**أساسيات علوم الأرض**

**Earth Sciences**

**أهداف المقرر:**

 يهدف المقرر لتعريف الطالب بالأتي:

 1- فكرة عن مفهوم علوم الأرض ( الجيولوجيا) وعلاقتها بالعلوم الاساسية الأخرى.

2- علاقة الأرض بالشمس والمجموعة الشمسية والاجرام السماوية الأخرى.

3- تركيب أغلفة الأرض وجيومورفولوجيتها والعمليات الداخلية في باطن الأرض (البراكين والزلازل) والعمليات الخارجية ( تعرية، تآكل، تجوية ).

4- فكره عن المعادن والصخور وخصائصها.

5- فكرة عن ظهور الحياة وتطورها على سطح الارض.

**علم الجيولوجيا Geology :**

كلمة من مقطعين من أصل إغريقي هما جيو (geo) اصلها من (gea) وتعني أرض و logy من logos وتعني علم أو منطق. ويقصد بكلمة جيولوجيا علم الأرض وهو العلم الذي يختص في بداية الامر بدراسة الأجزاء الصلبة غير العضوية التي تُحيط بلأنسان والتي تمثل جزءاً من القشرة الأرضية (الجزء الخارجي للأرض) والتي تقع في متناول المشاهدة المباشرة.

**علوم الأرض Earth Sciences:**

إذا كان مصطلح جيولوجيا قد إقتصر في البداية على المفهوم التقليدي لعلم الارض، فإن تسمية علوم الأرض يقصد بها المفهوم الحديث للعلوم الخاصة بدراسة الأرض حتى علاقة الأرض بالأجرام السماوية وخاصة مجموعة الكواكب المنتمية للمجموعة الشمسية. ولكن حالياً لايوجد فرق بين التسميتين في نظر المهتمين بهذا المجال.

**علاقة علوم االأرض بالعلوم الأساسية:**

يمكن تقسيم الأفرع التقليدية لعلم الجيولوجيا أو علوم الأرض إلى مجاميع من العلوم حيث يعالج كل منها جانباً خاصاً من مظاهر القشرة الأرضية كما يلي:

**اولاً:** علوم خاصة بمكونات القشرة الارضية (وأجزاء أخرى داخلية من الأرض):

ترتبط هذه العلوم بعلم الجيوكيمياء أحد افرع علوم الأرض والذي يرتبط بعلم الكيمياء إرتباطاً وثيقاً ومن اهم هذه العلوم:

1- علم البلورات (crystallography) وهو العلم الذي يختص بدراسة العناصر المكونة للمواد الصلبة (معادن وصخور) حيث ان كل معدن مكون من بلورات.

2- علم المعادن (mineralogy) ويختص بدراسة العادن من حيث التكوين ومكان وطبيعة التواجد وطرق التنقيب عنها.

3- علم الصخور (petrology) وهو علم يختص بدراسة الصخور والتي تتكون من المعادن.

 **ثانياً**: علوم خاصة بدراسة التراكيب الجيولوجية لمكونات القشرة الأرضية:

 تعتمد هذه العلوم على علم الفيزياء وذلك لأن معظم التراكيب الجيولوجية مرتبطة بقوى طبيعية تؤثر على الصخور كقوى الشد والإنضغاط وغيرها، وهنا تلعب الجيوفيزياء كأحد فروع علم الجيولوجيا دوراً هاماً في التعرف على التراكيب الجيولوجية المدفونة تحت السطح ومن أهم هذه العلوم:

1- علم الجيولوجيا التركيبية (structural geology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة التراكيب الجيولوجية ويقصد بها الأشكال التي تتخذها الصخور مثل الطيات(folds) والصدوع أو الفوالق (faults)

2- علم الحركات الأرضية ويسمى بعلم الجيولوجيا البنائية او الجيوتكتونيا (geotectonics) وهو علم يختص بدراسة حركة الألواح او الصفائح المكونة للقشرة الأرضية كما يتصل بعلم الجيولوجيا التاريخية.

**ثالثاً:** علوم خاصة بدراسة تاريخ تطور القشرة الأرضية:

وتعتمد هذا العلوم على كل من دراسة المستحاثات (fossils) وهي البقايا الصلبة للكائنات الحية المحفوظة في الرواسب، ويرتبط هذه العلوم إرتباطاً وثيقاً بعلم الأحياء كما يعتمد بعضها على دراسة طبيعة الرواسب وتغيرات المناخ لدا تربط بعلم الجغرافيا ومن هذه العلوم:

1- علم المستحاثات(paleontology) وهو علم يختص بدراسة المستحاثات (الظهور، التطور، الإنقراض وبيئة معيشتها)

2- علم الطبقات (stratigraphy) وهو علم يختص بدراسة الطبقات من حيث صفاتها الصخرية ومحتواها من المستحاثات.

3- علم الجغرافيا القديمة (paleogeography) وهو علم دراسة التطور الجغرافي للقشرة الأرضية.

4- علم الجيولوجيا التأريخية (historical geology) يربط بين العلوم الثلاثة أعلاه، حيث يهتم هذا العلم بشرح التطورات البنائية والجغرافية والأحيائية التي تحدث على القشرة الأرضية.

**رابعاً:** علوم تختص بدراسة تضاريس القشرة الأرضية:

تهتم هذه العلوم بدراسة تضاريس القشرة الأرضية بما فيها القارات والمحيطات (continents and oceans) ومن هذه العلوم:

1- علم الجيومورفولوجيا (geomorphology) وهو علم يهتم بدراسة التضاريس على سطح الأرض في نطاقات محدودة.

2- علم الجيولوجيا الفيزيائية (physical geology) وهو علم يختص بدراسة التضاريس في نطاقات واسعة كما يهتم بدراسة العمليات الداخلية في باطن الأرض (زلازل وبراكين) واثارها والعمليات الخارجية علس سطح الأرض (تحات وتعرية وتجوية وترسيب إضافة إلى الظواهر الجيولوجية المختلفة كالجبال والأودية وغيرها).

3- علم المساحة (surveying) ويختص برسم الخرائط لسطح الأرض وحتى الخرائط لما تحت السطح.

**العلوم التطبيقية لعلوم الأرض:**

وهذه علوم تعتمد على علوم الأرض النظرية حيث تسعى إلى الإستفادة الإقتصادية من مكونات القشرة الأرضيىة ومن هذه العلوم:

1- الجيولوجيا الإقتصادية (economic geology) وهو علم يختص بالتنقيب عن المعادن والخامات الكون لها، ويتبع هذا المجال إلى علم الجيوكيمياء والذي يرتبط إرتباطاً أساسياً بعلم الكيمياء.

2-جيولوجيا المياه (hydrology) وعلم الياه الجوفية (hydrogeology) وهو العلم الذي يبحث في مجال الياه وتقويم الاجسام والموارد المائية السطحية و تحت السطحية، ويرتبط هذا العلم بكل من علم

الجيوكيمياء والجيولوجيا التركيبية وعلم الطبقات وعلم الجيوفيزياء.

3- جيولوجيا النفط (petroleum geology) وهو إمتداد للجيولوجيا الإقتصادية حيث يبحث في مجال التنقيب عن النفط والغاز.

 إضافة للعلوم التطبيقية أعلاه، هنالك علوم اخرى مرتبطة بعلوم الهندسة منها:

1- جيولوجيا المناجم (mining geology) وتتضمن طرق الحفر والإستخراج للخامات في المناجم وهي تمثل إمتداداً للجيولوجيا الإقتصادية.

2- هندسة النفط (petroleum engineering) وهي تشمل طرق وسائل إستخراج النفط من الحقول.

3- الجيولوجيا الهندسية(engineering geology) علم دراسة الخواص الميكانيكية للصخور في المواقع المقترحة لإقامة المنشآت الهندسية مثل المباني الضخمة والسدود والجسور والأنفاق.

توصل العلماء إلى معلومات عن باطن الأرض وأعماق المحيطات وعن الغلاف الجوي والإجرام السماوية المختلفة التي تنتشر في فضاء الكون. وقد تبين من بعض المشاهدات ان الكرة الارضية مرتبطة بالمجموعة الشمسية وهذه المجموعة جزء من الأجرام السماوية، لذا ترتبط علوم الأرض بعلوم أخرى وفقاً لتلك المعلومات والمشاهدات منه:

1- علم الزلازل (seismology)وهو العلم الذي يدرس عملية حدوث الزلازل والتي تعطي معلومات عن باطن الأرض.

2- علم البراكين(volcanology) وهو العلم الخاص بحدوث البراكين

3- علوم البحار (oceanography) وجيولوجيا البحار(marine geology)

4- علم الإرصاد الجوي (meteorology) وعلم المناخ (climatology)

5- علم التربة (pedology) والبيئة القديمة(palecology)

6- الجيولوجيا الكونية(cosmic geology) وعلم الكواكب (planetology) وعلم الفلك(astronomy) .

**الإ جرام السماوية و اصل لأرض**

تطلق عبارة اجرام سماوية على كل من النجوم والكواكب والشهب والنيازك والسحب الغازية والغبارية وغيره من الأجسام السماوية.

**المشاهدات الفلكية:**

هنالك مشاهدات إعتمد عليها العلماء في شرح أصل الأرض منها **المشاهدات الفلكية** التي تؤدي إلى معرفة الأجرام السماوية المختلفة. وقد توصل العلماء إلى أن الشمس ومجموعة الكواكب التابعة لها ومنها كوكب الأرض مرت بعدة مراحل خلال تأريخها وأن النجوم الشبيهة بالشمس تمر بمثل هذه المراحل ولكن هذه النجوم لا تمر بنفس المراحل في نفس الوقت لذلك يمكن مشاهدة نجوم في مستويات مختلفة من التطور في نفس الوقت في الكون.

تمكن العلماء من خلال التحليل الطيفي (spectral analysis) للضوء المنعكس او المنبثق من الأجرام السماوية المختلفة (نجوم وكواكب وغيرها) من تحديد صفات هذه الأجرام مثل: **تركيبها الكيمائي ودرجة حرارتها وسرعة حركتها النسبية** بعضها إلى بعض وبالنسبة للأرض. وفي كثير من الاحيان يمكن تحديد **الكثافة والحجم** لهذه الأجرام. كما أنه يمكن إستخدام بعض الطرق لتحديد المسافات بين تلك الإجرام السماوية

أكدت المشاهدات الفلكية أن الكون عبارة عن **طاقة ومادة**, حيث أن الطاقة تظهر في هيئة ضوء او حرارة او حركة او اشعة. أما المادة فمن مظاهرها الأجرام السماوية المختلفة ومنها:

**السدم:**

يستخدم العلماء لفظ سديم إلى جرم سماوي يختلف عن النجم في مظهره. والسدم (nebulae) وفردها سديم (nebula) تتكون من كتل غازية أو غبارية من غاز الهايدروجين (hydrogen) ومن أهم هذه السدم الشهيرة سديم السرطان (Crab nebula) وهو عبارة عن جرم سماوي صغير نسبياً نتج من إنفجار نجم بدأ في الإشعاع الآف اضعاف معدل إشعاعه العادي وترك سحابة غازية او غبارية وذلك في عام 1054م.

**المجرات:**

مفردها مجرة (galaxy) وتطلق على مجموعة من النجوم، فالشمس نجم يقع ضمن مجرة درب التبانة (Milky way) ومعظم النجوم المكونة لمجرة درب التبانة متركزة في منطقة قرصية نسبياً منتفخة عند وسطها، وتقع الشمس في أحد الأطراف للقرص. ويبلغ قرص مجرة درب التبانة حوالي 100000 سنة ضوئية وتبعد الشمس عن مركز هذه المجرة حوالي 30000 سنة ضوئية علماً بأن سرعة الضوء تساوي 300000كلم في الثانية، حيث تكمل الشمس دورة واحدة حول محور المجرة في فترة زمنية تساوي 200 مليون سنة. هنالك قوة جاذبية بين نجوم تلك المجرة تمنعها من التساقط في مركز المجرة ومن إصطدام النجوم بعضها ببعض.

**النجوم:**

النجم عبارة عن نقطة مضيئة ليس لها حجم ملحوظ عند النظر إليه بالتليسكوب الفلكي. ولايوجد نجم يقل عن عُشر كتلة الشمس. تتفاوت هذه النجوم من حيث الحجم والكثافة وتقسم الى ثلاثة مجاميع:

 1- نجوم الأقزام البيض (white dwarfs) وهي نجوم يقارب حجمها حجم الارض وكثافتها عالية جداً تصل كثافة السم المكعب منها اكثر من 100 كجم.

2**- النجوم المتوسطة ( البيض والصفر):** ومنها الشمس

3- نجوم المردة الحمر red giants: ومن أمثلتها نجم أنتاريس (Antares) ويزيد قطر الواحد من تلك النجوم على خمسمائة مليون كيلومتر أي مسافة يمكن أن تضم الشمس ومدارارت مجموعة الكواكب الداخلية للشمس ( عطارد والزهرة والأرض والمريخ). وتبلغ كثافة تلك نجوم المردة الحمراء 1/1000 من كثافة هواء الأرض فوق سطح البحر.

**المجموعة الشمسية:**

الشمس نجم أصفر متوسط نسبياً وهو قريب جداً من الأرض لذا يمكن دراسته بدقة و إستخدام نتائج دراسته لتفسير الكثير من المشاهدات الفلكية على النجوم الأخرى. والشمس جرم مضئ يدور حول نفسه ويمكن أن

يحتوي بداخله 130000 جسم في حجم الكرة الأرضية. ومعظم حرارة الأرض مصدرها الشمس. وتصل

درجة حرارة سطح الشمس إلى حوالي 5700 درجة مئوية، أما حرارة باطنها تصل إلى 14 مليون درجة مئوية والضغط يصل إلى بليون ضغط جوي. وتدور حول الأرض تسعة كواكب هي: الكواكب الداخلية (**عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ**) والكواكب الخارجية (**المشري، زحل، أورانوس، نيبتون، وبلوتو**). أنظر الشكل.

إضافة للكواكب توجد في المجموعة الشمسية اجرام سماوية اخرى أصغر بكثير من الكواكب وهي **المذنبات** (comets) **والشهب** (meteors)، والمذنبات أجسام مكونة من الثلج والنشادر والميثان في الحالة الصلبة. وحينما يقترب المذنب من الشمس تتبخر بعض مكوناته القابلة للتبخر (الميثان والنشادر) ويكون هذا البخار ذيلاً من الغاز المضئ. اما الشهب تتكون من مادة صلبة تسبح في الفضاء وعندما تتساقط على سطح الأرض تسمى بالنيازك (meteorites) ويمكن دراستها بصورة مباشرة.

**دوران الارض**:

تدور الارض حول محورها دورة تستقرق 24 ساعة كما تدورة حول الشمس دورة تستقرق 365.26 يوماً. ويكون أتجاه حركة دوران الأرض حول محورها عكس عقارب الساعة في القطب الشمالي ومع عقارب الساعة في القطب الجنوبي. سرعة دوران الأرض حول محورها عند خط الإستواء تساوي 476 متر في الثانية أي 1675 كيلومتر في الساعة، حيث يبلغ محيط الأرض حوالي 40075 كيلومتر.

**نشأة الشمسية الارض والمجموعة:**

**نظرية كانت – لابلاس:**

اول نظرية حاولت ان تفسر اصل المجموعه الشمسية هي نظرية كانت – لابلاس في نهاية القرن الثامن عشر، وكانت (Kant) فيلسوف ألماني ولابلاس (Laplace) عالم رياضيات فرنسي. وقد وضع كل منهما فرضيته على إنفراد أي و لم يكن بينهما إتصال. وتم وضع هذه النظرية بناءاً على بعض المشاهدات الفلكية. وتقول هذه النظرية بان المجموعة الشمسية تكونت نتيجة لتكثيف كتلة غازية هائلة كروية الشكل. وكانت هذه الكتله تدور حول نفسها، كما ان هنالك قوة جذب عملت على إنكماش تلك المادة الغاذية نحو مركزها ونتيجة لتوليد قوة طرد مركزية بسبب الدوران تحولت الكتلة إلى حلقات إنفصلت الخارجية منها مكونة المجموعة الشمسية وكون المركز الشمس. إستمر إنفصال الحلقات الخارجية مكوناً الكواكب.

**نظرية تشمبرلين – ملتون:**

تشمبرلين (Chamberlin) جيولوجي اميركي وملتون (Moulton) وهو عالم الفلك. وضع العالمان تلك النظرية في القرن التاسع عشر. وتفترض هذه النظرية بأن الشمس تكونت أولاً وان الكواكب التابعة لها تكونت نتيجة لتأثير جاذبية نجم آخر مرّ بقرب الشمس وادى مرور هذا النجم من الشمس إلى إنفصال جز من مادة الشمس الملتهبة لتكون تلك الكواكب.

**أغلفة الأرض:**

تتكون الأرض من ثلاثة أغلفة تمثل حالات المادة الثلاثة وهي الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري.

**الغلاف الجوي Atmosphere :**

يحيط بالارض إحاطة تامة ويتكون من النايتروجين والاكسجين بنسبة 4 : 1 ونسب ضئيلة من غازات الارجون وثاني اكسيد الكربون والكبريت وبخار الماء وبعض الأبخرة والاتربة.

يتكون الغلاف الجوي من عدة إنطقة كما في أدناه:

1- التروبوسفير Troposphere : ويمتد هذا النطاق الى حوالي عشر كيلومتر، وهو الجزء الأسفل من الغلاف الجوي، وفيه تهب الرياح وتتساقط الأمطار، ويقتصر وجود السحب على هذا النطاق.

2- الإستراتوسفير Stratosphere : ويمتد من حوالي عشرة إلى خمسين كيلومتر. ولايحتوي على سحب، ولكن يعتقد العلماء بانه منشأ الزوابع والعواصف، لذا فهو يؤثر في التروبوسفير.

3- الميزوسفيرMesosphere : تتناقص فيه درجة الحرارة مع الإرتفاع في الإستراتوسفير (النطاق الأسفل) حتى تصل إلى 550- م وبعد ذلك تتزايد حتى تصل إلى حوالي 100 م عند إرتفاع خمسين كيلومتر. أما عند أرتفاع بين خمسين إلى ثمانين كيلومتر فتتناقص درجة حرارة الغلاف الجوي مره أخرى إلى حوالي 600 – م. ويسمى هذا النطاق بالميزوسفير. ويكون ضغط الهواء في هذا النطاق 1/1000 من ضغط الغلاف الجوي عند سطح البحر.

4- الثيرموسفيرThermosphere : عند إرتفاع ما بين 80 – 600 كيلومتر ترتفع درجات الحرارة حتى تصل إلى حوالي 10000 م. ويسمى هذا النطاق بالثيرموسفي ر. وتحدث فيه تغيرات كبيرة في صفات الغلاف الجوي، فتزداد نسب التأين فيه (جزيئات الغازات المشحونة كهربيا) لذا يطلق عليه الأيونوسفير، وتستطيع الطبقات المتأينة فيه عكس موجات الراديو.

5- الإكسوسفيرExosphere : ويسمى النطاق الخارجي وفيه يتضاءل الغلاف الجوي تدريجياً حتى يصل الفضاء الخارجي الخالي من كميات ملحوظة من الغازات. والجدير بالذكر يمتد بين نطاقي الإستراتوسفير والميزوسفير غلاف غني **اللإوزون (ozone)** وهو نوع من الأكسجين يتكون الجزيئ لواحد منه من ثلاث ذرات، اكسجين ويتكون الأوزون نتيجة لتأثير الموجات **فوق البنفسجية** (ultra violet waves) على الأكسجين وتصل هذه الموجات إلى الأرض مع باقي الموجات القادمه من الشمس.

**الأهمية الجيولوجية للغلاف الجوي:**

1- يعمل الاكسجين على اكسدة بعض العناصر المكونة للمعادن والصخور فينتج عن ذلك مواد صخرية جديدة

2- يذوب ثاني أكسيدالكربون في الماء ويئثر على بعض الصخور مما يؤدي إلى تجويتها كالصخور الجيرية.

3- تعمل الرياح على تفتيت صخور القشرة الارضية وتعمل على نقلها من مكان لاخر (عمليات هدم وبناء).

 **الغلاف المائيHydrosphere :**

يتكون من مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار. ويغطي 75% من سطح الأرض.ويختلف عمق الغلاف المائي من بضع مليمترات عند الشواطئ إلى كيلومترات في أعماق المحيطات. وتختلف نوعية المياه بإختلاف الأملاح المذابة فيها ونوعها مثل كلوريد الصوديوم وكربونات الكالسيوم. و تحتوي مكونات الغلاف المائي على نسبة تصل إلى 3% من الغازات الذائبة من النايتروجين والأكسجين و املاح ذائبة تصل إلى حوالي %3.5 وعندما تتصلب تلك المياه تعطي نسب ثابتة من الاملاح الأساسية أدناه:

 كلوريد صوديوم 77.7% كربونات كالسيوم وبوتاسيوم 0.3%

 كلوريد مغنسيوم 10.8 % بروميد مغنسيوم 0.2%

 كبريتات مغنيسيوم 4.7 % أملاح أخري 0.2%

 كبريتات كاالسيوم 3.6%  **المجموع 100%**

 كبريتات بوتاسيوم 2.5%

**الغلاف الصخري Lithosphere:**

يمثل الجزء الصلب من الأرض، ويتكون من طبقات متمركزة حول نواة مركزية. وينقسم الغلاف الصخري

إلي ثلاثة أقسام رئيسية: القشرة والستار (الوشاح، الرداء) والنواة (اللب).

**القشرة الأرضية Curst**:

تتكون من طبقتين: قشرة قارية و قشرة محيطية:

**القشرة القاريةContinental curst** :

 تمثل الجزء الخارجي من الغلاف الصخري و يتراوح سمكها ممن 30 – 50 كلم. صخورها غنية بالسيلكا والألمنيوم (نسبة السيلكا اكثر من 60%) لذا يطلق عليها طبقة السيال Sial)). أهم الصخور المكونة لها من الجرانت والصخور الرسوبيه. كثافة صخورها 2.69 جم/سم3.

**القشرة المحيطية** **Oceanic curst:**

يتراوح سمكها من 10 -12 كلم. غنية بالسيليكا (40 – 50%) والماغنسيوم لذا سميت بطبقة السيما (Sima) . متوسط كثافة صخورها حوالي 3 جم/سم3.

**الستار Mantle :**

طبقة تمتد من نهاية القشرة إلى عمق 2900 كلم. تزداد فيها نسبة المعادن الغنية بالعناصر الغامضة (حديد وماغنسيوم). تقسم إلى طبقتين: ستار خارجي وستار داخلي. مثال على صخورها البريدوتيت. كثافة صخور الستار حوالي 3.2 جم/سم3. ويفصل بين القشرة الأرضية والستار إنقطاع يسمى بإنقطاع موهو (Moho or Mohorovicic Discontinuity).

**النواة او اللب (Core) :**

تتكون أساساً من الحديد والنيكل لذا يطلق عليها بطبقة النايف (Nife). تنقسم إلى نواة خارجية (outer core) ونواة داخلية (inner core).

النواة الخارجية في حالة سائلة لزجة تحت ضغط عالي جداً فتبدو وكأنها صلبة، بينما النواة الداخلية فهي صلبة. الكثافة لصخور النواه حوالي 11جم/سم3 وهي كثافة مادة النيازك الحديددية. يفصل بين الستار والنواه إنقطاع يسمى إنقطاع جوتن بيرج.

 ****

 ****

**المكونات الأساسية للغلاف الصخري:**

يوجد حوالي 92 عنصراً كيميائياً في القشرة الأرضية تدخل في تركيب أكثر من ألفي مركب من مكونات القشرة الأرضية ولكن حوالي 98% من وزن القشرة الأرضية يدخل في تركيبها ثمانيه عناصر فقط كما موضح أدناه:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **العنصر** | **نسبة التواجد** | **الأكسيد** | **العنصر**  | **نسبة التواجد** | **الأكسيد** |
| اوكسجين | 46% | - | كالسيوم | 3.6% | الجير |
| سيليكون | 27% | السيليكا | صوديوم | 2.8% | الصودا |
| المونيوم | 8% | الالمنيا | بوتاسيوم | 2.6% | البوتاسا |
| حديد | 5% | اكاسيد حديد | ماغنسيوم | 2.1% | الماغنيسيا |

**الأنظمة البلورية**

**Crystallographic systems**

**البلورةCrystal :**

عبارة عن جسم صلب له شكل هندسي منتظم يعكس الترتيب الداخلي للجزيئات والذرات ومحاط بأوجه مستوية تسمى أوجه البلورة. ليس بالضرورة ان تكون البلوره ظاهرة للعين المجردة. ويمكن رؤية بعض البلورات بواسطة عدسات يدوية مكبرة. كما يمكن أن تنمو بعض البلورات الى أحجام كبيرة جداً.

**نمو الأوجه البلورية:**

1- بلورة كاملة الاوجه Euhedral: وفي هذه الحالة تحاط البلورة بأوجه كاملة في ثلاث مستويات

2- ناقصة الأوجه Subhedral: تحاط البلوره ببعض من الأوجه ويكون نمو الأوجه غير مكتمل

3- عديمة الأوجه Anhedral : وهنا لا تظهر الأوجه البلورية وتكون غير منتظمة.

**الصفات الخارجية للبلورة:**

عند دراسة الشكل الخارجي للبلورة نجد هذه الأجزاء:

1- **الأوجه** faces : يقصد بوجه البلورة الاسطح المستوية التي تشكل المجسم للبلورة. وللبلورات أعداد متباينة من الأوجه.

2- **الأحرف**  edges: وقصد بحرف البلوره الخط الناتج من ألتقاء وجهين متجاورين

3- **الزوايا** angles : وهي الزاوية الحصوره بين أي وجهين متجاورين وهي مهمة في دراسة هندسة البلورات.

**الأنظمة البلوريةCrystal systems** :

تصنف البلورات إلى ست أنظمة بلورية إعتماداً على العلاقة الهندسية بين المحاور البلوريةcrystal axes .

والمحاور البلورية عبارة عن مستقيمات تمتد في الثلاث ابعاد خلال الاوجه المتقابلة وعند أحاطتها بمستويات أو اوجه ينتج البناء البلوري.

1- نظام المكعبي Cubic system:

في هذا النظام تكن المحاور البلوريةa, b, c متساوية الطول ومتعامدة، مثال على ذلك معدن الجارنتgarnet .

2- نظام الرباعي Tetragonal :

في هذا النظام تكن المحاور البلورية a, b فقط متساوية الطول ولكنها جميعاً متعامدة، مثال على ذلك معدن الزركون Zircon.

3- نظام المعيني القائمOrthorhombic :

تكون المحاور البلورية غير متساوية الطول ولكنها جميعاً متعامدة، مثال على ذلك معدن الكبريت .Sulfur

4- نظام أحادي الميلMonoclinic :

هنالك محوران فقط متعامدان و المحور c غير متعامد مع المحورين الاخرين ، مثال على ذلك معدن الاوثوكليزOrthoclase

5- نظام ثلاثي الميلTriclinic : كل المحاور غير متعامدة مثال على ذلك معدن الالبيت Alpite.

6- نظام السداسيHexagonal : في هذا النظام توجد ثلاثة محاور c, a1 ,a2 ,a3 الزاويا بين a1 ,a2 ,a3  1200 ولكنها متعامدة على المحور c مثال على ذلك معدن البيريلBeryl .

**المعادن**

**Minerals**

**تعريف المعدن:**

المعدن عبارة عن مادة صلبة لاعضوية يتكون في ظروف طبيعية، له صيغة كيمائية ثابتة ونظام بلوري محدد.

بما أن المعدن لا بد ان يكون مادة صلبة فالنفط والغاز والماء ليست معادن. كما أن الفحم الحجري لايعد من المعادن لأنه مادة عضوية. لا يعتبر أي خليط كيميائي مثال السبائك معدن مهما كانت درجة تجانسها. نفس التركيب الكيميائي إذا تغير نظامه البلوري ينتج معدن إخر.

التركيب الكيميائي الثابت يقصد به أن النسبة بين أيونات وذرات العناصر التي تدخل في تركيب المعدن لابد ان تكون ثابتة أي كل معدن له صيغة كيميائية محددة وإذا تغيرت هذه الصيغة ينتج معدن اخر.

معظم المعادن توجد في الحالة المتبلرة ولكن بعض المعادن توجد في حالة غير متبلرة كمعدن الاوبال opal.

**الدراسة الطبيعية للمعادن:**

ويقصد بها دراسة الخواص الطبيعية للمعادن ومن أهم هذه الخواص:

**أولاً الخواص البصرية او الضوئية Optical properties :**

وهي الخواص التي تعتمد على إنعكاس وإمتصاص الضوء على سطح المعدن وتشمل:

**1- اللون colour :**

ينتج من قدرة المعدن على إمتصاص نوع معين من الموجات الضوئية وعكس النوع الاخر من الموجات الضوئية، وينقسم إلى:

ا- لون ثابت أو متاصل Inherent :

ويرتبط بالتركيب الكيميائي للمعدن مثال ذلك معدن الماجنيتيت فلمنه اسود ومعادن الكبريت لونها اصفر.

ب- لون دخيل Exotic :

في هذه الحالة يأخذ المعدن أكثر من لون وذلك بسبب الشوائب، فمثلاً الكوارتز يكون لونه شفاف او وردي او رمادي.

**2- المخدش streak:**

وهو لون مسحوق المعدن إذا تعرض لعملية كشط (حك) على سطح مصقول بقطعة خزف من مادة مثل الخزف. قد يختلف لون المخدش عن لون المعدن او يتطابق معه.

**3- البريق luster:**

وهو مظهر سطح المعدن في الضوء المنعكس ويقسم إلى بريق فلزي وبريق لافلزي:

ا- البريق الفلزي metallic luster:

وهو يشبه بريق المعادن او العناصر : ذهب، فضة، نحاس.

ب- بريق لافلزيnon metallic luster: وينقسم إلىآ:

1- بريق زجاجيvitreous:: ويشبه بريق الزجاج، مثال معدن الكوارتز.

2- بريق ماس diamond: يشبه بريق الماس، مثال معدن الماس، والكبريت المتبلر.

3- بريق صمغي resinous: يشبه بريق الصمغ، مثل معادن الكبريت

4- بريق لؤلؤري pearly : يشبه بريق الحرير، مثل معادن الجبس الليفي والإسبستوس

 5- بريق ترابيearthy : ويشبه مظهر الترابى

6- بريق قاري : ويكون سطح المعدن مبقعاً

**4- الشفافية transparency:**

وهي قدرة المعدن على امرار الضوء من خلاله، وتنقسم المعادن من حيث الشفافية إلى :

ا- معادن شفافة(transparent) وشبه شفافة(semi transparent) ومعتمة (opaque) .

**ثانياً الخواص التماسكيةCohesive properties :**

هي خواص تعتمد على التركيب البلوري، اي على قوى الترابط والأواصر بين الجزيئات والذرات التي تكون البلورة, وهي ثابتة للمعدن الواحد ولكنها تختلف من معدن لاخر, واهم هذه الخواص:

**1- الصلادة hardness:**

وتعنى مقاومة المعدن للخدش او الكشط. ويمكن تعين صلادة المعدن بصفة مبدئية وبملاحظة السهولة او الصعوبة التي ينخدش بها بإستخدام ادوات كما مبين في مقياس موهو(Mohorovicic) للصلادة ادناه:

**المعدن الصلادة ملاحظات**

تلك talc 1 ينخدش بالظفر

جبس gypsum 2 ينخدش بالظفر

كالسايت calcite 3 ينخدش بالدبوس

فلورايت fluorite 4 ينخدش بالدبوس

اباتايت apatite 5 ينخدش بالدبوس

أوثوكليز orthoclase 6 ينخدش بالدبوس

كوارتز quartz 7 أقوى من الصلب

توباز topaz 8

كوراندوم corundum 9

الماس diamond 10 اصلب المعادن

**2- الإنفصامcleavage :**

هو خاصية إنقسام المعادن المتبلورة في إتجاه مستويات منتظمة مرتبطة بالأوجه البلورية، أي ان مستويات الإنفصام ترتبط بالتركيب والبناء البلوري وقد يكون الإنفصام في أكثر من مستوي او أتجاه. يوصف الإنفصام بأنه جيد او واضح او غير واضح.

**3- الإنفصال:**

وهو ظاهرة تجزؤ المعدن إلى أجزاء عند مستويات في إتجاهات غير ثابتة وغير مميزة، وينتج الإنفصال من تأثير عوامل طبيعية خارجية مثل الضغط وعوامل الإحلال بين المعادن.

**4- المكسر fracture:**

وهو عبارة عن شكل او هيئة سطح المعدن عندما ينكسر في أتجاهات غير مرتبطة بمستويات الإنفصام، وهنالك عدة أنواع منها:

ا- مكسر محاري: يظهر المعدن في هيئة خطوط مقوسة ومتمركزة وتتلاشى تدريجياً تشبه إلى حد كبير خطوط النمو في الاصداف والمحار، مثل معدن الكوارتز.

ب- مكسر مستوي: يكون سطح المعدن منبسطاً كما في معدن الجالينا (الكحل الطبيعي)

 ح- مكسر غير مستوي: يكون سطح المعدن خشن لوجود بعض النتؤات الدقيقة وهو الأكثر شيوعاً بين المعادن

 د- مكسر مسنن: يظهر المعدن بروزات غير منتظمة واسنان حادة شبيهة بالخشب المكسوركما في معادن النحاس.

و- مكسرأرضي: سطح المعدن غير منتظم كما في معدن الكاولين الطيني.

هنالك بعض الخواص الطبيعية الاخرى تستخدم في تمييز المعادن منها:

**1- الخواص المغناطيسة:** بعض المعادن لها خاصية مغناطيسية مثل معدن الماجنيتايت (magnetite Fe2O3) وهو من معادن الحديد.

**2- الخواص الإشعاعية:**

بعض المعادن لها خاصية الإشعاع مثل اليورايوم والثوريوم

**3- الخواص الكهربية:** هنالك معادن لها خاصية التوصيل الكهربي الجيد وبعضها ردئ التوصيل الكهربي.

**4- الخواص الحسية:** تعتمد على حواس الإنسان مثل:

- الرائحةodour : كرائحة التوم في معادن الفوسفات

- الطعمtaste : كطعم الملح في معدن الهالايت وهو ملح الطعام

الملمسtouch : كملمس الصابون في معادن التلك.

**تصنيف المعادن:**

هنالك عدة تصنيفات ولكن إهمها تصنيف العالم ج. د. دانا (G. D. Dana) والذي صنف المعادن ألى مجموعات حسب الشق الحمضي وتشمل الأتي:

1- مجموعة المعادن العنصرية:

وهي معادن من عناصر توجد حرة في الطبيعة وغير متحدة مع غيرها مثل الذهب و الفضة (فلزية) والماس والجرافيت (لافلزية).

2- مجموعه الأكاسيد Oxides :

تنتج من إتحاد الأكسجين مع العناصر الاخرى مثل اكاسيد الحديد مثل الماجنيتايت والهماتايت.

3- مجموعة الكبريتات sulfates :

أهمها معدني الجبس Ca SO4 .2H2O والانهيدرايت Ca SO4

4- مجموالكبريتيداتsulfides :

مثال عليها معدن الجالينا (PbS) ومعدن البارايت ( (FeS2

5- معادن الهاليدات halides:

 مثال معدن الهالايت(halite) او ملح الطعام Na Cl

6- معادن الفوسفات phosphates : مثل معدن الاباتايت (apatite)

7- معادن الكربونات carbonates : كمعدن الكالسايت(calcite) Ca CO3

8- معادن السيليكات: وتشكل ما يقارب 90% ومصدرها الصهير اهم معادنها الاوليفين.

**الصخور (Rocks)**

الصخر مادة صلبة تتكون من معدن واحد او مجموعة معادن. قد يكون الصخر من مصدر عضوي او لا عضوي (الصهير).

تقسم الصخور من حيث النشأة إلى ثلاث مجموعات:

1- الصخور نارية

2- الصخور رسوبية

3- الصخور متحولة.

**الصخور النارية (Igneous rocks)**

صخور مصدرها الصهير أو الصهارة (magma) عندما تتصلد تحت السطح أو الحمم البركانية (lava) عندما تتصلد على سطح الأرض.

**صفات الصخور النارية:**

1- مصدرها الصهير

2- شديدة الصلادة وعالية الكثافة

3- عديمة المسامات

4- متبلرة واحياناً غير متبلرة

5- خالية من المستحاثات ( الأحافير).

 **أشكال تواجد الصخور النارية:**

تتواجد الصخور النارية في شكل مقحمات (متداخلات) نارية (intrusions) تحت سطح الارض أو في شكل أجسام رأسية تسمى بالقواطع (dykes) تقطع الصخور القديمة المحيطة بها، أو في شكل اجسام أفقية تسمى الجُدد (sills).

 **تقسيم وتصنيف الصخور النارية:**

**أولاً: تصنيف كيميائي يعتمد على نسبة السيليكا في الصخر:**

قسمت إلى أربع مجموعات:

1- صخور نارية حمضية (acidic igneous rocks ):

وهي صخور نارية نسبة السيلكا فيها تزيد عن 66%، لذلك لونها فاتح نسبياً (بني فاتح، بني محمر) مثال عليها صخر القرانيت (granite) والرايولايت (rhyolite).

2- صخور نارية متوسطة (Intermediate igneous rocks ):

وهي صخور تحتوي على سيليكا بين 52% - 66%، لذلك تكون الوانها غامقة نسبياً (رمادي)، مثال عليها صخر التراخايت (trachyte).

3- صخور نارية قاعدية (basic igneous rocks ):

صخر تتراوح نسبة السيليكا فيها من 34% - 52%، وعليه تكون ألوتنها غامقة (بني غامق، أسود) مثال عليها صخر القابرو (gabbro) والبازلت (basalt).

4- صخور نارية فوق قاعدية (ultra basic igneous rocks ):

نسبة السيليكا فيها أقل من 34%, ألوانها غامغة ( أخضر غامق) مثال عليها صخر الدُنايت (dunite).

**ثانياً: تصنيف يعتمد على بيئة ومكان التكون:**

تم تصنيف الصخور النارية إعتماداً على مكان وبيئة التكون إلى ثلاث مجموعات:

1- صخور نارية بركانية (volcanic igneous rocks): صخور تتكون وتتصلد على سطح الأرض من الحمم البركانية حيث يكون التبريد سريع جداً لايسمح بنمو البلورات، مثال عليه صخر البازلت (basalt).

 2- صخور نارية متوسطة ( hypabyssal igneous rocks):

صخور تتكون في أعماق ضحلة نسبيا حيث يكون التبريد بطئ نسبياً يسمح بنمو بعض البلورات مثال عليها صخر الأندسايت البورفيري (porphyritic andesite ).

3- صخور نارية جوفية (plutonic igneous rocks):

وهي صخور نارية تتكون في أعماق كبيرة حيث يكون الضغط مستقر والتبريد بطئ مما يسمح بنمو وتكون البلورات في الصخر، مثال عليها صخر القرانيت (granite) والقابرو (gabbro).

**نسيج الصخور الناريةTexture of the Igneous rocks** :

يقصد بالنسيج العلاقة الهندسية بين الحبيبات (البلورات) المكونه للصخر من حيث الحجم والشكل والترتيب. هنالك أنواع عديدة لأنسجة الصخور النارية منها:

1- نسيج خشن الحبيبات (phaneritic tex.): يكون شائعاً في الصخور الجوفية والتي تمتاز ببلورات واضحة للعين المجردة، مثال عليه صخر القرانيت (granite) والقابرو (gabbro).

2- نسيج دقيق الحبيبات (aphanitic tex.): وفيه يكون حجم البلورات دقيق لايمكن زؤيتها بالعين المجردة ولكن يمكن رؤيتها بإستخدام العدسة اليدوية لتكبير حجم البلورات، مثال عليه صخر البازلت (basalt).

3- نسيج فقاعي او حويصلي (vesicular tex.): وتظهر في الصخر فراغات تمثل مكان خروج الغازات التي يحتوي عليها الصهير عند خروجه من باطن الارض في صورة حمم، مثال حجر الخفاف (pumice).

4- نسيج بورفيري (porphyritic tex.): وفيه يحتوي الصخر على بلورات خشنة (كبيره) واخرى دقيقة.

5- نسيج بجماتيتي (pegmatitic tex.): ويكون فيه حجم البلورات كبير يصل لامتار، مثال عليه صخر البجماتيت (pegmatite) وهو من أنواع القرانيت.

**تاريخ تطور علوم الأرض**

التفكير في طبيعة الظواهر قديم قِدم الأنسان نفسه، ومنذ النشأة الأولى لعلوم الأرض إختلطت تلك العلوم بالخرافات والأساطير، كأحداث الزلازل والبراكين خاصة في بلاد حوض البحر الأبيض المتوسط.

1**- علوم الأرض في فكر الإغريق**:

يعتبر علماء الإغريق أول من ساهم في علم الجيولجيا (علوم الأرض) إبتداءاً من هوميروس(Homer) 900 ق م والذي إعتقد بأن الأرض ذات شكل قرصي، وإتفق معه من بعده هيرودتس (Herodotus)485 – 425 ق م، كما أن هيرودتس فسر وجود بعض المستحاثات في بعض الجبال بأنها كانت جزء من البحر. أما فيثاغورث (Pythagoras) 380 – 332 ق م فهو أول من إعتقد إن شكل الأرض كروي. أما أرسطو (Aristotle) فهو الذي أثبت كروية الأرض بطريقة علمية من خلال براهينه الثلاثة والتي لاتزال قائمة حتى الآن وهي:

1- ميل المادة إلى التجمع بعضها مع البعض نحو مركز مشترك

2- ظل الأرض المستدير الذي يقع على القمر أثناء عملية الخسوف

3- تحرك الأفق وظهور نجوم جديدة كلما تحركنا نحو الشمال أو الجنوب.

كما إعتقد أرسطو أن مصادر مياه الينابيع والأبار من الامطار والتي تنفذ غلى داخل الأرض أو نتيجة لتكثيف بخار الماء الساخن والذي يبرد كلما إقترب من سطح الأرض.

**علماء الرومان:**

منهم سترابو(Strabo) وهو أول من كتب عن الهزات الأرضية بطريقة علمية وكتب عن جبل فيزوف بأنه جبل بركاني حيث ثار البركان في 79 ق م وقام بتدمير مدينتي بومبيي وهيركولانوم الواقعتين في جنوب إيطاليا قرب مدينة نابولي.

**علوم الأرض عند العرب:**

أولهم جماعة اخوان الصفا في البصرة جنوبي العراق في 941 – 982م وهي اول جماعة علمية معروفة في التاريخ، حيث كتبوا عن عمليات التحات والتعرية والتجوية ونقل الرواسب و قاموا بتمييز أنواع الجبال إلي صلدة (نارية ومتحولة ) كجبال تهامة بشبه الجزيرة العربية (السعودية) وجبال أخرى (رسوبية) مثل جبال فلسطين. جاء بعدهم إبن سيناء 980 – 1037م حيث أوضح أن هنالك جبال تتكون بعمليات الرفع والتي تصاحبها الزلازل وجبال تتكون بفعل الرياح والمياه، كما كتب في كتابه (الشفاء) عن عمليات التحات والتجوية . ومن علماء العرب الذين ساهموا في علم الجيولوجيا ابو الريحان البيروني 973 – 1062م وكان ثالث ثلاثة إزدهرت بهم الحضارة العربية الإسلامية وهم إبن سيناء وإبن الهيثم والبيروني. وقد نبغ البيروني في علم المعادن والف كتابه المسمى الجماهر في معرفة الجواهر. كما كتب عن عمليات تقدم وتراجع البحار في أزمنة مختلفة. ومن اهم علماء العرب عمر العالم والذي برهن أن وجود الينابيع والمستنقعات في اليابسة دليل غلى تراجع البحار وأن تلك الأجسام المائية كانت جزءاً من البحر مثل بحر قزوين. ومن علماء العرب زكريا القزويني والذي كتب عن الزلازل والمياه الجوفية والف كتاب عجائب المخلوقات وغرائب الوجودات.

**علوم الأرض ابان عصر النهضة:**

يعد العالم الإيطالي الشهير ليونارد دافنشي(Leonard Devenish) 1452 – 1519م الذي نبغ بجانب الفن في كثير من علوم كالفيزياء والهندسة من الساهمين في علوم الارض حيث كان يقوم بجمع المستحاثات ودراستها والذي أوضح أنها من أصل عضوي لكاائنات حية خلافاً لما كان يقال عنها من محاولات للخلق من الشيطان أو تأثير النجوم. في 1473 – 1543م كتب العالم نيقولا كوبريك (Nicolas Copernicus) موضحاً أن الشمس هي مركز الكون وليس الأرض كما كان يُعتقد سابقاً. كما أن العالم الإيطالي جاليليو (Galileo) 1564 – 1642م إكتشف عملية دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق.

يعتبر القرن السابع عشر أول قرون تأسيس علم الجيولوجيا (علوم الأرض) وفي القرن الثامن عشر إنتقلت مراكز ابحاث علوم الأرض من إيطاليا المانيا وإنجلترا، حيث وصلت علوم الارض في القرنين السابع عشر

والثامن عشر درجة متقدمة من التطور خاصة في مجال دراسة المعادن والصخور وتقسيم الزمن الجيولوجي إلى أربع حقب تارخية.

في القرن التاسع عشر تم وضع عمود الزمن الجيولوجي بإستخدام المستحاثات وادلة أخرى، أما في القرن العشرين أستطاع العالم رونتجين (Rontgen) في 1895م إن يستخدم الأشعة السينسة (X – ray) في التعرف على الترتيب الداخلي لذرات المعادن، كما تم إكتشاف الإشعاع الذري لعنصر اليورانيوم بواسطة العالم الفرنسي بيكيريل (Becquerel)، ومن ثم تمت الإستفادة من ذلك في تقدير العمر المطلق للصخور الحاوية على العناصر المشعة. كما قام بعض العلماء بإستخراج نمازج صخرية من قاع البحار وساهم ذلك في وضع نظرية حركة الواح القشرة الإرضية.