقتراح التصميم المناسب للحواجز البحرية علي الساحل الشمالي وذلك للمحافظة علي إستقرار الشاطئ وحمايته من التآكل بفعل التيارات والأمواج البحرية وهذه الحواجز تحول دون أخطار غزو البحر للسواحل وما يترتب علي ذلك من ظروف بيئية جديدة.
- [ب] دراسة حركة الكثبان الرملية وما يترتب عليها من مخاطر التصحر خلال مناطق المجتمعات الجديدة والأراضي المستصلحة ، واتخاذ السبل المختلفة لتثبيتها للحد عن خطورتها وتقليل الكوارث الناتجة عنها.
- [ج] تساهم الجيولوجيا في الوقاية من أخطار السيول علي المنشآت المقامة في الأودية وكذلك خطوط السكك الحديدية والطرق التي تعبر هذه الأودية.
- [د] تشارك الجيولوجيا في مشروعات ترميم وحماية الآثار – وذلك بدراسة طبيعة الصخور المتكون منها المشروعات الأثرية – واقترح الأساليب المناسبة لحمايتها من التحلل والانهييار بفعل عوامل التعرية المختلفة وتأثير المياه الجوفية والهزات الأرضية.

[7] الجيولوجيا والمجهود الحربي:

- يشارك الجيولوجيون أثناء الإستعداد للحروب في الكثير من المهام والواجبات وتتنضح أهمية وجودهم في القوات المسلحة خلال القتال واهم هذه الواجبات ما يلي:
- أظهرت حرب أكتوبر المجيدة عام 1973م مساهمة الجيولوجيون في إختيار أنسب المواقع لحفر آبار المياه لسد حاجة الجيش أثناء القتال.
- إختيار أنسب الطرق الصحراوية الصالحة لتحرك المعدات الحربية الثقيلة حتي لا تغوص في الرمال أو الأراضي الرخوة.
- رسم الخرائط الطبوغرافية للأغراض العسكرية.
- تحديد مواقع مناسبة لإقامة مهابط الطائرات وإقامة الملاجئ ومنصات إطلاق الصواريخ .
- المساهمة في عمليات تطهير الأرض من الألغام.