مكتبة الأسرة

فى الجيولوجيا

«علم الأرض»

رؤية عميقة لموضوعات علم الجيولوجيا فى مقررات التعليم العام

إعداد

محمد رضا على إبراهيم

موجه عام العلوم

Bibliotheca Alexandrina
0112544

مكتبة الأسرة فى :

الجيولوجيا

« علم الأرض »

رؤية عميقة لموضوعات علم الجيولوجيا فى مقررات التعليم العام

إعداد

محمد رضا على إبراهيم

موجه عام العلوم

بسم الله الرحمن الرحيم

وكلاء التوزيع

السعودية

مكتبة الساعي : الرياض ت : ٤٣٥٣٧٦٨ فاكس : ٤٣٥٥٩٤٥ – فرع جدة ت : ٦٥٣٢٠٨٩
القصيم – بريدة ت : ٣٢٣١٤٣٤ – المدينة المنورة ت : ٨٢٤٢٧٧٥ – ص.ب: ٥٠٦٤٩ – ١١٥٣٣ الرياض

المغرب

دار الاعتصام : 35/33 الممر الملكي – الأحباس – الدار البيضاء – ت : 85 42 30
فاكس : 39 45 44 02 212 00

الإمارات

دار الفضيلة : دبي – ديرة – ص. ب : ١٥٧٦٥ – ت : ٦٩٤٩٦٨ – فاكس : ٦٢١٢٧٦

البحرين

دار الحكمة : ص. ب : ٢٣٨٧٥ – هاتف : ٣٣٦٠٣٢

الجماهيرية العربية الليبية

دار الفرجاني : ص. ب : ١٣٢ – هاتف : ٤٤٨٧٣ – ٦٠٤٤٣١ طرابلس – الجماهيرية العربية الليبية

فلسطين

مكتبة البازجي : غزة – شارع الوحدة – فاكس : ٨٦٧٠٩٩ – ت : ٨٦١٨٩٢

اليمن

مكتبة العامرية للنشر والتوزيع : صنعاء – الخط الدائري الغربي
ص. ب : ١٤٤٦٦ – ت : ٢٧٧١٦٨ فاكس : ٢٦٧٢٦١

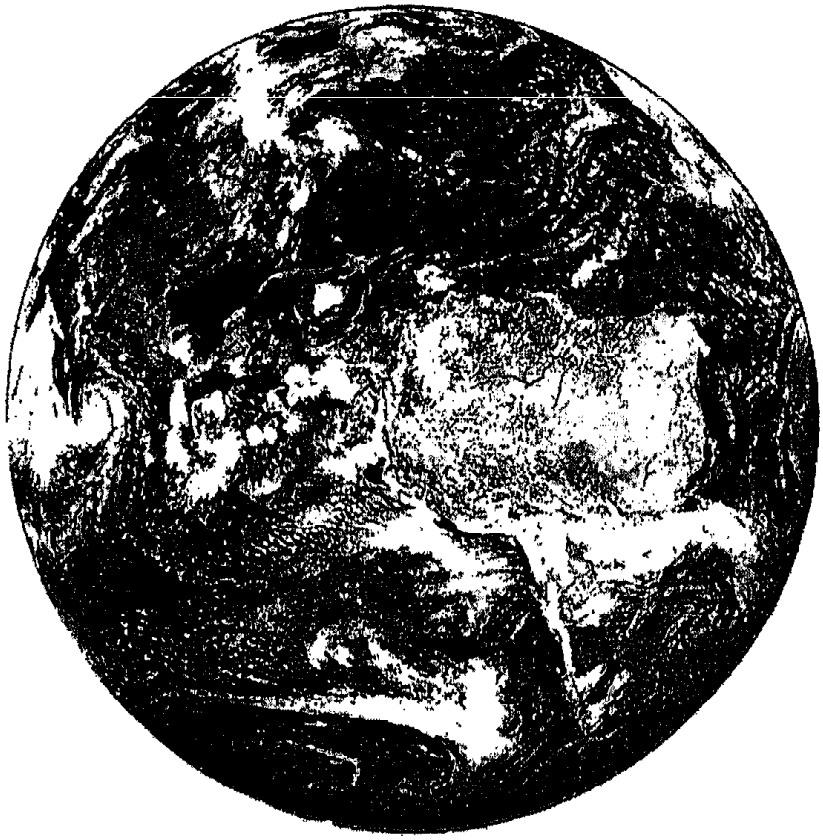
الأردن

مؤسسة دار المعرفة للتوزيع : العبدلي – شارع الملك حسين
هاتف وفاكس : ٤٦٥٤٦٩٢ ص. ب : ٨٤٠٢٤٥ عمان ١١١٨٤ الأردن

جميع حقوق الطبع محفوظة للناشر

تقديم

علم الجيولوجيا Geology هو علم الأرض (علم ology ، أرض Ge) فهو العلم الذى يتناول دراسة كوكب الأرض وكل ما يتصل به وما يحيط به من ظواهر طبيعية .



ارتبط نمو علم الجيولوجيا بالتقدم العلمى فى العلوم الأخرى ، حيث ساهمت تقنيات علوم الرياضيات والفيزياء والكيمياء والعلوم البيولوجية والتقنيات الحديثة فى الرصد وغزو الفضاء والغوص فى قاع المحيطات ورصد تحركات القشرة الأرضية وباطن الأرض ، كل ذلك ساهم فى تقدم الدراسات الجيولوجية وتمكن الجيولوجيون من الإلمام بطبيعة الصخور والمعادن وتضاريس القشرة والمناجم ،.

وتمكنوا من تحديد أماكن الأحزمة الزلزالية والبركانية ، ورصد مناطق الثروات الطبيعية من فحم وبترول وثروات معدنية ومياه جوفية ، وتمكنوا من تطويع كل ذلك لما يفيد الإنسان فى عمليات التشييد والبناء والحصول على الطاقة .

استطاع الجيولوجيون تحديد توقيت بعض العمليات الجيولوجية السريعة مثل الفيضانات وتقلبات الطقس والانفجارات البركانية والهزات الأرضية بالاستعانة بالحركة الظاهرية للشمس ودراسة الكون والمجموعة الشمسية .

وقد انبثق عن علم الجيولوجيا كثير من العلوم الأخرى منها علوم الأراضى والحفريات والمعادن . . . . إلخ . وهناك من الجيولوجيون من بحث فى تاريخ الأرض وأثبت أن هذا التاريخ لم يكن أحداثا عشوائية متلاحقة ، بل أنه يعيد نفسه ، وأن هناك فترات زمنية تتكرر فيها دورة التاريخ ، وتعتبر الدورات الكيميائية مثل دورة الماء ودورة الكربون ودورة الفوسفور والكالسيوم مثالا لصور مختلفة للدورة الجيولوجية الكبيرة (دورة الصخور) أعلن عنها جيمس هاتون Hutton واضع أسس الجيولوجيا الحديثة والذى أوضح فى المقام الأول أن الأرض فى حالة تغير دائم ويتفق معظم الجيولوجيون على أن أهم حدث طرأ على تاريخ الأرض هو بداية دهر الحياة الظاهرة وأن أثر الحياة القديمة يقبع بين الصخور فيما تحتويه من حفريات تُرجع تاريخ الحياة على الأرض إلى أكثر من خمسمائة مليون سنة كما أنها تحكى قصة الحياة على الأرض وكيف كانت فى كل عصر من عصورها .

المحتويات

الفصل الأول : الكون والمجموعة الشمسية .

الفصل الثانى : كوكب الأرض .

الفصل الثالث : المعادن .

الفصل الرابع : الصخور .

الفصل الخامس : التراكيب الجيولوجية للصخور .

الفصل السادس : العمليات الخارجية المؤثرة على سطح الأرض .

الفصل السابع : العمليات الداخلية المؤثرة على سطح الأرض .

الفصل الثامن : الحفريات والتاريخ الجيولوجى .

الفصل التاسع : ديناميكية القارات .

الفصل العاشر : الجيولوجيا فى خدمة الإنسان .

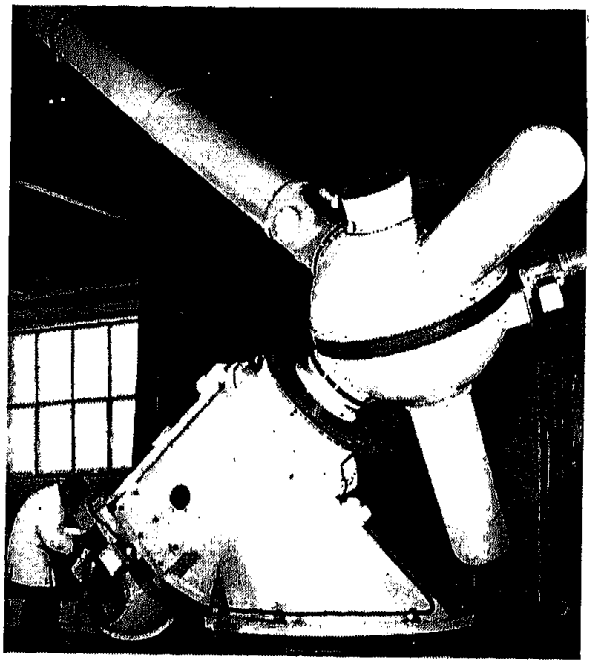
التعريف بالمؤلف

- محمد رضا على إبراهيم .
- موجه عام العلوم بوزارة التربية والتعليم .
- من مواليد مدينة القاهرة عام ١٩٤٤.
- حاصل على بكالوريوس فى العلوم والتربية عام ١٩٦٤ .
- تدرج فى وظائف التدريس والتوجيه فى وزارة التربية والتعليم .
- شارك فى تأليف الكتاب المرجع لمعلمى البيولوجيا فى البلاد العربية (عن طريق اليونسكو) .
- شارك فى تأليف كتب العلوم التى فازت فى مسابقة وزارة التربية والتعليم للصف الثانى والصف الثالث الإعدادى .
- شارك فى إعداد وتقديم البرامج التعليمية بتليفزيون جمهورية مصر العربية منذ عام ١٩٧١ .
- شارك فى إعداد أشرطة الفيديو التعليمية وأقراص الوسائط المتعددة للكمبيوتر بوزارة التربية والتعليم .
- شارك فى تدريب الموجهين والمدرسين لإنتاج وثائق تربوية مع المعهد المصرى الفرنسى .
- حصل على دورة تدريبية فى فرنسا (١٩٩٤) لمتابعة التكنولوجيا المتطورة للوسائط المتعددة والتجارب المعملية عن طريق الكمبيوتر .
- يشارك فى أعمال مركز تطوير المناهج ومركز التطوير التكنولوجى ومركز التقويم التربوى بوزارة التربية والتعليم .

الفصل الأول

الكون والمجموعة الشمسية

* الكـون .
* الفضاء القريب .
* الشمس .
* الكواكب .
* حزام كويبر .



الفصل الأول : الكون والمجموعة الشمسية
Cosmos and the solar system

* الكون Cosmos

هو الفضاء الشاسع الذى تتحرك فيه أعداد هائلة من النجوم والكواكب ، ومن نجوم هذا الكون الشمس التى تبدو ككرة من الغازات المتوهجة التى تمدنا بالضوء والحرارة . . وللشمس عائلة تتكون من الأرض وتسعة من الكواكب التى تدور حولها فى مدارات خاصة مكونة المجموعة الشمسية . . والقمر يدور حول الأرض ويعكس ضوء الشمس .

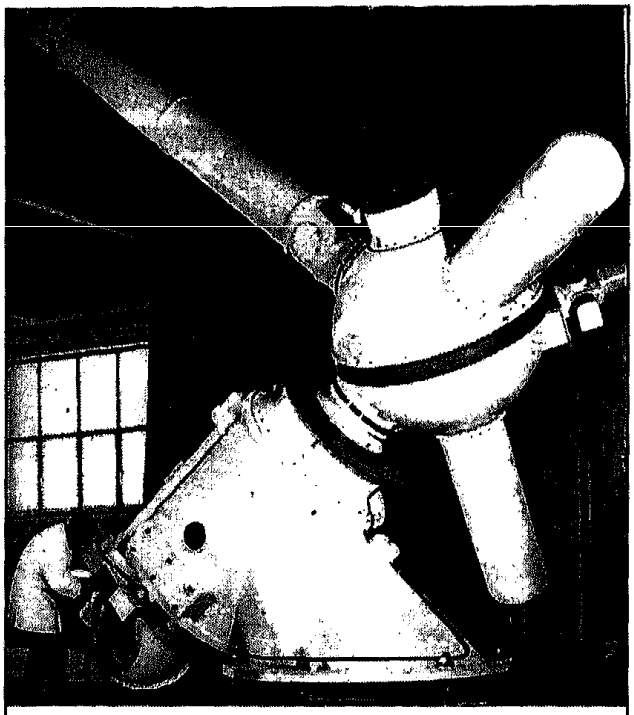
ووحدات الكون العظمى هى **المجرات** التى لا تحصى عدًا ، وكل مجرة galaxy تتكون من ملايين النجوم التى تتباعد عن بعضها آلاف بلايين الكيلومترات ، ويصل إلينا جانب من ضوءها خافتا ضعيفا . ومجرتنا تسمى درب التبانة Milky way أو الطريق اللبنى حيث تنتشر فيها النجوم انتشار التبن الذى يبعثر على الأرض ، ولذا سميت بالتبانة . والمسافات بين النجوم ضرب من الخيال فالمسافة بيننا وبين بعض النجوم يقطعها الضوء فى ألف سنة أى تبعد عنا ألف سنة ضوئية .

(السنة الضوئية = عشرة ملايين الملايين من الكيلو مترات وهى وحدة قياس المسافة بين النجوم) .

وتتباعد المجرات عن بعضها البعض بسرعة فائقة ويزداد بذلك حجم الكون (يتمدد) وكلما تباعدت المجرات ازدادت سرعتها ، ولا يعنى استمرار تباعد المجرات أن الكون ستختفى مجراته وراء حدود الكون المرئى ويصبح فارغا وذلك لأن هناك ملايين المجرات الجديدة التى تتولد عندما تختفى المجرات البعيدة ، والمجرات الجديدة تتولد من الغاز الكونى بنفس الطريقة التى ظهرت بها المجرات القديمة . وعندما نتأمل فى هذا النظام نجد أنه يفوق حدود الوصف

والخيال وقد أخبر القرآن الكريم فـى إعجـاز رائـع عـن ذلـك فـى سـورة الواقعـة (**فلا أقسم بمواقع النجوم وإنه لقسم لو تعلمون عظيم**) . (آيات ٧٥ ، ٧٦)

* الفضاء القريب :



أحدث التلسكوبات فى مراكز الأرصاد لرصد الكواكب والنجوم

هو ذلك الفضاء الذى تسبح فيه أفراد المجموعة الشمسية وتتحـرك فيـه الأقمـار الصناعيـة ، وتقـع الشمـس فـى مركـز هـذا الفضـاء وتسبح فيه مـع الكواكـب السيارة التسعة وما يتبع كل كوكـب منـها من أقمار تدور حوله .

وتتشابه الكواكب الأربعة الأولى وتسمى مجموعة الكواكب الأرضية : **عطارد ، الزهرة ، الأرض ، المريخ .**

وذلك لتقارب حجومها وكثافة مادتها ، وأصغر أفرادها كوكب عطـارد Mercury الذى يبلغ قطره $\frac{٢}{٥}$ من قطر الأرض ويتم دورته حول الشمس فى ٨٨ يوما أمـا كوكـب الزهرة Venus فيبلغ قطره ٩٧,٣ ٪ من قطـر الأرض وتغلفـها غـازات كثيفـة وتـدور حول الشمس دورة كل ٢٢٥ يوما .

أما كوكب المريخ Mars فيبلغ قطره نحو نصف قطـر الأرض وجـوه رقيـق شفـاف ويكمل دورته حول الشمس فى ٦٨٧ يوما .

وللأرض قمر واحد أما المريخ فله قمران .

وينتشر فراغ شاسع بين كوكب المريـخ وكوكـب المشـترى Jupiter ويمـلأ هـذا الفراغ نحو ١٥٠٠ من الكويكبات (أجسام سيارة صغـيرة) والمشـترى أكـبر أفـراد المجموعة الشمسية ويبلغ قطره ١١ مرة قـدر قطـر الأرض إلا أنـه سـريع الـدوران ويكمـل دورتـه حـول الشمـس فـى ١١,٩ سـنة . وتشبـه أجـواء كواكـب المجموعـة

الخارجية (زحل Seturn – أورانوس Uranus – نبتون Neptune – بلوتو Pluto) جو المشترى ، ويدور حول المشترى ١٦ قمرا أما زحل فله ١٧ قمرا وتدور حوله حلقات عظيمة ، ولأورانوس ١٤ قمرا ولنبتون قمران أما بلوتو فلا يعرف له إلا قمر واحد . وتدور جميع الكواكب والكويكبات فى اتجاه واحد حول الشمس بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة وكذلك جميع الأقمار تدور عكس عقارب الساعة إلى جانب أن الشمس وجميع الكواكب تدور حول محاورها فى نفس الاتجاه .

(جميع وحدات الكون تدور فى اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة) .

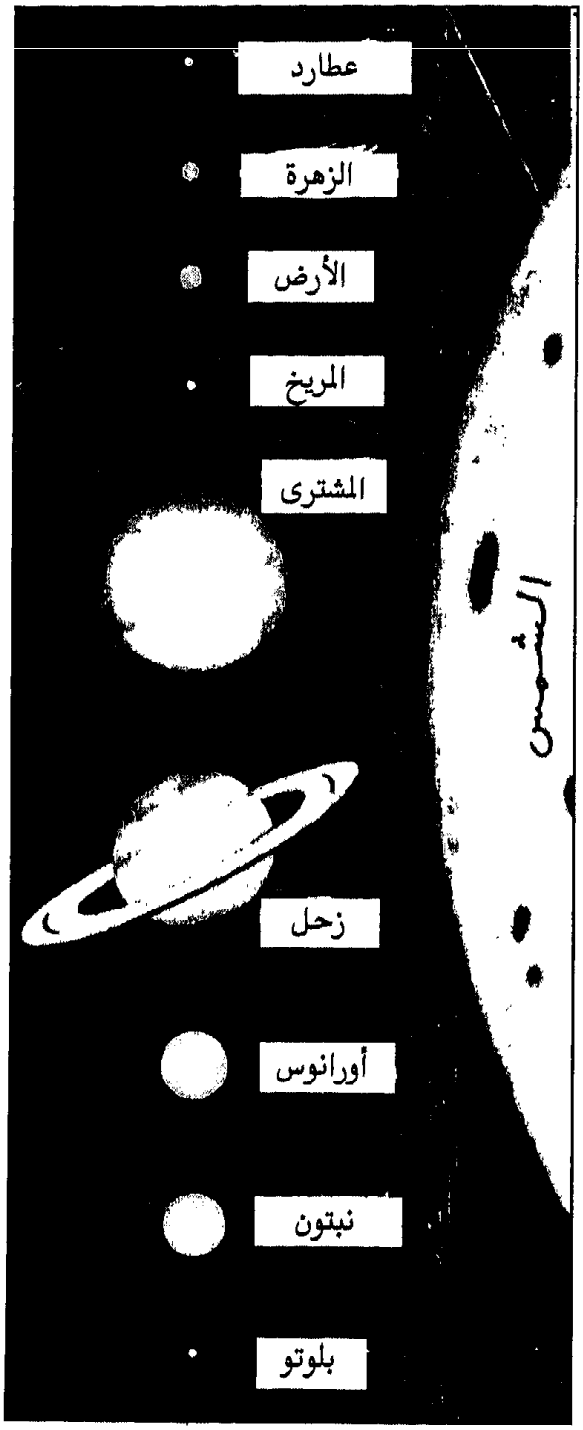
* الشمس The sun :

أقرب نجم إلى الأرض وتبعد عنه بحوالى ١٥٠ مليون كيلو متر ، ورغم أنها كبيرة جدا بالنسبة للأرض إلا أنها صغيرة بالنسبة لنجوم أخرى ، وقطر الشمس أكثر من ١٠٩ أضعاف قطر الأرض ، وتزودنا الشمس بالحرارة والضوء وهما أساس الحياة ، ودرجة الحرارة فى مركز الشمس عالية جدًا لأن قلب الشمس يتألف من غاز الهيدروجين وتحدث تفاعلات نووية اندماجية ينتج عنها مقادير عظيمة من الحرارة تنبعث باستمرار من سطح الشمس ويسمى السطح النير وهو أبرد كثيرا من داخلها ، وتبلغ درجة حرارة السطح ٦٠٠٠° م ويبدو هذا السطح منقطا بفقاقيع غير منتظمة بسبب الغازات التى ترتفع إليه من الداخل ويندلع من سطح الشمس سحب من الغازات المتوهجة .

تدور الشمس حول محورها مرة كل ٢٥ يوما ويتم قياس هذه الحركة بمتابعة حركة البقع المظلمة الكبيرة التى على سطح الشمس وتعرف **بالكُلف الشمسية** ، ويرافق هذه البقع المظلمة بقع لامعة تدعى **الصياخد** بالإضافة إلى التأججات العظيمة فى جو الشمس والتى تسمى **الاندلاعات** وتدوم لفترة قصيرة وتشوش هذه الاندلاعات على البث الإذاعى وتعطل انتقال الإشارات اللاسلكية .

وتنتشر الطاقة الحرارية والضوئية المنبعثة من الشمس عبر الفضاء فى جميع الاتجاهات ، والطاقة الحرارية من الشمس تعرف بالإشعاع تحت الأحمر وهو إشعاع غير

مرئى ولكنه يستشعر بالحس فكل جسم يمتص هذا الإشعاع يصبح أسخن من ذى قبل ، هذا إلى جانب الإشعاع فوق البنفسجى والذى لا يصل منه إلى سطح الأرض إلا القليل جدا وهذا القليل يفيد صحيا (يحول مقدم فيتامين د تحت الجلد إلى فيتامين د بتأثير الأشعة فوق البنفسجية) والطاقة الحرارية والضوئية من الشمس ضرورية للحياة فهى تحفظ درجة حرارة الأرض والجو لتصبح صالحة للحياة وضرورية للرؤية ونمو النبات وقيامه بعملية البناء الضوئى .



* الكواكب :

عطارد	Mercury
الزهرة	Venus
الأرض	Earth
المريخ	Mars
المشترى	Jupiter
زحل	Saturn
أورانوس	Uranus
نبتون	Neptone
بلوتو	Pluto

عطارد :

- أقرب الكواكب إلى الشمس وسطحه ملىء بالجبال العالية وفوهات البراكين .
- يبعد عنها ٥ مليون كيلو متر .
- يدور حولها مرة كل ٨٨ يوما .
- يدور حول نفسه مرة كل ٥٩ يوما (يوم عطارد طويل جدا) .

كوكب عطارد

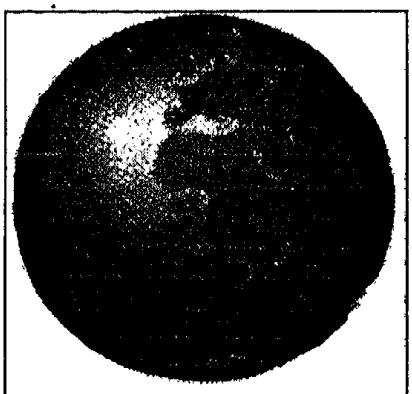
- كوكب صخرى موحش لا يوجد على سطحه حياة أو ماء .
- ليس له غلاف جوى ولذا يفقد حرارته ليلاً .
- ليس له أقمار تدور حوله ويرجع ذلك لضعف قوة جاذبيته .
- درجة الحرارة على سطحه ٤٠٠° س نهارا (لا يصلح للحياة) ، ١٥٠° س ليلاً .

الزهرة :

كوكب الزهرة

- حجمه يساوى حجم الأرض ، ويظهر فى السماء لامعًا أكثر من أى كوكب آخر ويمر بأطوار مماثلة لأطوار القمر .
- يدور حول نفسه مرة كل ٢٥٠ يوما وحول الشمس فى ٢٢٥ يوما .
- ليس له أقمار ، ومحاط بغلاف جوى عبارة عن سحب كثيفة من غازات ضارة .
- درجة الحرارة على سطحه من ٢٠٠° س إلى ٤٥٠° س ولا يوجد ماء على سطحه .
- يحيط به سحب تحبس حرارة الكوكب (لا يصلح للحياة) .
- الضغط الجوى على سطحه أكثر من ٩٠ مرة من الضغط الجوى على سطح الأرض .

الأرض :



كوكب الأرض

- تدور حول محورها مرة كل ٢٤ ساعة (تدور من الغرب إلى الشرق) .
- تدور حول الشمس مرة كل $٣٦٥\frac{١}{٤}$ يوم .
- يحيط بها غلاف مائى وغلاف هوائى .
- لا ترتفع درجة حرارة السطح عن ٥٠° س (صالح للحياة)
- يدور حولها قمر واحد .

المريخ :

- يدور حول الشمس مرة كل ٦٨٧ يوما ويبلغ قطره نحو نصف قطر الأرض .
- يدور حول نفسه مرة كل ٢٤ ساعة .
- جو المريخ يشبه جو الصحراء القطبية .
  (درجة الحرة ١٢° س فى النهار ، -٦٢° س فى الليل) .
- الكوكب لونه أحمر ويتبعه قمران .
- له غلاف جوى رقيق به نسبة ضئيلة من الأكسجين وبخار الماء وثانى أكسيد الكربون.

المشترى :

- أكبر كواكب المجموعة الشمسية (قطره يبلغ ١١ مرة قدر قطر الأرض) .
- يدور حول الشمس مرة كل ١١,٨ سنة (عامه طويل جدا) .
- يدور حول نفسه مرة كل ١٠ ساعات (يومه قصير جدا) .
- تصل درجة حرارة السطح -١٢٠° س .
- توجد بقع حمراء بيضاوية كبيرة على سطحه.
- يبلغ الضغط الجوى على سطحه خمسة أضعاف الضغط الجوى على سطح الأرض .
- يدور حوله مجموعة من الأقمار .

زحل :

كوكب زحل

- ثانى الكواكب من حيث الحجم (قطره يساوى حوالى ١٠ مرات قطر الأرض) .
- يدور فوق خط استواءه عدد من الحلقات تمتد فى الفضاء لأكثر من ١٥٠ ألف كيلو متر وتتكون من قطع صغيرة من الصخور والجليد .
- يدور حول الشمس مرة كل ٢٥,٥ سنة (عامه طويل جدا جدا) .

- يدور حول نفسه مرة كل ١٠ ساعات (يومه قصير جدا) .
- تصل درجة حرارة السطح -١٢٠° س .
- يتبعه ٢٣ قمرا .

أورانوس :

- يظهر فى الفضاء على هيئة كرة ملساء لونها أخضر مزرق .
- يدور حول الشمس مرة كل ٨٥ سنة .
- يدور حول محوره مرة كل ١١ ساعة .
- يدور حوله عدد من الحلقات مستواها عمودى على مستوى دورانه حول الشمس
- يتبعه ١٥ قمرا .
- درجة حرارة السطح -١٨٠° س .

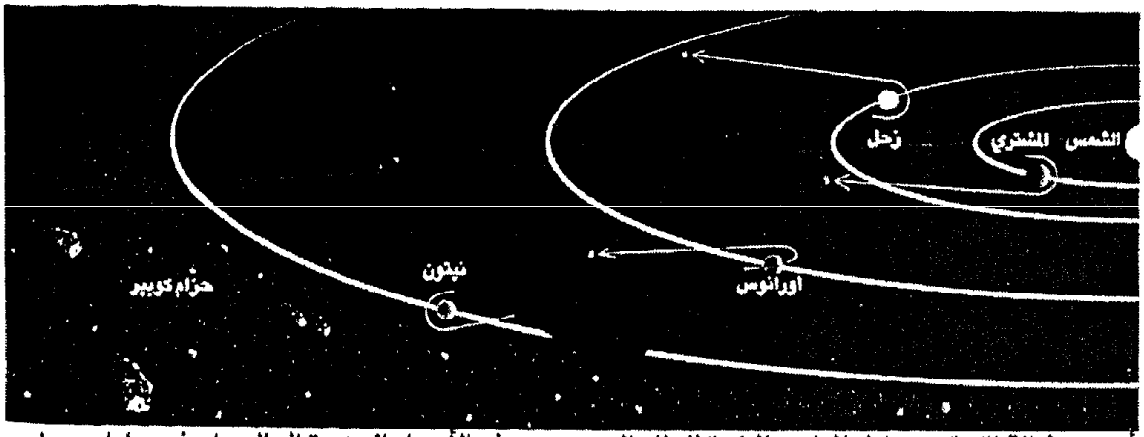
نبتون :

- يبدو فى الفضاء كماسة زرقاء تشع بضوء خافت .
- يدور حول الشمس مرة كل ١٦٥ سنة .
- يدور حول نفسه مرة كل ١٦ ساعة .
- يتبعه عدد من الأقمار يشاهد منها بوضوح قمران .
- درجة حرارة السطح -٢٢٠° س .

بلوتو :

- أصغر كواكب المجموعة الشمسية حجما .
- يدور حول الشمس مرة كل ٢٤٨ سنة ويغلب عليه الظلام .
- يدور حول نفسه مرة كل ٩ أيام .
- ليس له غلاف جوى .
- له قمر واحد .

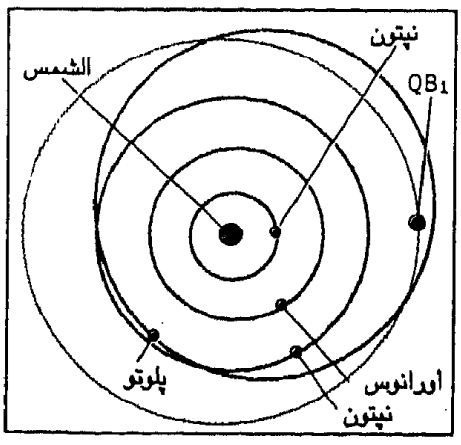
* حزام كويبر Kuiper belt :



أسفرت ثقالة الكواكب خلال المراحل المبكرة للنظام الشمسى عن دفع الأجسام الصغيرة إلى الدوران فى مدارات حول نبتون وقد اتجهت بعض هذه الأجسام نحو الشمس . فى حين انطلقت أخرى بسرعة مفرطة نحو غيمة أورت النائية (غير مبينة فى الشكل)

تمكن العالم الأمريكى كويبر من اكتشاف وجود مجموعة نائية من الأجرام السماوية أبعد عن الشمس من أى كوكب آخر ، وقد دافع كويبر عن اكتشافه بقوة منذ عام ١٩٥١ وتأكد ذلك للعلماء عام ١٩٩٢ . وتسمى هذه المجموعة من الأجرام (**حزام كويبر**) Kuiper belt .

وقد تأكد كويبر من هذه الحقيقة نتيجة لمعرفته العميقة بسلوك مذنبات معينة ومن ثم أوضح كويبر وآخرون أن النظام الشمسى لا ينتهى عند نبتون أو بلوتو (اللذين ينافس كل منهما الآخر على من يكون منهما الأبعد عن الشمس) بل تصوروا وجود حزام وراء نبتون وبلوتو مؤلف من مواد تخلفت عن عملية تكون الكواكب ، وهذه البقايا بعيدة جدا عن الشمس ، ولذلك فمن المحتمل أنها مكون من الجليد وغازات أخرى متجمدة مما يجعلها شبيهة للغاية لنوى المذنبات .



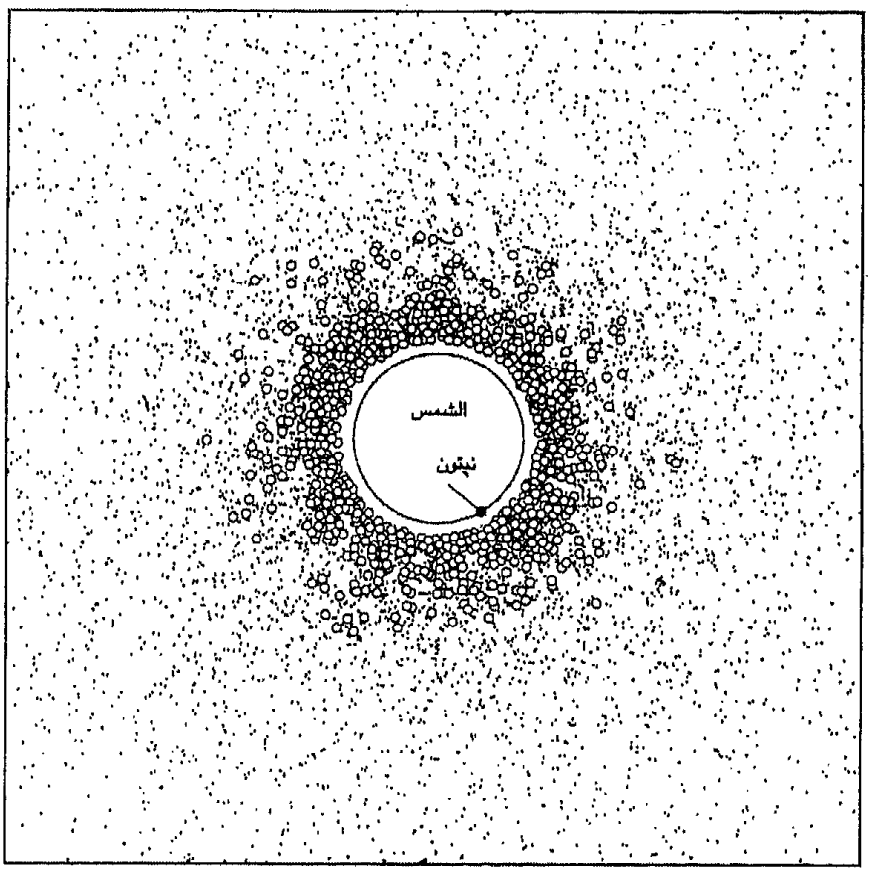
رصد QB_1 من حزام كويبر وتحديد فلكه

وقد تمكن العلماء من رصد حزام كويبر باستخدام تلسكوب جامعة هاواى (يبلغ قطره ٢,٢ متر) ومشيد على جبل ماوناكيا .

وأسفرت عمليات الرصد عن اكتشاف عدد من الأجسام فى حزام كويبر تبلغ ٣٢ جسما مشترك فى عدد من السمات منها أنها تقع رواء نبتون مما يوحى بأن الحافة الداخلية لحزام كويبر تتحدد بهذا الكوكب ، كما أن جميع هذه الأجرام السماوية المكتشفة حديثا تسبح فى أفلاك ذات أقطار صغيرة مما يجعلها أصغر كثيرا من كوكب بلوتو .

ويقدر العلماء أن يكون عدد الأجسام فى حزام كويبر ٣٥,٠٠٠ جسم ومن ثم فإنه يحتمل أن تكون الكتلة الكلية لهذا الحزام أكبر بمئات المرات من حزام الكويكبات الواقع بين المريخ والمشترى ويعتقد الفلكيون بأن هناك ما يكفى من المادة فى حزام كويبر لتشكيل المذنبات وأنه بمثابة مستودع لهذه المذنبات حيث تنطلق الأجسام من حافة الحزام إلى النظام الشمسى الداخلى وفى النهاية يحترق الكثير منها ببطء ويرتطم بعضها بالكواكب .

توفر الاكتشافات الحديثة للأجسام فى حزام كويبر رؤية جديد للنظام الشمسى الخارجى ، ولا تنبع خصوصية بلوتو إلا من كونه أكبر من أى جسم آخر فى حزام كويبر .



قد يدور عدد لا يحصى من الأجسام فى حزام كويبر بعيدا عن الشمس ، لكن يتعذر رؤية جميع هذه الأجسام من الأرض . والأجسام (الدوائر) التى يمكن رصدها على نحو مرض باستخدام التلسكوب على جبل ماوناكيا فى هاواى يقع معظمها قريبا من الحدود الداخلية للحزام كما نرى فى هذه الصورة لتوزيع المادة البعيدة .

الفصل الثانى

كـــوكـــب الأرض

* الغلاف الجوى .
* الغلاف المائى .
* الغلاف الصخرى .
* الجاذبية الأرضية .
* الإشعاع الشمسى
* القمر .
* حركة الأرض وحركة القمر .

الفصل الثانى : كوكب الأرض The Earth

أحد كواكب المجموعة الشمسية ، يتكون من لُب مركزى يحيط به غلاف صخرى يكون القارات بينها أحواض ضخمة من البحار والمحيطات والأنهار مكونة الغلاف المائى ، ويحيط بالكوكب غلافة هوائية كثيفة هى الغلاف الجوى .

(١) الغلاف الجوى The atmosphere

يتكون من غازات وأبخرة متنوعة الخواص منها ، الأكسجين والنيتروجين وثانى أكسيد الكربون والأوزون والهيدروجين وبخار الماء وغازات خاملة مثل الأرجون وكلها غازات عديمة اللون والطعم والرائحة .

هذا إلى جانب الغازات التى تنطلق فى المناطق البركانية وحقول البترول ومنها النشادر والغازات الكبريتية وتتميز برائحتها النفاذة .

ويكون الأكسجين ٢٠,٤ ٪ من حجم الهواء والنيتروجين ٧٨,٦ ٪ والأكسجين ضرورى لجميع الكائنات الحية فى عملية التنفس . والنيتروجين ضرورى ليكبح عمليات الاحتراق .

ويتألف الغلاف الجوى من عدة طبقات جوية لكل منها خصائصها وأهم هذه الطبقات :

(١) التروبوسفير Troposphere .

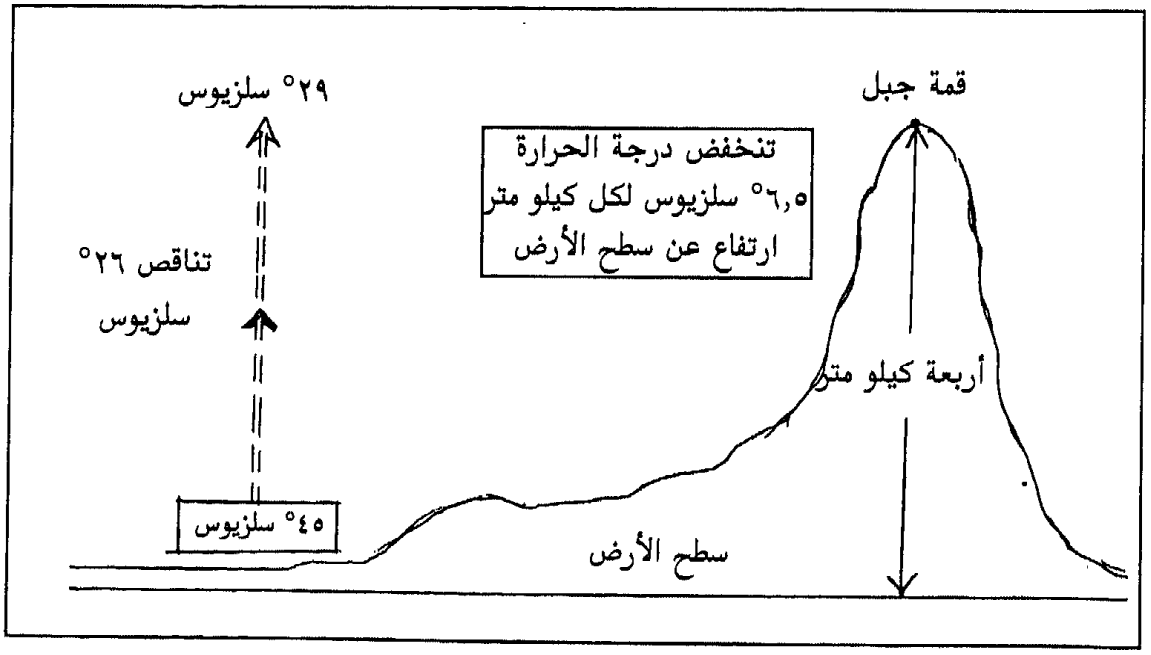
(٢) الأستراتوسفير Stratosphere .

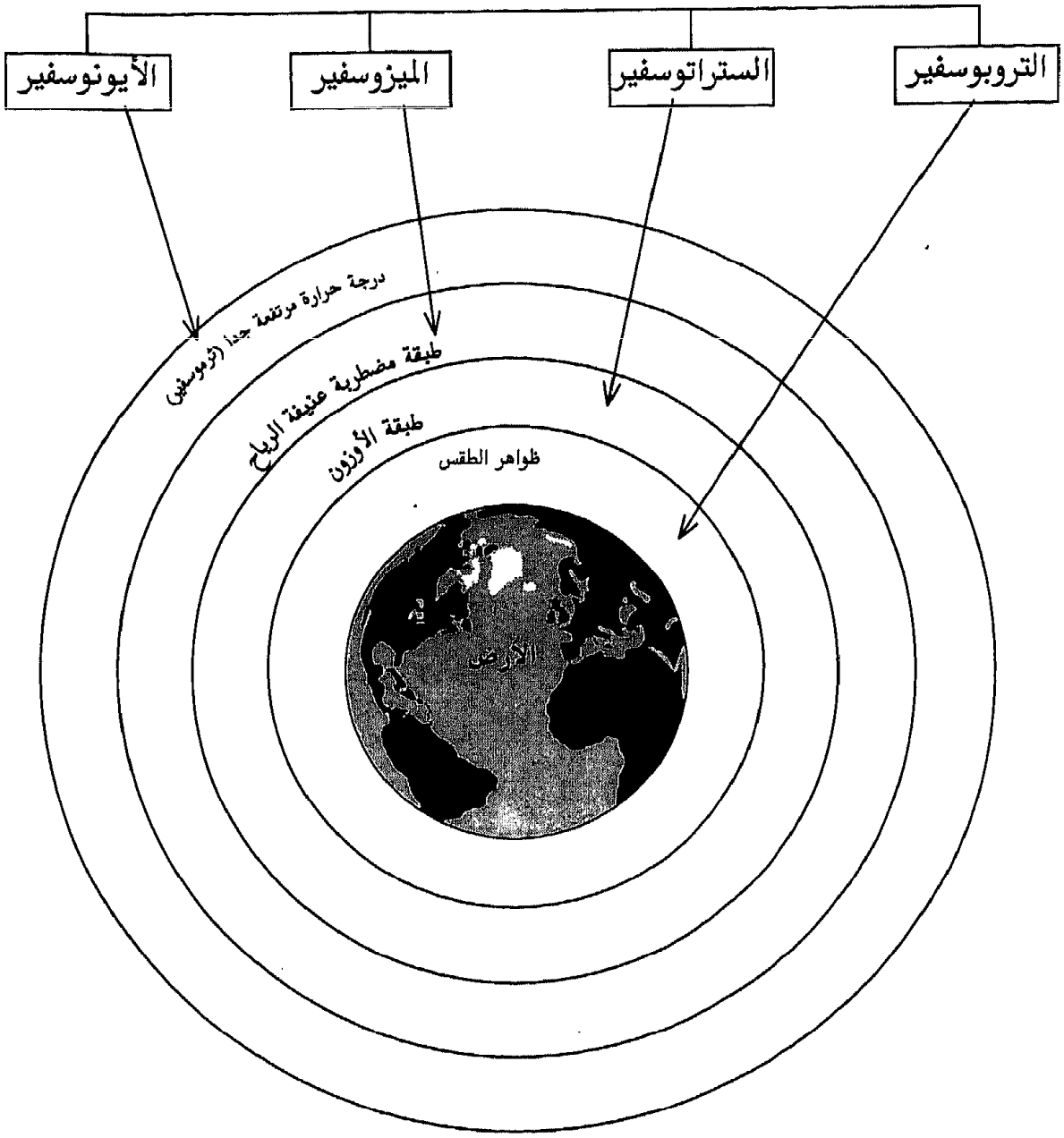
(٣) الميزوسفير Mesosphere .

(٤) الأيونوسفير Ionosphere .

* طبقة التروبوسفير :

مجموعة الغازات والأبخرة التى تغلف سطح الأرض ، ويتراوح سمك الهواء فى هذه الطبقة بين عشرة كيلومترات عند القطبين وعشرين كيلو مترا عند خط الاستواء ، وتتميز هذه الطبقة بكثرة السحب والأتربة وبخار الماء وتقل درجة حرارتها كلما ابتعدنا عن سطح الأرض – وهذه الطبقة ذات أهمية حيوية للإنسان لاحتوائها على الأكسجين كما أن لها أهمية جيولوجية فيما يتعلق بأثر حركة الرياح فى هذه الطبقة على تضاريس الأرض .





* طبقة الاستراتوسفير :

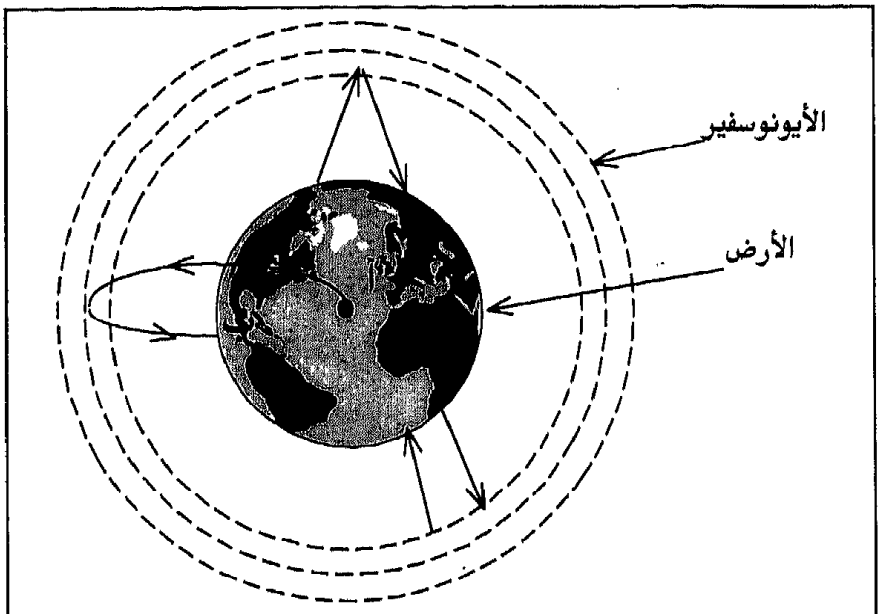
تلى طبقة التروبوسفير ويصل متوسط سمكها إلى ٥٠ كيلو مترا وتقل فيها نسبة الأتربة والسحب وبخار الماء ، وتحتوى هذه الطبقة غاز الأوزون الذى يشكل طبقة تعوق نفاذ أغلب الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الفضاء إلى سطح الأرض مما يكفل استمرارية الحياة .

* طبقة الميزوسفير :

تلى طبقة الاستراتوسفير وتمتد ٨٠ كيلو مترا من سطح الأرض ، وتتميز بأنها طبقة مضطربة عنيفة الرياح .

* طبقة الأيونوسفير :

الطبقة الخارجية من الغلاف الجوى ، تحتوى العناصر الغازية فى حالة أيونية نتيجة تأثرها بالأشعة الكونية وذلك يجعلها جيدة التوصيل للكهرباء وتعتبر بمثابة سطح عاكس للموجات اللاسلكية عبر الكرة الأرضية ، وتمتد هذه الطبقة أكثر من ٨٠ كيلو مترا من سطح الأرض ودرجة الحرارة مرتفعة جدا .



رسالة لاسلكية مرسلة من أ إلى ب على سطح الأرض

* الغلاف المائى The Hydrosphere :

تشكل مياه أحواض البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات الغلاف المائى ، وتغطى أكثر من ٧٥ ٪ من جملة مساحة سطح الأرض إلى جانب المياه الأرضية بباطن الأرض . ويمتد الغلاف المائى مكونا ما يعرف بمستوى سطح البحر المتعارف عليه والذى تنسب

إليه ارتفاعات الجبال والهضاب وانخفاض السهول والوديان ، والغلاف المائى يحتوى المياه العذبة فى أحواض الأنهار وبعض البحيرات والآبار والعيون ومياه البحار التى تحتوى أملاح الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، ولهذا فإن الغلاف المائى بجانب كونه من العناصر الأساسية اللازمة لحياة الإنسان فإن له أهميته الجيولوجية الفعالة التى تحدث تغيرا فى شكل اليابسة .

* الغلاف الصخرى The lithosphere :

يحيط الغلاف الصخرى ، باللب ويتراوح سمك هذا الغلاف بين ٢٨٠٠ إلى ٢٩٠٠ كيلو متر طبقا لما حدده بدقة العالم الجيولوجى جوتنبرج Gutenberg فى بداية القرن ، وأثبت العالم موهو Moho أن هذا الغلاف يتركب من غلافين أحدهما خارجى يبلغ متوسط سمك صخوره ٤٠ كيلو مترا ويسمى القشرة الأرضية والآخر داخلى ويبلغ سمكه ٢٩٠٠ كيلو متر ويسمى الوشاح .

(١) القشرة الأرضية :

تتكون من طبقتين متفاوتتين فى السمك ومختلفتين فى التكوين الصخرى إحداهما خارجية وتسمى طبقة السيال Sial والأخرى داخلية وتسمى طبقة السيما Sima .

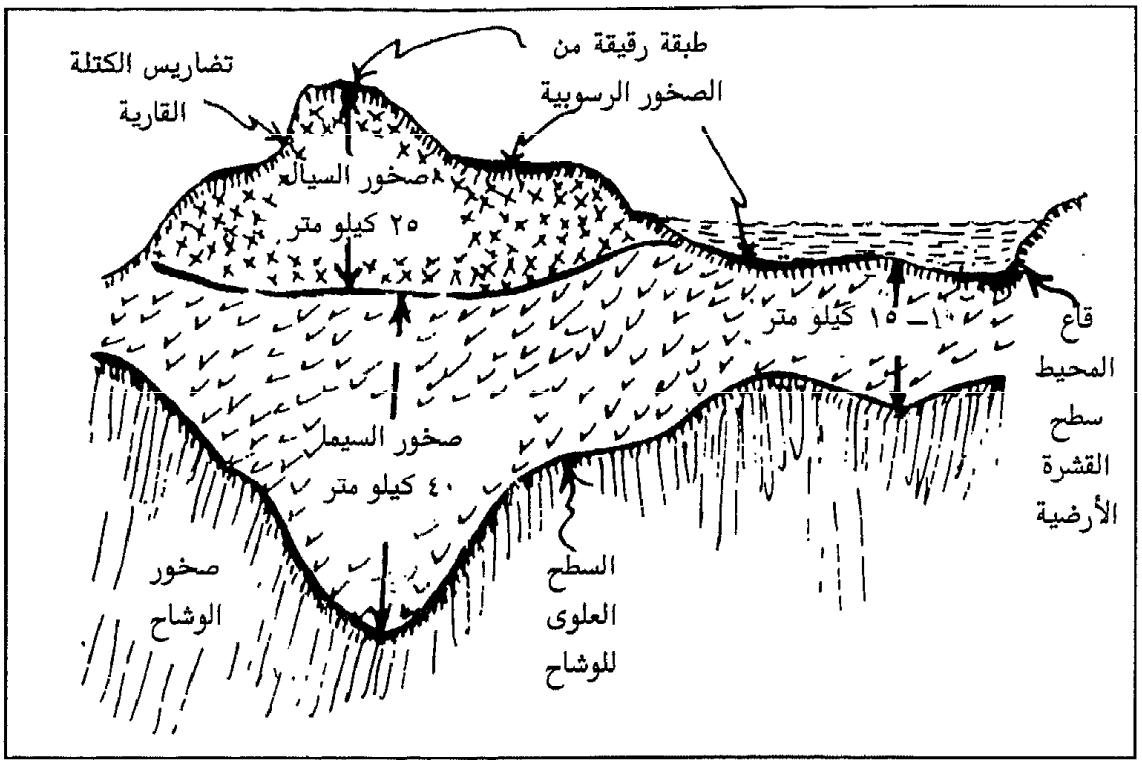
* **طبقة السيال Si-Al :**

تتركب من صخور الجرانيت الغنية بعنصرى السليكون والألومنيوم (Si/Al) وهذه الطبقة تختفى تحت أحواض البحار والمحيطات ويبلغ سمكها أقصاه تحت الكتل القارية حيث يصل إلى ٢٥ كيلو مترا .

* **طبقة السيما Si-Ma :**

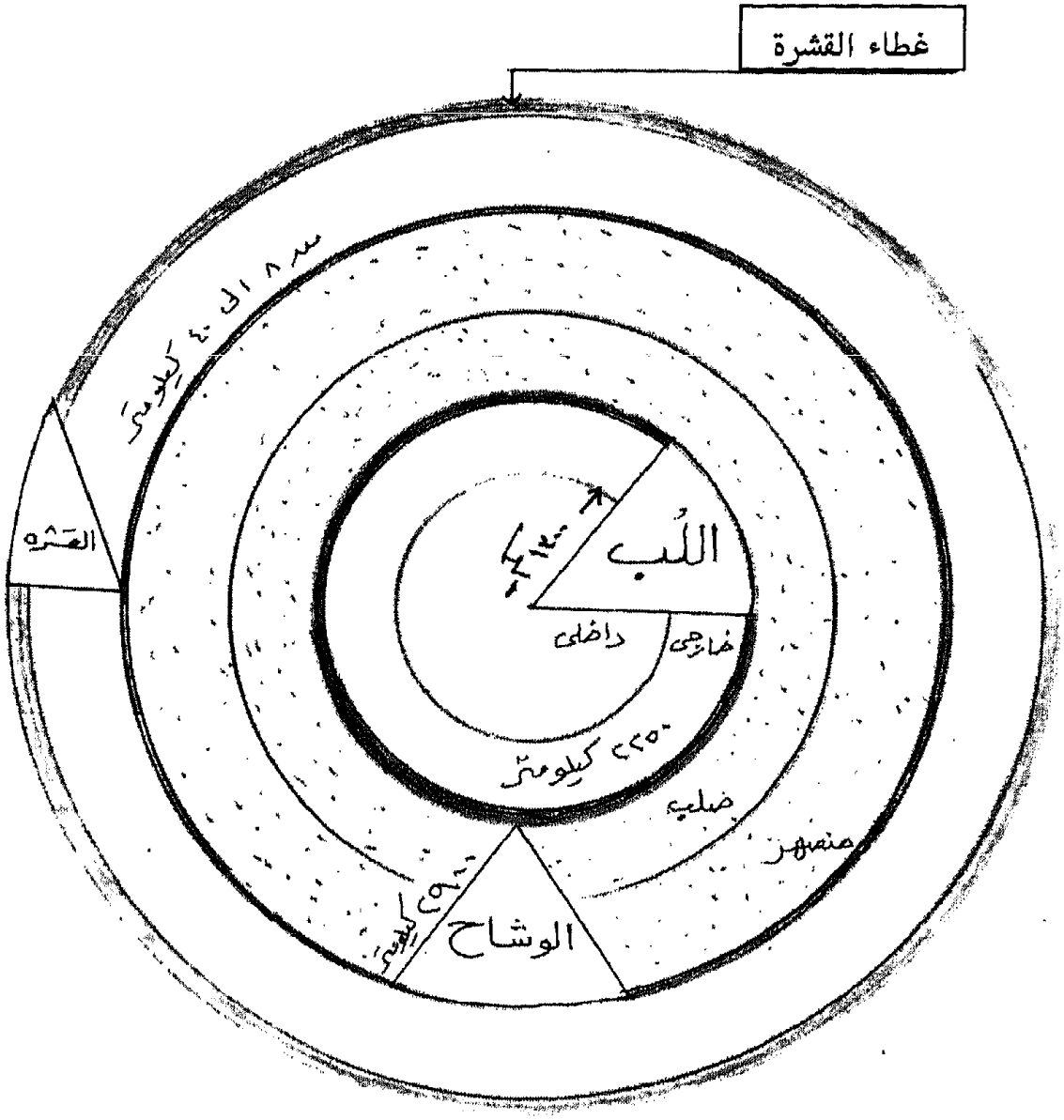
تتركب من صخور البازلت الغنية بعنصرى السليكون والمغنسيوم (Si / Ma) وهى ذات كثافة أكبر من صخور السيال – وصخور السيما تختلف فى السمك فهى بين ١٠ إلى ١٥ كيلو مترا تحت أحواض البحار ويصل إلى ٤٠ كيلو مترا تحت الجبال والهضاب .

* (لا يقتصر تكوين القشرة الأرضية على الصخور النارية بل يغطى أجزاء من سطحها الصخور الرسوبية التى تتكون نتيجة نشاط عوامل التعرية) .



(٢) الوشاح The Mantle :

تتألف صخوره من الحديد والمغنسيوم والسليكون تحت درجة حرارة عالية جدا قد تصل لأكثر من ٢٠٠٠°م وتحت ضغط مرتفع ، والتأثير العالى لكل من الحرارة والضغط على هذه الصخور يجعلها فى حالة بين السيولة والجمودة أى فى حالة تميع ؛ ولهذا فإن الوشاح هو المصدر الأساسى للحمم والمصهورات الملتهبة التى تندفع من باطن الأرض عند ثورة البراكين .



* لب الأرض The core :

التصور الحديث لتكوين لب الأرض جاء من دراسات علماء الزلازل وعلى رأسهم العالم فيكرت Weichert والعالمة ليهمان Lehman ويوضح هذا التصور تكوين لب الأرض على النحو التالى :

(أ) لب داخلى :

مركزى كروى الشكل قطره حوالى ١٣٠٠ كيلو متر ، ويتألف من صخور صلبة عناصرها من الحديد والنيكل وكثافتها ١٥ جم/سم^{٣} وتبلغ درجة الحرارة أكثر من ٣٠٠ درجة ويصل الضغط فى هذا اللب الداخلى لأكثر من ٣ مليون ضغط جوى

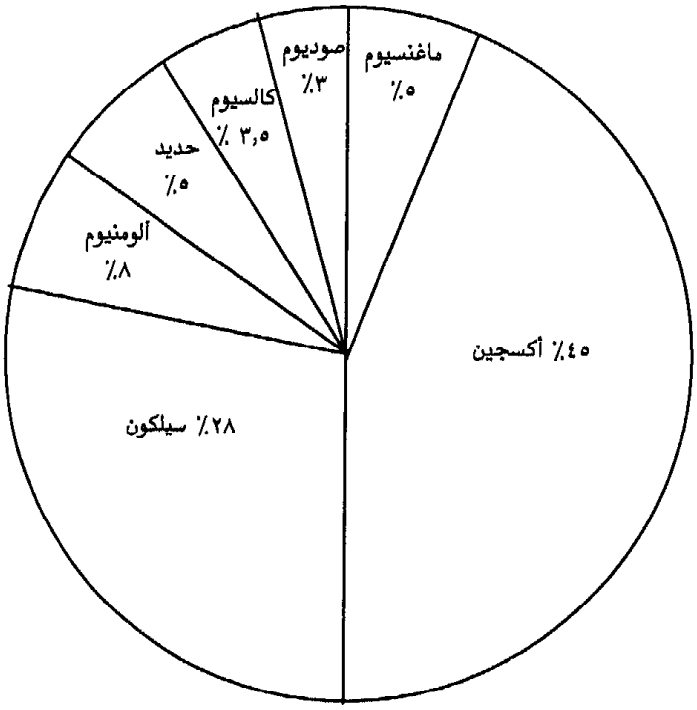
(ب) اللب الخارجى :

يتراوح سمكه بين ٢٠٠٠ – ٢٢٥٠ كيلو مترا ، ويتألف بصفة أساسية من مصهور الحديد والنيكل والكروم تحت ضغط ٢ مليون ضغط جوى وكثافة ١٠ جم / سم^{٣} ودرجة حرارة مطلقة تصل إلى ٢٥٠٠ درجة .

ولقد عززت الاكتشافات الحديثة هذا التصور لمكونات لب الأرض ومكنت العلماء من تفسير أصل المجال المغناطيسى للأرض .

*** العناصر التى تدخل فى تركيب صخور الأرض :**

أكثرها انتشارا الأكسجين يليه السليكون ثم الألومنيوم فالحديد والصوديوم والماغنسيوم .



* الجاذبية الأرضية :

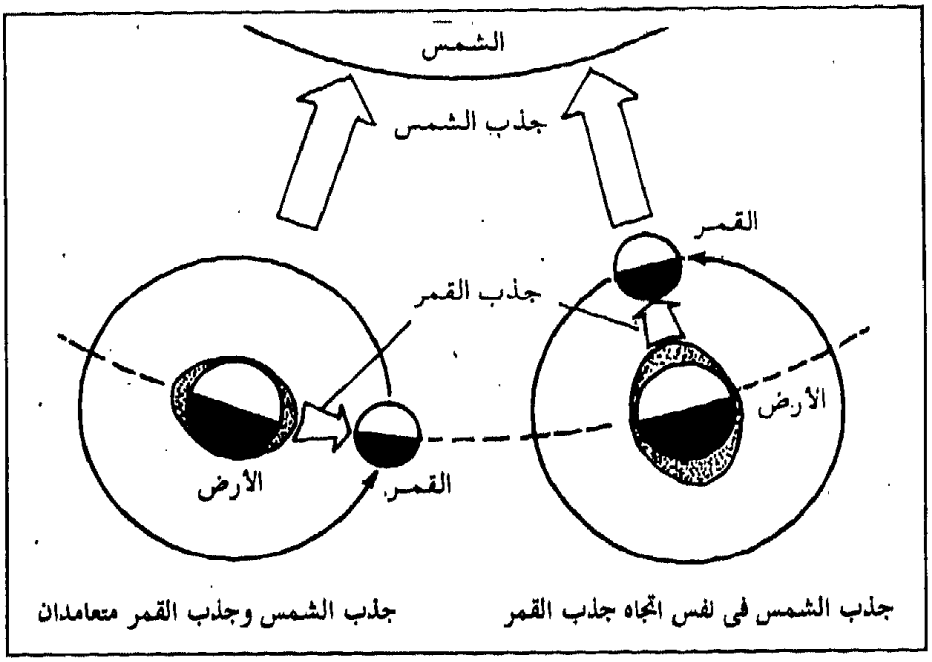
إذا رميت كرة أو حجرا لأعلى فإنه يسقط على الأرض وهذا معناه أن هناك قوة ما تجذبها إلى الأرض ، وتستطيع أن تدرك هذه القوة عندما تحمل جسما بيدك فإن القوة (وزن الجسم) هى قوة جذب الأرض لهذا الجسم ، ويرجع هذا الاكتشاف إلى العالم اسحق نيوتن الذى اكتشف القوة الجاذبة للأجسام والتى تشد الأجسام إلى سطح الأرض وهى التى تؤدى إلى أن جميع الأجسام يصبح لها وزن .

وعندما ترتفع الأجسام بعيدا عن سطح الأرض (مثل الطائرة) فإن وزنها يقل لأن قوة الجاذبية الأرضية عليها تقل ، ويلاحظ رواد الفضاء أن هناك نقصا تدريجيا فى أوزانهم كلما ارتفعوا فى الفضاء .

وعندما تنطلق مركبة فضائية من الأرض إلى القمر تخرج تدريجيا من مجال جاذبية الأرض لتدخل جاذبية القمر حيث أنها أضعف بحوالى ٦ مرات ، فالرجل الذى يزن ٦٠ كيلو جراما على سطح الأرض يزن ١٠ كيلو جرامات على سطح القمر .

وتتحكم الجاذبية الأرضية فى استمرارية حركة القمر حول الأرض بتوازنها مع قوة الطرد المركزى الناشئة عن دوران القمر .

كما تتحكم الجاذبية الأرضية فى كتل جميع الأجسام الموجودة على سطح الأرض وتتأثر الأرض بجاذبية كل من القمر والشمس ويظهر أثر ذلك فى الغلاف المائى فيما يعرف بظاهرة **المد والجزر** ، وتشاهد هذه الظاهرة على الشواطئ حيث ترتفع المياه لتغطى جزءا من رمال الشاطئ ثم تنحسر بعد فترة مبتعدة عن الشاطئ ، ويكون المد أكثر ارتفاعا والجزر أكثر انخفاضا مرتين فى الشهر تقريبا ، وذلك عندما يكون القمر بدرًا أو محاقًا حيث يحدث جذب للشمس فى نفس اتجاه جذب القمر (قوة جذب كل من الشمس والقمر للأرض فى اتجاه واحد) أما إذا تعامدت جاذبية القمر مع جاذبية الشمس (ويحدث ذلك مرتين فى الشهر أيضا) فإن المد يكون منخفضا . ويستفاد من هذه الظاهرة فى إدارة التوربينات لتوليد الكهرباء فى بعض المناطق من العالم .



جذب الشمس فى نفس اتجاه جذب القمر　　جذب الشمس وجذب القمر متعامدان

* الإشعاع الشمسى :

يصل إلى الأرض من الشمس إشعاع يحتوى على نسب متباينة من الضوء الذى تختلف ألوانه بين الأحمر والبنفسجى إلى جانب الإشعاعات الحرارية والأشعة فوق البنفسجية . ويصل ضوء الشمس نهايته العظمى عند انتصاف النهار ، وهو فى فصل الصيف ضعف قيمته فى فصل الشتاء ولهذا الضوء اتصال وثيق بنمو النبات وتكوين الأزهار .

وتصل حرارة الشمس إلى الأرض فى صورة الأشعة تحت الحمراء ـ ويتناقص الإشعاع الشمسى بدخوله جو الأرض حيث يحدث له تشتت بتأثير جزيئات الهواء والغبار وأكبر قدر من الإشعاع الشمسى هو ما يصل إلى خط الاستواء وأقل قدر يصل إلى القطبين ويتعامد الإشعاع الشمسى على خط الاستواء يوم ٢١ مارس ثم يوم ٢٢ سبتمبر حيث يتساوى الليل والنهار فى أنحاء الأرض وفيما بعد ٢١ مارس تبدأ الشمس تهاجر ظاهريا نحو الشمال فيزداد طول النهار فى نصف الكرة الشمالى ويبلغ أقصا فى ٢١ يونيو ثم تبدأ الهجرة الظاهرية نحو الجنوب بعد ٢٢ سبتمبر حتى تبلغ أقصاها فى ٢٢ ديسمبر ، ومن ثم تعود مرة أخرى . . وتبعا لما سبق يتغير طول النهار من فصل لآخر . . وينعدم الإشعاع الشمسى عند القطب الشمالى من ٢٢ سبتمبر إلى ٢١ مارس لأن الشمس لا تشرق هناك خلال هذه المدة ، ويكون الإشعاع ظاهرا فى المد القصيرة بين ٢١ مارس ، ٢٢ سبتمبر إلا أن حرارة الجو عند القطب ـ مع وجود هذا الإشعاع ـ تستمر دون نقطة التجمد طول الصيف نظرا لميل الأشعة بدرجة كبيرة وضياع ما يفقد منها خلال الجو فى إذابة ثلوج الشتاء .

* القمر The moon :

أقرب جار لنا فى الفضاء ويبعد عن الأرض ٣٨٤٠٠٠ كيلو متر ، يكمل دورته حول الأرض فى ٢٧ يوما وفى نفس المدة يكمل دورة حول محوره (لذلك يظل نفس الوجه منه فى مواجهة الأرض دائما) . والقمر غير منير بذاته وإنما يعكس ضوء الشمس . وعندما يقع القمر بين الأرض والشمس لا يمكن مشاهدته ولكن عندما ينتقل

فى مداره يتغير شكله لأن الشمس تنير المزيد منه تدريجيا حتى يصبح بدرا ثـم يـأخذ فى التناقص حتى يختفى ثانية وتدعى تلك الأشكال أوجه القمر .

ويظهر على القمر بقع داكنة عبارة عن سهول جافة متسعة – ولا يوجد بـالقمر أى ماء أو هواء ولا تسمح بيئته بالحياة ، وترتفع درجة حرارته نهارا إلى ١٠٠°س وتهبط ليلا إلى ١٠٠ درجة تحت الصفر – ويتساوى الليل والنهار فى القمر ويدوم كل منـهما ١٤ يوما أرضيا .

وسطح القمر صخرى به أودية واسعة بركانية وسلاسل جبلية وقد هبط علـى سـطح القمر رواد الفضاء الأمريكيون لأول مرة عام ١٩٦٩ من رواد أبوللو ١١ .

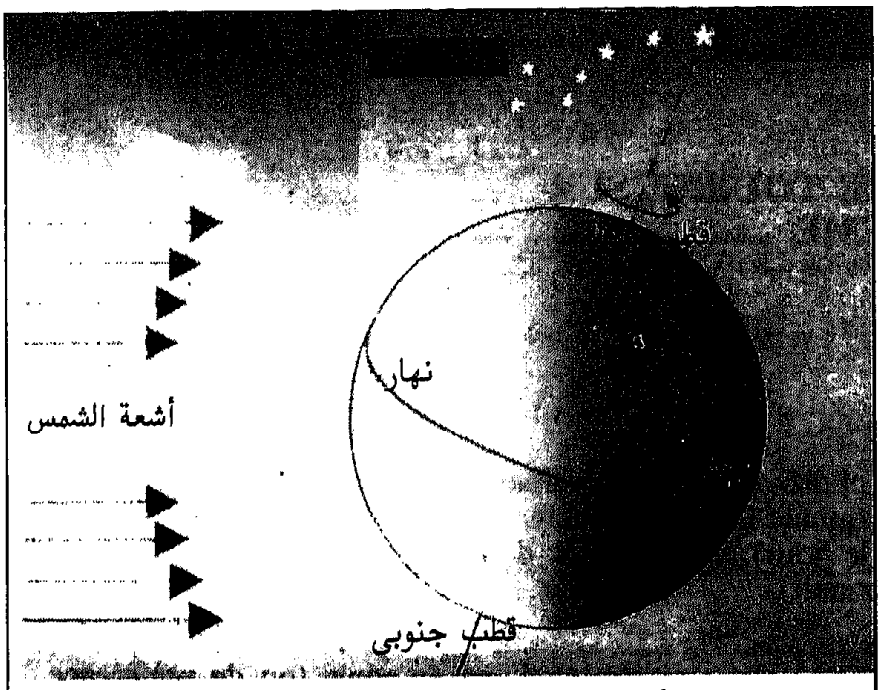
رائد الفضاء الأمريكى يرفع العلم على سطح القمر

* حركة الأرض وحركة القمر :

دوران الأرض حول محورها

تدور الأرض حول محورها مرة كل ٢٤ ساعة وهو ما يعرف باليوم الشمسى . . ومحور الأرض خط تخيلى يمتد من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى وهذا المحور يميل بمقدار ٢٣,٥° على الاتجاه العمودى على مستوى مدار الأرض حول الشمس .

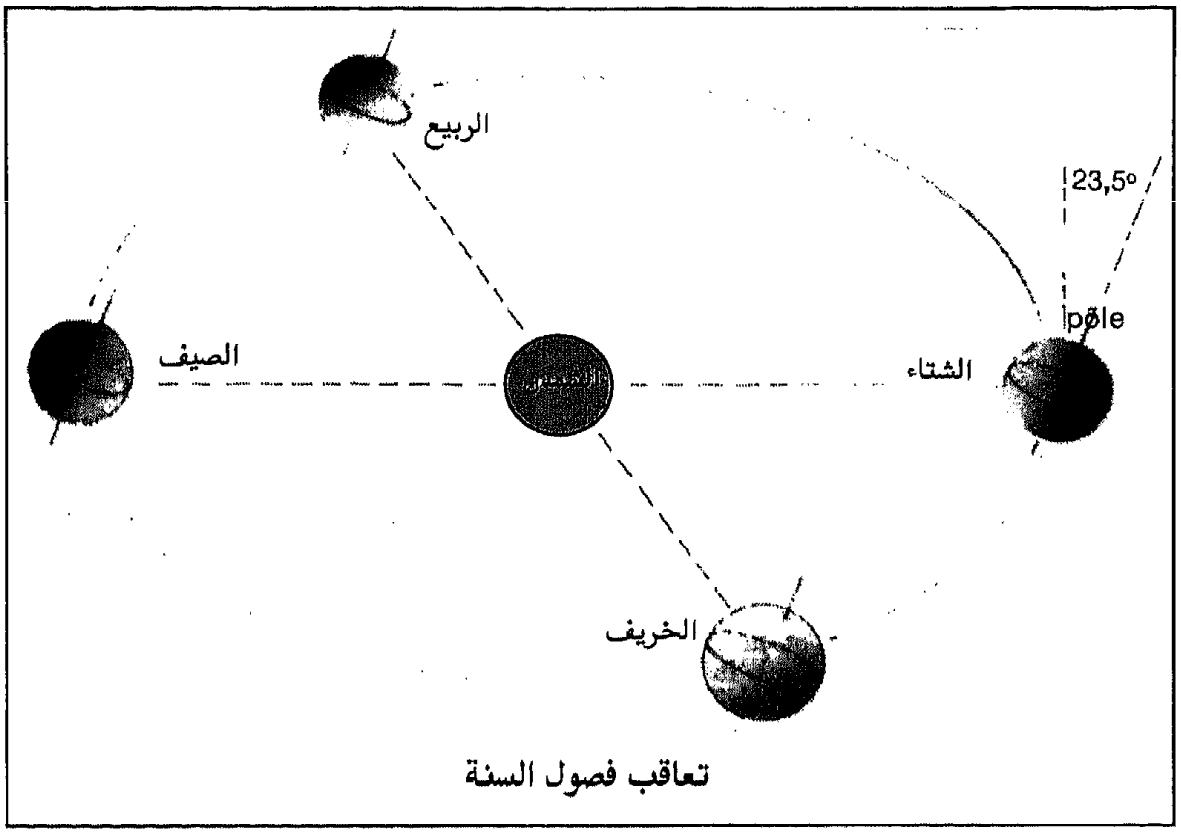
ونتيجة دوران الأرض حول محورها تحدث ظاهرة تعاقب الليل والنهار ويرجع اختلاف طول الليل والنهار إلى ميل محور الأرض .



نصف الكرة الأرضية المواجه للشمس (نهار) والنصف الآخر (ليل)

ودوران الأرض حول الشمس ينشأ عنه تعاقب فصول السنة (الصيف والخريف والشتاء والربيع) وفى فصل الصيف النهار أطول من الليل فى نصف الكرة الشمالى

وفى فصل الشتاء يكون الليل أطول من النهار ، ويتساوى طول الليل والنهار فى فصل الخريف والربيع .



تعاقب فصول السنة

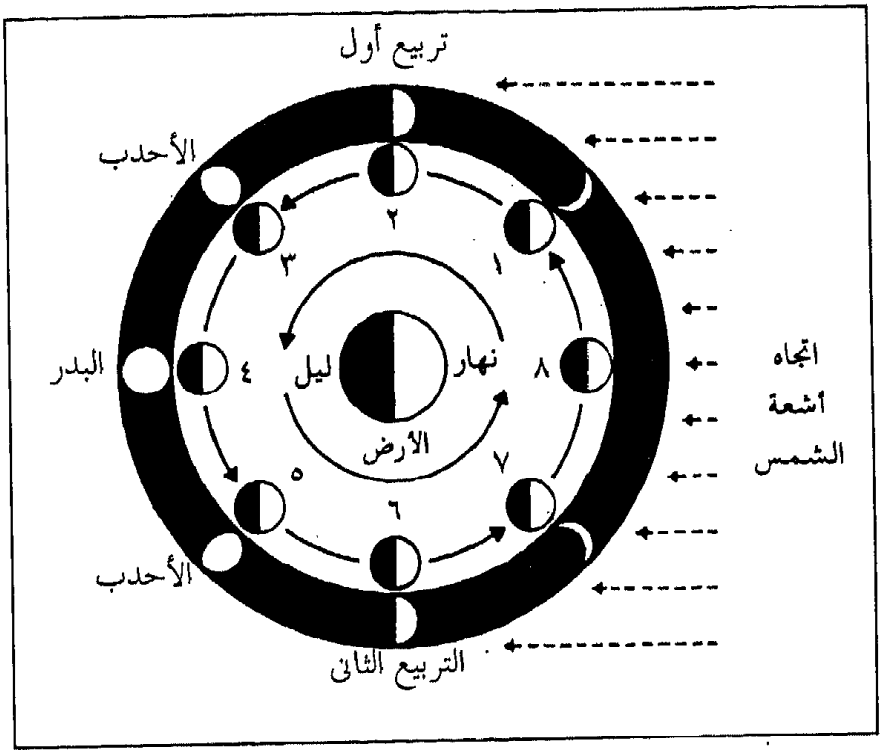
ويتم دوران الأرض حول الشمس فى مسار بيضاوى بسرعة متوسطة ٢٨,٥ كيلو متر/ثانية وهذه السرعة تزداد وتقل تبعًا لبعد أو قرب الأرض عن الشمس ، ويبلغ متوسط بعد الأرض عن الشمس ١٤٩,٦ مليون كيلو متر ويعرف هذا البعد بالوحدة الفلكية ، وتكمل الأرض دورتها حول الشمس فى ٣٦٥ $\frac{1}{4}$ يوم وهو ما نسميه بالعام .

*** دوران القمر :**

يدور حول الأرض فى نفس الفترة الزمنية التى يدور فيها حول محوره وهى ٢٧,٣٢ يومًا . ولذلك نرى دائما نفس الوجه للقمر عندما ننظر إليه من الأرض ، ويبدو القمر دائما متحركا من الشرق والغرب ويتأخر إشراق القمر على سطح الأرض كل يوم

٥٠ دقيقة عن اليوم السابق كما تختلف دورة القمر حول الأرض ما بين شهر وآخر فى حدود سبع ساعات .

ينشأ عن دوران القمر حول الأرض عدة ظواهر منـها حـدوث أطـوار القمـر (أوجـه القمر) حيث يأخذ القمر أطوارًا منذ بداية الشهر العربى وحتى نهايته وهـذه الأطـوار هى : الـهلال – التربيع الأول – الأحدب – البـدر – الأحـدب – الـتربيع الثـانى – الـهلال – المحاق .

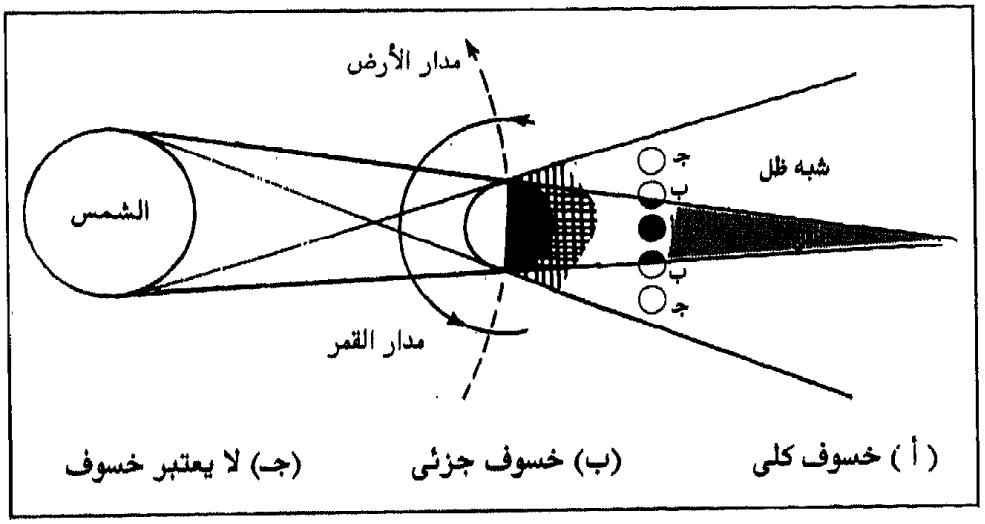


١– مع بداية الشهر العربى		هلال
٢ – بعد سبعة أيام (من بداية الشهر العربى)		التربيع الأول (نصف القمر)
٣ – فى اليوم الحادى عشر من الشهر العربى		الأحدب (القمر المحدب)
٤ – عند منتصف الشهر العربى		البدر (القمر كامل)

٥ – فى اليوم السابع عشر		الأحدب (القمر المحدب)
٦ – فى نهاية الأسبوع الثالث		التربيع الأخير (نصف القمر)
٧– فى اليوم السابع والعشرين		هلال
٨ – بعد مضى تسعة وعشرين يومًا		المحاق (القمر مختفى)

* خسوف القمر :

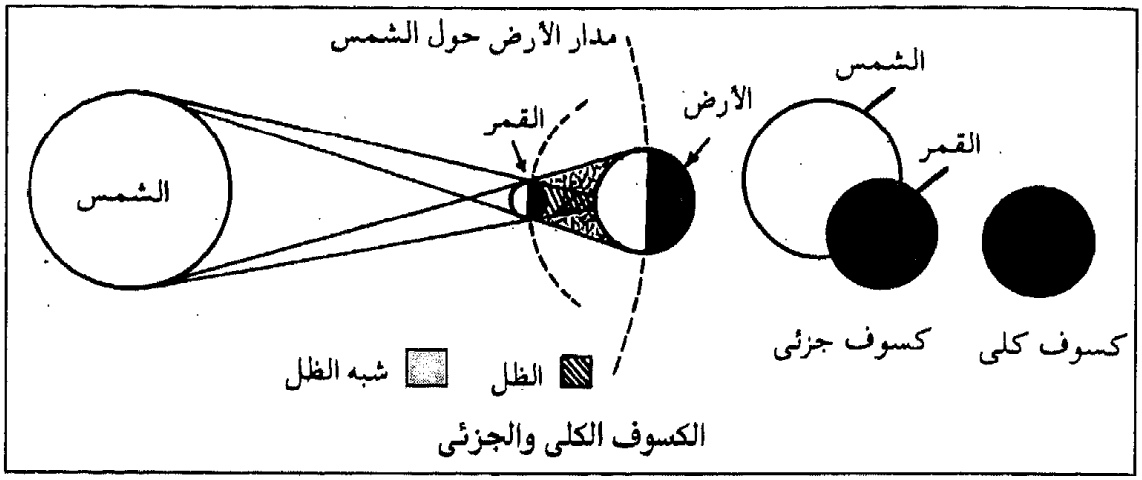
يحدث خسوف القمر عندما يكون القمر فى طور البدر ويكون القمر على نفس خط الأرض والشمس ، وعندما يتواجد القمر فى مخروط ظل الأرض يصبح على هيئة قرص أسود ويسمى الخسوف الكلى وعندما يتواجد القمر جزئيًا فى منطقة ظل الأرض يحدث الخسوف الجزئى وعند وقوع القمر بأكمله فى منطقة شبه ظل الأرض فإنه يبدو كقرص أحمر مضاء بإضاءة خافتة ولا يعتبر خسوفًا .



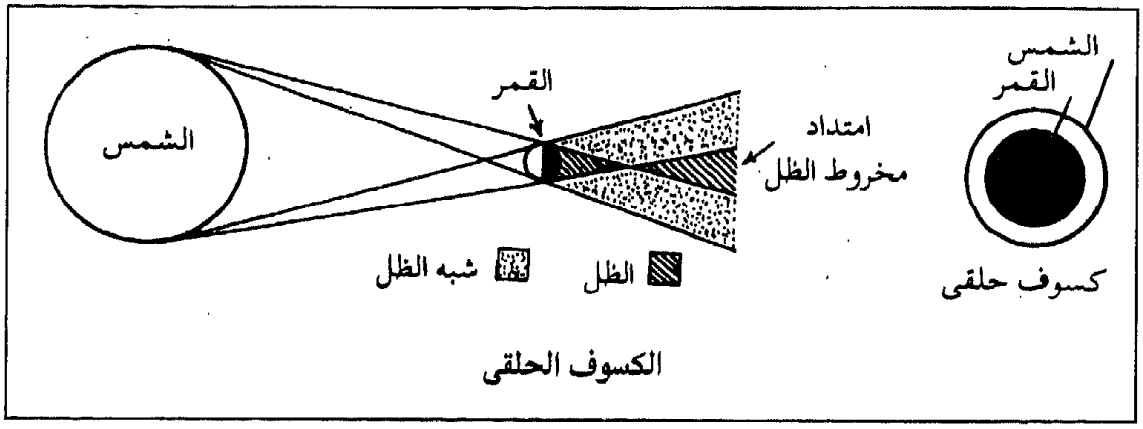
* كسوف الشمس :

ظاهرة ترتبط بحركة الأرض والقمر وتحدث عندما يكون القمر فى المحاق وفى وضع الاقتران بين الشمس والأرض أى يقع القمر على الخط الواصل بين الشمس والأرض .

ويكون الكسوف كليا وتشاهد الشمس كقرص أسود عندما تشاهد فى منطقة ظل القمر على الأرض ، ويكون الكسوف جزيئًا عندما يشاهد فى منطقة شبه ظل القمر على الأرض حيث يحجب القمر جزءا من قرص الشمس ، ويكون الكسوف حلقيًا عندما يكون القمر فى أقرب نقطة له من الشمس حيث ينتهى مخروط ظله فى الفضاء وتبدو الشمس فى هذه الحالة كقرص أسود محاط بهالة مضيئة ويستفاد من هذه الظاهرة فى دراسة جو الشمس .



الكسوف الكلى والجزئى



الكسوف الحلقى

الفصل الثالث

المعادن

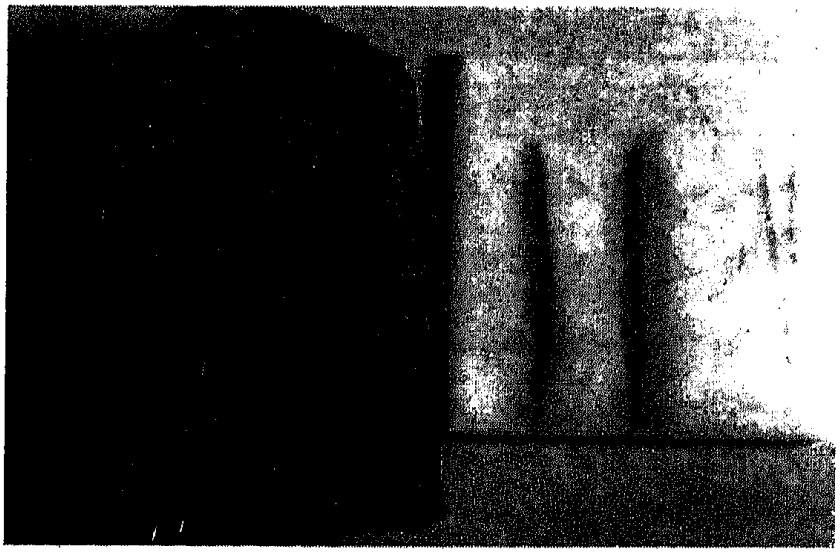
* الخواص الفيزيائية للمعادن :

(١) الخواص الضوئية . (٢) الخواص الحسية .

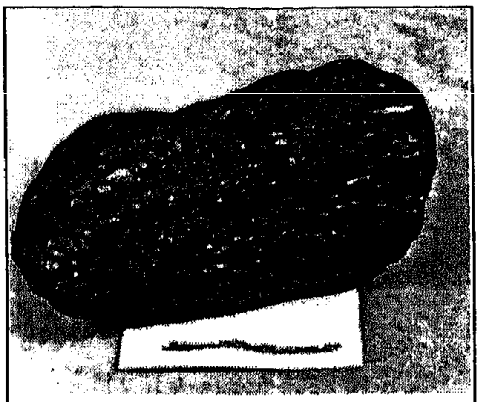
(٣) خواص التركيب البنائى للجزيئات .

(٤) الخواص المغناطيسية والإشعاعية والحرارية .

* أمثلة لبعض المعادن الاقتصادية .



الفصل الثالث : المعادن Minerals



الجرافيت

المعدن عبارة عن مادة من أصل غير عضوى تتكون فى الطبيعة بتركيب كيميائى محدد قد تكون من عنصر معين يوجد فى الطبيعة منفردا أو من مركب كيميائى لعدد من العناصر .

وتوجد المعادن فى الطبيعة بأعداد ضخمة اكتشف منها أكثر من ألفين معدن ومعظمها يحيط بنا من كل جانب فمعدن **الجرافيت** هو ذلك الجزء الذى يكتب على الورق باللون الأسود ويوجد داخل القلم الرصاص وهو أحد صور عنصر الكربون .

وتوجد معظم المعادن مدفونة فى باطن الأرض والقليل منها ظاهر على سطحها ولقد اهتم الإنسان بها لما لها من قيمة اقتصادية ، ولذلك نشط الإنسان فى البحث عنها واكتشافها واستغلالها إذا وجدت بكميات كبيرة وأنشأ منجمًا لاستغلال هذا المعدن كما فى الذهب والنحاس كما أن بعض المعادن يحصل عليها الإنسان بعيدا عن المناجم .

فالملح معدن نحصل عليه من البحار والمحيطات والبحيرات . والنفط معدن يستخرج من آبار عميقة فى الغلاف الصخرى .

الخواص الفيزيائية للمعادن

تشير الخواص الفيزيائية إلى نوعية المعدن وتعتبر أساسًا للتفرقة بين المعادن ومجموعة الخواص الفيزيائية تشمل **خواص ضوئية** مثل لون المعدن وبريقه وشفافيته ومخدشه وقوة إضاءته الذاتية ، وتشمل كذلك **خواص التركيب البنائى لجزيئات المعدن** مثل نوعية تبلره ومكسره وكيفية انفصامه وصلادته ووزنه النوعى ، **وخواص حسية** مثل الطعم والرائحة والملمس **وخواص مغناطيسية وإشعاعية وحرارية** .

* أولا : الخواص الفيزيائية الضوئية optical properties :

(١) اللون Colour :

يبدو المعدن أبيض اللون عندما يكون قادرا على عكس جميع أو معظم ألوان الطيف . . ويبدو أحمر اللون عندما يعكس الأشعة الحمراء فقط .

ولكن تتغير ألوان غالبية المعادن باختلاف تركيبها الكيميائى أو وجود نسبة من الشوائب فمعدن المرو (الكوارتز) له لون وردى أو أرجوانى والأبيض (لوجود فقاعات غازية به) والأسود (نتيجة كسر بعض الروابط بين ذرات عناصره) .

ولكن ليس معنى ذلك أن جميع المعادن ألوانها متغيرة حيث أن بعضها له لون ثابت مثل لون الكبريت الأصفر ولون المالاكيت الأخضر .

كما أن بعض المعادن ذات خاصية التلاعب بالألوان حيث يتغير اللون مع حركة العين فالماس يفرق الضوء الساقط عليه إلى اللونين الأحمر والبنفسجى – وكذلك خاصية اللألأة التى تميز معدن الأوبال وخاصية (عين الهر) حيث يتموج بريق المعدن باختلاف اتجاه النظر .

(٢) البريق Luster :

يختلف بريق المعدن حسب مقدار الأشعة الضوئية المنعكسة ، ويظهر بريق المعادن فى عدة صور منها :

البريق **المعدنى** مثل الذهب والفضة . . حيث البريق اللامع .

والبريق **تحت المعدنى** مثل بريق الجرافيت . . حيث البريق الباهت .

والبريق **الزجاجى** مثل الزجاج .

والبريق **الراتنجى** مثل معدن الكبريت .

والبريق **اللؤلؤى** مثل اللؤلؤ .

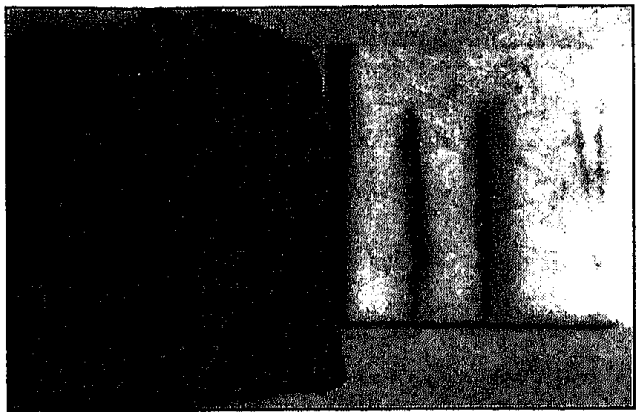
والبريق **الماسى** مثل الماس .

(٣) الشفافية Transparency :

قدرة المعدن على إمرار أو إنفاذ الضوء .

والمعادن ذات الشفافية العالية تسمح للضوء الساقط كله بالنفاذ ويمكن رؤية الأجسام خلالها بوضوح ، والمعادن نصف الشفافة تسمح بمرور قدر متوسط من الضوء ، والمعادن المعتمة لا يمكن رؤية الأجسام من خلالها لعدم سماحها للضوء بالنفاذ .

(٤) المخدش Streak :



هو اللون الذى يظهر به مسحوق المعدن الذى يتخلف عنه عند خدشه بآلة حادة أو حك سطحه ويستخدم فى حك المعدن قطعة من خزف ويتميز لون المخدش أنه ثابت فى المعادن التى يتغير لونها وبذلك فهو إحدى الخواص التى يعتمد عليها فى التعرف على المعادن .

(٥) الإضاءة الذاتية Floriferous :

تتمتع بعض المعادن بالإضاة الذاتية عندنا تتعرض للتسخين الشديد أو الاحتكاك أو الأشعة فوق البنفسجية ، ومن هذه المعادن معدن الكوارتز (المرو) الذى يدخل فى صناعة الزجاج وعند حك قطعتين منه بعضها ببعض نجدها تبث ضوء يرى بسهولة فى حجرة مظلمة .

ثانيا : الخواص الحسية :

(١) الطعم :

يفضل عدم استخدام هذه الخاصية كثيرا عند التفرقة بين المعادن ؛ لأن بعض المعادن سامة وغنية بمركبات الزرنيخ والسيانيد والزئبق ، إلا أن بعض المعادن يميزها الطعم الملحى أو القابض أو المرُ ، وخاصة المعادن التى تذوب فى الماء .

(٢) الرائحة :

بعض المركبات الفوسفاتية إذا ما سخنت تعطى رائحة تشبه رائحة الثوم ومعدن البيريت عند طرقه يعطى رائحة مسحوق الكبريت والمعادن الطينية تعطى رائحة الطين وهذه الخاصية تميز بعض المعادن عند طرقها أو حكها أو تسخينها .

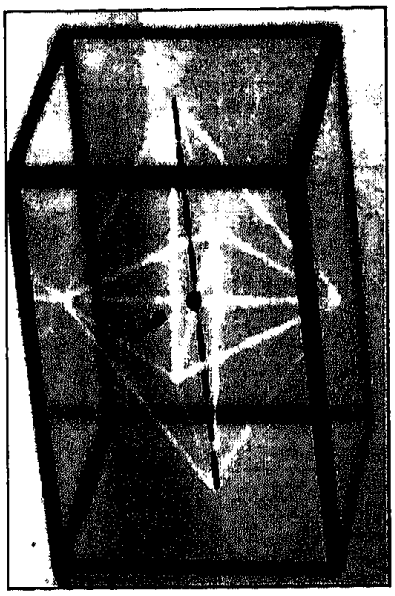
(٣) الملمس :

بعض المعادن لها ملمس مميز فيكون شحميًا أو صابونيًا أو غرويًا .

ثالثا : خواص التركيب البنائى للجزيئات :

(١) التبلر Crystal form :

تأخذ كثير من المعادن عند تبلورها فى الطبيعة أشكالا هندسية ، وقد جمع الخالق سبحانه وتعالى الأشكال الهندسية للمعادن فى ستة نظم بللورية فقط ، وهى : المكعبى والرباعى والسداسى والمعينى وأحادى الميل وثلاثى الميل .



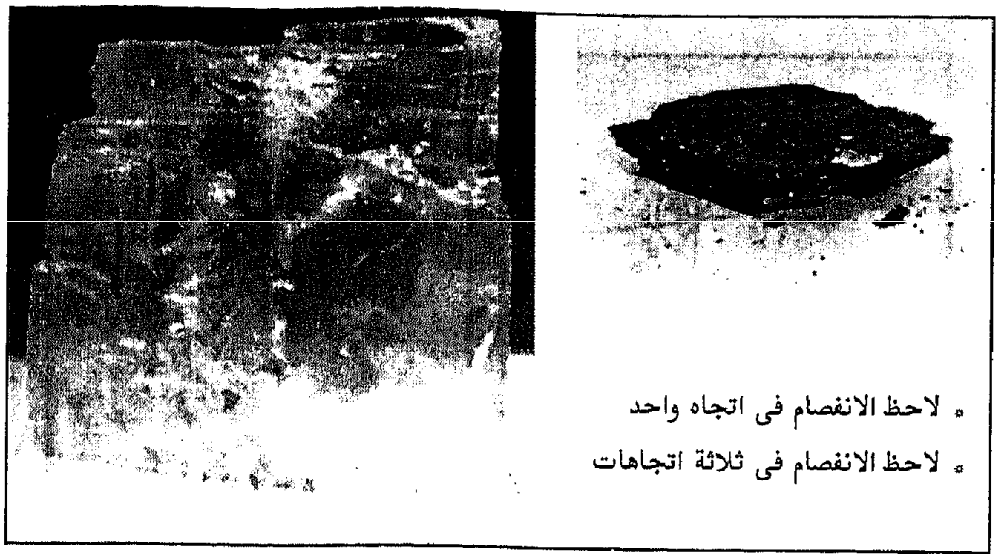
(٢) المكسر Fracture :

تساعد كثيرا طبيعة ونوع السطوح المكسورة لبعض المعادن فى التعرف عليها ، وغالبا ما تكون هذه السطوح صدفية الشكل أو مسننة خشنة .

(٣) الانفصام Cleavage :

بعض المعادن له قابلية فى أن تتشقق وتنفصل ، أى تنفصم فى اتجاهات معينة نحو

أسطح مستوية ملساء تسمى الأسطح الانفصامية وتقسم المعادن إلى جيدة الانفصام ورديئة الانفصام وعديمة الانفصام .



- لاحظ الانفصام فى اتجاه واحد
- لاحظ الانفصام فى ثلاثة اتجاهات

(٤) الصلادة Hardness :

هى المقاومة التى يبديها المعدن تجاه الخدش ، وهناك مقياس تدريجى للصلادة من عشر درجات يبدأ بالدرجة الأقل صلادة (١) إلى الدرجة القصوى (١٠) ويسمى هذا المقياس مقياس موه Moh (نسبة إلى العالم الذى حدده) ويتم تحديد الصلادة عن طريق خدش المعدن بمعادن مقياس موه واحدا تلو الآخر ، فإذا خدش المعدن المراد تحديد صلادته معدن فلسبار أورثوكليز ولم يستطع خدش معدن الكوارتز تقدر درجة صلادته $٦\frac{١}{٢}$.

درجة الصلادة	المعدن	درجة الصلادة	المعدن
١	التلك	٦	فلسبار أورثوكليز
٢	الجبس أو ملح الطعام	٧	الكوارتز
٣	الكلسيت	٨	التوباز
٤	الفلوريت	٩	الكورانسدوم
٥	الأبتيت	١٠	الماس

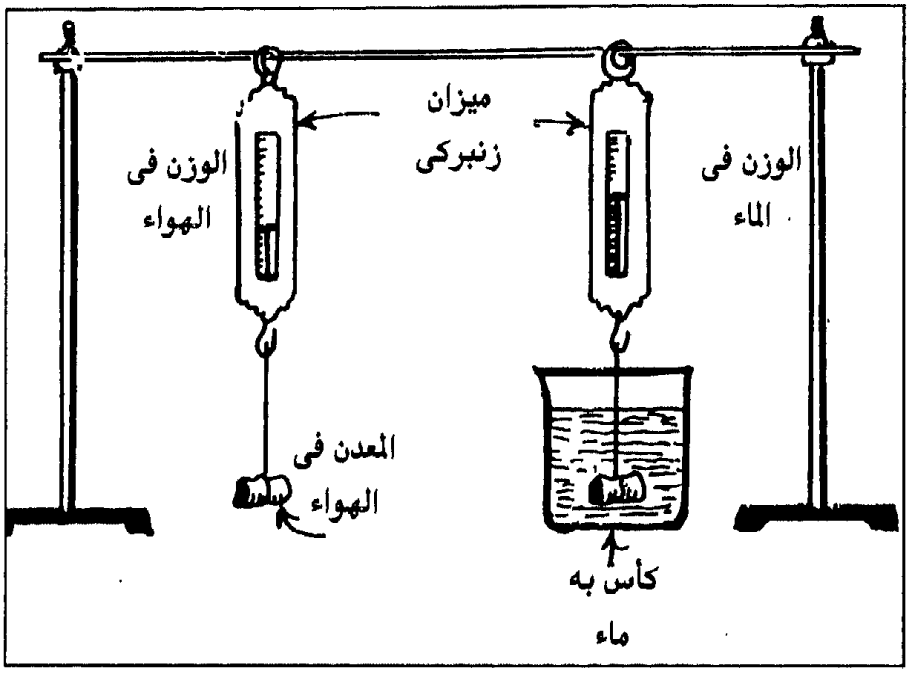
(٥) القابلية للسحب والطرق :

خاصية تعبر عن مدى سهولة وإمكانية تشكيل المعدن بالطرق والسحب إلى رقائق أو أسلاك مثل الذهب والفضة والنحاس أو قابليته للكسر والتفتت .

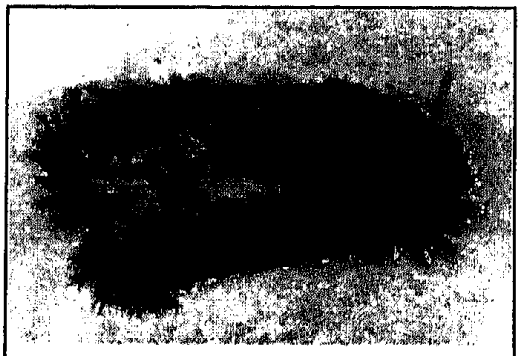
(٦) الوزن النوعى :

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن حجم معين من المعدن فى الهواء}}{\text{وزن نفس الحجم فى الماء فى } ٤^{\circ}م}$$

ويعطى الوزن النوعى للمعدن خاصية أنه ثقيل أو خفيف أو متوسط .



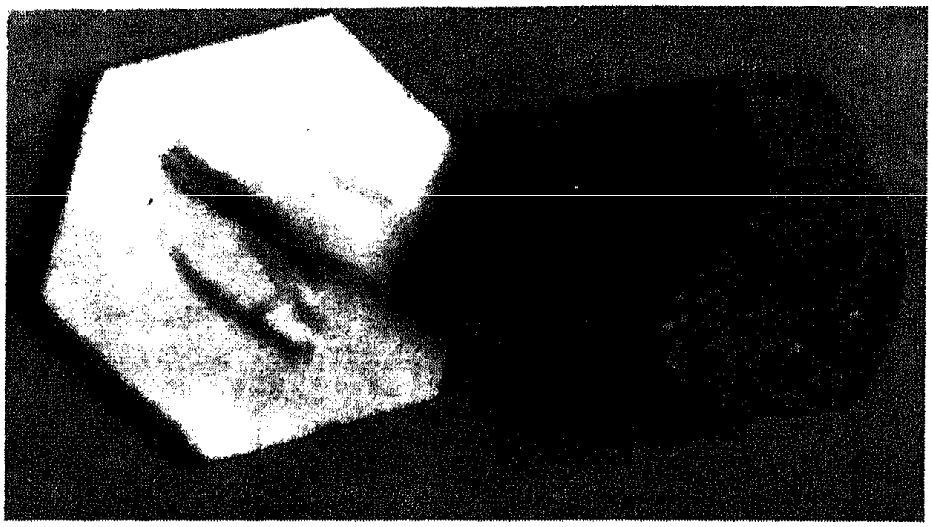
رابعا : الخواص المغناطيسية والاشعاعية والحرارية :



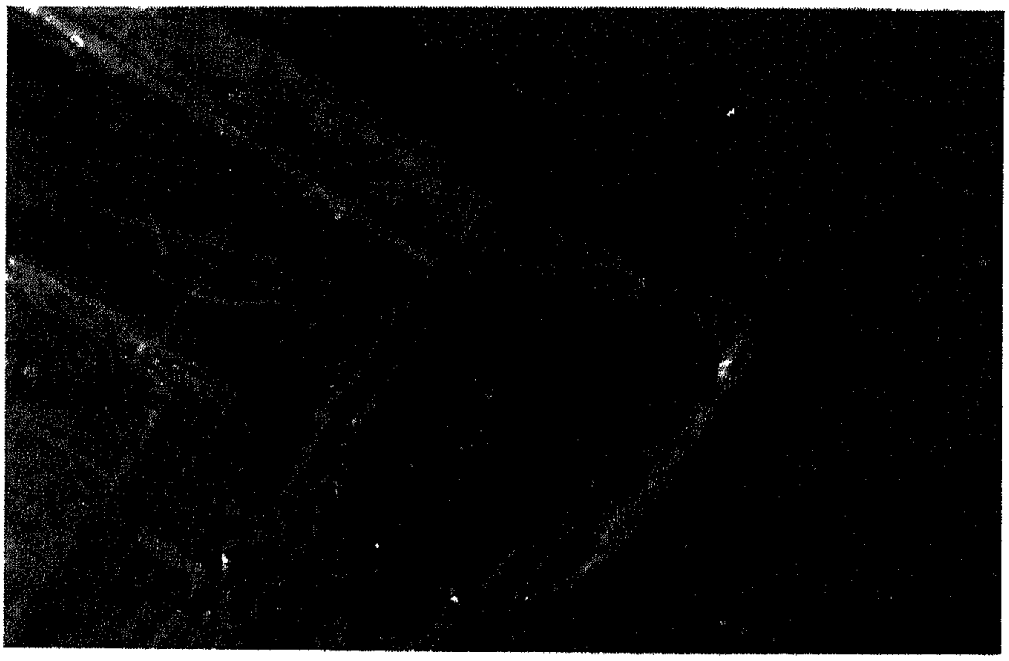
معدن المجناتيت يجذب برادة الحديد

بعض المعادن لها القدرة على أن تجذب برادة الحديد مثل معدن المجناتيت وبعض المعادن لها خواص إشعاعية كاليورانيوم أو خواص حرارية (قابلية المعدن للانصهار) .

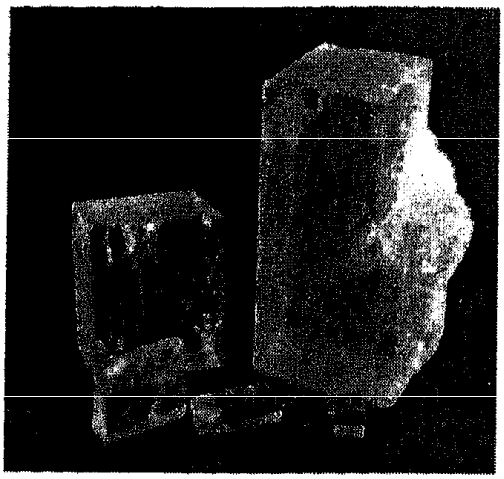
بعض المعادن الشائعة



البيريت ومخدشه

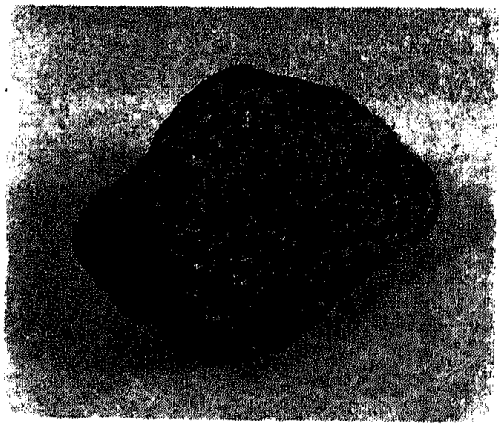


معدن الميكا البيضاء

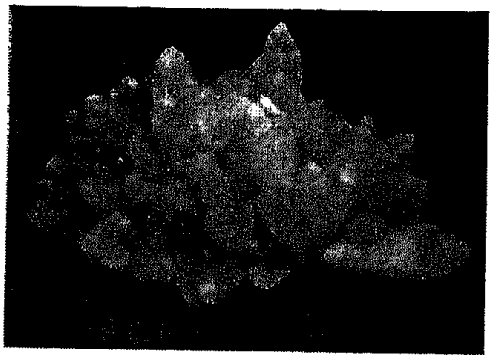


الهاليت

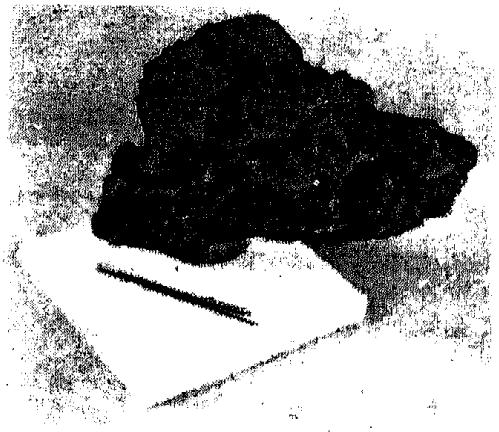
الكوارتز



بيريت النحاس والحديد

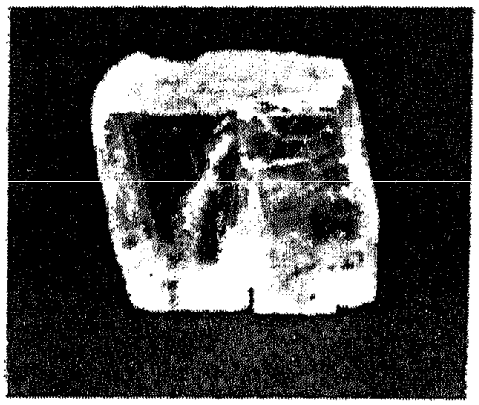


الكوارتز

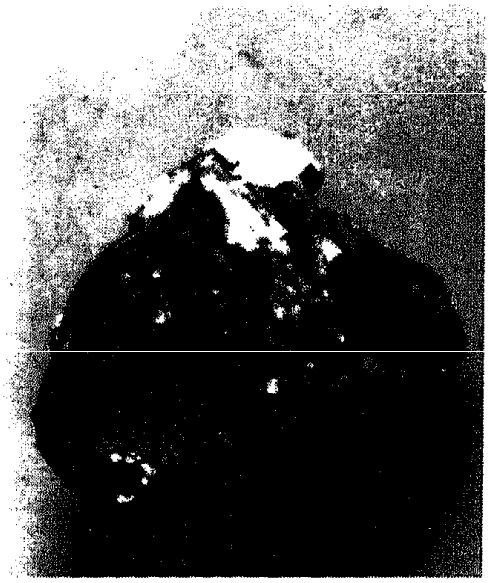


الليمونيت ومخدشه

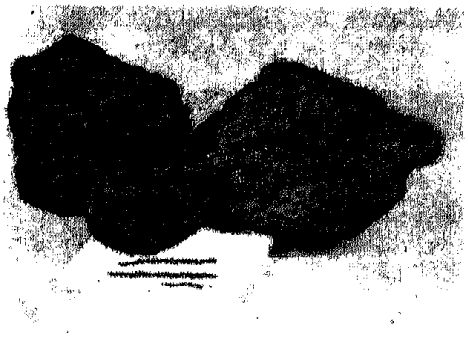
الجبس



كالسيت



الجالينا



الهيماتيت ومخدشه

أورثوكليز

أمثلة لبعض المعادن الاقتصادية

(١) الذهب gold (Au) :

معدن عنصرى فلزى يتجمع فى عروق المرو (الكوارتز) على هيئة صفائح أو قشور ومن خواصه أن وزنه النوعى عال (١٩,٣ للذهب النقى) وصلادته منخفضة وقابل للسحب والطرق وموصل جيد للحرارة والكهرباء ويوجد فى الطبيعة مختلط بعناصر أخرى مثل الفضة .

- تنتج أفريقيا ٦٠٪ من إنتاج العالم من الذهب أغلبه من جنوب أفريقيا وغانا وبوركينا فاسو .
- يوجد فى مصر فى عروق المرو وصخور الصحراء الشرقية .

(٢) الماس Diamond (C) :

معدن عنصرى لا فلزى يتركب من الكربون ويتواجد فى صخور فى باطن الأرض تبلورت تحت درجات عالية من الحرارة والضغط ويتميز بدرجة الصلادة العالية (أعلى درجة صلادة) وبريقه الماسى الذى يكتسبه بعد قطع بللوراته وصقلها ويستخدم كأحد الأحجار الكريمة للزينة ويستخدم فى الصناعة فى قطع المعادن الصلبة .

- تنتج أفريقيا أغلب إنتاج الماس فى العالم (٩٠ ٪ من الماس ينتج من جنوب أفريقيا وغانا وغينيا وتنزانيا)

(٣) الجالينا Galina (Pbs) :

معدن مركب من كبريتيد الرصاص له وزن نوعى عال وصلادته منخفضة ، واستخدمه القدماء للزينة بعد طحنه (كحل العين) ويمثل الخام الأساسى لفلز الرصاص وغالبا ما يتواجد مع خام الزنك .

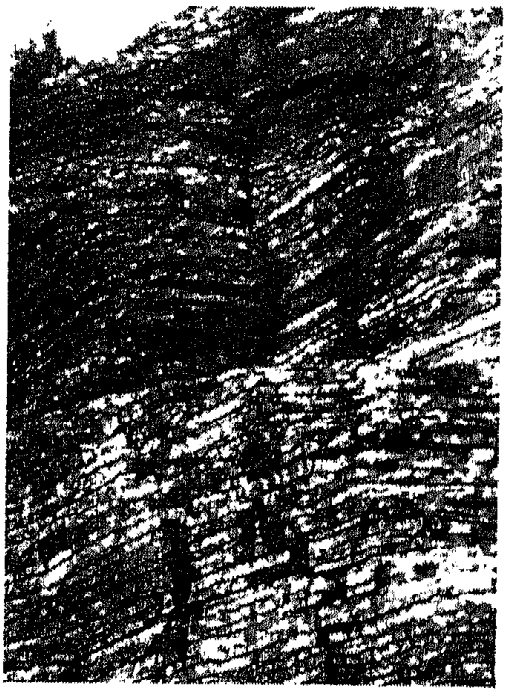
(٤) الكالسيت Calcite ($CaCO_3$) :

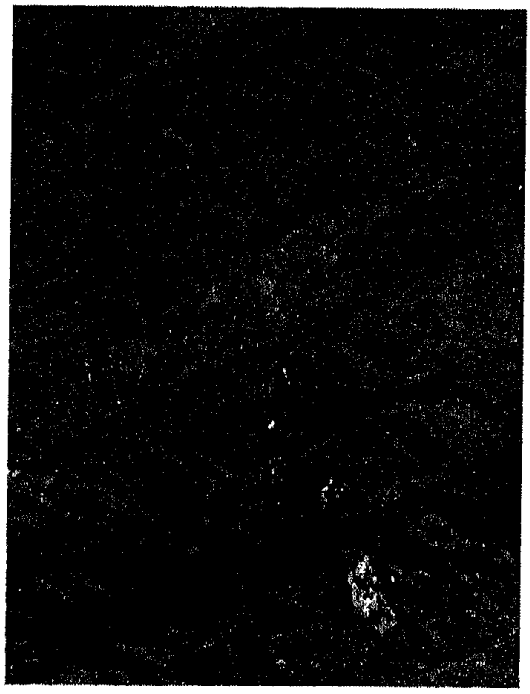
معدن مركب من كربونات الكالسيوم يكون صخور الحجر الجيرى والرخام ودرجة صلادته منخفضة ويذوب فى الماء الحامضى وتستخدمه الأحياء البحرية الحيوانية فى بناء هياكلها .

الفصل الرابع

الصخور

* الصخور النارية .
* الصخور الرسوبية
* الصخور المتحولة .
* دورة الصخور





الفصل الرابع : الصخور Rocks

المكون الرئيسى لمادة الأرض هى الصخور بأنواعها المختلفة والصخور ، عبارة عن مخاليط من مجموعة متنوعة من المعادن وقد تكون من معدن واحدة كالجبس والرخام أو أكثر من معدن كالجرانيت ، وبالرغم من تنوع صخور كوكب الأرض واختلافها فى الخواص الفيزيائية والكيميائية فقد تمكن العلماء من تقسيم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى :

١ – الصخور النارية .

٢ – الصور الرسوبية .

٣ – الصخور المتحولة .

* الصخور النارية Igneous rocks :

يرجع أصل الصخور النارية إلى المادة المنصهرة التى تخرج من باطن الأرض أثناء ثوران البراكين والتى تعرف باسم الصهير وهو سائل صخرى يتكون فى باطن الأرض ويتألف من عناصر كيميائية مختلفة منها الأكسجين والسليكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والماغنسيوم . وتعتبر الصخور النارية من أكثر أنواع الصخور انتشارا بالقشرة الأرضية حيث تشكل أكثر من ٨٥٪ من حجم صخور الأرض فصخر الجرانيت مثلا هو المكون الرئيسى لطبقة السيال وصخر البازلت هو الصخر البانى لطبقة السيما .

أما عن كيفية تكون الصخور النارية ونشأتها فى الطبيعة فإنه نتيجة اندفاع الصهير الملتهب من جوف الأرض إلى سطح الأرض خلال الشقوق والتصدعات التى توجد بالقشرة الأرضية .

وهذا الصهير تتعرض مكوناته لظروف جديدة من الضغط ودرجة الحرارة تختلف عن تلك التى كان عليها الصهير قبل اندفاعه صوب سطح الأرض وهذه الظروف الجديدة

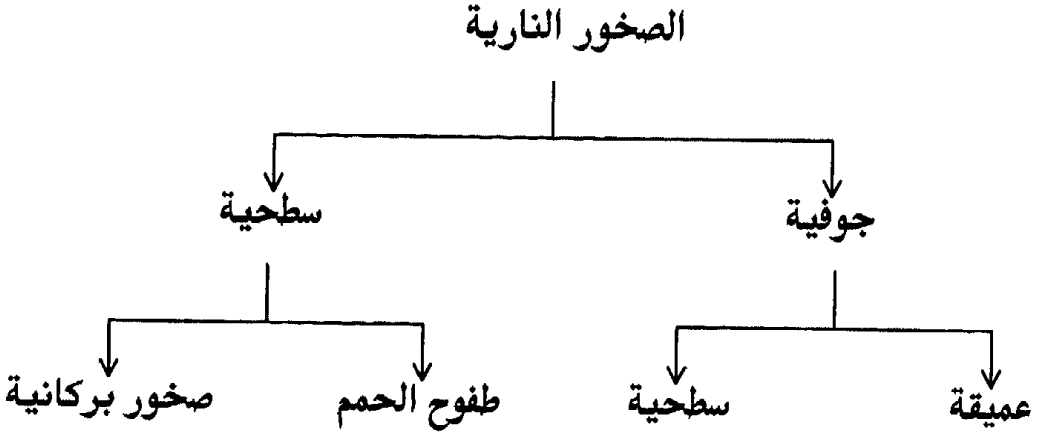
تعمل على اتحاد بعض من العناصر الموجودة بالصهير مع البعض الآخر لتشكل فيما بينها مجموعة كبيرة من المعادن تكون بدورها بعد تماسكها وتصلبها الصخور النارية بأنواعها المختلفة .

ويختلف نوع الصخر النارى باختلاف موقع برودة الصهير فإذا برد الصهير وتصلبت معادنه فى جوف الأرض أى بعيدا عن سطح الأرض تتكون **الصخور النارية الجوفية** ، أما إذا حدث وبرد الصهير وتماسكت معادنه وتصلبت على سطح الأرض فإنه ينشأ عنها نوع آخر هو **الصخور النارية السطحية** .

والصخور النارية الجوفية تقسم وفقا لعمق المكان الذى تتكون عنده ، فهى **صخور جوفية عميقة** تتكون نتيجة تجمد الصهير فى جوف الأرض بعيدا عن السطح أو **صخور جوفية سطحية** وتتكون فى الأعماق القريبة من سطح الأرض .

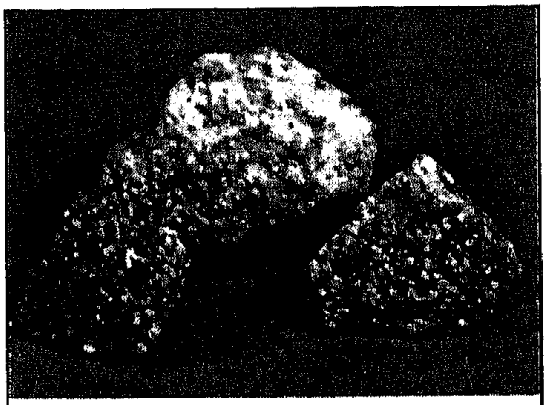
والصخور النارية السطحية تقسم وفقا للطريقة التى تنبثق بها صوب سطح الأرض إلى **طفوح الحمم** وهى التى تندفع بهدوء خلال الشقوق وتسيل على سطح الأرض ببطء .

وصخور بركانية وهى التى ينبثق مصهورها بشدة من باطن الأرض خلال الشقوق محدثة أصواتا مدوية وانفجارات هائلة ثم يتصلب على سطح الأرض وتشكل بعد تراكم بعضها فوق بعض ما يعرف بأجسام البراكين .



* التركيب المعدنى للصخور النارية :

تتألف الصخور النارية من مجموعتين من المعادن أهم عناصرها السليكون والماغنسيوم والحديد . والمجموعة الأولى من هذه المعادن تكون أكثر من ٩٥ ٪ من مجموع المعادن الكلية المكونة للصخور النارية وهى التى تحدد نوع الصخور وخواصها وتسمى مجموعة المعادن الأساسية . . أما المجموعة الثانية من معادن الصخور النارية والتى تشكل ٥٪ من مادة الصخر وتعرف بمجموعة المعادن الإضافية أو الثانوية مثل معادن الأباتيت والهيماتيت والبايريت .



معدن الأوليفين
ذو اللون الأخضر الزيتونى

ومن أهم معادن مجموعة المعادن الأساسية الكوارتز والفلسبار والميكا البيضا وتعرف **بالمعادن فاتحة اللون** وتحتوى نسبة عالية من عنصر السيلكون تتراوح بين ٨٥ ٪ ، ٦٥ ٪ مع نسبة قليلة من العناصر القاتمة اللون مثل الحديد والمغنسيوم ، أما **المعادن قاتمة اللون** مثل الأوليفين والأمفيبول والبيركسين تحتوى نسبة عالية من عنصرى الحديد والماغنسيوم بين ٦٠ ٪ ، ٨٠ ٪ مع نسبة قليلة من السليكون .

معدن البيروكسين

معدن الأمفيبول

وأهم خصائص الصخور النارية :

١ – لون الصخر .　　٢ – نسيج الصخر .

* لون الصخر

الصخور الفاتحة اللون تتكون من المعادن الأساسية مثل الكوارتز والفلسبار والميكا البيضا والتى تزيد فيها نسبة السليكا على نسبة الحديد والمغنسيوم . والصخور القاتمة اللون تفوق فيها نسبة عنصرى الحديد والمغنسيوم على نسبة السليكون .

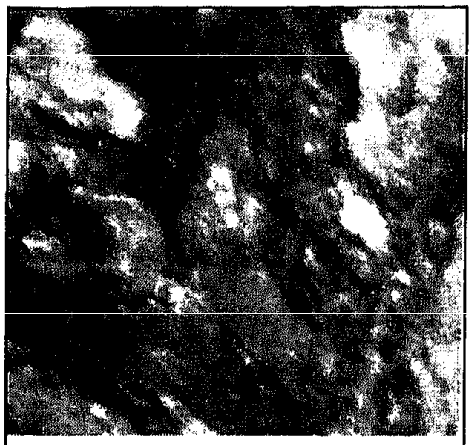
وخاصية اللون لا تقتصر أهميتها على تحديد نوعية المعادن الأساسية التى يتألف منها الصخر النارى بل إنه يمكن عن طريقها تحديد نوعية وخواص ومكونات الصهير الذى نشأ عنه الصخر ، فالصخور النارية التى تحتوى الكوارتز والفلسبار والميكا ترجع إلى الصهير الحامض (يحتوى نسبة عالية من عنصر السليكون) وهى فاتحة اللون . أما الصخور النارية التى تتألف من المعادن القاتمة فترجع إلى الصهير القاعدى (يحتوى نسبة عالية من الحديد والماغنسيوم) أما الصخور النارية التى تتميز بلون وسط بين الفاتح والقاتم فيرجع مصدرها إلى الصهير المتوسط الحامضية والذى تتساوى فيه نسب كل من عناصر السليكون والحديد والماغنسيوم .

وعلى أساس ما تقدم يمكن تقسيم الصخور النارية إلى صخور حامضية وصخور قاعدية وصخور متوسطة الحامضية . **والصخور الحامضية** مصدرها الصهير الحامضى لونها فاتح تحتوى نسبة عالية من السليكون مثل صخر الجرانيت . **والصخور القاعدية** مصدرها الصهير القاعدى ولونها قاتم وتحتوى نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم مثل البازلت ، **والصخور متوسطة الحامضية** تتراوح نسبة السليكا بها بين ٥٥ ٪ إلى ٦٥ ٪ ومن بين أنواع هذه الصخور صخر الدايوريت .

* النسيج

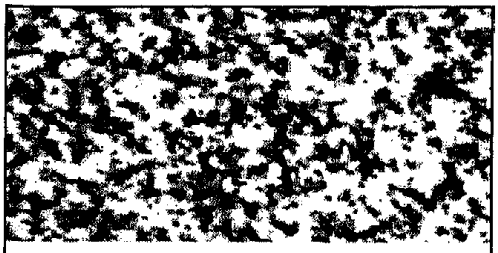
من أهم خصائص الصخور النارية ، وتعبر هذه الخاصية عن درجة تبلر الصخر وشكل بلوراته وعلاقة بعضها بالبعض الآخر . وتدل صفات النسيج على طبيعة المكان الذى تجمد فيه الصهير من حيث العمق على سطح الأرض وسرعة التبريد ، فالصخور

النارية الجوفية العميقة تظهر عادة بنسيج خشن الحبيبات تتميز فيه معادن الصخر المختلفة بأحجامها الكبيرة المتساوية والتى يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة أو بعدسة يد ، وكبر حجم البللورات فى هذا النوع من الصخور يرجع أساسا إلى التبريد البطئ الذى أتاح الفرصة لبللورات الصخر أن تنمو وتكبر .



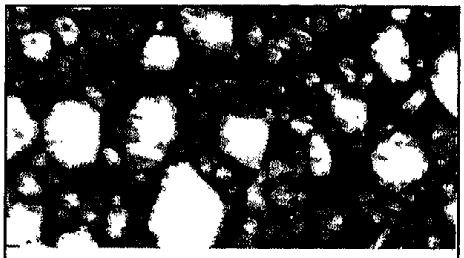
نسيج خشن

أما الصخور الجوفية السطحية فتتميز بالنسيج الدقيق وهو الذى تظهر فيه غالبية معادن الصخر بأحجام صغيرة متساوية بحيث لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر .



نسيج دقيق

وهناك نوع ثالث من النسيج يعرف بالنسيج البورفيرى والذى تتكون فيه بلورات المعادن بأحجام مختلفة منها الكبير ومنها الصغير يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو دقيق لا يمكن تميزه إلا بالمجهر وهذا النسيج يرجع تكونه إلى أن الصهير قد يبدأ فى تصلبه عميقا داخل الأرض ثم يرتفع قريبا من السطح ليبرد بسرعة .



النسيج البورفيرى

وبذلك يكون معدل التبريد فى الحالتين متفاوتا ومن ثم تظهر درجة التبلر فى ثلاثة صور (كبير – صغير – دقيق) أما الصخور السطحية وهى التى تتصلب مصهوراتها فوق سطح الأرض حيث معدلات التبريد الفجائية والسريعة الأمر الذى لا يعطى أى فرصة لبلورات هذه الصخور من أن تكبر وتنمو فهى تظهر بنسيج زجاجى يشبه إلى حد كبير الزجاج عند تصلبه من مصهوره .

نسيج زجاجى

العلاقة بين أنواع الصخور النارية وصهيرها

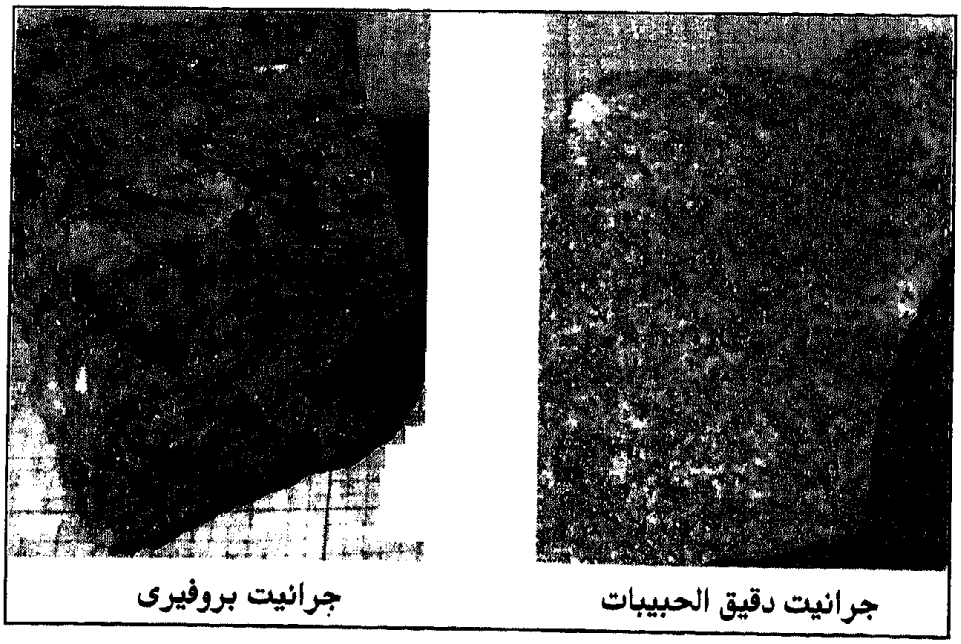
	نوع الصهير		حامضى	متوسط	قاعدى
الصهير	نسبة السيليكا		٧٥٪ – ٦٥٪	٦٥٪ – ٥٥٪	٥٥٪ – ٤٥٪
	نسبة العناصر الأساسية	السيليكون	٨٥٪ – ٦٥٪	٥٠٪	٤٠٪ – ٢٠٪
		الحديد الماغنسيوم	١٥٪ – ٣٥٪	٥٠٪	٦٠٪ – ٨٠٪

	النشأة		النسيج	فاتحة اللون	متوسطة اللون	قاتمة اللون
الصخور		عميق	خشن	جرانيت	دايوريت	جابرو
	جوفية	متوسط	بورفيرى	جرانيت بورفيرى	دايوريت بورقيرى	جابرو
		سطحى	دقيق	دايوريت	انديزيت	بازلت
	سطحية		زجاجى	بوميس (الحجر الخفاف)	انديزيت زجاجى	أوبسيديان

* أهم أنواع الصخور النارية :

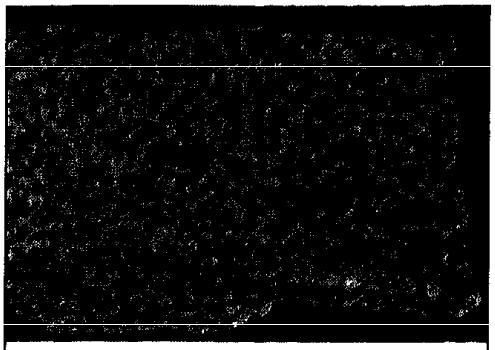
(١) الجرانيت :

صخر فاتح اللون نسيجه إما خشن الحبيبات أو دقيق أو بورفيرى ويتركب أساسا من معدنى الكوارتز والأورثوكليز والميكا وبعض المعادن الإضافية .



جرانيت دقيق الحبيبات — جرانيت بروفيرى

(٢) الدايوريت :



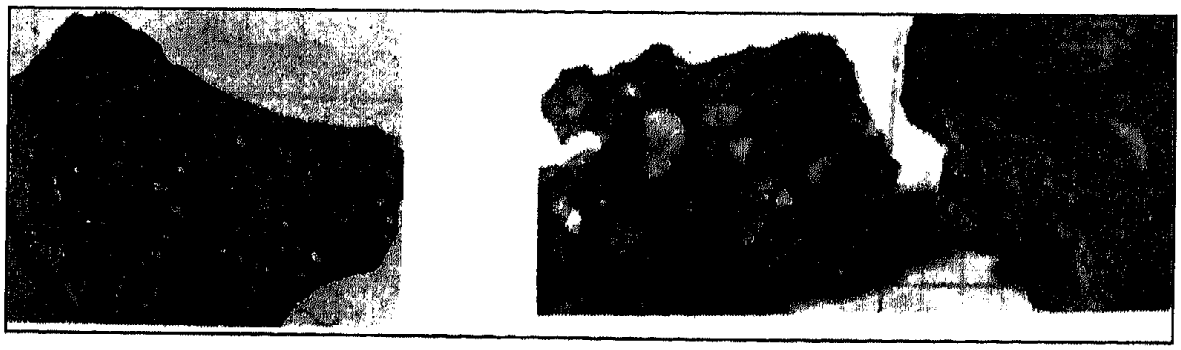
الدايوريت

صخر جوفى سطحى متوسط الحامضية له نسيج منتظم يتألف من معادن البلاجيوكليز والميكا السوداء وبعض معادن الحديد والماغنسيوم ؟ ولذا نجده عادة رماديا أو قاتم اللون .

(٣) البازلت :

أول الصخور النارية التى عرفها الإنسان واستخدمها فى صناعاته وأدواته البدائية ، وهو صخر قاعدى أسود نسيجه إما زجاجى فى حالة تصلبه على سطح الأرض ، أو دقيق الحبيبات إذا ما تصلب فى الأعماق ، وكثيرا ما يحتوى الصخر ثقوب وفجوات ترجع إلى الغازات والأبخرة المنطلقة والتى كانت محبوسة فى الصهير قبل تصلبه وغالبا ما تمتلئ هذه الثقوب برواسب معدنية .

ويعتبر البازلت من أكثر الصخور النارية انتشارا بين صخور القشرة الأرضية وخاصة تحت أحواض البحار والمحيطات . ويستخدم البازلت بصفة أساسية فى أعمال الرصف والبناء .



* الصخور الرسوبية Sedimentary rocks :

يرجع أصل الصخور الرسوبية إلى فتات الصخور والمعادن المختلفة التى تنتج عن تآكل وكسر الصخور المكونة للقشرة الأرضية سواء كانت صخورًا نارية أو متحولة أو رسوبية تكونت فى أزمنة سابقة ، ويرجع تكون الصخور الرسوبية أيضا إلى الترسيب المستمر للمواد التى قد تكون ذائبة فى الماء وذلك بسبب البخر أو نتيجة تفاعلات كيميائية ، وكذلك الترسيب المستمر لهياكل وأجسام الكائنات الحية بعد موتها سواء كانت هذه الكائنات حيوانية أو نباتية . وتقسم الصخور الرسوبية وفقا للمصدر الذى تكونت عنه إلى :

- صخور رسوبية فتاتية .
- صخر رسوبية كيميائية .
- صخور رسوبية عضوية .

* الصخور الرسوبية الفتاتية :

تكونت نتيجة عوامل ميكانيكية بتأثير الرياح والمياه والأمطار والأنهار الجليدية سواء منفردة أو مجتمعة والتى نتج عنها تفتيت وتكسير الصخور التى تشكل سطح القشرة الأرضية وفى نقل هذا الفتات وترسيبه فى مناطق منخفضة تسمى أحواض الترسيب حيث تتراكم بعضها فوق بعض ثم تتحجر وتتصلب مكونة صخورا رسوبية فتاتية ، ويحدث هذا التحجر إما نتيجة أن التراكم المستمر يمثل عامل ضغط يسبب تداخل الفتات بعضا ببعض أو نتيجة مواد لاصقة تتخلل الفتات الصخرى مثل أملاح الحديد والسيليكا وكربونات الكالسيوم والطين التى تسبب التحام الفتات وترابطه .

وتقسم الصخور الفتاتية إلى عدة أنواع حسب حجم حبيباتها ، وتعرف الحبيبات الصخرية وفقا لأحجامها على النحو التالى :

الحبيبات الصخرية	قطر الحبيبة
الجلاميد	أكبر من ٢٥٦ مم
الحصى والزلط	أكبر من ٢ مم
الرمل	أكبر من $\frac{١}{١٦}$ مم
الغرين	أكبر من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم
الطين	أصغر من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم

ومن أهم المعادن المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية الكوارتز والميكا وبعض معادن الحديد .

* الصخور الرسوبية الكيميائية :

عندما تتعرض المحاليل المائية لعمليات البخر والترسيب ، فغالبا ما يحدث الترسيب لما تحمله من أملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم والسيليكا مع بعض الأملاح الأخرى .

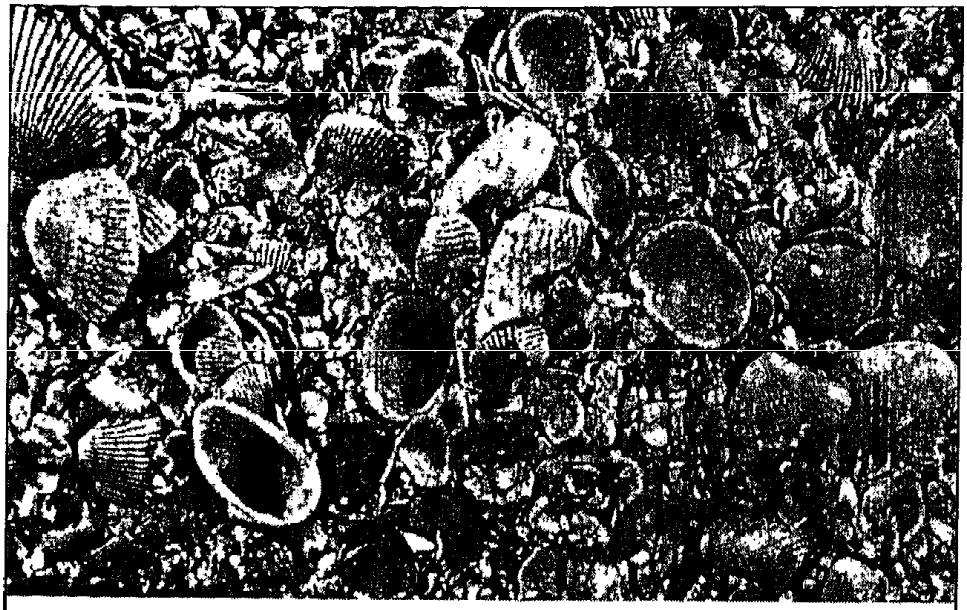
* الصخور الرسوبية العضوية :

هى الصخور التى تتكون نتيجة تراكم الرواسب العضوية سواء كانت حيوانية (بقايا هياكل الحيوانات) أو نباتية بعضها فوق بعض فى أحواض الترسيب ثم ما تلبث أن تتماسك وتتحجر – والصخور الرسوبية العضوية المعروفة تقسم إلى صخور كلسية وسيليكية وصخور فوسفورية وصخور بركانية وذلك حسب تركيبها الكيميائى .

(أ) الصخور الكلسية والسيليكية تتكون من بقايا الكائنات الحية الحيوانية ويغلب على تركيبها كربونات الكالسيوم .

(ب) الصخور الفوسفورية تتكون من الفوسفات الذى ينتج عن تحلل عظام الكائنات الحية الحيوانية .

(جـ) الصخور الكربونية تتكون من عنصر الكربون الناتج من تحلل النباتات القديمة .

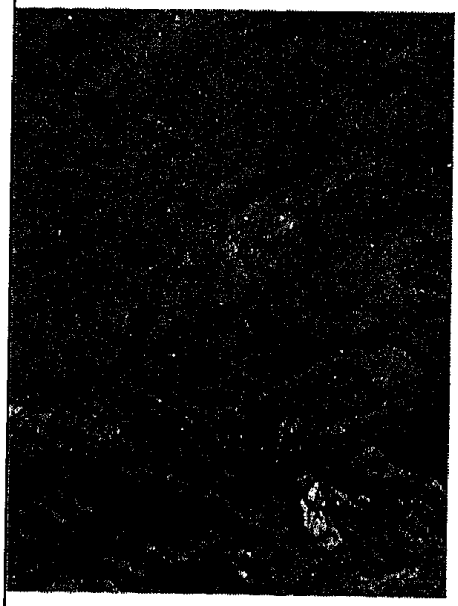


صخر رسوبى عضوى

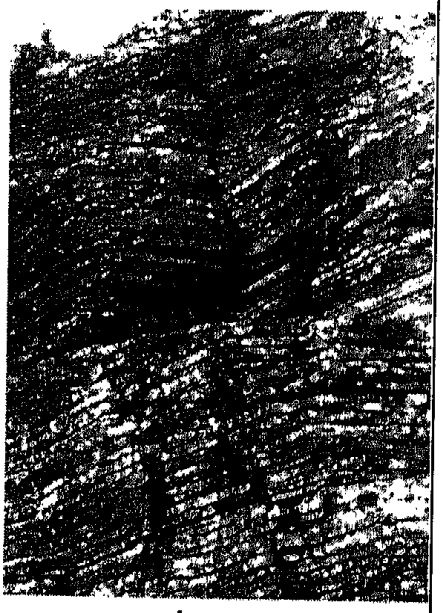
والصخور الرسوبية بأنواعها ذات خصائص كثيرة تميزها منها :

١ – توجد فى الطبيعة على هيئة طبقات يمكن مشاهدتها بسهولة ، وتختلف الطبقات فى السمك واللون وتكون الطبقات أفقية وعند تأثرها بالعوامل الفيزيائية التى تعمل على القشرة الأرضية يصبح بعض منها مائلاً .

الصخور الرسوبية فى طبقات

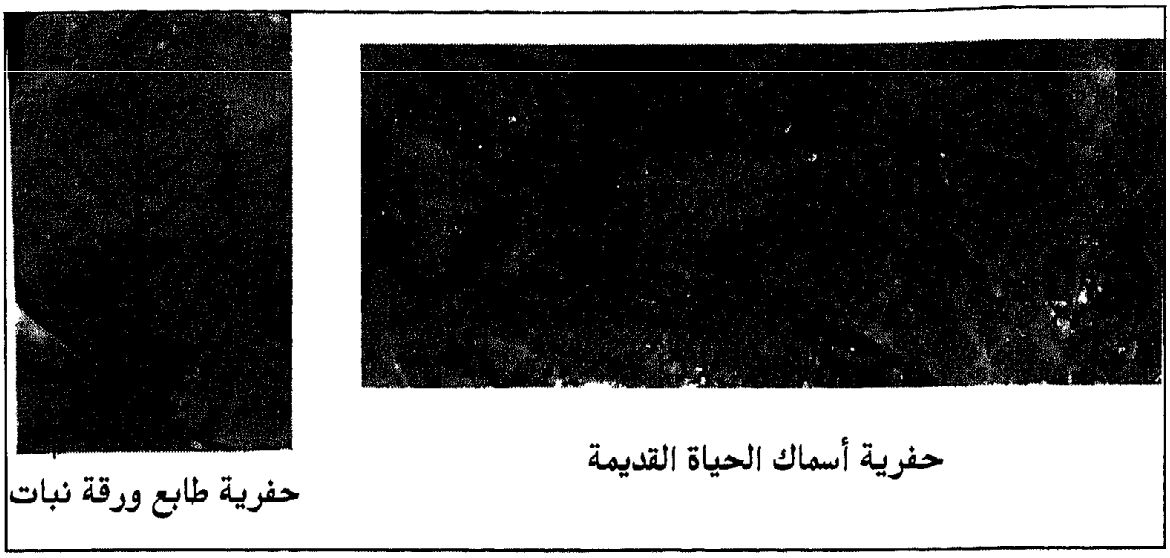


طبقات مائلة



طبقات أفقية

٢ – أغلب الصخور الرسوبية تحتوى على بقايا عضوية حيوانية أو نباتية متحجرة تعرف بالحفريات ، وهذه قد تكون كبيرة الحجم يمكن مشاهدتها فى الصخر بالعين المجردة وقد تكون دقيقة لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر ، ويستعين الجيولوجيون بهذه الحفريات لمعرفة البيئة القديمة والعمر الجيولوجى .



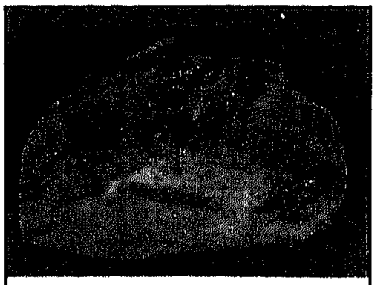
حفرية أسماك الحياة القديمة

حفرية طابع ورقة نبات

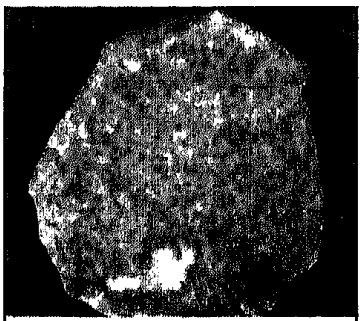
* **أمثلة للصخور الرسوبية :**

١ – **الحجر الرملى** : من الصخور الفتاتية ، ويتركب أساسا من معدن الكوارتز وبعض معادن الحديد ، وينتشر فى مناطق متفرقة من العالم وله أهمية كبرى فى عالم الصناعة حيث يدخل فى صناعة الأسمنت والزجاج وأعمال البناء .

٢ – **الحجر الجيرى** : صخر كيميائى أو عضوى الأصل يتركب من كربونات الكالسيوم ويتم التعرف عليه بتفاعله مع الأحماض الضعيفة ، وتنتشر صخور الحجر الجيرى فى أماكن مختلفة من العالم ويدخل فى أعمال البناء .



الحجر الرملى

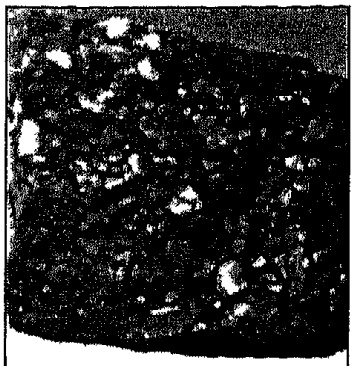


الحجر الجيرى

(٣) الصخور الفوسفاتية : صخور عضوية النشأة غنية بفوسفات الكالسيوم تميل إلى اللون الأصفر أو الرمادى وتستعمل فى صناعة الأسمدة وغيرها من الصناعات الكيميائية الهامة .

(٤) صخر الرصيص وصخر الركام المسنن : من الصخور الفتاتية التى تتركب من الحصى والزلط بأحجام مختلفة ويتميز صخر الرصيص بحبيبات صخرية مستديرة بينما صخر الركام المسنن حبيباته حادة الجوانب وذات حواف مسننة .

الرصيص



الركام

والصخور الرسوبية ذات أهمية اقتصادية كبيرة إذ تتواجد بها خامات النفط والغاز الطبيعى والمياه الجوفية والمعادن الأخرى كما أنها تستخدم فى صناعة مواد البناء بمختلف أنواعها كالأسمنت والبلاط ومواد رصف الطرق وفى صناعة المواد الفخارية وغيرها . ولا تقتصر أهمية الصخور الرسوبية على قيمتها الاقتصادية فحسب بل إنها ذات أهمية علمية إذ أنها تمكن الجيولوجيون من التعرف على الأحداث الجيولوجية .

* الصخور المتحولة Metamorphic Rocks :

الصخور المتحولة هى صخور ذات أصل نارى أو رسوبى وتعرضت فى باطن الأرض إلى درجة حرارة عالية وضغط كبير وتحولت وهى على حالتها الصلبة إلى صخور تتميز عادة بخواص تختلف عن خواص الصخر الأم فهى عادة أشد صلادة وأكثر تبلرا ، وتتوقف درجة صلادة الصخر وتبلره على العوامل الفيزيائية التى تتعرض لها الصخور أثناء عملية التحول .

وإذا كانت عملية التحول تعتمد على **التحول الحرارى** حيث يغلب تأثير الحرارة على تأثير الضغط تكون للصخر صفات وخصائص تختلف عن تلك التى تعتمد على **التحول الديناميكى** ، حيث يغلب تأثير الضغط على تأثير الحرارة ، وقد تتعرض الصخور لعملية **تحول حرارى ديناميكى** حيث يتساوى تأثير كل من الضغط ودرجة الحرارة . وهذا النوع من التحول الصخرى إذا شمل مناطق شاسعة المساحة بالقشرة الأرضية فإنه يصبح معروفا باسم **التحول الاقليمى** ويصبح للصخور المتحولة إقليميا خواص ونسيج يميزها عن غيرها من أنواع الصخور المتحولة الأخرى . وتعتبر عملية التحول الصخرى عملية تحول صخر وهو فى حالته الصلبة إلى صخر من نوع آخر إما بتأثير الحرارة أو الضغط أو كليهما معًا .

وعلى أساس ذلك تقسم الصخور المتحولة إلى :

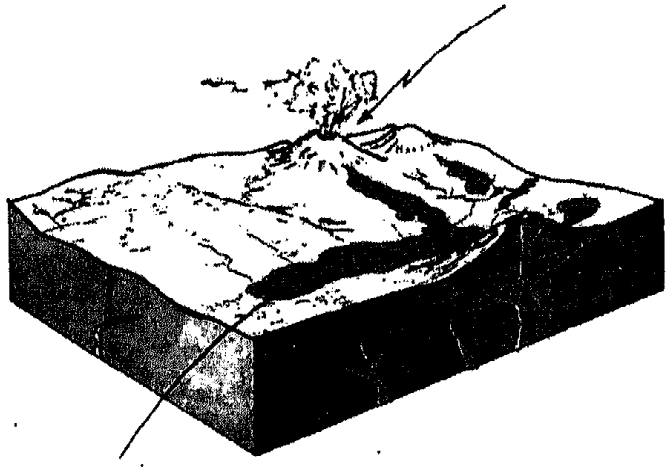
١ – صخور متحولة حراريا .

٢ – صخور متحولة ديناميكيا .

٣ – صخور متحولة حراريا وديناميكيا .

* الصخور المتحولة حراريا :

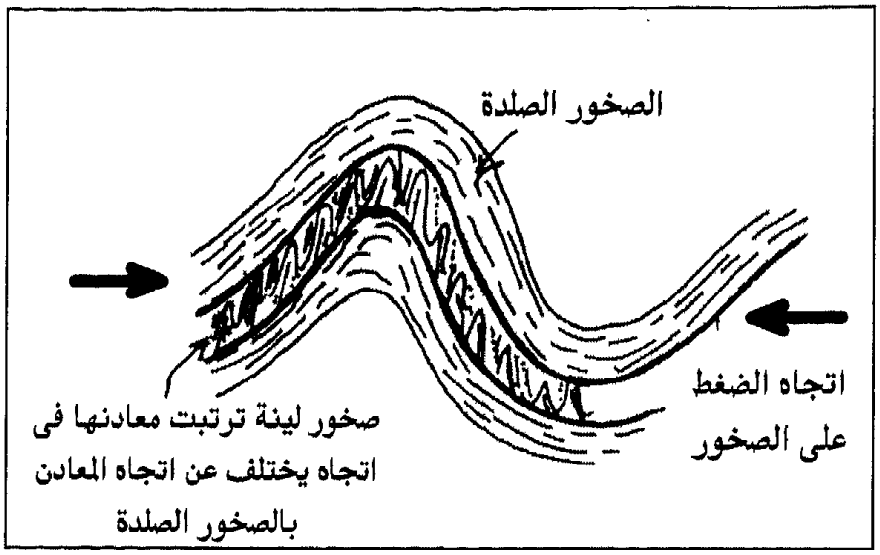
صخور تتحول بالتأثير الحرارى دون أن يكون للضغط تأثير فعال عليها ، ومثل تلك الصخور التى تتكون على جانبى الشقوق والتصدعات لصخور القشرة الأرضية عندما يخترقها الصهير الملتهب أثناء ثوران البراكين تتميز بتكون معادن جديدة (معادن متحولة) ويتميز الصخر بنسيج جديد نتيجة



إعادة تبلر معادنه الأصلية ومن هذه الصخور الرخام (يتحول من الحجر الجيرى) والكوارتزيت (يتحول من الحجر الرملى) .

* الصخور المتحولة ديناميكيا :

تنشأ نتيجة عمليات التحول التى يكون تأثير الضغط فيها فعالاً ومن خصائص هذه الصخور ترتيب المعادن المكونة للصخر فى شكل خاص ومنها صخر الأردواز (متحول من الصخور الطينية) .



* الصخور المتحولة حراريا وديناميكيا :

تنشأ نتيجة التأثير المتساوى لكل من درجة الحرارة والضغط ، وتتميز هذه الصخور بنسيج جديد مميز عن غيره من الأنواع الأخرى ويسمى **بالنسيج الورقى أو الصفائحى** .

نسيج ورقى (صفائحى)

ولذا كثيرا ما تصنف الصخور المتحولة إلى صخور ورقية أو صفائحية مثل الشيست والنيس ، وصخور عديمة التورق أو عديمة الصفائحية مثل الرخام والكوارتزيت .

* أمثلة للصخور المتحولة :

(١) الشيست :

يتألف من معدنى الميكا والكوارتز وبعض المعادن الإضافية مثل التلك وجميعها تترتب أثناء عمليات التحول بنظام واحد يتسبب عنه تكون النسيج الصفائحى .

الشيست

(٢) النيس :

صخر نسيجه يشبه إلى حد كبير نسيج الشيست مع اختلاف واضح فى المساحة التى تترتب فيها معادن الصخر وتشغل معادن النيس مساحة أكثر اتساعًا عن الشيست .

النيس

(٣) الرخام :

صخر متحول من الحجر الجيرى بعد تعرضه لدرجات حرارة عالية ولونه أبيض فى حالته النقية وتكسبه الشوائب ألوانًا مختلفة جذابة .

الرخام

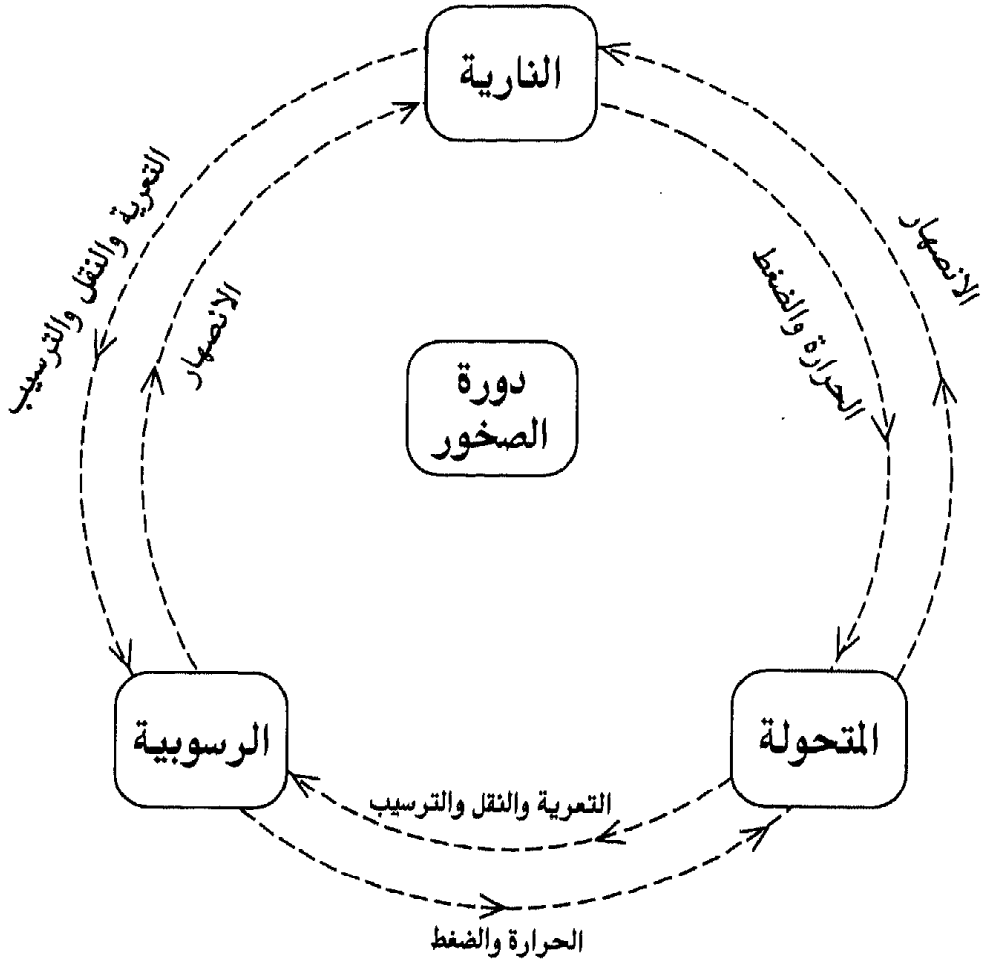
(٤) الكوارتزيت :

يتركب من معدن الكوارتز وينشأ عن صخور رملية غنية بالسيليكا – والصخر شديد الصلادة نظرا لالتحام بللوراته وتماسكها أثناء عمليات التحول .

الكوارتزيت

* دورة الصخور The rock cycle :

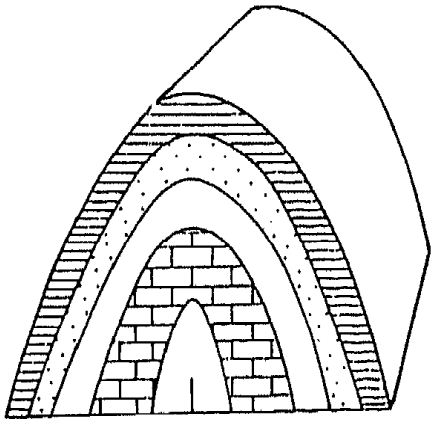
أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة فى دورة واحدة هو العالم الإسكتلندى جيمس هاتون وسمى العلاقة بين أنواع الصخور **بدورة الصخور** وتبدأ الدورة بالصخور النارية ، وهى أول صخور تكونت على سطح الأرض والتى تعرضت للتفتيت بتأثير عوامل الجو من أمطار ورياح وتحولت إلى فتات ينجرف وينقل إلى أحواض الترسيب فى المناطق المختلفة ويترسب فى صورة طبقات أفقية تزداد سمكا مع مرور الوقت وتكون الصخور الرسوبية التى تعرض بعض منها إلى الهبوط إلى أعماق كبيرة فى باطن الأرض وتأثر بدرجة الحرارة المرتفعة والضغط العالى مما أدى إلى تغير نوعية ما تحمله من معادن وتغير نسيج الصخر مكونا صخرا متحولا ، وعندما تتعرض الصخور المتحولة إلى تأثيرات حرارية عالية وضغط مرتفع يصل بها إلى درجة انصهار مكوناتها فإن الصهير بدوره عندما تنخفض درجة الحرارة يتصلب ويتبلر مكونا صخورا نارية جوفية أو يندفع نحو السطح مكونا صخورا نارية بركانية ثم تبدأ دورة جديدة .

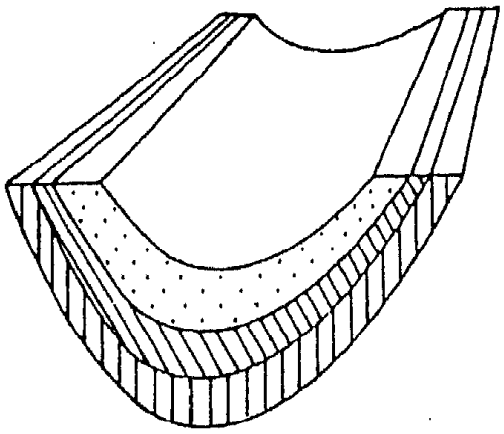


الفصل الخامس

التراكيب الجيولوجية للصخور

* الثنيات .
* الفواصل .
* القباب .
* الطفح البركانى .
* الفوالق .
* السدود القاطعة .
* الباثوليت والستوك .
* أعناق البراكين والمواد المفتتة .



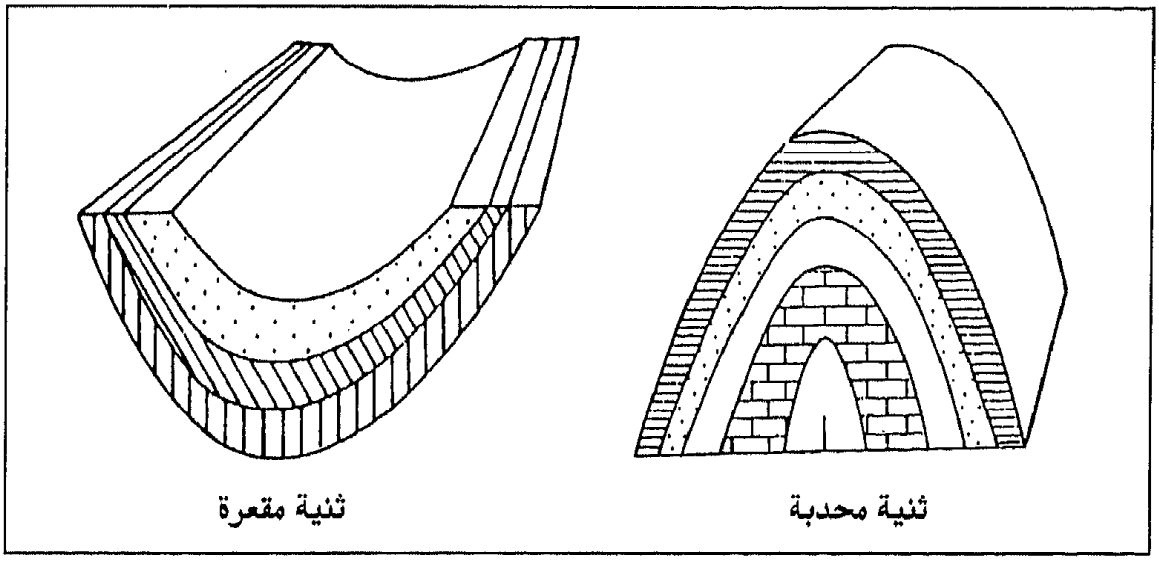


الفصل الخامس : التراكيب الجيولوجية للصخور
Geolgic structures of rocks

تتميز الصخور الرسوبية بأنها تتواجد فى طبقات تختلف فى السمك واللون حسب التركيب المعدنى وحجم الحبيبات والمسامية ونوع المادة اللاحمة ، والطبقات الرسوبية إما أفقية أو مائلة ، ويحدد الميل الزاوية التى تنشأ من تقاطع خط ميل الطبقة مع المستوى الأفقى . وتتابع الطبقات الرسوبية يفيد الدراسات الجيولوجية فى تحديد عمر الصخر عن طريق معرفة معدل الترسيب لنوعية الصخر كما أن أقدم الطبقات الرسوبية تكون فى قاعدة التتابع الطبقى وأحدث الطبقات أعلاها وذلك ما لم تحدث أى حركات أرضية تؤدى إلى تراكيب جيولوجية مثل الثنيات والفوالق والفواصل وتحدث بعض هذه التراكيب الجيولوجية مثل الفواصل والسدود والقباب والطفوح للصخور النارية والصخور المتحولة .

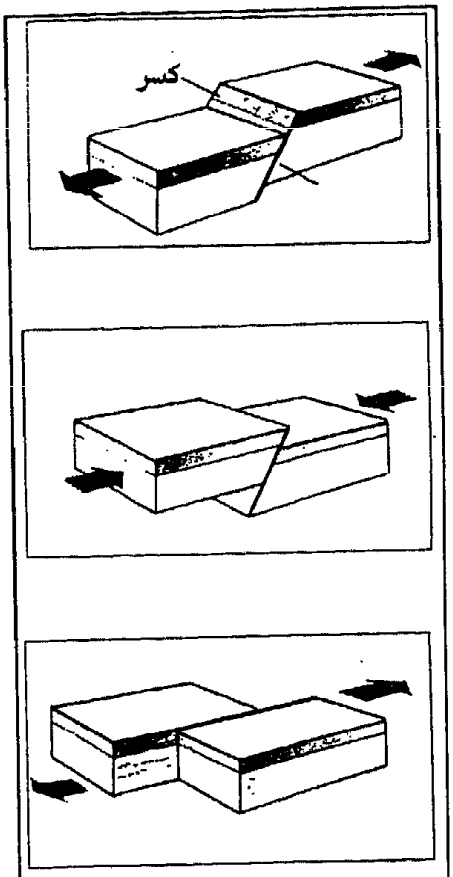
(١) الثنيات Folds :

من التراكيب الهامة فى الصخور الرسوبية ، وترجع أهميتها فى تحديد تواجد زيت البترول والمياه الجوفية والخامات المعدنية ، وقد تكون الثنية محدبة أو مقعرة ، وتتميز الثنية المحدبة بأن الطبقات منحنية إلى أعلى وأقدم الطبقات فى مركز الثنية ، أما الثنية المقعرة فالطبقات تنحنى إلى أسفل وأحدث الطبقات فى المركز .

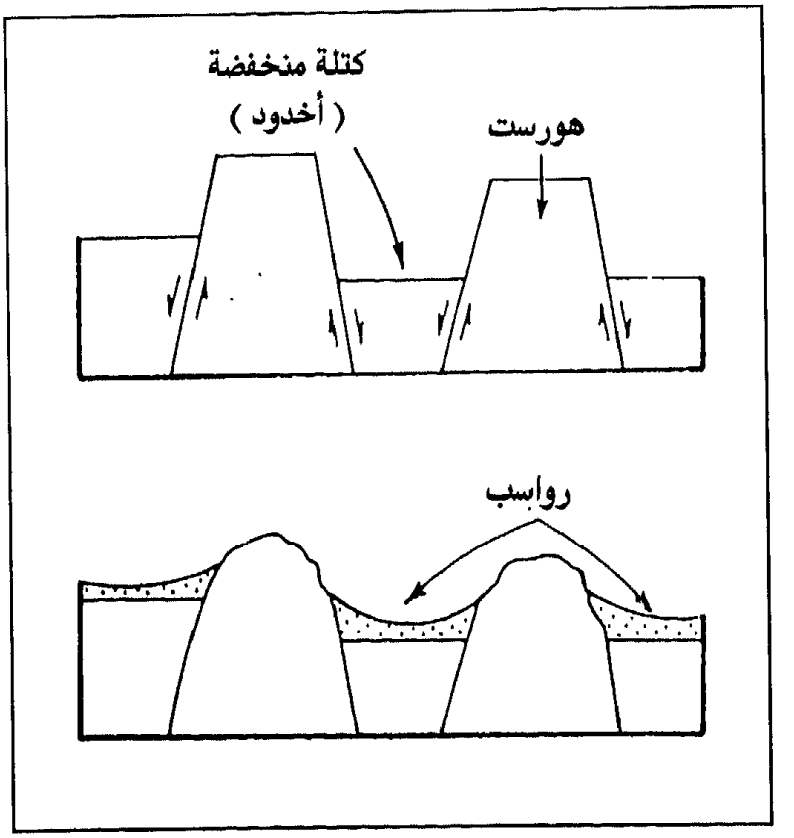


* الفوالق Faults :

تنشأ عن كسر فى كتل صخرية مع انتقال يسبب اختلاف منسوب الطبقات الصخرية على جانبى الفالق ، وقد يكون الفالق عاديا حيث يميل سطح الفالق ، فى اتجاه كتلة الصخر الهابطة ، وقد يكون الفالق معكوسا وفيه يميل الفالق عكس اتجاه الجزء الهابط ، قد تكون الفوالق أفقية أى الزحزحة أفقية وينشأ عن الفوالق أشكال وتراكيب جيولوجية مثل رفع كتل أرضية مكونة بروزا فوق سطح الأرض (الهورست) أو كتل منخفضة عما يحيط بها (الأخدود) .



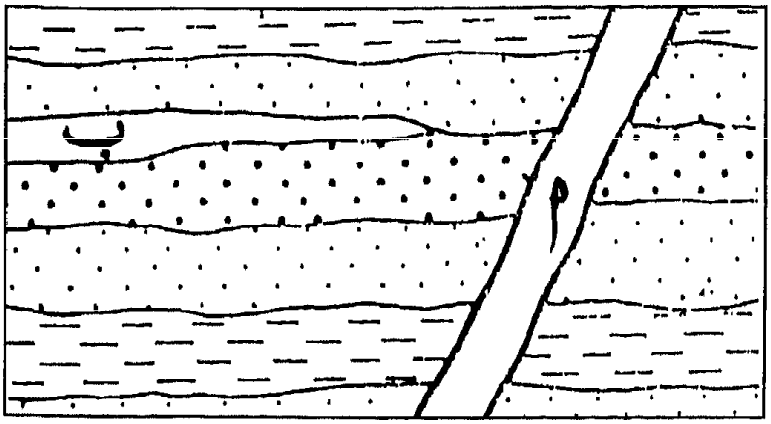
التصدع والانزلاق



* **الفواصل Joints :**

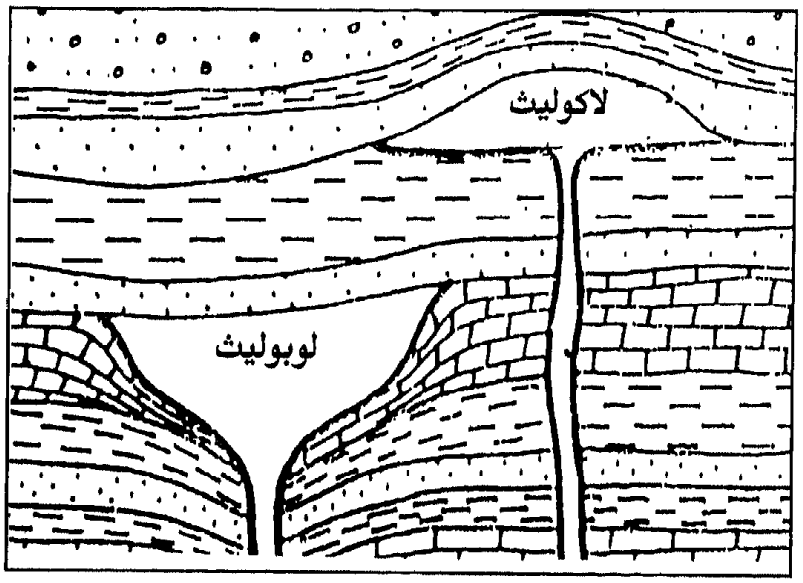
كسور فى أنواع الصخور المختلفة بدون إزاحة وظهور فاصل بين الكتل الصخرية .

* **السدود القاطعة Dykes :**



نتيجة صعود المجما فى شق رأسى وتبرد وتتصلد وتكون سدا قاطعًا رأسيًا (أ) أما إذا سلكت المجما شقا أفقيا فتكون سدًا موازيًا (ب) .

* **القباب Laccoplith :**



تجمع المجما وضغطها على ما يعلوها من الطبقات مكونة شكل قبة Lacolith أو عكس ذلك وتكون شكل طبق Lopolith (قبة مقلوبة) .

* **الباثوليت والستوك Batholith and stocks**

الباثوليت أكبر الصخور النارية المتداخلة وهى تمتد مئات الكيلو مترات ويصل سمكها عدة كيلو مترات ، بينما الستوك صخور نارية متداخلة تأخذ شكلا بيضاويا أو مستديرا على السطح الأفقى .