جامعة جنوب الوادي
قنـــــا
كلية العلوم - قسم الجيولوجيا

محاضرات
فى

الجيولوجيا العامة

الباب الأول
مقدمة

تعريف الجيولوجيا:

الجيولوجيا Geology هو ذلك العلم الذي يبحث فى كل ما يتعلق بالأرض منذ نشأتها أو تكوينها إلى وقتنا الحالي ، وأصل التسمية مأخوذ عن الكلمة اللاتينية حيث يعنى المقطع Geo الأرض بينما كلمة Logus تعنى علم وعلى هذا الأساس تكون التسمية الصحيحة للجيولوجيا باللغة العربية (علم الأرض)

أفرع الجيولوجيا

يبحث علم الجيولوجيا فى عدة أفرع نورد منها: **علم المعادن** Mineralogy ذلك العلم الذي يدرس المعادن من حيث نشأتها وأصل وظروف تكونها وصفاتها، وعلم البلورات Crystallography والصخور Rocks أو ما يعرف باسم علم الصخور"بترولوجيا" Petrology.

ولدراسة الصخور ومكونات الأرض فلابد لنا من دراسة التراكيب الجيولوجية المختلفة بها والأشكال التى توجد عليها ويختص فرع الجيولوجيا التركيبية **Structural Geology** بهذا النوع من الدراسة، أى بدراسة العلاقات البنائية بين الوحدات الصخرية أو التشكيل الحالى للكرة الأرضية وتطوره فى العصور الجيولوجية ،كذلك فهو يدرس كيفية تكوين الجبال والصدوع وتكوين البحار وتوزيعها. ويهتم علم الجيولوجيا الطبيعية بدراسة العوامل الخارجية والداخلية التى تؤثر فى الكرة الأرضية وما يتبعها من عمليات مما

يحدث تغييرات فى الكرة الأرضية تعتبر سجلا هاما فى تاريخها . وهناك علم الطبقات الذى يهتم بدراسة الظروف المختلفة والقوانين التى تتحكم فى تكوين هذه الطبقات وأماكن ترسيبها وعمليات النقل والتفتيت التى مرت بها، ومن هنا جاء الاهتمام بعلم الترسيب أو الرسوبيات Sedimentology الذى يهتم بدراسة البيئات التى تترسب فيها الرواسب المختلفة من قارية وبحرية ونهرية وهى التى تتكون فيها الطبقات فيما بعد.

أما علم الحفريات Paleontology فقد أهتم بدراسة بقايا الحيوانات والنباتات التى عاشت فى الأزمنة الجيولوجية الماضية وعادة ما تكون مميزة للبيئة التى عاشت فيها، وقد استخدمت دراسة الطبقات ونوع صخورها وترتيبها منذ أقدم العصور إلى الآن فى وضع تقويم زمني للأرض وتقسيمه إلى أحقاب وعصور وعهود مختلفة ومن هنا نشأ فرع آخر عرف بعلم الجيولوجيا التاريخية Historical Geology ويهتم هذا العلم إضافة لذلك بالأحوال الجغرافية المختلفة التى كانت سائدة فى كل عصر بوجه عام وتوزيع اليابس والماء فى كل منها بوجه خاص. وبمضى الوقت ومحاولة العلماء الجادة فى الاستفادة من الثروات المعدنية نشأ علم الجيولوجيا الاقتصادية Economic Geology وجيولوجيا المناجم Mining Geology ، جيولوجيا البترول Petroleum Geology، الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology ، جيولوجيا المياه الجوفية Hydrogeology.

ويمكن تلخيص أفرع علم الجيولوجيا كالآتي:

١. العلوم الخاصة بمكونات القشرة الأرضية

١. علم البلورات Crystallography

٢. علم المعادن Mineralogy

٣. **الجيوكيمياء Geochemistry**

٤. علم الصخور Petrology ويشتمل على:

ا. علم وصف الصخور Petrography

ب. نشأة الصخور Petrogenesis

٢. العلوم الخاصة بالتراكيب الجيولوجية المكونة للقشرة الأرضية

١. علم الجيولوجيا التركيبية Structural Geology

٢. علم الحركات الأرضية أو التكتونية Geotectonics

٣. العلوم الخاصة بتاريخ تطور القشرة الأرضية

١. علم الطبقات Stratigraphy

٢. علم البيئة القديمة Paleoecology

٣. علم الجغرافيا القديمة Paleogeography

٤. الجيولوجيا التاريخية Historical Geology

٤. العلوم الخاصة بدراسة تضاريس سطح القشرة الأرضية

١. علم الجيومورفولوجيا Geomorphology

٢. علم المساحة Surveying

٣. الجيولوجيا الفيزيائية Physical Geology

٥. الجيولوجيا التطبيقية Applied Geology

١. الجيولوجيا الاقتصادية Economic Geology

٢. جيولوجيا النفط Petroleum Geology

٣. جيولوجيا المياه Hydrogeology

٤.جيولوجيا المناجم Mining Geology

٥. الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology

ومن علوم الأرض Earth Sciences

علم الزلازل Seismology

علم البراكين Volcanology

علوم البحار Oceanography وجيولوجيا البحار Marine Geology

علم الأرصاد الجوية Meteorology وعلم المناخات Climatology

وعلم الجغرافيا النباتية Vegetal Biogeography

الجيولوجيا الكونية Cosmic Geology وعلم الكواكب Planetology علم الفلك Astronomy

مقدمة عن تاريخ علوم الأرض

هناك فرق كبير بين تاريخ الأرض وتاريخ علوم الأرض فتاريخ الأرض نعنى به متى تكونت الأرض وما هى نظريات تكونها ويرجع كثير من العلماء تاريخ الأرض وتكونها إلى ما يقرب من ٤.٦ بليون

سنة مضت والخلاف والجدل يكثر هنا إذ أن التقدير نسبى ويعتمد عادة على استخدام النظائر المشعة أما علوم الأرض فهى من العلوم الحديثة نسبياً فلا تكاد تتعدى قرنين من الزمان ونقدم هنا نبذة موجزة كيف بدأت علوم الأرض:

أبراهام جوتلوب فيرنر

كان الرجل الذى عرف كيف تكونت الصخور ألمانياً وكان اسمه أبراهام جوتلوب فيرنر، كان الأستاذ فيرنر يعرف فعلاً الكثير عن الصخور لقد شب فى منطقة قديمة للمناجم حيث كان عمل كل شخص استخراج المواد المختلفة من الصخور. وربما كان أول شيء تعلمه فيرنر أن هذه المواد تسمى معادن، وكثيراً ما كان فيرنر ينزل إلى المناجم ليبحث عن المعادن النادرة فى فجوات الصخور وعندما أكمل دراسته وأصبح مدرساً فى أكاديمية فرايبورج كان قد كون فى ذهنه نظرية.

لقد كانت مادة تخصصه المعادن والمناجم. ولم يكن فى العالم أحد يعرف مقدار ما كان يعرفه عن هذه الأشياء، لذلك توافد الطلاب من أطراف العالم المتحضر إلى قاعة دروسه. وأولئك لم يكونوا من الشبان فقط ، فقد كان الكثير منهم علماء مشهورين . وكثير منهم كانوا من ذوى المناصب (والحيثيات) الهامة. لقد تركوا كل شيء وكرسوا وقتهم لدراسة اللغة الألمانية حتى يتمكنوا من فهم ما يقول.

لقد أجمع الجميع على أن فيرنر كان مدرساً مدهشاً. فعندما كان يستخرج العينات من مجموعته ويتكلم عنها كان كل إنسان يريد أن يكون له مجموعة هو الآخر. كلهم كانوا يريدون الطواف حول العالم بحثاً عن المعادن الجديدة. ولكن الشيء الذى استحوذ على اهتمامهم أكثر ما كان يقوله الأستاذ فيرنر عن كيفية تكون الصخور. وكان عادة فيرنر أن يقول " افتح عينيك وانظر حولك ، فستقول لك الصخور نفسها إنها لم تتكون فجأة- كلها فى وقت واحد" " والآن ماذا تقول لو صادفت صفاً من الكتب مرتباً بهذا النظام؟ ستقول طبعاً إن الكتاب الذى عند القاعدة قد وضع أولاً، وإن الكتاب الذى عند القمة قد وضع أخيراً، وهكذا الحال فى الصخور. إن النطاق الخارجى من الأرض والذى نسميه بالقشرة قد بنى بالتدرج طبقة طبقة . لقد تكونت أسفل طبقاته أولاً وأعلاها أخيراً" .

نظرية المحيط الطينى

أفترض الأستاذ فيرنر " فى وقت ما كان يغلف الأرض كلها محيط جبار تستقر فى باطنه القارات على عمق أميال عديدة، وكلن ذلك المحيط يغمر قمم أعلى الجبال، وكانت مياهه مختلطة بالطين وغليظة القوام، وأن الصخور التى تكون قشرة الأرض كانت كلها فى ذلك الحين جزءاً من ذلك المحيط. لقد كانت فى صورة جسيمات مفككة مختلطة بالماء أو ذائبة فيه" ثم أضاف فيرنر "ومع مرور الزمن ترسبت هذه المادة الصلبة من الماء. وكانت الجسيمات الجرانيتية

أثقلها ولذلك ترسبت أولا. وغلفت لب الأرض كله بإحكام تماماً كما تغلف البصلة قشرتها، وبعد وقت ترسبت الجسيمات التى تقل كثافة عن الجرانيت مباشرة. وهى الأخرى كونت طبقة محكمة حول الأرض كلها. وكون كل نوع من الجسيمات طبقة مختلفة. وهكذا تكونت كل الصخور فى قشرة الأرض".

وكان الجميع يصدقون أن محيطاً جباراً من الطين كان يغلف الأرض كلها فيما مضى من الأزمان وكانوا يقولون " نعم بالتأكيد، إنها نظرية سليمة، أنها تفسر الحقائق، فالصخور المختلفة تستقر فعلاً فى طبقات، وعندما تحفر متعمقاً فى الأرض فإنك تجد تحت كل الأنواع الأخرى من الصخور صخر الجرانيت. لابد أن الأشياء قد حدثت كما يقول الأستاذ فيرنر بالضبط".

نظرية جيمس هاتون

كان جيمس هاتون طبيباً إسكتلنديا اشتغل بالزراعة راقب طويلاً ما يفعله المطر والريح والصقيع ثم تأمل يسأل نفسه " لماذا نفترض أنه فى الأزمان البعيدة كان سلوك الطبيعة مختلفاً عن سلوكها الآن؟ لماذا نتخيل أنها كانت تعمل بقوى غير التى تستعملها الآن؟".

كان جيمس هاتون يرى ماء المطر فى الربيع يكون غديراً صغيراً ينحدر فوق جانب تل عار، ويزيل الغدير الغير بعض التربة، مكوناً مجرى عميقاً ضيقاً. وكان يرى المجرى يكبر عاماً بعد عام. وقال هاتون لنفسه لابد أن هذه بالضبط هى الطريقة التى تتكون بها الوديان

التى تفصل بين الجبال العالية. إن الأنهار هى التى تحفرها. أليس الناس يقولون إن الماء سيبلى أقسى الصخور؟ إن الماء يمكنه أن يبلى حتى جانب جبل بأسره لو أتيح له الوقت الكافى. وتذكر هاتون خانقاً عميقاً شديد الانحدار شاهده بين جبلين، وكان كل الناس يعتقدون أن حادثاً مروعاً فلق الجبل فصار جبلين. ولكن هاتون قال " لسنا فى حاجة إلى أن نتخيل حادثاً مروعاً يفسر وجود الخانق. **إن الحاضر مفتاح الماضى**. فلو أننا راقبنا جدولاً يحفر له مجرى الآن لأمكننا أن نفهم كيف تكون الخانق فى الماضى البعيد".

وقد عرف هاتون أن الصخور المنصهرة الحارة تندفع فى الوقت الحاضر من أفواه البراكين. ولذلك كان يعتقد أن الجرانيت تكون بطريقة مشابهة- أى بالحرارة العظيمة فى باطن الأرض. ولكن كيف يمكنه أن يثبت ذلك ؟؟

فى يوم من الأيام كان هاتون فى رحلة استكشافية للصخور فى "جلين تلت" إلى الشمال من أدنبرة، صادف الدليل الذى يريده. لقد كان أمامه جانب عار لأحد التلال تظهر عليه أنواع عديدة من الصخور ففى أسفل التل كانت كتلة من الجرانيت الأحمر. وفوق الجرانيت كانت هناك طبقات من الحجر الجيرى والصخور الأخرى. وفى الحجر الجيرى والصخور الأخرى كانت هناك شقوق عريضة ممتلئة بالجرانيت الأحمر.

ما معنى تلك الشقوق الممتلئة بالجرانيت؟؟

ما كانت تعنى إلا شيئاً واحداً وهو أن الجرانيت قد انساب من الكتلة السفلى مندفعاً إلى أعلى فملأ الشقوق فى الصخور التى تعلوه. ولكن كيف ينساب جسم صلب ؟ إذن لابد أن ذلك الجرانيت كان يوماً ما فى الحالة السائلة. وهكذا تمكن هاتون من أن يرى المواضع التى حمصها أو حرقها الجرانيت فى الصخور الملامسة له. وهكذا أمكن لهاتون أن يفسر تكون الصخور لقد تكون بعضها بالحرارة فى باطن الأرض والبعض الآخر تفتت من بلى الصخور الأخرى ولسنا فى حاجة إلى فرض وجود محيط ملئ بالطين كما اعتقد فيرنر.

النظريات المفسرة لنشأة الارض

وضعت عدة نظريات محاولة تفسير نشوء الارض ولكن لم يفز اى منها بموافقة جميع العلماء واحق هذه النظريات بالتامل هما النظرية السديمية ونظرية الكويكبات.

١- النظرية السديمية Nebular hypothesis

قام العالم ايمانيويل كانت فى ١٧٥٥ باول خطوة فى سبيل تفسير نشاة الارض، واتى بعده طائفة من العلماء من اهمهم العالم لابلاس حيث انهم حوروا افكاره وعززوها بادلة علمية وجعلوا منها ما يعرف بالنظرية السديمية.

وتفترض هذه النظرية ان كل كواكب المجموعة الشمسية كانت متحدة فى كتلة غازية كروية كبيرة على درجة كبيرة جدا من

الحرارة وفى حركة دائرية مستمرة وممتدة الى ابعد من مدار اقصى الكواكب. ثم بدات هذه الكتلة فى الانكماش بعد ما فقدت جزءا من حرارتها بالاشعاع وتبع ذالك زيادة سرعة حركتها الدائرية. وافترض لابلاس بعدئذ انفصال حلقة غازية من الكتلة الدائرية عندما تعادلت عجلة الابتعاد عن المركز مع قو الجذب ناحية المركز.

وباستمرار انكماش هذه الكتلة الغازية وازدياد سرعة دورنها تبعا لذالك استمر انفصال الحلقات واحدة بعد الاخرى حتى بلغ عددها تسع وكونت كل حلقة من هذه الحلقات المنفصلة كوكبا يدور فى مدار دائرى حول الجسم المركزى او الشمس. ثم استمر انكماش الكواكب نفسها بعد ذلك فانفصلت منها حلقة او اكثر مكونة توابع Satellites لهذه الكواكب. وتكاثفت الغازات الحارة التى كانت تكون الارض او ايا من الكواكب الاخرى فى اطوارها الاولى الى سوائل اخذت تبرد تدريجيا من السطح مكونة قشرة يابسة. وبفعل الضغط الشديد الواقع عليها اصبحت الاجزاء الداخلية لهذه الكواكب صلبة كذلك ، بينما ظلت المنطقة الوسطى بين القشرة السطحية الصلبة والجزء المركزى الصلب فى حالة نصف سائلة ولكنها مالبثت ان تجمدت كذلك.

٢- نظرية الكويكبات

وضع هذه النظرية الجيواوحى تشيمبرلين والفلكى مولتون. وتقول هذه النظرية ان نجما مر قرب الشمس منذ عدة بلايين من السينين وكان يسير بسرعة فائقة فلما وصل فى مداره لأقرب نقطة

من الشمس وكان ذلك غالبا فى نطاق المجموعة الشمسية الحالية ، ونظرا لكتلة هذا النجم الزائرالضخمة وحالة الشمس السائلة تكون مدان كبيران على سطح الشمس احدهما فى ناحية النجم الزائر والأخر فى الناحية المضادة ، هذا علاوة على ان الشمس فى ذلك الوقت كانت معرضة لقوى قذافة مثل القوى الحالية التى تقذف بمواد من سطح الشمس لمسافات مئات آلاف الكيلومترات وبلغت هذه الانفجارات اشدها واعنفها فى اتجاهات الانتفاخات المدية المشار اليها. عددا كبيرا من الكتل ذات احجام وسرعات مختلفة قد قذفت من الشمس اثناء الوقت الذى استمر فيه النجم الزائر فى جوار الشمس فالكتل التى قذفت بسرعات خفيفة سقطت ثانية على سطح الشمس وتلك التى قذفت بسرعات كبيرة اخذت تدور حول الشمس فى مدارلت اهيليجية ، اما التى قذفت بسرعات كبيرة جدا فربما وصلت الى النجم الزائر او انها فقدت فى الفضاء ، ولكن اغلب هذه الكتل المقذوفة كان صغيرا فبرد بسرعة الى الحالة الصلبة وحيث انها استمرت تدور حول الشمس مثل الكواكب الصغيرة فقد سميت بالكويكبات. واخذت هذه الكتل الصغيرة او الكويكبات فى الكبر تدريجيا باكتساحها للكويكبات الاخرى التى قابلتها فى مدارها.

ويمكن تصوير بداية تاريخ الكرة الارضية على اساس ان كتلة انفصلت من الشمس عند مرور النجم الزائر وكانت هذه الكتلة فى بداية تطورها غازية او حشد كثيف من اجسام سائلة وصلبة تكثفت

من بعض المواد الشمسية المقذوفة ، ثم تركز هذا الحشد الكثيف فى كتلة مستمرة وذلك باصطدام اجزاء هذا الحشد بعضها ببعض وتلاشى طاقتها الكامنة وترسبها نحو المركز. ثم اخذت الارض تنمو بتجميع كويكبات جديدة معها ونتج عن ذلك ازدياد قوة الجاذبية والضغط الداخلى وانطلاق حرارة شديدة فانطلقت الغازات مثل بخار الماء ةالاكسجين وكونت غلاف غازيا تكاثف ليتكون الغلاف المائى. وبرد سطح الارض وتجعد وتكونت به منخفضات واسعة امتلات بالمياه المتكاثفة من بخار الماء ونشأت بذلك المحيطات والبحار والبحيرات.

الأجزاء الرئيسية للأرض

هناك تقسيمين عموديين للأرض، الأول يعتمد على المكونات الكيميائية والثاني يعتمد على الخصائص الفيزيائي. وفى ما يلى التركيب الداخلي للأرض اعتماداً على المكونات الكيميائية:

تُقسم الأرض اعتماداً على تركيبها الكيميائي (Chemical Composition) أو مكوناتها المعدنية إلى ثلاث أغلفة رئيسة هي (من الخارج إلى الداخل):

القشرة (Crust)

هي الجزء الخارجي القاسي من الأرض الذي يتألف من عناصر مختلفة تشكل الصخور التي لا تختلف كثيراً فيما بينها في الخصائص الفيزيائية أو الميكانيكية. والقشرة تكون (٢ %) من حجم الأرض

و(٢ %) من كتلة الأرض. ٨ عناصر تشكل ٩٨% من كتلتها: الاكسجين ٤٦.٦% ثم السلكون، الومنيوم، حديد، كالسيوم، صوديوم، بوتاسيوم، ماغنيسيوم ، و تكون على هيئة معادن. والقشرة الأرضية تتكون من جزأين هما: القشرة القارية (Continental crust) قد يصل الى سمكها (٧٥ كم)، وهي تتكون من صخور جرانيتية (Granitic Rocks) كثافتها حوالي (٢.٧ جم/ سم^{٣})، وهي معرضة إلى التشويه بشكل كبير وتحتوي على صخور يصل عمر أقدمها إلى (٣٨٠٠ بليون سنة). بينما القشرة المحيطية (Oceanic crust) يصل سمكها إلى (١٠ كم)، وهي تتكون من صخور بركانية تدعى البازلت (Basalt) كثافتها (٣ جم/سم^{٣})، وهي بصورة عامة غير متعرضة للتشويه بواسطة عملية الطي، وهي احدث عمراً إذ يصل عمر أقدمها إلى (٢٠٠ مليون سنة). هذه الاختلافات بين القشرتين القارية والمحيطية ضرورية جداً لفهم الأرض.

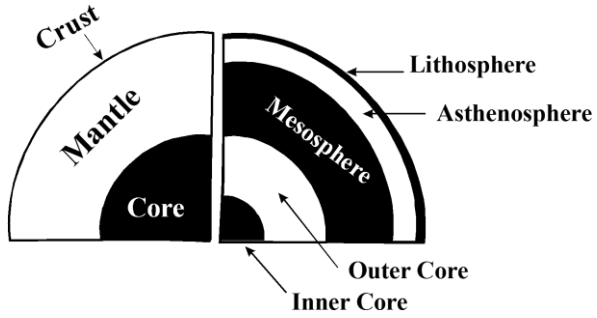
الوشاح (Mantle)

وهو الغلاف الثاني في الأرض، يبلغ سمكه حوالي (٢٩٠٠ كم) وهو يكون الجزء الأكبر من الأرض، إذ انه يشكل (٨٢ %) من حجم الأرض و (٦٨ %) من كتلة الأرض. يتكون الوشاح من الصخور السليكاتية (Silicate Rocks) التي تتكون من السيليكون والأوكسجين (SiO_4) وكذلك يحتوي على الحديد والمغنيسيوم. أجزاء من الوشاح تظهر على سطح الأرض بواسطة الانفجارات البركانية.

وبسبب ضغط الطبقات الصخرية العليا فان الكثافة تزداد مع العمق من (٣.٢ جم/ سم^{٣}) في الجزء العلوي من الوشاح إلى (٥ جم/سم^{٣}) بالقرب من حافته مع اللب.

اللب (Core)

هو الجزء المركزي من الأرض الذي يمتد من عمق (٢٩٠٠ – ٦٣٧٠ كم) أي إلى مركز الكرة الأرضية. كثافته تزداد مع العمق ولكن معدلها حوالي (١٠.٨ جم/ سم^{٣}). يشكل اللب (١٦ %) فقط من حجم الأرض ولكنه يشكل (٣٠ %) من كتلة الأرض وذلك بسبب كثافته العالية. الأدلة غير المباشرة تشير إلى أن اللب يتكون بصورة رئيسية من فلز الحديد، لذلك فانه يختلف عن الوشاح المكون من المواد السيليكاتية.



الشكل (١): تقسيمات الأرض الداخلية اعتماداً على الخصائص الفيزيائية والخصائص الكيميائية

الاغلفة غير الصلبة للارض

١- الغلاف الجوى Atmosphere

يحيط هذا الغلاف احاطة كاملة بالارض ويمتد على الاقل الى ٢٥٠ ميلا من سطح الارض ، تقل كثافة هذا الغلاف كلما ابتعدنا عن سطح الارض ويبلغ ضغطه عند سطح البحر ١٤,٧ رطل على البوصة المربعة.

يعتبر الهواء الموجود فى هذا الغلاف خليط من النيتروجين والأكسجين بنسبة ٤ الى ١ تقريبا كما ان هذا الغلاف يحتوى على كميات صغيرة من الأرجون والأمونيا وبخار الماء وثانى اكسيد الكربون وغازات كبريتية .. الخ

تنقسم الطبقة الهوائية على ارتفاع ثمانية أميال من سطح الارض الى قسمين لكل قسم خواصه التى تختلف عن القسم الاخر، ويسمى القسم الأدنى التروبوسفير Troposphere والقسم الاعلى ستراتوسفير Stratosphere ولا نجد فى فى هذا الاخير دوامات هوائية او بخار ماء او سحب او تغيرات بيئية كما هو الحال فى طبقات التروبوسفير. ومن المهم ان نلاحظ ان التغير فى درجات الحرارة من مكان الى اخر هو سبب الرياح التى توجد فى طبقة التروبوسفير ، وخلال عملية التجوية يتفاعل الهواء كيميائيا مع الصخور مكونا مركبات جديد . وكذلك التغير فى درجات الحرارة يسبب للصخور التشقق والتفتت ونجد ان الرياح ما هى الا هواء متحرك تبرى وتنقل الصخور المفتتة وتخلق موجات وتيارات فى مياه المحيطا.

والدور الذى يلعبه الغلاف الهوائى فى حدوث المطر والبرد لا يحتاج لأيضاح وكذلك دور هذا الغلاف فى سريان ضوء الشمس بواسطة الانعكاسات على حبيبات الاتربة العالقة فى الهواء ، ونجد ان الأكسجين وثانى اكسيد الكربون وبخار الماء الموجود فى الغلاف الهوائى من ضرويات الحياة على سطح الارض.

ولقد كان تركيب الغلاف الهوائى وخاصة نسبة الأكسيجين وثانى اكسيد الكربون فى العصور الجيولوجية القديمة مختلفا عن تركيبة الحالى كما يبدو من النسبة العالية للأكسيجين فى تركيب صخور القشرة الأرضية وكذلك من الرواسب الفحمية الكثيرة التى تكونت من النباتات الكثيفة التى كانت منتشرة فى تلك الأزمنة فى كثير من أنحاء الأرض.

٢- الغلاف المائي Hydrosphere

يغطى هذا الغلاف حوالى ثلاثة ارباع سطح الكرة الارضي. يشمل هذا الغلاف المحيطات – البحار – البحيرات – الانهار – كل مجارى المياه السطحية وكذلك الموجودة تحت سطح الارض وهى التى تملأ الفرغات الموجودة بين الحبيبات الصخرية والشقوق وذلك لمئات او آلاف الأقدام تحت السطح.

يختلف عمق هذا الغلاف من مكان الى اخر فهو قد يصل الى ٣٥ الف قدم فى اعمق الأجزاء. وتوجد اعمق الاماكن على شكل احواض ضيقة تعرف بالاعماق وتقع فى اغلب الاحوال وخاصة فى

المحيطين الهادى والهندى قريبة من القارات او حول اقواس الجزر مما يدل على انها قد تكونت حديثا وإلا لكانت امتلات بالرواسب المفتتة من الاراضى القارية.

يحتوى ماء البحر على كميات متباينة من املاح المذابة وتقدر نسبتها بحوالى ٣٤,١٤ فى الالف وهذه الاملاح هى كلوريد الصديوم وكبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم ... الخ ولكربونات الكالسيوم الموجودة فى ماء البحر اهمية جيولوجية خاصة فتستعملها الحيوانات البحرية لبناء قشورها او هياكلها وهذه بدورها تعمل على بناء الطبقات الرسوبية بترسيبها وتجمعها بعد موتها فوق بعضها فى قاع البحر او المحيط

وللبحار اهمية جيولوجية بالغة فى كونها عوامل للبناء والهدم كذلك ومن امثلة ادوار البحار البنائية تكوين ما يعرف بالدلتا والالسنة الرملية وذلك من الحصى والرمل والطين الذى تحملة الانهار الى البحار عند مصباتها او نتجة لترسيب وتجميع قشور وهياكل الحيوانات البحرية بعد موتها.

اما الدور الهدمى للغلاف المائى على الغلاف الصخرى بسبب النظام المعقد لسريان المياه نتجة عن عدم انتظام الحرارة وكذلك التيارات المتسببة عن الرياح والاختلاف فى درجة الملوحة وغيرها وتحمل الانهار والروافد كميات لا حصر لها من الصخور المفتتة كل عام الى البحار والمحيطات والبحيرات حيث تترسب هذه

الرسوبيات مع بقايا الكائنات الحية وتتحمد على هيئة صخور رسوبية من مختلف الانواع. ومعظم الصخور الرسوبية التى نراها الان فوق سطح البحر والتى نتعرف عليها بما تحتوى عليه من حفريات الكائنات الحية البحرية قد ترسبت تحت سطح البحر وانحسر عنها البحر او ظهرت هى فوق سطح البحر فتجمدت وتصلبت وظهرت فى الصورة التى نرها بها الان.

٣ - الغلاف الحيوى او البيولوجى Biosphere

قد لا تكتمل الصورة عن مكونات الارض دون التحدث عن ذلك الغلاف الذى تعيش فيه الكائنات الحية سواء كانت نباتا او حيوانا. ورغم ان هذا الغلاف له خواصه المميزه الا انه يتداخل مع جميع الاغلفة الاخرى فيما عدا الاجزاء المركزية من الارض. ويشمل هذا الغلاف معظم الغلاف المائى والغلاف الهوائى والجزء البسيط من الغلاف الصخرى الذى توجد به الكائنات الحية. واهمية هذا الغلاف تتقتصر على التاثيرات البيولوجية والتفاعلات التى تقوم بها الكائنات الحية سواء كانت نباتا او حيوانا على القشرة الارضية. يعتبر هذا الغلاف موضع الحياة العضوية من الارض.

وهو من العوامل المؤثرة فى التغيرات المختلفة التى تحدث فى اجزاء الارض القريبة من السطح ، فالكائنات الحية تتلف وتغير الصخور والمعادن التى تكونت من قبل معطية بذلك مركبات ومعادن

جديدة. وفضلا عن ذلك فان هذه الكائنات تعتبر المادة الاساسية فى تكوين الصخور العضوية مثل الحجر الجيرى والطباشير والفحم.

الجيولوجيا الطبيعية أو الديناميكية
Physical or Dynamical Geology

وهى أحد أفرع الجيولوجيا الذى يختص بدراسة العوامل والمؤثرات التى تؤثر على القشرة الأرضية وتغير فى تركيبها وشكلها وتتميز هذه العوامل عادة بالحركة التى تحتاج إلى طاقة ، ومن المعروف أن هذه الطاقة تستمد دائما من الشمس سواء بتأثيرها الحالى على سطح الأرض أو أن جزءا من هذه الطاقة مازال يكمن فى جوف الأرض منذ انفصالها على الشمس من ملايين السنين ، والدليل على وجود هذه الطاقة الكامنة ، حدوث الزلازل وثورات البراكين وانفجار الينابيع الحارة بين الآونة والأخرى.

العوامل المؤثرة فى القشرة الأرضية :

قد نظن لأول وهلة أن سطح الأرض بما عليه من تضاريس ثابت لا يتغير بمرور الزمن ، وذلك لأن تأثير العوامل المختلفة لا يمكن أن يلاحظ بسهولة فى وقت محدود ، ولكن بتوالى السنين ومرور الأزمنة يصبح تأثير هذه العوامل كبيرا وواضحا. فمثلا إذا عرف أن نهر النيل يرسب سنويا ما سمكه ملليمتر واحد من الغرين فى وادى النيل أو الدلتا ، فإن هذا الأثر لا يكاد يلحظ فى وقت قصير ، ولكن التربة الزراعية المصرية يبلغ سمكها حاليا فى المتوسط حوالى عشرة أمتار ، وبعملية حسابية بسيطة نجد أن مثل هذا السمك احتاج

إلى عشرة آلاف من السنين على الأقل ليتكون ، وهذا الدليل يظهر أهمية الوقت فى اظهار أثر العوامل المختلفة.

وكذلك الرياح فإنها تحمل الرمال وترسبها فى أماكن أخرى قد لا يلاحظ تأثيرها إلا بتوالى السنين فنجدها حينا تغطى أشياء كانت ظاهرة كالمنازل التى توجد فى الأماكن الصحراوية مثلا أو كالجزء الأسفل من أبى الهول قبل إزالة الرمال من حوله ، وتارة أخرى تتراكم هذه الرمال على هيئة كثبان رملية ، وهكذا يتغير الشكل الخارجى لسطح الأرض بفعل العوامل المختلفة على مر السنين والأزمان. كما أن الزلازل والبراكين تشترك ضمن هذه العوامل وتسبب خسف القشرة الأرضية فى بعض الأماكن وارتفاعها فى أماكن أخرى ، وإضافة كميات من الحمم والطفوح البركانية. ومن هذا يتضح أن الثبات فى شكل سطح الأرض ظاهرى فقط .

فى الواقع أن شكل سطح الأرض فى تغير مستمر بفعل العوامل الطبيعية المختلفة التى نستطيع تقسيمها إلى نوعين أساسيين :

١ – عوامل خارجية

وهى كل ما يختص بتأثير الغلافين الجوى والمائى فى القشرة الأرضية. ومن أمثلة هذه العوامل تغير درجة الحرارة ، والرياح ، والأمطار ، وما ينتج عنها من سيول وأنهار ، والبحيرات والبحار والمحيطات والثلاجات وأنواع الحياة من حيوان ونبات.

٢- عوامل داخلية

منشؤها الحرارة الكامنة والضغوط المختلفة وما ينتج عنها من زلازل وبراكين وتقلصات وحركات أرضية ، وأثر كل ذلك فى القشرة الأرضية.

١- العوامل الخارجية أو السطحية

وهى العوامل التى تحدث التغيرات المختلفة فى سطح القشرة الأرضية، وهى تستمد طاقتها أو نشاطها من الشمس ، وهى فى مجموعها تحاول جاهدة أن تهدم سطح الأرض أى أن تأثيرها فى مجموعه هدمى ، ولولا تأثير العوامل الداخلية التى تعيد ارتفاع أجزاء كثيرة من سطح الأرض لكان هذا السطح الآن ومنذ زمن طويل مسطحا وخال من التضاريس ويسمى هذا المستوى المسطح الذى تحاول العوامل السطحية الوصول إليه بالمستوى القاعدى للتعرية ويجب أن يتساوى هذا المستوى نظريا بمستوى سطح البحر.

وفى الواقع نجد أن العوامل السطحية لها عامل هدمى Destructive وهو ما يعرف باسم التعرية ، وعمل بنائى أو انشائى وهو ما يعرف بالترسيب ، وسطح البحر هو أقل مستوى تستطيع العوامل الهادمة أن تصل بسطح الأرض إليه ، كما أنه أعلى مستوى يمكن أن يصل إليه تأثير العوامل البنائية فى الترسيب أيضا ، ولهذا السبب فإن التأثير الظاهرى فى النهاية للعوامل السطحية هو تأثير هدام لأن نتيجته الظاهرية الملموسة هى تفتيت الصخور وهدم

المرتفعات ، بينما نجد أن نتيجة الترسيب ظاهريا غير ملموسة لأنها تحدث فى معظم الأحيان تحت سطح البحر.

ومن هذا يتضح أن العوامل السطحية تشمل عمليتين أساسيتين هما التعرية والترسيب.

وتشمل عملية التعرية على ثلاث مراحل هى:

١- التأثير الجوى أو التجوية Weathering

٢- النقل Transportation

٣- التآكل أو النحت Corrosion

أما الترسيب فيمكن أن يكون طبيعيا ، أو كيميائياً ، أو عضويا كما سنرى فيما بعد.

وسوف ندرس فى هذا الجزء هاتين العمليتين ، أى التعرية والترسيب ، وأثر كل عامل من العوامل السطحية فى كل منهما.

اولا التعرية Denudation

يقصد بالتعرية الأثر الذى تحدثه العوامل الجوية فى الصخور وتحويلها من صخور صلبة إلى مواد مفتتة ثم إزاحة هذا الفتات من مكانه ، وبهذا يتعرض سطح جديد من الصخور لهذه العملية مرة أخرى.

وهي تشمل ثلاث عمليات مبدئية: التجوية والنحت والنقل

والعوامل التي تعتمد عليها التعرية عديدة، أهمها:

١-الماء ٢- الرياح

٣- الأحياء ٤- تقلُّب الحرارة

٥- الثلاجات ٦- الحركات الأرضية ٧- الجاذبية

ومن المعروف أن العوامل الخارجية التى تؤثر على سطح القشرة الأرضية فيما عدا عامل الجاذبية تكون فى مجموعها ما يعرف بالمناخ. وينقسم سطح الكرة الأرضية إلى أربعة مناطق مناخية تختلف الواحدة منها عن الأخرى ، ولكل من هذه المناطق تأثيرها الخاص على سطح القشرة الأرضية بها ، وذلك يتوقف على مناخها والأحوال الجوية السائدة فيها ، وهذه المناطق هى:

١- المنطقة الاستوائية

وتتميز بارتفاع درجة الحرارة وكثرة سقوط الأمطار وكثافة النباتات ، فهى منطقة حارة رطبة.

٢- منطقتا الصحارى

على جانبى المنطقة الاستوائية وتتميز كل منهما بالحرارة المرتفعة ، والأمطار القليلة فهى إذن مناطق حارة جافة.

٣- المنطقتان المعتدلتان

تمتدان بعد المنطقتين الصحراويتين من ناحية القطبين ، وتتميز كل منها ببرودة متوسطة وأمطار كثيرة وهى أذن مناطق باردة رطبة.

٤- المنطقتان القطبيتان وهما : المنطقة المتجمدة الشمالية ، والمنطقة المتجمدة الجنوبية: تتميز كل منهما بالبرد الشديد وقلة المياه وانعدامها ، وندرة الحياة فهى مناطق باردة جافة.

وفيما يلى نتاول مراحل التعرية المختلفة:

I- التجوية Weathering

التجوية هى التأثير الناتج من مجموع العمليات العديدة التى تحدث بفعل العوامل الجوية والتى تتضافر فى تحلل وتفتت الصخور الصلبة وكذلك تتغير بواسطتها المعادن إلى معادن جديدة أكثر ثباتا تحت ظروف جديدة على سطح الأرض.

وعمليات التجوية لا يصاحبها أى نقل لنواتج التفتت على مقياس كبير وعلى هذه فإنه يستبعد من هذه العمليات فعل الأمطار والرياح غير أن الناتج من عمليات التجوية يتعرض لتأثير الجاذبية حيث تقع أو تنزلق المواد المفككة إلى أسفل وعلى الأخص عندما يساعد على انزلاقها وجود الماء

وفى الواقع فإن لإزالة نواتج التجوية أثر كبير فى نشاطها وذلك لأنها تكشف عن اسطح جديدة للتأثر عليها. والعمل الجيولوجى الذى تحققه التجوية نوعان :

١) تغيرات طبيعية أو ميكانيكية: وبواسطتها تتفتت الصخور بفعل تغيرات درجة الحرارة والصقيع والاحياء.

٢) تغيرات كيميائية: وبواسطتها تتحلل المعادن المكونة للصخور وتتفكك وتذوب بفعل الماء ، وكذلك الأحياء ونواتج تحللها.

وتتضافر هذه العوامل الميكانيكية والكيميائية للعمل فى وقت واحد فالأولى تسهل العمل الكيميائى للجو حيث يكون أثرها كبيراً على

الحبيبات الصغيرة. ويعتمد نوع عملية التجوية فى منطقة ما إلى حد كبير على المناخ ، ففى المناطق الصحراوية حيث يشح الماء والرطوبة تسود التجوية الطبيعية (الميكانيكية) ، بينما فى المناطق الرطبة ذات المطر الغزير تكون التجوية الكيميائية هى السائد. وهذا الاختلاف اساسه أن الأكسجين وثانى أكسيد الكربون وهما المكونان النشيطان الأساسيان فى الجو لا يكون لهما تأثير بدون الماء.

١- التجوية الطبيعية (الميكانيكية)

وينحصر عملها فى تفتيت الصخور الصلبة إلى قطع صغيرة نتيجة للتشقق الذى يحدث فى الصخور بسبب تمددها نتيجة لتغير درجات الحرارة ، وكما أوضحنا فى تعريف الصخور فهى عبارة عن مجموعة من المعادن وهذه الأخيرة تختلف فى معاملات تمددها ، كما وأن معامل تمددها قد يختلف فى المعدن الواحد بالنسبة لاتجاهاته البلورية ، وعلى هذا فتمدد الصخور يكون غالبا غير متجانس ، الأمر الذى يسبب تصدعا فيه وظهور شقوق مختلفة الاتجاهات. كما وأن التشقق يحدث نتيجة لتجمد الماء أو تبلور الاملاح فى شقوق موجودة اصلا فى الصخور ، هذا وأن لاختراق جذور النباتات لهذه الشقوق اثرا كبيرا يساعد على اتساعها. ويسمى هذا النوع أيضا بالتجوية الآلية Mechanical weathering وهو عبارة عن تفكك أو تكسير الصخور بعوامل طبيعية مثل التغير فى درجات الحرارة وتجمد المياه والجاذبية وعمل الكائنات الحية. وسوف نذكر منها:

أ – تغير درجات الحرارة Temperature Changes

مما هو معروف أن درجة الحرارة تختلف كثيرا فى النهار عنها فى الليل وفى الصيف عنها فى الشتاء. ويكون تأثير هذا التغير كبيرا نسبيا فى البلاد الجافة أو الصحراوية كالإقليم المصرى. فقد ثبت من البحوث أن متوسط الفرق بين أعلى درجة للحرارة التى يبلغها سطح الصخور نهارا وأقل درجة ينخفض إليها فى الليل طول مدة الصيف هو ٥٠ درجة مئوية.

ولكل معدن من مكونات الصخور معامل تمدد يختلف عنه لمعدن آخر وهذا الفرق فى معامل تمدد المعادن المختلفة يؤدى إلى حصول جهد أو ضغط بينهما يكون نتيجة تفتت الصخور ولهذا السبب يكون هذا العامل ذا تأثير أكبر فى الصخور التى تتكون من معادن مختلفة كالصخور النارية.

وهكذا تتعرض الصخور لإجهاد كبير يسبب تفتتها نتيجة للانكماش والتمدد اليومى. ولما كانت الصخور بطبيعتها لا تسمح بمرور الحرارة فيها بسهولة فإن تأثير الحرارة عليها لا يتعدى القشرة أو الطبقات السطحية من الصخر بينما لا تتأثر أجزاءه الداخلية وينشأ عن ذلك انفصال هذه الطبقات السطحية عن بقية أجزاء الصخر. وتعرف هذه الظاهرة بالتقشر Exfoliation. ويحدث التقشر عادة فى الصخور الصلبة المتجانسة فى التركيب الكيماوى والنسيج أما إذا

كانت هناك فروق فى هذه الصفات من جزء إلى جزء فى الصخر فإنه يتفتت ويتهشم بدلا من أن يتقشر.

ب) تجمد المياه Freezing

وهو من أهم العوامل التى تسبب تفتيت الصخور ، إذ أن الماء يتمدد بنسبة ٩٠% من حجمه الأصلى عندما يتجمد ، ويسبب تمدده ضغطا كبيرا، لذا يتهشم الصخر نتيجة لتجمد المياه التى كانت تملأ مسامه والشقوق الموجودة به. ويكون تأثير هذا العامل كبيرا فى البلاد التى يتكرر فيها تجمد المياه على هيئة جليد ثم ذوبانه أى انصهاره بعد تجمعه ، كما هو الحال فى المناطق الجبلية والمناطق المعتدلة ، أما فى المناطق القطبية التى تظل فيها الثلوج أحقابا طويلة دون أن تذوب ، فإن تأثير هذا العامل يكون ضعيفا.

ج) الجاذبية Gravity

تساعد الجاذبية على نقل فتات الصخور ولكنها أيضا تعتبر عاملا مهما فى تفتيت أو تهشيم الصخور ، إذ يحدث أن تتآكل طبقات رخوة (حجر طينى مثلا) تكون موجودة تحت طبقات صلبة (حجر جيرى مثلا) ، وتكون النتيجة أن تبقى الطبقات الصلبة معلقة على هيئة مصطبة ثم يأتى دور الجاذبية فتنهار أطراف هذه المصاطب بتأثيرها وتسقط على سفوح الجبال شديدة الانحدار فتتهشم إلى قطع صغيرة ذات زوايا حادة تعرف برواسب التالوس Talus (شكل ٢)

ويـزداد تـأثير الجاذبيـة كلمـا ازداد ميـل السـفح الـذى تسـقط وتتهشـم الصخور عليه.

شكل ٢ : يبين تاثير الجاذبية

د) عمل الحيوانات والنباتات The Role of Animal & Plants

ويسـمى هـذا النـوع مـن التجويـة فـى بعـض الأحيـان بالتجويـة العضوية Organic Weathering ويشمل عمل الحيوانات كالديدان فى الحفر أو استهلاك كميات كبيرة من التربة بقصد استخلاص المواد الغذائيـة منهـا أو بـإفراز مـواد كيميائيـة تتفاعـل مـع بعـض الصـخور. ويدخل فى هذا أيضـا عمل الإنسـان من حرث إلـى نقل كميـات كبيـرة مـن التربـة بقصـد الـردم أو تعزيـز الجسـور إلـى حفـر المنـاجم والآبـار المختلفـة ، ممـا يعطـى فرصـة لكثيـر مـن عوامـل التعريـة للتـأثير علـى الصخور المختلفة.

وتعمل النباتات على تفتيت الصخور بواسطة تحلل جذورها أو جذوعها فى الشقوق المختلفة ، وهذا أيضا يعطى فرصة للعوامل الأخرى لكى تتخلل الصخور وتؤثر عليها ، كما أن تحلل هذه النباتات يعتبر عاملا هاما إذ أنها تفرز أحماضا تذيب الصخور.

٢- التجوية الكيميائية

قد يكون للعمليات الكيميائية الناتجة من ملاصقة الماء المحمل بالأكسجين وثانى أكسيد الكربون أثراً قوى بكثير من العمليات الطبيعية البحتة بالنسبة لتفتت الصخور.

غالبية المعادن المكونة للصخور تتبلور فى وسط بعيد عن السطح وعلى هذا فهى غير ثابتة عندما تتعرض لعمليات التجوية ، فتتحول إلى معادن جديدة بفعل التميؤ والأكسدة والتبادل الأيونى ، وفى تغيرها هذا تتمدد تمددا غير متجانس وتتشقق الصخور على طول حدود حبيبات المعادن المكونة له كما وأن التأثير الكيميائى للأحياء الدقيقة وجذور النباتات أثر هام مميز على المعادن المكونة للصخور.

نواتج التجوية : أن المواد المتخلفة من عملية التجوية تتخذ اشكالا ثلاثة :

١- بقايا معادن اصلية.

٢- معادن ثانوية تكونت عند مكان عملية التجوية أو بالقرب منها.

٣- مواد ذائبة تزال من مكان عملية التجوية بواسطة المياه الجارية.

والنوع الأول هو المعادن الأصلية التى أما أن تكون ذات تركيب ثابت عند سطح الأرض وأما غير ثابت ولكن يتأثر ببطء غير ملحوظ. والمعادن الأصلية التى تثبت تماما لفعل التجوية هى معادن الطفل والمسكوفيت وربما الكلوريت المكونة للصخور. أما غالبية المعادن الأخرى التى تثبت أمام فعل التجوية إلى حد ما فهى فى الواقع معادن ذات خاصية مقاومة طبيعيا وكيميائيا. أما المعادن الثانوية فهى نواتج تميؤ المعادن الأصلية. ولهذا السبب فقد ضمت جميعها لمجموعة المعادن المتميئة وهذه تشمل معادن الطفل وقليل من معادن السيليكات المائية مثل الكلوريت إلى حد كبير بدقة بلوراتها حتى أنها تميز فقط بواسطة ميكروسكوب إلكترونى يكبرها آلاف المرات. وتعتمد مجموعة المعادن الثانوية التى تتكون بفعل التجوية إ لى حد بعيد على الخواص الكيميائية الطبيعية للوسط.

والنواتج الذائبة من تجوية الصخور تتكون من مكونات انفصلت بفعل تحلل المعادن الأصلية والتى لا يحتاج إليها فى تكوين مجموعة المعادن الثانوية. ففى الصخور الجيرية يكون أكسيد الكالسيوم والمغنسيوم هما ناتجى التجوية الأساسيين الذائبين بينما بالنسبة لصخور الجرانيت تغلب أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم.

تعتمد التجوية الكيماوية على قدرة مياه الأمطار المذاب بها الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والأحماض والمواد العضوية المختلفة فى اذابة الصخور. ويعمل هذا النوع من التجوية على أضعاف تماسك المعادن المكونة للصخور وتكوين محاليل تجمعها الأمطار بعد ذلك فيصبح الصخر مساميا يسهل تكسيره ومن نتائج التحلل أيضا تكوين نواتج جديدة نتيجة للتغير Alteration Products تزيد فى حجمها على حجم الصخر الأصلى وتوجد على هيئة قشور منفصلة على سطحه. ومن المعادن المكونة للصخور ما يتحلل بسهولة ومنها ما يقاوم عملية التحلل مثل الكوارتز والميكا البيضاء والماجنيتيت.

والعوامل الكيميائية التى تساعد على تحلل وتجوية الصخور هى :

أ) التكربن Carbonation

عبارة عن اتحاد حامض الكربونيك (ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء كمياه الأمطار مثلا ، مع أى قاعدة). وثانى أكسيد الكربون يوجد فى الجو عادة بنسبة ٠.٠٣% أى بنسبة ٣ أجزاء لكل ١٠.٠٠٠ جزء من الهواء ، وقد تزيد هذه النسبة إلى ٧ أو ١٠ أجزاء فى المدن الصناعية ، وقد تصل هذه النسبة إلى ١.٢% أى ١٢ جزء فى الألف فى مياه الأمطار مما يساعد على إذابة كثير من أحجار المبانى فى البلاد الممطرة. ويساعد هذا الغاز أيضا على إذابة كربونات الكالسيوم المكونة للأحجار الجيرية وبذلك تتكون بها

المغارات. كما يساعد على تكوين الرواسب الجيرية للكهوف مثل الستلاكتيت Stalactites التى تكون مدلاة من أسقف المغارات والستلاجميت Stalagmites التى تتكون على أرضها. ويكثر هذه الغاز أيضا فى المناطق الحارة الرطبة نتيجة لتحلل النباتات الكثيفة بها ، كما يتصاعد من البراكين والفوارات الثائرة.

وعند حدوث التكربن لصخر ما فإنه يحدث اتزدياد فى حجم المعادن المكونة له وهكذا يتشقق الصخر ويتفتت ويصبح التأثير عليه سهلا بواسطة العوامل الجوية الأخرى.

ب) التأكسد أو الأكسدة Oxidation

وهى اتحاد الأكسجين مع محتويات الصخور ويساعد على ذلك الرطوبة ، لأن الأكسجين يذوب فى الماء إلا أن ذوبانه أقل من ذوبان ثانى أكسيد الكربون ، ويوجد الأكسجين فى الجو بنسبة ٢١%. ويكون من تأثير عملية الأكسدة أن تتحول المعادن المكونة من سليكات الحديد والمغنسيوم مثل البيروكسينات والأمفيبولات والاوليفينات إلى بيكربونات كالسيوم أو مغنسيوم أو حديد قابلة للذوبان وسليكا. كما يتحول أكسيد الحديدوز إلى أكسيد حديديك (هماتيت) أو إلى الايدروكسيد (ليمونيت) ويصحب عملية الأكسدة بناء على ذلك تغيير فى الألوان من الأخضر أو الأسود إلى الأحمر أو الأصفر أو البنى ، ولهذا السبب نجد أن تربات كثيرة فى المناطق الدافئة الرطبة لها هذه الألوان.

ومن أمثلة الرواسب التى توجد فى المناطق الاستوائية التى تتميز بمناخها الحار الرطب ، راسب بنى محمر يسمى لاتيريت وهو راسب عبارة عن خليط من أكاسيد الحديد والألومنيوم وتغلب فيه نسبة الحديد على الألومنيوم ولهذا السبب يغلب عليه اللون الأحمر. وينتج اللاتيريت من تحلل الصخور التى تحتوى فى تركيبها على نسبة كبيرة من الحديد كالجابرو والبازلت. أما إذا كانت نسبة الحديد قليلة فى الصخر المتحلل مثل الجرانيت والسيانيت ، وكانت نسبة الألومنيوم هى السائدة لأن هذه الصخور غنية بالفلسبارات ، فإن الراسب الذى ينتج عن التحلل فى مثل هذه الحالة يسمى بوكسيت Bauxite ، وهو عبارة عن أكاسيد الألومنيوم المائية. ويمكن الاستدلال من وجود هذين النوعين الأخيرين من الرواسب بين طبقات الصخور على البيئة الاستوائية التى كانت سائدة وقت تكوينها.

ج) التميؤ أو التموء Hydration

وهى عملية اتحاد الماء مع مختلف المركبات المكونة للصخور ومن أمثلته تموء الفلسبارات لتعطى المعادن الطينية الهامة للتربة. ويصحب هذه العملية أيضا ازدياد فى حجم المعدن مثلما يحدث عندما يتحول معدن الأنهيدرايت وهو كبريتات الكالسيوم إلى جبس وهو كبريتات الكالسيوم المائية ، فينتج عن ذلك تشقق الطبقات التى تعلوه.

د) الذوبان Solution

ويقصد بهذه العملية ذوبان معادن الصخور فى الماء سواء كان ماء مطر أو مياه أرضية. والماء فى حد ذاته مذيب ضعيف ولكنه يذيب بعض المعادن مثل الكوارتز والفلسبار والهاليت أو الملح الصخرى ولكن إذا اشترك الذوبان والتكربن سويا فإن الأثر يكون أكبر خصوصا على الصخور الجيرية التى تتكون بها الفراغات والكهوف والتجاويف وآثار المطر نتيجة لذلك. أما ما لا يذوب من المعادن فإنه يبقى على هيئة رواسب متبقية على سطح الحجر الجيرى مثل الرواسب الحمراء التى توجد فى بعض الأحيان على سطح الحجر الجيرى الأبيض ، وهى رواسب غنية بايدروكسيد الحديد الغير قابل للذوبان ومنشؤة آثار مركبات الحديد التى توجد على هيئة شوائب فى الحجر الجيرى.

ولا يظهر أثر الذوبان فى العادة إلا فى العمليات الكيماوية الأخرى فمثلا عندما يتحول الفلسبار إلى معادن طينية كما ذكرنا قبل ذلك فإن أملاح البوتاسيوم الموجودة فى هذه المواد الطينية تذوب بسهولة أكثر.

II- النحت Erosion

تحدث عملية النحت بواسطة عوامل مختلفة كالرياح والأمطار والأنهار ومساقط المياه والبحار والأنهار الثلجية الخ. ولكل من هذه العوامل تأثير هدمى على الصخور يشمل تفتيتها ونقلها كما أن له عمل بنائى عبارة عن ترسيب ما يحمل من فتات الصخور.

وسنتكلم فيما يلى باختصار عن النحت بالعوامل المختلفة:

١- نحت الرياح Wind Erosion

ويكون أكبر تأثيرا فى البلاد الحارة الجافة مثل البلاد الصحراوية حيث يكون سطح الأرض خاويا تقريبا من النباتات والحشائش وحيث تكون صخور سطح القشرة الأرضية قد تفتت بواسطة عوامل التجوية المختلفة. وللرياح تأثيرين احدهما هدمى والاخر بنائى.

أ) العمل الهدمى للرياح

والتأثير الهدمى للرياح يعتمد اعتمادا كليا على ما تحمله من مواد مفتتة ومن الرمال والأتربة ، وهذه الشحنة إما أن تكون محمولة فى الهواء فتسمى بالشحنة المعلقة ، وقد يدحرجها الهواء أمامه على سطح الأرض وتسمى بالشحنة المدحرجة ، ويتوقف نوع الشحنة على شدة الريح وشكل الحبيبات وحجمها وكثافتها.

وقد تكون الرياح ضعيفة فيكون أثرها الهدمى ضعيفا ، وقد تكون الرياح قوية كالزوابع والأعاصير فتكتسح كل ما يقابلها على سطح الأرض من صخور مفتتة ومواد رملية وما شابه ذلك ، وتصبح بعد ذلك سلاحا فعالا فى تفتيت أوجه الصخور وبريها أو صقلها ، ومن أمثلتها رياح الهبوب بأسوان.

وقد تمر هذه الرياح المحملة بصخور غير متناسقة أى صخور تحتوى على أجزاء أو طبقات أصلب من الأخرى ، ويكون نتيجة ذلك

أن تتآكل الأجزاء الرخوة أو الأقل صلابة ، وتبقى الصخور الصلبة بارزة كما يحدث عند تكوين المصاطب كما أوضحنا من قبل ، ويعرف مثل هذا النوع الذى له تأثير مختلف على الصخور بالنحت المتباين.

ومن أثر الرياح الهدمى ما يشاهد فى الصحارى من حصى مثلث الأضلاع تكون بهذا الشكل الهرمى نتيجة لهبوب الرياح من اتجاه معين عليه. ويلاحظ أن أوجه هذا الحصى الرياحى تكون مصقولة جدا نتيجة لذلك.

ب – العمل البنائى للرياح

العمل البنائى للرياح يحدث بمجرد أن تصادف فى طريقها عقبات أو نتوءات تؤدى إلى ايقافها أو تقليل سرعتها فتلقى بما تحمل من رمال وأتربة ترسب على هيئة تموجات أو كثبان Dunes.

أما التموجات الرملية Ripples فتكون غير متشابه أى أن الجهة التى تواجه الريح تكون أقل فى الميل من الجهة التى ضد الريح.

أما الكثبان الرملية Sand-Dunes فإنها تكون من حبيبات مستديرة من الرمل وتختلف فى الارتفاع من بضعة أقدام إلى عشرات الأمتار ، ومن حيث الشكل فإنها إما أن تكون مستطيلة ويكون اتجاهها هو اتجاه الرياح السائدة. وقد تكون الكثبان هلالية الشكل ويكون انحداره بسيطا من اتجاه الرياح وشديدا فى الاتجاه المضاد.

وتنتقل التموجات أو الكثبان من مكانها بفعل الرياح وقد تصل سرعتها بين ١٥ ، ٢٤ قدما فى المتوسط فى العام. وفى الجهات الساحلية ، يتكون نوع من الكثبان ذو حبيبات جيرية مستديرة ومتماسكة ويعرف بالكثبان الساحلية Coast Dunes ومن أمثلة الكثبان الساحلية الممتدة على الساحل بين الاسكندرية ومرسى مطروح.

٢- نحت الأمطار Rain Erosion

ينشأ المطر عندما تتبخر مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار وما إليها. ويصعد بخارها إلى الجو ويختلط بالهواء ، ورطوبة الجو هى النسبة المئوية لبخار الماء فيه. فإذا حدث أن خفضت درجة حرارة الهواء المشبع ببخار الماء بتمدده أو بملامسته لأشياء أبرد منه ، تحولت الأبخرة إلى ضباب أو سحاب قد يؤدى إلى هطول الأمطار. وتكثر الأمطار فى المناطق الاستوائية وتقل تدريجيا نحو القطبين كما تكون كمية الأمطار فى الجهات الساحلية أكبر منها داخل القارات.

عند نزول مياه الأمطار على الأرض فإن بعضا منها يتبخر ثانية ويتصاعد فى الهواء ، بينما يتسرب جزء آخر فى مسام الصخور وثقوبها وشقوقها ويغور إلى أعماق متفاوتة من سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الأرضية أما الجزء الثالث فيسيل على سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الجارية كالأنهار وما إليها.

وللأمطار عمل هدمى فقط ، أما العمل البنائى أو ترسيب ما تحمل من مواد مفتتة فسنتكلم عنه عند الكلام عن الأنهار والمياه الأرضية ، وهى ما تؤول إليها مياه الأمطار. أى أن الأمطار تقوم فقط بدور الهدم والنقل ، بينما تكمل المياه الجارية هذه العملية ثم تقوم بالترسيب فى النهاية.

وينقسم العمل الهدمى للأمطار إلى عمل آلى أو ميكانيكى وعمل كيميائى. أما العمل الميكانيكى فيعتمد اعتمادا كبيرا على اصطحاب المطر برياح شديدة مما يساعد على تقل المواد المفككة على سطح الصخور أو تفتيت أجزاء أخرى منها ، ومن أمثلة ذلك ما يحدث فى البلاد الجافة من نحت الأمطار لأوجه الصخور الجيرية أو الطباشيرية مكونا فى النهاية مجموعة من الأخاديد تفصلها جروف حادة نوعا وقليلة الارتفاع كما هو الحال فى كثير من جبال شبه جزيرة سيناء.

وأما العمل الكيميائى الذى تستخدمه الأمطار فى تفتيت الصخور فهو عبارة عن إذابة ماء المطر لبعض الغازات الموجودة فى الهواء مثل الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون.

٣ – نحت السيول Torrent Erosion

عند هطول الأمطار الغزيرة على التلال أو الجبال تنحدر مياهها فى مجارى ضيقة على سفوحها ، ثم تتصل هذه المجموعات من مجارى السيول وتكون ما يعرف بالأخوار حيث يكبر السيل

ويتزايد حجمه وسرعته حتى يصل إلى نهر يصب فيه ، كما هو الحال فى السيول التى تنحدر من أعلى جبال البحر الاحمر بالصحراء الشرقية وتصب فى وادى النيل. وتعتبر السيول أنهارا وقتية تظهر عقب الأمطار الشديدة وتترك مجاريها ظاهرة سواء على سفوح الجبال أو فى الصحراء بعد تصريف مياهها.

تكتسح السيول ما تقابله فى طريقها من مواد طينية أو رملية أو حصى مختلف الأحجام أو جلاميد إذا كان السيل جارفا وقوياً. وتكون هذه المواد بمثابة الآلات التى تستعملها السيول فى نحت وعميق مجاريها ، وبمرور السنين نجد أن المجارى الضيقة التى تنشأ فى البداية من نحت السيول ، قد تحولت إلى أخوار عميقة جداً ، وقد وجد ان العمل الهدمى للسيول يظهر واضحا فى الصحارى لندرة وجود النباتات فيها على العكس من تأثيره فى البلاد التى تغطيها النباتات والغابات.

وعند خروج مياه السيول من أخوارها فإنها تنتشر على سطوح السهول وبذلك تفقد سرعتها وتبدأ بترسيب ما تحمل من مواد. ويكون الترسيب عادة إما على شكل نصف دائرة مركزها مخرج الخور ، ويسمى ما يرسب بمخروط السيول ، أو يكون الترسيب على شكل مثلث تكون قمته عند مخرج الخور ترسب عندها الجلاميد والحصى الكبير ثم يتناقص حجم الحصى تدريجيا وينتهى بالرمال

والمواد الطينية عند قاعدة المثلث ، ويعرف مثل هذا النوع من الترسيب بالدالات الجافة.

٤ – نحت الأنهار River Erosion

نشأة الأنهار وأطوارها : والأنهار هنا تتخذ كمثال لكل المياه الجارية المستديمة كالجداول والنهيرات وما شابهها ، وهى تختلف عن السيول بأن المياه فيها مستديمة نظراً لأنها تبدأ فى مناطق كثيرة أو تغطيها الثلوج وكذلك فإنها تعتمد على ما يصب فيها من روافد وعيون وبحيرات. والغالب أن مجرى النهر يكون شديد الانحدار فى الجزء القريب من منبعه وقليل الانحدار فى الجزء الأسفل منه أى القريب من مصبه.

حينما تسقط الأمطار أو تذوب الثلوج فى جهة من الجهات المرتفعة ، فان مياهها تنحدر مكونه لمسيلات غير محدودة الجوانب ، ويتفق اتجاهها مع الانحدار العام لسطح المنطقة ، ولا تلبث هذه المسيلات أن تتجمع فى مجارى مائية محدودة الجوانب صغيرة الحجم ، ثم تتلاقى هذه المجارى الصغيرة مكونه مجارى أخرى أكبر فأكبر ، حتى تنشأ فى النهاية مجارى رئيسيه تحمل المياه وتلقى بها فى بحر كنهر النيل ونهر الراين . و يلتقى بالنهر أثناء جريانه من منبعه إلى مصبه عدد من الأنهار تدعى بالروافد .

وحينما تجرى المياه فى النهر فإنها تؤدى وظائفها الثلاث وهم النحت والنقل والترسيب ، وهى بقيامها بوظائفها تعدل وتشكل من

معالم أحواضها. حيث أنها تمزق سطح الأرض ، وتنحت الأودية وتخلع عليها ظاهرات مميزه . وتترك تلالا وحافات متخلفة فيما بينها . ويتم اكتساح المواد نهائيا وتتحول أرض الحوض بمرور الزمن إلى سهل يدعى بالسهل

ويستمر النهر فى عمله تدريجيا ، وتظهر فى حوضه تغيرات متجانسه ، وهو ينتقل من مرحله إلى أخرى من مراحل تطوره ، حتى تكتمل دورة التعرية.

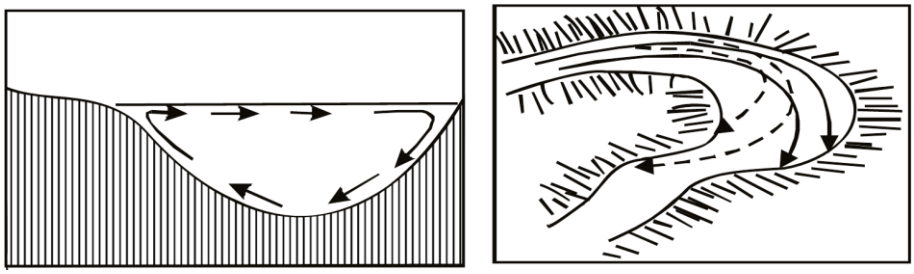
ولكل من مرحله الشباب والنضج والشيخوخه مميزاتها وظاهراتها المثالية التي تتضح من دراسة مدى انحدار مجراه ، وشكل قاعه ووادیه ، والتوازن بين عملتي النحت و الترسيب ومن الممكن أن تتمثل في أي نهر جميع المراحل الثلاث فنصادف مرحله الشباب في مجراه الأعلى في الجبال ومرحلة النضج في مجراه الأوسط ، ومرحله الشيخوخة حيث يجرى بطيئا مترنحا عبر سهل منبسط صوب البحر

أ – العمل الهدمى للأنهار

ويشمل التأثير على جوانب مجرى وقاعة بمساعدة ما يحمل من مواد ويختلف هذا التأثر باختلاف سرعة التيار وحجم الماء وطبيعة المواد المحمولة فى الماء وطبيعة الصخور المكونة لمجرى النهر ذاته. وتشتمل شحنة النهر أو حمولته على مواد ذائبة فى مياهه كالأملاح ومن أمثلتها كربونات الكالسيوم أو المغنسيوم وملح الطعام

(كلوريد الصوديوم) ، كما تشمل هذه الحمولة على المواد المعلقة فى الماء والتى يرجع سبب وجودها على هذه الحالة إلى اختلاف سرعة التيار إذ تكون أكبر فى وسط النهر منها عند جانبيه أو قرب القاع ، كما أن السرعة تزداد مع وجود الانحدارات فى مجرى الوادى ، ويؤدى اختلاف سرعة التيار إلى وجود الدوامات التى تتسبب فى رفع المواد المفتتة من القاع وحملها معلقة فى الماء.

ولا تقتصر حمولة النهر على الانواع السابقة، إذا تشتمل ايضا على الجلاميد والحصى الكبير الذى لا تقوى المياه على حمله فتدفعها أو تدحرجها على القاع والجوانب مما يؤدى إلى تآكل وتفتت صخور مجرى النهر. كما أن الجلاميد والحصى تحتك ببعضها فتنبرى وتنصقل ، ولذلك يستدل فى الأماكن الصحراوية على أماكن مجارى المياه فى الأزمنة الجيولوجية القديمة بوجود الجلاميد والحصى المستديرة الأوجه.



شكل ٣: يبين نحت النهر فى جوانبه وقاعة

ويستغل النهر هذه الطاقة المحمولة أو المنقولة كآلات يستعملها فى حفر وتعميق مجراه (شكل ٣) ، وتتدخل عادة ظروف

أخرى فى هذه العملية كنوع الصخور التى يحفر فيها وسرعة التيار ومناخ المنطقة ، فقد تؤدى طبيعة الصخور التى ينحت فيها النهر مجراه إلى أن ينحت فى الجانب الآخر وهذا يؤدى إلى تكوين التعريج أو الألتواءات فى مجراه.

ويتدخل المناخ فى تحديد شكل مجرى النهر ، فإذا كان النهر قويا ومحتفظا بقدرة حمولته فإنه ينحت أخودا عميقا. اما إذا كان المناخ الرطب فى الأماكن التى تكثر بها الأمطار يساعد عوامل اللتعرية الأخرى كالتحلل بعملياتها المختلفة والجاذبية على تآكل جدران الأخدود فيتسع مجرى النهر نتيجة لذلك. أى أن عمق المجرى وشكله يتوقفان على العلاقة بين سرعة التعرية للجوانب وسرعة حفر القاع.

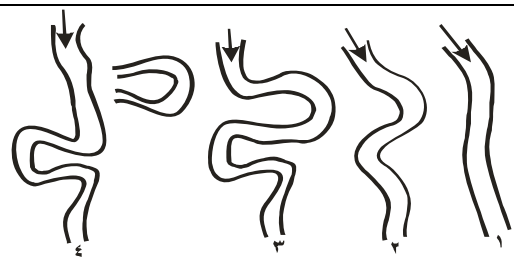
عمل النهر فى مراحله المختلفة: لكل نهر دورة تشمل التغيرات المختلفة التى تطرأ عليه ، وتشمل هذه الدورة ثلاث مراحل هى الشباب والنضوج والشيخوخة

ففى مرحلة الشباب يكون حفر الجداول والفروع والوديان على أشده وتكون الأنهار سريعة ولها انحدار غير منتظم فتتكون البحيرات ومساقط المياه والأخاديد. وفى هذه المرحلة أيضا تكثر ظاهرة أسر الأنهار River Capture وهى ظاهرة تنشأ من قدرة أحد الأفرع على النحت أكثر من الآخر فيصبح مجراه فى مستوى أكثر انخفاضا وبذلك تصب مياه الفرع الآخر فى مجرى الفرع الأقدر

على النحت ويتحول فى مجرى النهر الآخر بأسره تبعا لذلك. وتقترب مرحلة الشباب من نهايتها عندما يصبح المجرى المائى مدرجا وعندما تختفى البحيرات ومساقط المياه أو الشلالات وتتسع الأخاديد إلى وديان. ويعرف النهر فى مرحلة الشباب بالنهر الصغير ويكون قطاعه على شكل V.

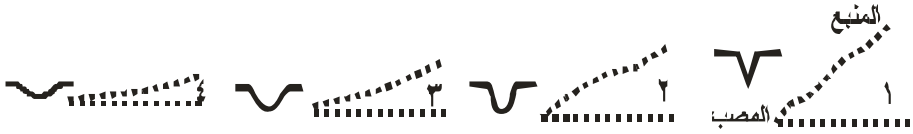
أما مرحلة النضوج فيصل اتساع الوادى فيها إلى أقصى مداه ويصبح على شكل V مفتوحة ويقال عن النهر أنه متوسط العمر وتكثر فى هذه المرحلة التعرجات أو الالتواءات النهرية التى سبق أن تكلمنا عنها وكذلك البحيرات القوسية وهى مرحلة تأتى بعد تكوين التعرجات إذ يقطع النهر مسارا جديدا تاركا الجزء المتعرج أو القوس على هيئة بحيرة مقوسة (شكل ٤). وفى مرحلة الشيخوخة تقل وعورة الوادى ويقل انحدار النهر ويفقد النهر قدرته على النحت ويبدأ فى الترسيب إذ تضعف سرعة تياره وتسمى المنطقة الأرضية التى يؤول إليها مجرى النهر بالسهل المنبسط ويسمى النهر شيخا أو عجوزا.

وقد توجد هذه المراحل كلها فى نهر واحد وفى أجزاء متفرقة منه ، وكلما زاد عمر النهر زادت مرحلة الشيخوخة أو مرحلة الترسيب فى نسبتها على المرحلتين الأخيرتين.



شكل ٤: يبين المراحل المختلفة لنحت وتوسيع مجرى احد الأنهار

ويكون قطاع النهر River Profile على شكل خط مقعر يقل تقوسه كلما اقترب النهر من مصبه ، كما أن شكل هذا القطاع أو البروفيل يتغير بتغير عمر النهر (شكل ٥) ، فالنهر يأكل فى مجراه بشدة بالقرب من منبعه سنة بعد أخرى ، كما أن عوامل التعرية فى هذه الأماكن الرطبة تساعد على النحت ، وبهذا يهبط مستوى القطاع تبعا لذلك ، حتى يصبح القطاع فى النهاية قريبا من المستوى الأفقى ، علما بأن الحد الأسفل الذى يمكن أن يصل إليه قطاع النهر هو المستوى القاعدى للتعرية Base level of Erosion وهو الخط التصورى لامتداد مستوى سطح البحر تحت القشرة الأرضية.



شكل ٥: يبين قطاع نهر ومجراه فى المراحل المختلفة من نهر صغير(١) الى نهر عجوز(٤)

وإذا حدث أن اعترض مجرى النهر فى مرحلة نضوجه عائق كالطفوح البركانية ، أو إذا ارتفع قاع النهر لسبب من الأسباب ، فإن

النهر يبدأ من جديد فى نحت وتعميق مجراه ، ويعرف فى هذه الحالة بأنه يجدد شبابه Rejuvenating ، ويبدأ النهر فى النحت فيما رسبه سابقا على سهل فيضانه Flood plain تاركا جوانب هذا السهل على هيئة شرفات تعرف بالشرفات النهرية ، وبتكرار تجديد شباب النهر يتكرر تكوين هذه الشرفات النهرية.

ب – عمل النهر فى الترسيب

الترسيب النهـــرى هو عبارة عن إلقاء النهر لما يحمل من مواد عندما تقل سرعته أو تقف نهائيا نتيجة لأن يقل انحدار المجرى كما هو الحال فى الأجزاء القريبة من المصب ، أو أن يقل حجم الماء نتيجة للبخر الشديد أو تسرب الماء فى الصخور المسامية أو الشقوق داخل الأرض ، أو أن توجد عوائق فى مجرى النهر تقلل من سرعته ، أو أن يصب النهر فى مياه ساكنة أو بحر هادئ. ويرسب الحصى أو المواد الغليظة فى أعالى الوادى ، وفى وسط مجراه ، بينما ترسب الرمال والرواسب النهرية عند المصبات وعلى جانبى الوادى عند الفيضانات وهكذا تتكون سهول الفيضانات Flood plains.

يلقى النهر برواسبه حينما تضعف طاقته و يقل حجم مياهه أو تتناقص سرعته.

الحالات التى يقل حجم المياه فى النهر:ـ

1- حينما يعبر النهر اقليما جافا ، فتتعرض مياهه للتبخر الشديد ويعظم التبخر إذا اتسم الاقليم بالحراره الشديده إلى جانب الجفاف الشديده

2- اذا شق النهر أو جزء منه طريقه خلال منطقه تتركب من صخور مساميه كالصخر الرملى أو الحجر الجيرى ، فيتسرب قسم من مياهه خلال مسامها.

3- حينما يحل فصل الجفاف ، فلا تسقط فى منابع النهر أو فى حوضه أمطار تغذيه بالمياه.

وتتناقص سرعه النهر فى الحالات الاتيه :ـ

1- عندما يمر ببحيرة متسعه ، فتتوزع مياهه فيها وتضمحل سرعه تياره.

2- حينما يدخل فى سهل فسيح مستوى أو قليل الانحدار.

3- عندما ينتهى النهرإلى مصبه فى بحر أو محيط.

ويلقى النهر بحمولته من المواد الخشنه كالحصى فى أول مرحله من مراحل الترسيب ويكون ترسيبها فى مجرى النهر نفسه أو على جوانبه ، ولايقتصر ترسيب هذه المواد الخشنه على جهه معينه من وادى النهر دون الاخرى . وفى مرحله أخرى من مراحل الترسيب يلقى النهر بحمولته من المواد الدقيقه ثم الادق ، وينشرها فوق أرض الوادى فى الفترات التى تفيض فيها مياهه ، فتتكون بذلك

طبقه من الغرين تكون أعظم سمكا فى المناطق التى تمتد على جانبى النهر ، وهى فى هذه المناطق تبدو على شكل جسور طبيعه

ظواهر الترسيب النهـــرى

ينشأ عن الترسيب النهرى تكوين ظواهر جيومورفولوجيه مهمه ، منها :ـ

- سهول الفيضانات Flood plains

مثال للترسيب النهرى يميزه ترسيب الغرين والطين على أرض الوادى ، ويحدث ذلك حينما يفيض النهر ويطغى على جسوره فينشر تلك الرواسب على جميع أرض الوادى. وتتميز السهول الفيضيه عادة بعظم سمك رواسبها ، ففى وادى النيل الادنى على سبيل المثال لم تصل أعمال حفر الابار رغم عمقها إلى القاعده الصخريه التى ترتكز عليها الرواسب النيليه . وفى موسم كل فيضان يستطيع النهر أن يوزع طبقه من الرواسب الغرينيه فوق سهله الفيضى وهى ظاهره لها أهميتها الخاصة بالنسبه للزراعه فى أوديه الانهار الكبرى نظر لانها تجدد خصوبه الارض ، كما كان بالنسبه لنهر النيل قبل انشاء السد العالى

- الدالات Deltas

مثال آخر للترسيب النهرى ، وقد سميت الدلتا بهذا الاسم للتشابه بينها وبين الحرف اللاتينى المعروف بنفس الاسم Δ ، وتتكون عندما تصطدم مياه الأنهار بمياه البحار فتلقى بما تحمل من مواد.

ويشترط لتكوين الدلتا عند مصب النهر أن يكون البحر هادئا وخال من التيارات الشديدة ويتفرع النهر نتيجة لذلك إلى فرعين أو أكثر ، وكذلك كان الحال فى دلتا نهر النيل ، إذ كان النيل يتفرع إلى عدة فروع تصل إلى بور سعيد شرقا وإلى الاسكندرية غربا ، ثم انسدت هذه الفروع بما يرسب النهر من غرين حتى بقى فرعى رشيد ودمياط فقط. أما إذا انتهى النهر إلى بحر كثير التيارات شديد المد والجزر فإنه لا يكون دالات بل يكون مصب عادى ، إذ سرعان ما تكتسح التيارات والمد والجزر ما يحمل من مواد ، فلا تكون هناك فرصة لترسيبها عند مخرج النهر.

شروط تكوين الدالات:

ينبغى لتكوين الدالات ولاستمرار نموها توافر شروط معينه هى :-

1- أن تكون حمولة النهر كبيره. وهذا يعنى أن تكون التعريه النهريه نشيطه قويه فى مجراه الاعلى.

2- أن يكون الجزء الادنى من النهر فى مرحله الشيخوخه ، حتى يكون تياره بطيئا فيرسب معظم حمولته عند المصب. حيث أن النهر السريع الجريان يستطيع دفع رواسبه بعيدا فى عرض البحر.

وهناك حقيقه طبيعيه كيميائيه تساعد على ترسيب المواد عند المصب ، مؤداها ان الذرات الصلصاليه الدقيقه التى تحملها مياه

النهر العذبه ، تتعقد وتتلاحم ببعضها عند اختلاطها بمياه البحر المالحه ، ومن ثم يزداد ثقلها فترسب.

3- أن تكون منطقه المصب هادئه خاليه من التيارات البحريه والامواج العاتيه وحركات المد والجزر حتى لاتحرك الرواسب وتنقلها بعيدا عن منطقه المصب.

4- أن تكون البحيرات التى تعترض مجرى النهر قليله أو معدومه حتى لايرسب النهر فيها حمولته ، فلا يصل منها إلى المصب إلا قليلا

5- أن تكون منطقه المصب ضحله غير عميقه وغير آخذه فى الهبوط فتنمو الدلتا بسرعه. وتعانى الدالات من هبوط تكتونى بطئ

ويعتبر عمل الأنهار الجيولوجى من أهم عوامل التعرية إذ يقدر ما تحمله الأنهار من سطح الأرض إلى قاع البحار فى العالم بنحو ١٦ كيلو متر مكعب فى العالم ، أى ما يعادل طبقة سمكها ١٥ سنتيمترا من سطح الأرض ، أى أن الأنهار تحتاج إلى حوالى خمسة ملايين من السنين لإزالة جميع البروزات أو التضاريس الموجودة على سطح الأرض ، أى لكى تصل إلى المستوى القاعدى للنحت ، ولكن هذا لم يحدث فى العصور القديمة ولن يحدث فى المستقبل لأن هناك عوامل أخرى تعمل دائما على رفع سطح الأرض والمحافظة على ما أسميناه سابقا بالتوازن الاستاتيكى.

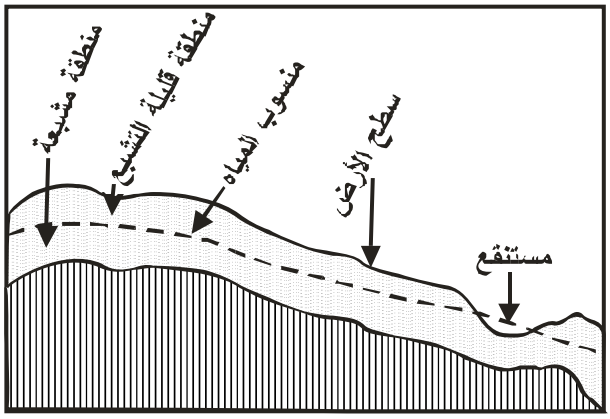
٥ – المياه تحت السطحية Underground Water

ويقصد بها المياه الغائرة فى القشرة الأرضية والتى يرجع أصلها إلى المطر أو الثلج أو المياه الجارية وقد تسمى فى بعض الأحيان بالمياه الجوفية إلا أننا نتفادى استعمال هذا الاسم لأنه ينطبق على المياه الأرضية التى يكون مصدرها النشاط البركانى أو المواد المنصهرة ويعرف هذا النوع عادة بالمياه النشطة.

وتتسرب هذه المياه إلى باطن الأرض عن طريق مسام الصخور والشقوق أو الفجوات أو الفواصل الموجودة بها ، وقد يعود بعض هذا الماء إلى السطح بالخاصية الشعرية وبما تمتصه جذور النباتات ، إلا أن الجزء الأكبر منها يظل فى باطن الأرض حيث يكون له تأثير كبير على الصخور المختلفة.

ويسمى مستوى الماء تحت سطح الأرض بمنسوب المياه الأرضية Underground Water table ويتبع هذا المستوى الشكل الطبوغرافى لسطح الأرض أى أنه لا يكون أفقيا ، وكذلك يختلف هذا المنسوب فى العمق فيكون قريبا من السطح فى الأماكن القريبة من البحار والأنهار أو الأماكن كثيرة الأمطار ويكون بعيدا عن السطح فى المناطق الجافة.

ويظل منسوب المياه الأرضية فى مستوى معين فى الأراضى السهلة أو المنبسطة أما إذا اختلفت التضاريس بين مرتفعات ومنخفضات فقد يحدث أن يتقاطع هذا المنسوب مع سطح الأرض ولهذا السبب تنشأ المستنقعات.



شكل ٦: قطاع يبين منسوب الماء ومناطق التشبع والمستنقعات

وفى الأماكن التى توجد بها مياه أرضية ، توجد تحت سطح القشرة الأرضية ثلاث مناطق ، تبدأ تحت السطح مباشرة بالمنطقة الجافة أو المنطقة الغير مشبعة وهذه المنطقة لا تحتوى على آثار قليلة من المياه أو الرطوبة ، وتلى هذه منطقة متوسطة التشبع ويوجد بها الماء فى الشقوق الرفيعة جدا والمسام الدقيقة كمسام الصخور الطينية نتيجة لامتصاصه بواسطة القوى الشعرية ، وتأتى فى النهاية وتحت المنطقتين السابقتين منطقة دائمة التشبع وفيها تكون جميع المسام والفجوات والشقوق مليئة بالماء ، وقد تصل هذه المنطقة فى العمق إلى عدة مئات من الأمتار ، كما قد تمتد إلى أكثر من ذلك حسب التراكيب الجيولوجية التى توجد بالمكان. أما الحد الأعلى للمياه الأرضية أو منسوب الماء فيكون كما قلنا أقرب للسطح فى الأماكن الرطبة عنه فى الأماكن الجافة كما أنه يتغير فيصبح المنسوب فى

الشتاء أعلى منه فى الصيف بسبب الأمطار ، كما أن وجود نهر أو بحيرة قريبة يتسبب فى رفع هذا المنسوب.

والمياه الأرضية تتحرك دائما وتتحكم فى تحركها عوامل كثيرة مثل الميل العام للطبقات الحاوية عليها ، والتراكيب الجيولوجية المختلفة كالثنيات والكسور والفواصل والسدود النارية ومسامية الصخور وقدرتها على الانفاذ والإمرار

العوامل التى تتحكم فى حركة المياه تحت السطحية

أولا – مسامية الصخور

الصخر المسامى هو ذلك الصخر الذى يحوى فتحات صغيرة دقيقة بين حبيباته تسمى المسام. وتقدر مسامية الصخر كنسبة مئوية لحجم الفراغ إلى الحجم الكلى للصخر.

$$\text{مسامية الصخر} = \frac{\text{حجم الفراغ الموجود فى الصخر}}{\text{حجم الصخر كله}} \times ١٠٠$$

وبهذه النسبة يمكننا مقارنة مسامية الصخور بعضها ببعض فقد وجد أن مسامية الطين قد تبلغ ٥٠% والصخر الطباشيرى ٥٠% والرمل والحصى الغير متماسك ٢٠ – ٤٧% والصخر الرملى المتماسك ٥ – ١٥% والصخر الجيرى ٥ – ٢٠% والجرانيت والصخور النارية الأخرى أقل من ١%

ومن هذا يظهر أن الطين والصخور الطباشيرية Chalk أكثر مسامية من الصخر الرملى. ومع ذلك فإن الماء يمر بسهولة خلال

الثلاث ولا يمر خلال الأولين. والسبب فى ذلك راجع إلى خاصية أخرى تسمى الإنفاذ.

ثانيا – النفاذية

الإنفاذ هو السهولة التى تسمح الصخور بها لمرور الماء بين حبيباتها. فالطين مثلا صخر غير منفذ بينما الرمل منفذ جيد والسبب فى ذلك أن حبيبات الطين صغيرة جدا ولذلك فإن الحبيبات متقاربة من بعضها جدا والمسام التى بينها صغيرة جدا ولذلك فإن الماء يمسك فى هذه المسام بواسطة الخاصية الشعرية ، وعلى ذلك لا يسمح الطين بمرور الماء فيه بل يمتصه ويبقيه فيه أما الرمل فإن حبيباته كبيرة نسبيا ومتباعدة بعضها عن الآخر فيمر بينها الماء بسهولة ويسر.

ثالثا – الإمرار

هناك صخور تسمح بمرور الماء فيها بالرغم من أنه ليس بها مسام البتة ، فالجرانيت مثلا مساميته ضئيلة جدا وكذلك الصخر الد ولوميتى ولكنها غالبا ما تسمح بمرور الماء فيها وذلك لوجود شقوق وفواصل تعمل كأنابيب تسمح بمرور الماء. فالماء هناك لا يمر خلال الصخر نفسه بين حبيباته بل يمر خلال هذه الشقوق والفواصل ونسمى هذه صخور ممررة Pervious لنميزها عن الصخور المنفذة Permeable التى ذكرناها آنفا. ومن هذا نرى أنه يمكننا تقسيم الصخور بالنسبة لدراسة المياه الأرضية إلى أربعة أنواع هى :

(١) صخور مسامية منفذة Porous & permeable

(٢) صخور مسامية غير منفذة Porous & impermeable

(٣) صخور غير مسامية ممررة Non-porous & pervious

(٤) صخور غير مسامية وغير ممررة Non-porous & Non-pervious.

فصخور النوع الأول والثالث هى التى تسمح بحرية تحرك المياه فيها وتكون ما يسمى بالصخر الخازن للمياه التحت سطحية .وعموما فإن أحسن الصخور الخازنة للمياه هى الصخور الرملية والصخور الجيرية (إذ أن هذه الأخيرة تنفصل – يتكون بها فواصل – بسرعة).

العوامل التى تتوقف عليه مسامية الصخور:

أولا : درجة التقارب بين أحجام الحبيبات المكونة للصخر

فالرمال التى تكون حبيباتها متساوية أو متقاربة فى الحجم أكثر مسامية من الرمال المكونة من حبيبات مختلفة فى الحجم ، إذ تملأ الحبيبات الصغيرة فى هذه الحالة الفجوات التى بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقلل من مسامية الصخر (شكل ٧–١,٢).

ثانيا : شكل الحبيبات المكون للصخر

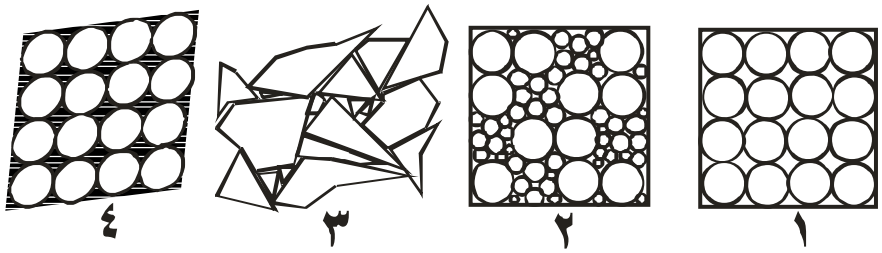
فمن الواضح أنه إذا كانت الحبيبات حادة Angular (شكل ٧ – ٣) فإن الزوايا تدخل فى الفجوات بين الحبيبات الأخرى وتقلل المسامية.

ثالثا : طريقة ترتيب (أى رص) الحبيبات

وطريقة رص الحبيبات (أى ترتيبها بالنسبة لبعضها) متوقف غالبا على مقدار الضغط الذى وقع على الراسب بعد ترسيبه نتيجة لتراكم الطبقات فوقه Degree of compaction أى إنه توجد علاقة مباشرة بين مسامية الصخر والعمق الذى يوجد فيه تحت سطح الأرض.

رابعا : درجة تماسك الصخر Cementation

إذا ترسبت رواسب كيميائية بين حبيبات الصخر أدى ذلك إلى تقليل مساميته ، فالصخر الرملى إذا ترسبت بين حبيباته أكاسيد الحديد أو أكسيد السيليكون (السيليكا) أدى ذلك إلى تماسكه وفقدانه الجزء الأكبر من مساميته (شكل ٧ – ٤).



شكل ٧: يبين طريقة رص الحبيبات فى الرواسب المختلفة

يتبين إذن من دراستنا لخاصية مرور المياه فى الصخور أنه يمكننا أن نقسم المياه الأرضية إلى نوعين :

١- المياه الأرضية الحرة وهى التى تتحرك أينما شاءت لا يقيدها إلا الجاذبية الأرضية.

٢- المياه الأرضية المقيدة وهى التى يقيد حركتها وجود طبقة غير منفذة إما فوقها أو تحتها أو كلاهما وفى هذه الحالة لا يتبع

منسوب المياه الأرضية الشكل الطبوغرافى للمنطقة. تميل هذه المياه إلى الاتجاه دائما إلى أسفل بتأثير الجاذبية ، ولكن هناك عوامل أخرى تتحكم فى مسارها. وقد تظهر المياه الأرضية على سطح الأرض نتيجة لذلك ويكون ظهورها إما على هيئة مستنقعات أو على هيئة عيون أو ينابيع ، أو على هيئة آبار.

ما هى العيون أو الينابيع Springs

تظهر العيون أو الينابيع نتيجة لتقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض نتيجة لسير المياه فى طبقة منفذة تحتها طبقة غير منفذة ، ويتبع اتجاه الطبقة الأخيرة إلى أن يظهر على السطح كما قد يتكون ينبوع نتيجة لحدوث كسر أو فالق فى الصخور ، وتساعد الفواصل فى الصخور الصماء على ظهور الينابيع. وكذلك السدود النارية وعدم التطابق Unconformity ويمكن تسمية الينابيع حسب الظروف التى أدت إلى ظهورها مثل :

١- الينابيع الوادية Valley springs

وهذه توجد فى المناطق الجبلية الرطبة ، إذا تقابل منسوب المياه الأرضية مع سطح الأرض فى منخفض كواد مثلا ، وهذا النوع هو أكثر الأنواع تأثرا بهبوط الأمطار ويكون وجوده فى المناطق الجبلية الرطبة.

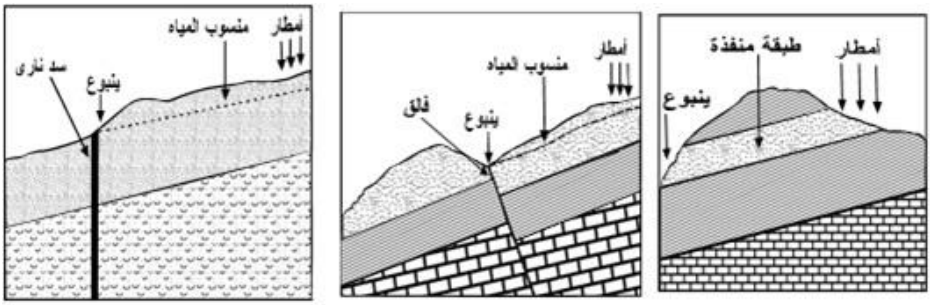
٢- الينابيع الطابقية Stratum springs

هذا إذا اعترض المياه الأرضية طبقة غير مسامية وغير منفذة ، وتقابلت هذه الطبقة مع سطح الأرض.

٣- الينابيع الفالقية Fault springs

وذلك عندما تصادف المياه الأرضية فالق ما فإنها تصعد إلى أعلى متخذة سطح الفالق منفذا لها خصوصا وأن حدوث الفالق كثيرا ما يؤدى إلى صهر الصخور على جانبيه مما يؤدى إلى فقدانها مساميتها ، أو قد يؤدى الفالق إلى تجاور طبقة غير منفذة مع الطبقات المنفذة التى توجد بها المياه الإرضية.

وهذه الحالات موضحة بشكل ٨.



شكل ٨: يبين الطرق المختلفة لتكوين الينابيع

التركيب الصخري للقشرة الارضية

الصخور الى جانب المعادن هى مكونات القشرة الارضية او ذلك الغلاف اليابس الذى يحيط بالارض

يتركب الصخر من معدن واحد او يكون خليط من عدة معادن ، وتشترك فى بناء جزء اساسى من القشرة الارضية. وتوجد ايضا

صخور تتكون من اصل عضوى (ليس معدنى) مثل صخور الفخم او الصخور المتكونة من تكدس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية.

الصخر Rock: هو عبارة عن مادة صلبة مكونة من تجمع من خليط من المعادن (Rock Forming minerals) سواء كانت من نوع واحد او من انواع مختلفة.

المعدن Mineral: هو عبارة عن مادة صلبة متجانسة (عنصر أو مركب) تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية ولها تركيب كيميائى محدد ونظام بلوري محدد.

تختلف الصخور اختلافا واضحا يتوقف على نوع المعادن المكونة لها وعلى نسبة هذه المعادن وكذلك على كيفية نشأتها Mode of origin وطريقة تكوينها وتواجدها Mode of occurrence

ويمكن حصر حميع انواع الصخور المعروفة فى ثلاثة انواع رئيسية هى الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة.

دورة الصخور فى الطبيعة

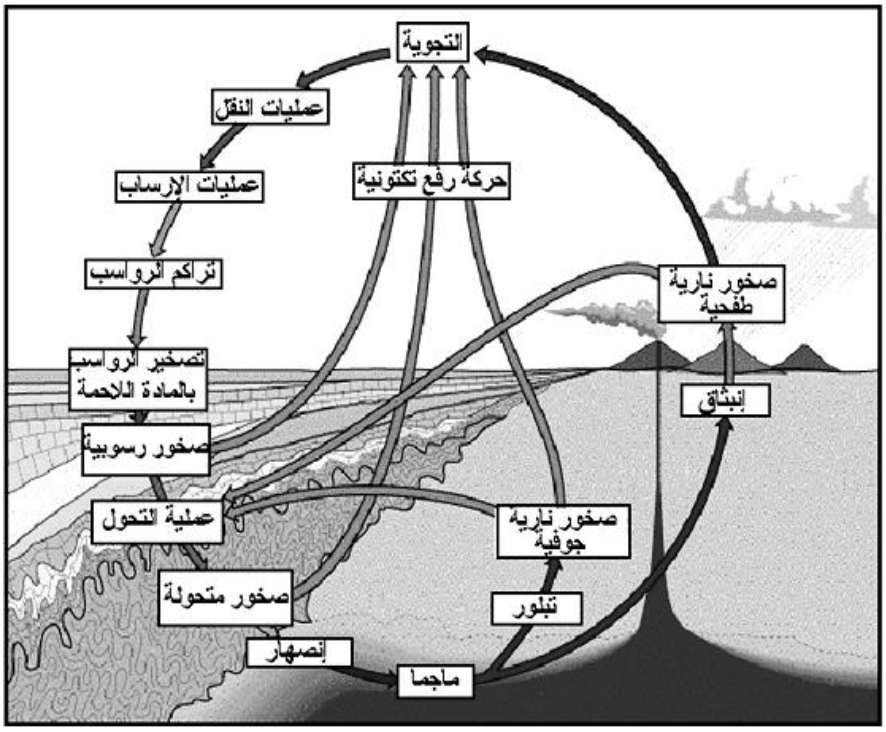
تتكون الصخور المكونة للقشرة الأرضية نتيجة لمجموعة من العمليات الجيولوجية الفعّالة البانية والمحطمة للصخور خلال الأزمنة الجيولوجية المختلفة فيما يعرف بدورة الصخر والتي يمكن إيجازها في:

١- تبدأ الدورة بتكوين الصخور النارية والتي تتكون نتيجة تصلد وتبلور الصهير في جوف الأرض أو نتيجة تصلد وتبلور الحمم (Lava) فوق سطح الأرض.

٢- تتعرض الصخور النارية الي عمليات التجوية و التعرية بواسطة الرياح، المياه الجارية، الجاذبية، الأمواج البحرية والكتل الجليدية التي تعمل علي تفتيت، تكسير وتحلل الصخور الي مواد فتاتية صغيرة تترسب بعضها مباشرةً علي السطح مكونة التربة المحلية ، أما الجزء الأعظم منها فانها تنتقل بنفس العوامل الي مواقع الترسيب في قيعان البحار والبحيرات ومجاري الأنهار والخيران وعلي اليابسة وتترسب في طبقات علي شكل رسوبيات (Sediments) والتي تتعرض للتضاغط تحت ثقل الطبقات التالية فتتصلب وتلتحم مع بعضها البعض وتتصخر مكونةً الصخور الرسوبية.

٣- تحت ظروف معينة مثل دفن الصخور تحت أعماق بعيدة في باطن الأرض أو حدوث حركات أرضية شديدة كحركات بناء الجبال (Orogeny) تتعرض الصخور النارية والرسوبية الي تغير قي البيئة المحيطة لإرتفاع الضغط ودرجة الحرارة و تغيرالعوامل الكيميائية وإستجابةً لهذه التغيرات تتغيير معالم ومكونات الصخر تغييراً جزئياً أو كلياً فتنتج معادن وأنسجة تحولية جديدة مع بقاء الصخر في حالة الصلابة وتعرف هذه العملية بعملية التحول (Metamorphism) والتي تؤدي تكوين الصخور المتحولة.

٤- قد تتعرض جميع أنواع الصخورالموجودة في اللقشرة الأرضية اياً كان نوعها (نارية، متحولة، أو رسوبية) الي درجات حرارة عالية جداً فتنصهر مكونة الصهير.



انواع الصخور

تختلف الصخور اختلافاً بيناً يتوقف علي التركيب المعدني لها، كيفية نشأتها وطرق تكونها وتواجدها.

الأسس التي تقوم عليها تصنيف الصخور منها:

١) التركيب الكيميائي

٢) المكونات المعدنية

٣) أصل التكوين وبيئة النشأة (مكان التصلد وطريقة الظهور)

٤) ماتحتويها الصخور من أنسجة وتراكيب.

أولا الصخـور النارية

مميزات عامة للصخور النارية

الصخور النارية تتكون نتجة لبرود الصهير وتصلبه اما على السطح او على اعماق مختلفة منه. وتختلف الصخور النارية وتتنوع باختلاف المعادن المكونة للصخر وباختلاف نسبة هذه المعادن وحجم وترتيب بلوراتها .

وهناك أنواع عديدة من الصخور النارية قد تصل إلى المئات ، وبالرغم من هذا التنوع فإن هناك صفات مشتركة تتميز بها الصخور النارية عن الأنواع الأخرى من الصخور وهذه الصفات هي :

١) توجد في الطبيعة غالبا على هيئة كتل ضخمة ولا توجد على هيئة طبقات متتابعة بعضها فوق بعض .

٢) تخلو من الأحافير (بقايا المخلوقات النباتية و الحيوانية القديمة

٣) غالبا ما تكون في حالة متبلورة ويختلف حجم بلورتها باختلاف سرعة تبريد الصهير الذي تكونت منه ، لذا نجد الصخور التي تكونت في باطن الأرض جوفية ذات بلورات كبيرة الحجم لأنها بردت ببطء .

٤) تحتوي علي أنسجة وتراكيب أولية دالة علي العمليات النارية

٥) لا يوجد مسامات أو فراغات بين حبيباتها ، فهي تعد صخوراً صماء .

٦) تقاوم بدرجة كبيرة تأثير الرياح والأمطار وحرارة الشمس وعوامل التجوية المختلفة.

أصل ونشأت الصخورالنارية

يعتبر الصهير او الماجما Magma وهى كلمة يونانية تعني الجسم اللدن وهو الأصل الذى تكونت منه الصخور النارية

وتنشأ الصخور النارية اثناء صعود الصهير من باطن الارض تجاه سطح الارض حيث يقل الضغط كما تقل درجة الحرارة تدريجيا. والنقص فى الضغط يمكن الغازات المجودة فى الصهير من الهروب او التسلل فى الصخور المجاورة ، بينما يؤدى انخفاض درجة الحرارة الى تبلور المواد الغير طيارة. وكلما كان نقص درجة الحرارة او عملية التبريد بطيئة كلما ظل الصهير فى حالة سائلة اكبر وقت ممكن وهذا يسمح للجزيئات الدقيقة ان ترتب نفسها فى اشكال منتظمة وبالتالى تعطى الفرصة لتكون البلورات الكبيرة .

ونجد ان التبريد السريع جدا الذى يحدث عندما يصعد الصهير على هيئة طفوح بركانية الى سطح الأرض ينتج عنه نسيج صخرى ذو حبيبات دقيقة Fine grained او نسيج زجاجى.

ويعرف الصهيرعلي أنه محلول معقد غليظ القوام من مادة صخرية مصهورة يتواجد علي مستويات مختلفة من باطن الأرض

وفي درجات حرارة عالية جداً وضغط كبير. والصهير عبارة عن خليط من المواد الطيارة Volatiles او الغازية Gaseous مثل ثانى اكسيد الكربون وبخار الماء ، ومواد غير طيارة Non -volatiles مثال اكاسيد السيلكون والألومنيوم والحديد والمغنسيوم وغيرها .

ويتكون الصهير من نظام سائلى متعدد المكونات من حالات المادة الثلاث:-

١) حالة الصلابة Solid Phase

وتمثلها المركبات غير المتطايرة والتى تتواجد قي شكل أيونات من العناصر الأساسية ($Na, K, Ca, Fe, Mg, Cl, OH, HCO_3$) محمولة علي أرضية من روابط الأكسجين (O)، السليكون (Si) والألومونيوم (Al) وتشكل نسبة هذه العناصر في الصهير حوالي ٩٧ % هذا بالاضافة الي بعض العناصر الثانوية والنادرة .

٢) حالة السيولة liquid Phase

وتمثلها المركبات المتطايرة والتى تتكون من صهير السليكات (Silicate melt) والماء بالاضافة الي بعض الأملاح الذائبة مثل الكلوريدات والكبريتات، وتوجد بكميات ضئيلة جداً في الصهير.

٣) الحالة الغازية Gas Phase

تمثلها مركبات غازية متطايرة اهمها بخار الماء وبعض العناصرالغازية مثل (N_2 , H_2 , F_2 , CO_2).

أنواع الصهير Types of magmas

يصنف الصهير على حسب نسبةالسليكا الي:

١) الصهير الحمضي Acidic magma

نسبة السليكا (SiO_2) فيه لا تقل عن الـ ٦٦ % وهو غني في تركيبه بعناصر الألومونيوم (Al)، البوتاسيوم (K) والصوديوم (Na)، وعند تصلد هذا النوع يعطى صخور نارية مكونة من معادن فاتحة اللون مثل صخور الجرانيت (Granite) والريوليت (Rhyolite).

٢) الصهير القاعدي Basic magma

نسبة السليكا (SiO_2) فيه لا تزيد عن الـ ٥٢ % وهو غني في تركيبه بعناصر الحديد (Fe)، الماغنسيوم (Mg) والكالسيوم (Ca)، وعند تصلد هذا النوع يعطى صخور نارية مكونة من معادن داكنة اللون مثل صخور الجابرو (Gabbro) والبازلت (Basalt).

٣) الصهير المتوسط Intermediate magma

يترواح نسبة السليكا (SiO_2) فيه بين ٦٦ % - ٥٢ % وله تركيب كيميائي متوسط بين الحمضى والقاعدى ويؤدى تبلوره و تصلده الى تكوين صخور نارية متوسطة مثل الديوريت (Diorite) والأنديسايت (Andesite).

٤) الصهير فوق القاعدي Ultra basic magma

نسبة السليكا (SiO_2) فيه أفل من ال٤٥ % وهو غني جداً في تركيبه بعناصر الماغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) وهو قليل الشيوع وعند

تصلده يعطى صخور نارية فوق قاعدية مثل الدونيت (Dunite) والبيروكسينيت (Pyrxenite).

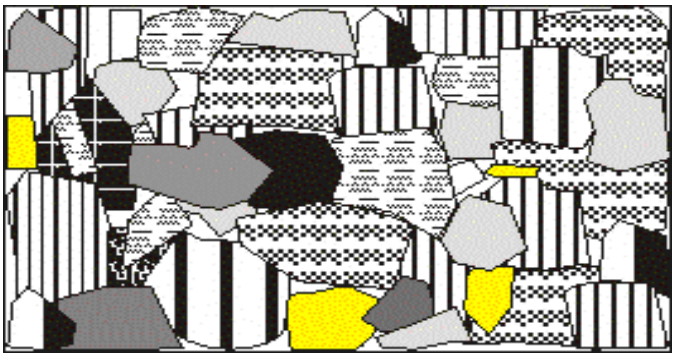
تقسيم الصخور النارية

من الصخور النارية ما يتكون تحت سطح الأرض خلال الشقوق والفجوات وتسمى الصخور المتداخلة Intrusive rocks ، ومنها ما يصعد حتى سطح الأرض وتعرف بالصخور السطحية Extrusive rocks او البركانية Volcanic rocks ، وكذلك يمكن تقسيم الصخور المتداخلة الى نوعين حسب العمق هما الصخور الجوفية Plutonic rocks والصخور تحت سطحية Hypabyssal rocks.

أ- الصخور الجوفية Plutonic rocks

تتكون الصخور الجوفية على أعماق بعيدة فى جوف الأرض حيث تسمح عوامل الحرارة والضغط بعملية تبلور تام لمكونات الصهير ، نتيجة التبريد البطئ والضغط المستقر نسبيا ، ولذلك توجد المكونات المعدنية للصخور الجوفية فى هيئة بلورات كبيرة الحجم ومتساوية فيما بينها فى النمو وفى ترتيب أفرادها ، وتوصف المعادن فى هذه الحالة بأنها كاملة التبلور. وتعرف الهيئة الناتجة عن الحجم النسبى وشكل وطريقة ترتيب بلورات المعادن المكونة لصخر ما بالنسيج Texture. وتتميز الصخور الجوفية بنسيج كامل التبلور أى

ذات بلـورات واضـحة المعـالم "نموذجيـة الشـكل" Idiomorphic (شكل ٩).



شكل ٩ ـ يبين النسيج كامل التبلور

ويوصـف النسـيج فـى هـذه الحالـة بأنـه كبيـر الحبيبـات Coarse grained texture أو جرانيتى Granitoid.

وتتواجد الصـخور الجوفيـة فـى هيئـة كتـل ذات حجـم ضـخم ، تغطـى مسـاحات شاسـعة تبلـغ مئـات الكيلـومترات ، وتتزايـد مسـاحتها تدريجيا فى اتجاه قاعدتها على أعماق كبيرة جدا تحت سلاسل الجبـال ، وعادة ما تكون أسقفها مخروطيـة الشكل وجدرانها شديدة الانحدار وغير متوافقـة مـع صـخور مكانهـا وتعـرف هـذه الكتـل الضـخمة مـن الصخور النارية "باثوليث" Batholith ، وتسمى الأحجـام الصـغيرة منها "بوس" Boss أو "ستوك" Stock (شكل ١١).

ب-الصخور تحت السطحية (المتداخلة)

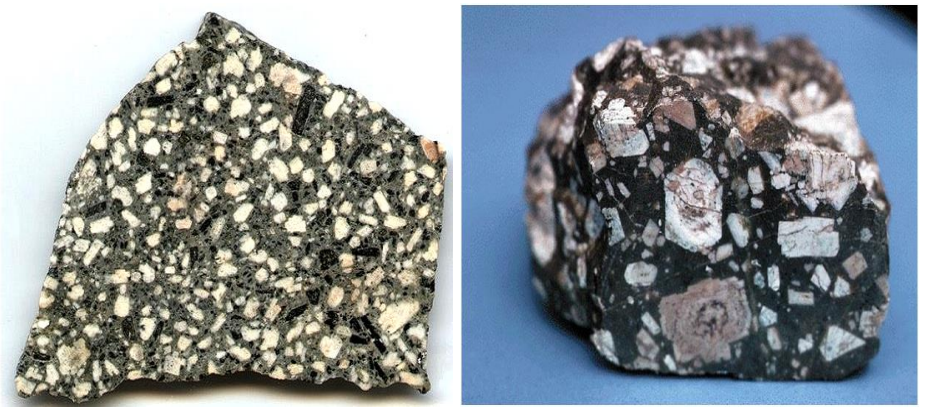
وهى صخور نارية تكونـت علـى أعمـاق قريبـه مـن سطح القشـرة الأرضية.

وتتميز هذه الصخور باشكال معينه. فعندما يصعد الصهير داخل القشرة الأرضية ويتسرب إلى مناطق الضعف فى صخور المكان وخاصة الرسوبية منها وينتج عن ذلك تقوس الطبقات الموجودة فوق الصهير المتداخل فتتخذ هيئة قبو ذو قاعدة مستوية إلى حد ما ، وتسمى مثل هذه الكتل النارية المتداخلة التى قد تصل مساحتها عدة كيلومترات باسم لاكوليث Laccolith أو كتل جرسية.

وأحيانا يتداخل الصهير بين سطوح الطبقات الرسوبية حيث يتجمد فى هيئة جدد موازية sills ، وأحيانا أخرى يغزو الصهير الشقوق والفواصل أو الكسور التى غالبا ما تكون راسية أو مائلة فى صخور المكان ويتجمد مكونا كتلا نارية تعرف بالجدد القاطعة أو الراسية Dikes (شكل ١١).

وتتميز الصخور تحت السطحية بنسيج بورفيرى وهو يتكون من بلورات كبيرة الحجم منتشرة فى وسط من البلورات الدقيقة أو فى وسط زجاجى ينعدم فيه التبلور نهائيا (شكل ١٠). وينشأ النسيج اليورفيرى نتيجة تغير الظروف المحيطة بالصهير المتداخل أثناء تصلده ، حيث تتكون البلورات الكبيرة الحجم النموذجية الشكل أثناء وجود الصهير فى أعماق بعيدة نسبيا من سطح الأرض نتيجة التبريد البطئ ، وعندما يتداخل الصهير بعد ذلك فى الطبقات القريبة من سطح الأرض حيث التبريد المفاجئ فإنه يتصلد حينئذ فى شكل

بلـورات دقيقـة الحجـم تمـلا وتتشـكل بشـكل الفراغـات الموجـودة بـين البلورات الكبيرة النموذجية الشكل السابق تكوينها.

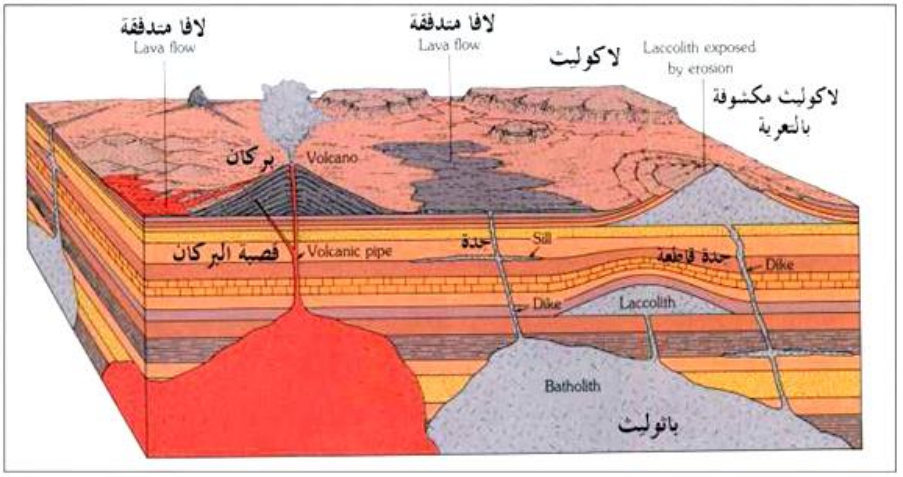


شكل ١٠ ــ يبين النسيج البورفيرى فى الصخور النارية

ج- الصخور السطحية أو البركانية

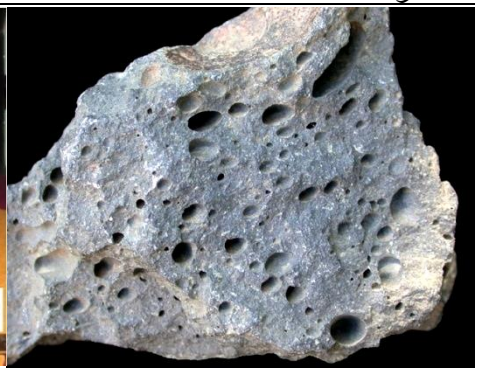
تتكـون هـذه الصـخور نتيجـة تـدفق الحمـم أو اللافـا مـن أفـواه البراكين الثائرة ، أو من الشقوق والفواصل التـى قد تصـادف الصـهير المتصاعد فى صخور المكان إلى سطح الأرض

وتتصلد الحمم حينئذ بسرعة فائقة لا تسمح لمكوناتها بـأن تتخذ الأشكال البلوريـة الخاصـة بهـا فتكون مـادة زجاجيـة عديمـة التبلـور ، وأحيانا تتجمد الحمم فـى كتل سميكة ، فتتكون الطبقـة الخارجيـة منهـا فـى نسيج زجـاجى نتيجـة تعرضـها المباشر للجو حيث تفقد حرارتها بسرعة هائلـة ، بينمـا تتمتـع الأجـزاء الداخليـة منهـا بتبريد بطـئ نسبيا فتتجمد فى نسيج دقيق أو حتى التبلور



شكل ١١: يبين اهم الاشكال التى تكون عليها الصخور النارية الجوفية والمتداخلة والبركانية

غالبا ما تحتوى الحمم على غازات وأبخرة متعددة على هيئة فقاقيع كبيرة ، سرعان ما تتطاير بمجرد تعرضها للجو تاركة خلفها فراغات فقاعية فى الصخور النارية السطحية فتكون نسيجا فقاعيا. وقد تمتلئ هذه الفراغات الفقاعية فيما بعد بمعادن ثانوية لاحقة مختلفة الأصل وتظهر فى شكل لوزى ، ويوصف النسيج الناتج بأنه لوزى أو ميجدالى. وأحيانا تتجمع الغازات البركانية فى الحمم على هيئة فقاقيع صغيرة جدا كثيرة الانتشار ، وبمجرد تطايرها تترك الصخر البركانى على هيئة نسيج إسفنجى كما فى الحجر الخفاف.



النسيج الاميجدالى النسيج الفقاعي

وتظهر الصخور البركانية فى الطبيعة فى أشكال مختلفة تتوقف على التركيب الكيميائى للحمم ودرجة حرارتها ودرجة لزوجتها ، فالحمم الحامضية التركيب تظل لزجة لوقت طويل وخاصة فى درجات الحرارة العالية فتسيل إلى مسافات قصيرة غير بعيدة عن مصدرها ، فى حين أن الحمم القاعدية التركيب قليلة اللزوجة وتتحرك بسهولة فتصل إلى مسافات بعيدة نسبيا عن مصدرها.

وتقذف البراكين قطع الحمم إلى ارتفاعات مختلفة فى هيئة كتل بركانية، أو هيئة بيضاوية تعرف بالقنابل البركانية ، او قطع صغيرة الحجم ، أو تتطاير فى هيئة فتات أو حبيبات صغيرة تعرف بالغبار البركانى Volcanic dust. ثم تتساقط هذه القذائف البركانية وتكون الرواسب الفتاتية البركانية ، ومنها البريشيا البركانية (تتكون من قطع صخرية بركانية حادة الحواف).

أما اللافا فإنها تسيل على جوانب البراكين الثائرة ، وعندما تبرد هذه الحمم المتدفقة فإنها تتخذ أشكالا حبلية ، عادة ما توازى السطح الذى تسيل عليه ، وغالبا ما تتبلور مكونات الجزء الداخلى لهذه الحمم

المتحركة وتترتب موازية لبعضها فى اتجاه التحرك فينتج ما يسمى بنية الانسياب Flow structure . وقد تبرد اللافا متجمدة على هيئة وسائد متجمعة فوق بعضها فى بنية وسادية pillow structure ، وأحيانا تتجمد الحمم فى شكل أعمدة رأسية متلاصقة ذات مقطع سداسى منتظم يشبه خلايا النحل يعرف بالبنية العمدانية Columnar structure . وتنشأ هذه البنية عن الإنكماش المنتظم لسطح الحمم نتيجة التبريد وتنفصل فى أشكال منتظمة سداسية المقطع ، وتمتد الفواصل متعمقة إلى أسفل بازدياد التبريد والانكماش فتتكون أعمدة طولية متوازية متجاورة منفصلة عن بعضها.

Columnar structure

pillow structure

Flow structure

التعرف على الصخور النارية من خلال اللون و النسيج

النسيج	اللون	اسم الصخر
نسيج خشن	لون فاتح	جرانيت

	ابيض / وردى / رمادى	
	لون متوسط ابيض و اسود	ديوريت
	لون داكن رمادى داكن و اسود	جابرو
	داكن جدا اخضر داكن و اسود	بريدوتيت
نسيج دقيق	لون فاتح ابيض / رمادى / وردى	ريوليت
	لون متوسط رمادى داكن و الوان أخرى	انديزيت
	لون داكن رمادى داكن الى الأسود	بازلت
نسيج بورفيرى	لون فاتح شفاف / وردى	ريوليت بورفيرى
	لون متوسط وردى و رمادى	انديزيت بورفيرى
	لون داكن رمادى داكن و أخضر	بازلت بورفيرى
نسيج زجاجى	اسود / احمر / بنى مكسر محارى	اوبسيديان
	ابيض / رمادى وزن خفيف / لون فاتح	بيومس
نسيج فقاعى	اسود / رمادى وزن ثقيل / لون داكن	بازلت فقاعى

ثانيا الصخور الرسوبية

تتكون الصخور الرسوبية نتيجة تعرض الصخور الظاهرة على سطح الأرض لعوامل فيزيائية وتفاعلات كيميائية بفعل العوامل الطبيعية الخارجية كالرياح و المياه الجارية وغيرها ، ونتيجة لذلك تتفتت الصخور ثم تنتقل بصورة فتات صخرى أو مواد ذائبة حتى تترسب فى بيئات الترسيب المختلفة ثم تتماسك الرواسب المفككة بترسيب مواد لاحمة بين حبيباتها مثل السيليكا و أكاسيد الحديد أو بفعل الضغط الواقع عليها من الرواسب العليا .

تتميز الصخور الرسوبية بالخصائص الآتية:

أ) تتكون بواسطة العمليات الرسوبية وهي عمليات التجوية، النقل،الترسيب، التماسك والتصخر.

ب) تتكون من معادن وحبيبات مستديرة الشكل غالبا ومختلفة الحجم والمصدر ملتحمة بمادة لاحمة .

ج) تتكون دائماً علي شكل طبقات متعاقبة بينها سطوح فاصلة.

د) تحتوي علي أنسجة وتراكيب أولية وثانوية دالة علي العمليات الرسوبية.

هـ) تحتوى في الغالب الأعم علي الأحافير (بقايا المخلوقات النباتية و الحيوانية القديمة)

و) تحتوي علي مسام ملحوظة لأنها تتكون من حبيبات وفتات صخرية متراصة تتخللها بعض الفراغات.

وتصنف الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وظروف نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١- الصخور الرسوبية الفتاتية (الميكانيكية)

تشمل هذه المجموعة كل الصخور الرسوبية التى تتكون من قطع وفتات الصخور السابقة التكوين التى يتم نقلها - بواسطة المياه أو الرياح أو الثلاجات أو بفعل الجاذبية الأرضية – دون أن يطرأ عليها أى تغير كميائى إلى حيث تترسب بطريقة آلية ، ثم تتماسك وتتصلد.

يتكون هذا النوع منالصخور الرسوبية نتيجة تفتت صخور أخرى سبق تكوينها ، ثم ترسب المواد الناتجة فى مكان جديد تحت ظروف عادية من الضغط والحرارة. ويتم ذلك بواسطة عوامل التعرية ، فتؤدى التجوية Weathering إلى تكسير الصخور الأصلية وتفتيتها تحت تأثير النشاط الميكانيكى للأمطار والرياح والجليد والصقيع أو الاختلاف الدورى فى درجة الحرارة ، ثم نقل المواد الناتجة من عمليات التجوية أما فى حالة صلبة على هيئة حبيبات صغيرة أو مواد دقيقة غير قابلة للذوبان من مكانها الأصلى بواسطة عوامل النقل مثل المياه الجارية أو الرياح إلى حيث تتجمع فى هيئة رواسب صخرية.

وعادة ما تتكون هذه الرواسب فى هيئة طبقات متعاقبة – الأحدث فوق الأقدم منها – وتختلف فيما بينها فى سمكها وتكوينها وحجم الحبيبات المكونة لها وألوانها وجميع صفاتها الأخرى ، وبذلك يمكن تمييز مستويات أو سطوح فاصلة لكل من هذه الطبقات.

ثم يأتى بعد ذلك دور تماسك أو تصلد هذه الرواسب الصخرية وذلك بالتحام مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب الأخرى التى تعلوها ؛ أو قد يتم التصلد بواسطة مادة لاصقة أو مادة لاحمة مثل كربونات الكالسيوم أو السيليكا أو أكاسيد الحديد ، التى قد تتواجد بين مكونات هذه الرواسب. وتتكون الصخور الرسوبية من خليط مواد مختلفة ذات أصل متعدد وتركيب كيميائى أو معدنى متباين ، تحت ظروف متنوعة وبيئات مختلفة ، وذلك مما يؤدى إلى تعدد أنواعها.

ويمكن تمييز الصخور الرسوبية الفتاتية فى ثلاثة أنواع رئيسية تتوقف على حجم الحبيبات المكونة لها كما يلى :

أ– صخور رسوبية فتاتية كبيرة الحبيبات

تتكون من حبيبات كبيرة الحجم – ذات قطر لا يقل عن ٢ سم ، قد يصل أحيانا إلى بضعة سنتمترات – تعرف عامة بالحصاء Gravel أو "الحصى" Pebbles وأهم هذه الصخور هى : كونجلومرات Conglomerats وهى تتكون من قطع صخرية مختلفة الأصل ، ذات حواف مستديرة بسبب تقلبها واحتكاكها ببعضها أثناء نقلها عن طريق مياه الأنهار التى تحملها لترسبها عند مصابها بالقرب من شواطئ البحار. وتتصلد مكونات هذا الصخر من حصاء وحصى وأحيانا حبيبات رمل خشن مع بعضها بواسطة مواد لاحمة مختلفة مثل اللحام الجيرى أو السيليكى أو حديدى.

ومـن الصـخور الرسـوبية الفتاتيـة ايضـا صـخر البريشـيا Berccia تختلـف البريشـيا عـن صـخر الكونجلـومرات فـى شـكل الحبيبـات المكونـة لهـا ، إذ هـى ذات حـواف حـادة الزوايـا وليسـت مستديرة كما فى الكونجلومرات ، وذلك لأن البريشيا تتكون عادة فى البحيرات والخلجان المقفولة بعيدا عن تأثير التيارات البحرية القوية حيث لا تتعرض حبيباتها للاحتكاك ومن ثم عدم التآكل والاستدارة.

الكونجلومرات

البريشيا

ب – صخور رسوبية فتاتية متوسطة الحبيبات

يختلف حجم الحبيبات المكونة لهذه الصخور ، فيتراوح قطرها ما بين ٢ و ١/١٦ مم ، وتعرف هذه الصخور عامة بالصخور الرملية حيث أنها تتكون من حبيبات معدنية يسودها الكوارتز (أو الرمل) الذى يصعب تأثره بعوامل التعرية ، وتوجد حبيبات قليلة من معادن أخرى مثل الفلسبار والميكا ، وأحيانا الماجنيتيت. وقد تحتوى كذلك على بعض أجزاء مفتتة من قشور أو هياكل الكائنات الحية. وأهم هذه الصخور الحجر الرملى Sandstone : يتكون من الرمل الذى تسوده حبيبات الكوارتز المتوسطة أو الدقيقة الحجم ذات الحواف المستديرة .

وتتماسك هذه الحبيبات مع بعضها بواسطة مادة لاحمة قد تختلف من صخر لآخر. وتتميز أنواع الحجر الرملى حسب المادة اللاحمة.

ج – صخور رسوبية فتاتية دقيقة الحبيبات

تتكون هذه الصخور من حبيبات دقيقة لا يزيد قطرها عن ١/١٦ مم ، تنتج عن تحلل وتفتت معادن السيليكات وخاصة سيليكات الألومينا المائية (المعادن الطينية Clay minerals). وقد تحتوى الصخور الطينية على بعض البقايا العضوية المتحللة أو يقايا نباتية متفحمة ، وذلك مما يكسب بعضها الألوان القاتمة أو السوداء. وهناك بعض الصخور الطينية التى يشوبها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر نتيجة احتوائها على بعض المواد الملونة مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز. وأهم الصخور الطينية : الطين (صلصال) Clay : يتكون نتيجة تماسك حبيبات طينية دقيقة جدا ، ويحتوى على نسبة كبيرة من الماء (لا تتجاوز ١٥%) كافية لأن تكسبه خاصية اللدانة "قابلية التشكل" Plasticity. الحجر الطينى Mudstone : يتحول الطين إلى حجر طينى عندما يفقد الجزء الأكبر من محتوياته المائية نتيجة للجفاف أو زيادة الضغط الواقع عليه بحيث يفقد لدانته. الطفل (الحجر الطينى الصفحى) Shales : ينتج هذا الصخر عن الحجر الطينى نتيجة لزيادة الضغط الذى يفقده كل محتوياته المائية وكسبه خاصية الترتيب الصفحى أو الترتيب الورقى "التورق" Lamination. ولذلك يتميز صخر الطفل بظاهرة التفسخ الصخرى

Fissility حيث يمكن فصله أو تقشره هيئة وريقات ، وترجع هذه الخاصية إلى إحتواء صخر الطفل على بعض قشور دقيقة من المعادن الصفائحية مثل الميكا ، وقد تحتوى بعض صخور الطفل على شوائب عضوية فحمية أو بترولية فتكسبها اللون القاتم أو الأسود.

٢- صخور رسوبية كيميائية النشأة

تتكون هذه الصخور نتيجة ترسيها من محاليل تحتوى على مواد مذابة عندما ترتفع درجة تركيزها تحت تأثير الظروف الطبيعية المحيطة بها. أو قد تتكون الرواسب نتيجة تفاعل كيميائى بين مكونات هذه المحاليل. يمكن تمييز الأنواع الآتية من الصخور الرسوبية الكيميائية على أساس تركيبها :

أ- صخور رسوبية جيرية

تتكون نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على بيكربونات كالسيوم ذائبة وأهم أنواعها : *الحجر الجيرى* (غير عضوى): وهو صخر أبيض أو رمادى اللون إذا كان نقيا ، ولكنه غالبا ما يحتوى على شوائب تكسبه ألوانا مختلفة. *الحجر الجيرى البطروخى* Oclitic limestone : ويتكون من حبيبات كروية صغيرة جدا نتيجة تفاعل كيميائى بين محاليل الأملاح فى مياه البحار والبحيرات ، يؤدى إلى ترسيب كربونات الكالسيوم فى طبقات رقيقة حول نواة دقيقة (مثل حبيبة رمل أو فتات صدفة حيوان) فى

هيئة كريات صغيرة تتماسك مع بعضها بأية مادة لاصقة لاحمة غالبا ما تكون جيرية.

ب-صخور رسوبية سيليكية

تتكون من ترسب السيليكا مثل فلينت (صوان) Flint : صخر قاتم ، أسود أو رمادى اللون يتكون من خليط من السيليكا المتبلورة فى هيئة عقد أو درنات مختلفة الحجم ، ويحتوى عادة على بعض الشوائب الملونة مثل أكاسيد الحديد أو الماغنسيوم. وأحيانا يتكون الفلينيت من حبيبات أو كربونات صغيرة جدا فى هيئة طبقات رقيقة بين طبقات الصخور الرسوبية الأخرى. صخر الشيرت Chert : وهو نوع من الصخور السيليكية غير النقية التى تحتوى على نسبة عالية من الجير. ويتكون عادة من حبيبات دقيقة جدا من السيليكا غير متبلورة فى هيئة طبقات رقيقة من الصخور الجيرية.

ج- صخور رسوبية ملحية

يؤدى تبخر مياه البحيرات والبحار المقفولة إلى تركيز المحاليل الملحية الموجودة بها ثم ترسبها فى هيئة طبقات متعاقبة ، تبدأ بطبقات الأملاح القليلة الذوبان فى الماء. وتوجد الرواسب الملحية فى مناطق متعددة فى مصر فيكثر صخر الجبس فى الصحراء الشرقية وعلى ساحل البحر الأحمر ، ورواسب ملح الطعام فى ملاحات إدكو ورشيد والمكس ورواسب النطرون (كربونات الصوديوم المائية) مع أملاح أخرى بوادى النطرون.

٣- صخور رسوبية عضوية النشأة

تنشأ الصخور الرسوبية العضوية نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحية ، الحيوانية منها والنباتية فى طبقات سميكة ، وتحللها بواسطة الفطريات والبكتريا خلال أزمنة طويلة ، ثم تتماسك مع بعضها فى هيئة صخور ، وذلك إما لمجرد الضغط الواقع عليها من الطبقات التى تعلوها ، أو نتيجة عملية اختزال أو تفحم (فى البقايا النباتية) تؤدى إلى تماسكها وتصلدها. ومن امثلة الصخور العضوية الحجر الجيرى العضوى و صخر الفوسفات

ثالثا – الصخور المتحولة

هى الصخور التي تتكون من الصخور الموجودة اصلاً، سابقة التكوين (نارية، متحولة أو رسوبية) نتيجة لتغير الظروف المحيطة مثل الضغط ودرجة الحرارة والمحاليل الكيميائية والتي تؤدي الي تغيير معالم ومكونات الصخر تغييراً جزئياً أو كلياً مثل عمليات إعادة التبلور وتكوين المعادن التحولية والصخر في حالة الصلابة.

تتميز مجموعة الصخور المتحولة بالخصائص الآتية:

أ) تتكون بواسطة العمليات التحولية (Metamorphic processes) ، وتحدث هذه عمليات في درجات حرارة مرتفعة جداً وضغط مرتفع جداً.

ب) تتكون من معادن تم إعادة تبلورها و/ أو معادن تحولية جديدة نتجت من المعادن الموجودة في الصخر الأصلي

ج) تتواجد دائماً علي شكل سهول وجبال منخفضة نسبياً ممتدة لمسافات شاسعة.

د) تحتوي علي أنسجة (Textures) وتراكيب (Structures) تحولية واضحة دالة علي العمليات التحولية.

هـ) قد تحتوى علي أجزاء من الصخور الأصلية (Xenoliths).

يعرف التحول : بأنه التغير الذى يطرأ على صخور سابقة التكوين (نارية أو رسوبية) وإعادة بنائها نتيجة تغير للظروف الطبيعية مثل درجة الحرارة أو الضغط أو كليهما معا. وغالبا ما يؤدى التحول إلى تغير نوع النسيج فى الصخور الأصلية أو التركيب المعدنى بما يتناسب مع التغيرات الطارئة التى تعرضت لها هذه الصخور. فالمعادن التى قد تكون حالة استقرار تحت ظروف معينة من الحرارة والضغط قد تصبح فى حالة غير مستقرة تحت الظروف الجديدة التى قد تكون قاسية فتزعزع استقرارها وبناءها فتضطر حينئذ إلى التغير والتطور لموائمة الظروف الجديدة.

والأسباب الرئيسية التى تؤدى إلى تحول الصخور هى الحرارة العالية أو الضغط العالى أو كليهما. ويساعد وجود الماء ، أو المحاليل المائية بصفة عامة فى إتمام عملية التحول. وتنتج الحرارة من تداخل مواد الصهير والمحاليل المائية الحارة فى صخور المكان فترتفع درجة حرارتها بالتماس ، ويعرف التحول حينئذ بالتحول الحرارى أو التماسى Thermal or contact metamorphism ، ويحدث فى

المنطقة الملاصقة أو المجاورة لمادة الصهير المتداخل وهى منطقة محدودة.

ويؤدى الضغط المرتفع غير المصحوب بتغير كبير فى درجة الحرارة فى مناطق التكسر أو التفلق إلى تغيير أو تحول طفيف نسبيا فى الصخور "الموضعية" الواقعة على جانبى هذه الفوالق ، ويعرف هذا النوع بالتحول الموضعى أو التحول بتغير الأوضاع.

أما الضغط المرتفع المصحوب بحرارة عالية والناتج من تحركات القشرة الأرضية التى تشمل مناطق شاسعة (الحركات البانية للجبال) فإنه يؤدى إلى تحول واسع النطاق يمتد فى أقاليم كبيرة ومساحات واسعة ولذلك يعرف بالتحول الإقليمى Regional metamorphism ، ويوصف أحيانا بالتحول الديناميكى إذ أنه ينتج عن حركة.

أ - التحول الحرارى (التماسى)

يحدث التحول الحرارى فى الصخور التى تتداخل فيها مادة الصهير – عادة ما تكون مصحوبة بأبخرة ومحاليل شديدة الحرارة – ويكون التأثير الحرارى لهذه المواد المتداخلة على أشده فى المناطق المجاورة لها ، ويقل تدريجيا بعيدا عن منطقة التماس التى قد يتراوح اتساعها بين عدة أمتار ومئات الأمتار. ويتوقف ذلك على شدة الحرارة الناتجة عن تداخل الصهير ، أى على كتلة مادة الصهير نفسها ودرجة حرارتها وكذلك على نوع صخور المكان المحيطة بها

، فبينما يكون التحول الناشئ من تداخل الجدد الصغيرة طفيفا ، قد يؤدى التأثير الحرارى لجدد الكبيرة وكتل اللاكوليت إلى تحول واضح يمتد أثره إلى مسافات بعيدة فى صخور المكان.

ويتوقف نوع الصخور المتحولة بالحرارة ، أى نوع المعادن الجديدة التكون فى حلقة التحول ، على نوع صخور المكان الأصلية أى التركيب المعدنى لها ، وكذلك على التركيب الكيميائى للمادة المصهورة المتداخلة :

فمثلا يتحول الحجر الرملى إلى نوع آخر أصلب وأشد تماسكا ، ويعرف هذا الصخر باسم كوارتزيت Quartzite ، بينما تتحول الصخور الطينية ذات الحبيبات الدقيقة إلى صخور أشد صلادة تسمى هورنفلس وتحتوى على معادن حديدية ومميزة هى معادن سيليكات الألومنيوم مثل سيليمانيت. وأما الصخور الجيرية فإنها تتحول إلى رخام Marble .

تتحول الصخور الجيرية النقية إلى رخام أبيض اللون ذو نسيج موازيكى منتظم ، يتكون من حبيبات دقيقة أو متوسطة الحجم من معدن الكالسيت بصفة أساسية. والمعروف أن الصخور الجيرية نادرا ما تكون نقية ، وتحتوى فى معظم الأحيان على كربونات الماغنسيوم (ماجنيزيت) بالإضافة إلى شوائب أخرى مثل أكاسيد الحديد ومكونات طينية وكربونية ، ولهذا فغالبا ما يكون الرخام مختلف الألوان فمنه

الأحمر أو الأخضر أو يكون مخططا أو منقوشا بهذه الألوان أو باللون الأسود الناتج من بعض الشوائب الكربونية مثل الجرافيت.

ب - التحول الإقليمى

ينشأ التحول الإقليمى نتيجة تغير صخور سابقة التكوين فى مناطق إقليمية شاسعة تحت تأثير الضغط العالى المصحوب بارتفاع درجة الحرارة والناتج من حركات القشرة الأرضية. وغالبا ما يؤدى هذا النوع من التحول إلى ترتيب المعادن المكونة للصخور الأصلية (رسوبية أو نارية) فى نظام يناسب الظروف الجديدة. وقد تشتد وطأة التحول إلى درجة تزول فيها معالم الصخر الأصلى تماما ، فقد تنكسر أو تتفتت بعض المكونات المعدنية وأحيانا قد تنصهر أو تذوب ثم تستعيد كيانها من جديد ، متبلورة ومصفوفة بحيث تشغل أقل حيز ممكن تحت تأثير الضغط الواقع عليها ، وذلك بأن تترتب المعادن الجديدة بحيث يكون الاتجاه الطولى لبلوراتها متعامدا على اتجاه الضغط. وينتج عن هذا الترتيب تجمع المعادن فى هيئة طبقات رقيقة أو شرائط Bands ، ورقات Folia ، رقائق أو صفحات Laminae ، متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط. ويوصف النسيج حينئذ بأنه شريطى Banded texture ، ورقى Foliate ، صفحى Laminate أو شيستوزى Schistose. وهذا النسيج مميز لهذه الصخور ، وتوجد فيه بلورات المعدن الواحد مرتبة فى صفوف أو صفائح بلورات المعادن الأخرى.

الشكل البنائى للقشرة الارضية Structure of the Earth's crust

الجيولوجيا التركيبية Structural Geology

هنا نبحث فى كيفية وجود الصخور التى سبق أن تكلمنا عنها فى القشرة الأرضية ، فالصخور الرسوبية تكون أحيانا أفقية horizontal وحينا آخر تكون مائلة inclined ، أو منثنية Folded ، أو مكسورة Faulted الخ. ويشمل هذا الباب أيضا حالة وجود الصخور النارية وخصوصا المتدخلة منها والأشكال المختلفة الت تتكون عليها فى القشرة الأرضية.

أى أن علم الجيولوجيا التركيبية structural Geology وهو الذى يبحث كل هذه الحالات ، يختص بدراسة البناء الحالى للقشرة الأرضية وأسباب تكوين الثنيات والفواصل والفوالق المختلفة وأنواعها ، كما يهتم بالتراكيب المختلفة وعلاقاتها الزمنية والمكانية.

ويعتبر هذا الفرع من الجيولوجيا وثيق الصلة بعلم الطبقات الذى يجب الالمام به لتحديد الطبقات المختلفة الحديثة والقديمة وترتيبها حسب أعمارها ويساعد على ذلك علم الحفريات إذا كانت الطبقات رسوبيه ، يجب الالمام بعلم الصخور لمعرفة الأنواع المختلفة منها فى المنطقة التى يراد دراستها ، وكيفية وجود هذه الصخور بها ، والأشكال المختلفة التى توجد عليها الصخور النارية إذا وجدت.

والجيولوجى كما يجب أن يهتم بعمل خريطة جيولوجية لأى منطقة من المنطق يجب عليها أيضا أن يدرس المنطقة من ناحيتها التركيبية وأن يبين التراكيب المختلفة الظاهرة على خريطته ، فمثلا تبين الثنيات بأنواعها بعلامات مميزة ، ويحدد اتجاه الميل على الطبقات المختلفة ، ويرمز للفوالق بخطوط تبين اتجاهاتها واتجاه مرماها. كذلك يجب الالمام بكافة أنواع الخرائط التركيبية Structure Maps وطريقة قراءتها Map-Reading ، بحيث يمكن عمل تقرير كامل جيولوجى عن المنطقة الممثلة فى الخريطة من حيث أنواع الطبقات الموجودة بها وأعمارها وأشكالها والتاريخ الجيولوجى للمنطقة بمعرفة أى الطبقات تكونت قبل الأخرى والحالة الموجودة عليها وما هى العوامل التى أدت إلى ظهورها على هذه الصورة ، وعلاقة ما قد يوجد بالمنطقة من أنهار أو صخور نارية جوفيه من حيث العمر ووقت التكوين ببقية الصخور الرسوبية الموجودة.

كيفية وجود الصخور الرسوبية فى القشرة الأرضية

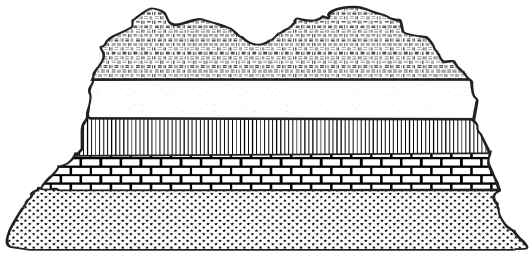
أولا – بعض الصفات التركيبية للصخور الرسوبية

A - التطابق Bedding

أن من أهم الصفات المميزة للصخور الرسوبية هى تكوينها فى طبقات متتابعة ويستدل على هذا التطابق بوجود اختلاف فى

التركيب والنسيج والصلابة ودرجة التماسك واللون ويعرف المستوى الفاصل بيم طبقتين بالمستوى الطبقى (شكل ١٢).

والطبقة الواحدة نجد بها مستويين طبقين ويختلف سمكها من عدة أقدام إلى جزء من البوصة وعندما يكون سمك الطبقات رفيع جدا يطلق عليها صفيحات Laminae وفى هذه الحالة يكون التركيب صفحى نتيجة لترسيب معادن دقيقة صفحية مثل الميكا كما أنه قد تكون نتيجة لضغط مصدره هو الحمل الذى يعلو الطبقات والذى يسبب دوران بلورات المعادن العمودية والصفيحة الدقيقة إلى وضع تكون عموديا لاتجاه الضغط. وترتيب المعادن المكونة للطبقة بهذا النظام ينتج عنه الانشقاق ، وهى قابلية بعض الصخور الرسوبية للانفصال على هيئة صفائح موازية لمستويات التطابق ، وعندما تظهر صفة الانشقاق فى الصخور الخشنة تكون غالبا نتيجة لوجود طبقات رقيقة من الطفل أو معادن صفحية كالميكا بين طبقات الصخر الرسوبى الخشنة ، وعندما تكون المستويات فى الطبقة متوازية تقريبا تسمى هذه الظاهرة بالتطابق المتوافق.

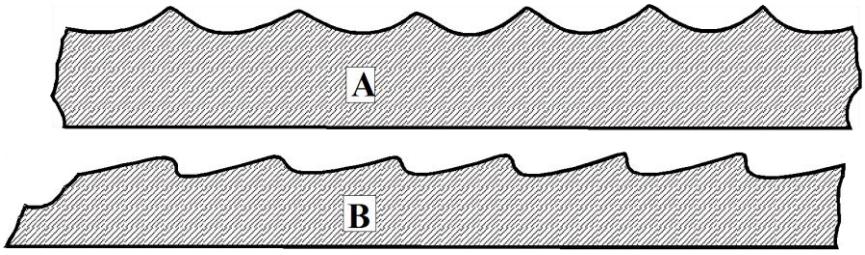


شكل١٢ ــ *يبين الصخور الرسوبية الموجودة فى صورة طبقات افقية متتابعة*

غير أنه فى بعض الأحوال تظهر طبقة بها تطابق ثانوى تميل مستوياته بالنسبة للمستويات الرئيسية للتطابق ويعرف هذا النوع باسم التطابق المائل أو المتقاطع أو التيارى current bedding or cross bedding ، الذى يظهر على هيئة طبقات ذات مستويات مائلة تحدها طبقات متوافقة. ويدل هذا التطابق التيارى على التغيير السريع فى اتجاه وشدة مياه الأنهار الحاملة للمواد الرسوبية فى جانبى النهر أو الدلتا.

B - علامات التماوج Ripple marks

كثيرا ما يشاهد على سطح بعض الصخور الرسوبية كالرمال مثلا تموجات منتظمة تعرف باسم علامات التماوج ، وهذه التموجات توجد على أسطح الترسيب الحالية للشواطئ نتيجة لفعل التيارات البحرية أثناء عملية الجزر كما أنها تتكون أيضا على المسطحات الرملية الصحراوية نتيجة لفعل التيارات الهوائية ، غير أن شكل علامات التماوج يختلف باختلاف ظروف تكوينها ، وتكون علامات التماوج غير متماثلة الجوانب إذا كانت ناشئة عن تيارات هوائية بينما تكون متماثلة الجوانب فى حالة تكوينها بفعل الأمواج على الشواطئ (شكل١٣).



شكل ١٣ ــ قطاعات تبين اشكال علامات التموج : A تكونت بفعل الامواج ، B تكونت بفعل التيرات الهوائية

ومن أشكال هذه التموجات يمكن استنباط الظروف الطبيعية لترسيب الصخور الرسوبية وكذلك التعرف على الأسطح العلوية والسفلية لها.

C - الطبقات المتوافقة وغير المتوافقة

ومن هذه الأمثلة أيضا ما يحدث للرواسب البحرية حيث تتكون على هيئة طبقات أفقية بادئ الأمر ، ولكن تتابع هذه الطبقات فى مجموعها لا يكون متوافقا conformable فى كل الأحوال ، إذ كثيرا ما تكون مجموعات هذه الطبقات غير متوافقة unconformable ، حتى ولو كانت متوازية الأسطح ، نتيجة لعوامل كثيرة.

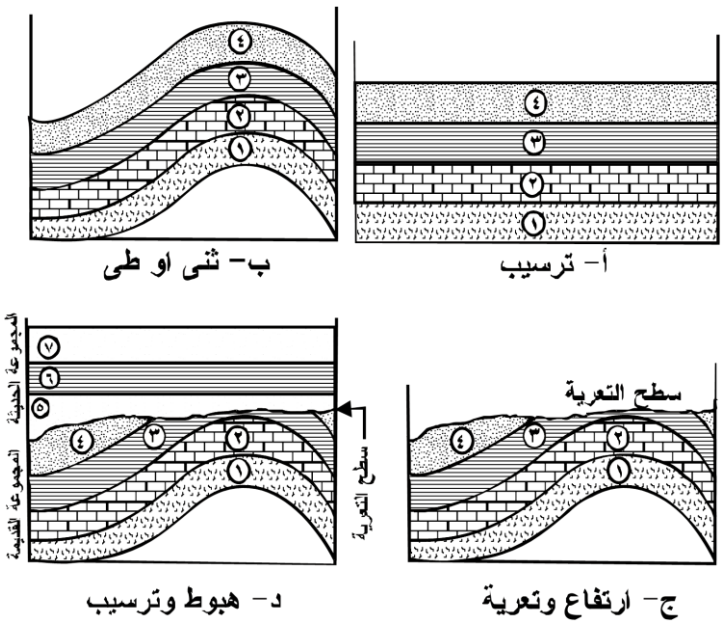
ويعتبر عدم التوافق ظاهرة تركيبية بحتة ، مع أنه يتضمن فى الأصل عمليات كثيرة كالترسيب والتعرية بالإضافة إلى تأثير التحركات الأرضية بأنواعها. وعلى ذلك يمكن اعتبار عدم التوافق عموما سطح تعرية Surface of Erosion أو سطح توقف عن الترسيب ، وبفعل هذا السطح ما بين مجموعتين من الطبقات أحداهما أقدم من الأخرى.

ويمكن تمييز سطح التعرية فى كثير من الأحيان بوجود الكونجلوميرات إذ أن وجوده يعتبر دليلا على أن المنطقة كانت فى وقت من الأوقات جزءا من الشاطئ ، ويسمى عادة بالكونجلوميرات

القاعدى Basal Conglomerate لأنه يكون قاعدة المجموع العليا من الطبقات فوق سطح التعرية.

ويتم عدم التوافق فى العادة على عدة مراحل تبدأ بترسيب المجموعة القديمة من الطبقات تحت سطح البحر فى نظام أفقى حسب قانون تعاقب الطبقات الذى ينص على أن كل طبقة تتكون تكون أحدث من الطبقة التى تحتها ولكن قد يحدث أن يتعرض قاع البحر الذى ترسب عليه هذه الطبقات لنوع من الحركات الأرضية الرأسية بسبب ارتفاع وانحسار مياه البحر عنه وتعرضه بالتالى لعوامل التعرية المختلفة. وقد تقع هذه الطبقات قبل أو أثناء ارتفاعها إلى فوق سطح البحر تحت تأثير نوع آخر من الحركات الأرضية الأفقية مما يتسبب عنه أثناء هذه الطبقات وتظل هذه المجموعة من الطبقات معرضة للجو ، واقعة تحت تأثير العوامل المختلفة التى تحاول جاهدة إزالة أكبر جزء منها ، حتى تتعرض نفس المنطقة من جديد إلى حركة أرضية أخرى تهبط بها من جديد تاركة للبحر فرصة أخرى للتقدم عليها حيث يبدأ فى ترسيب مجموعة أخرى من الطبقات فى نظام أفقى فوق سطح التعرية.وتكون النتيجة مجموعتان غير متوافقتان من الطبقات بمعنى أن ترسيبها لم يكن متصلا ، بل أن هناك فترة انقطع فيها الترسيب وهى الفترة التى تعرضت فيها الطبقات للجو وأزيل منها جزء كبير بفعل عوامل التعرية ، مما يدل على وجود فجوة بين المجموعتين غير المتوافقتين يمثلها سطح التعرية.

وعادة يكون التعرف على ظاهرة عدم توافق الطبقات صعبا للغاية إذا ما كانت طبقات المجموعتين متوازية وهذا يعرف باسم Disconformity (شكل ١٤) ، ولكن الاستعانة بدراسة الحفريات وتطورها تسهل هذه العملية وتمكن من تحديد الطبقات الناقصة وأعمارها بالضبط.



شكل ١٤ : *يبين المراحل المختلفة لتكوين مجموعتين غير متوافقتين*

D- التشققات الطينية أو الشمسية Mud cracks

وتشاهد هذه التشققات على اسطح الصخور الرسوبية الدقيقة كالطين وهى تظهر على شكل شقوق تتخلل الصخور وتحصر فيما بينها مساحات متعددة ألأركان. وقد يحتفظ الصخر بهذا المظهر طويلا إذا

مست هذه الشقوق بالرمال أو بأنواع أخرى من الطين. وتنشأ هذه الظاهرة عن تعرض الرواسب الطينية للجو لمدة طويلة.

ثانيا – بعض المصطلحات والمفاهيم المرتبطة بالجيولوجيا التركيبية

مظهر الطبقة Outcrop

يطلق هذا الاصطلاح على ما يظهر من أى طبقة على سطح الأرض ، فإذا ظهرت طبقة أفقية فى مكان ما فالمروض أنها تغطى جميع ما تحتها من طبقات ولا يظهر منها شيئا ، أما إذا كانت الطبقات مائلة من أى نوع فإن جزءا من كل طبقة سوف يظهر على السطح خصوصا إذا تعرضت المنطقة لعوامل التعرية المختلفة ، وتعرف هذه الأجزاء بمظاهر الطبقات أى ما يظهر منها. وعادة تكون مظاهر الطبقات قلية فى المناطق التى يكون تركيبها الجيولوجى بسيطا ، أما إذا تعقد هذا التركيب فإننا فى العادة نجد أن هذه المظاهر قد تعددت وكثرت ويلزم علينا فى هذه الحالة أن ندرسها بعناية لكى نعرف حقيقة هذا التركيب.

الثنيات Folds

ومن المعروف أن أى كتلة من الصخور إذا تعرضت لضغط كاف داخل القشرة الأرضية فإنها إما أن تنثنى أو تنقطع أو تنكسر. وانثناء أو تجعيد الصخور على هذه الصورة يكون ما يعرف بالثنيات Folds ، بينما يكون كسر هذه الصخور على هيئة فواصل Joints أو شقوق Fissures أو فوالق Faults.

الانثنـاء والـتفلطح يـدخلان معـا تحـت مـا يعـرف بانسـياب الصخورRock Flowage الذى يعنى تغييرا كاملا فى شكل الصخر نتيجة للضغط الواقع عليه ، دون حدوث أى كسر ظاهر وهنا يجب أن نعرف لماذا تنثنى الصخور احيانا ، وتنكسر أحيانا أخرى. وتعليل ذلك أن الأرض منذ ملايين السنين تعرضت لقوى وضغوط مختلفة نتيجة لانكماشها ونقصانها فى الحجم بعد أن أخذت درجة حرارتها فى الانخفاض وأخذ جوفها فى الانكماش وبالتالى تقلص سطحها وتعرض لقوى شديدة أدت فى كثير من الأماكن على السطح وبالقرب من السطح إلى تعريض هذه المناطق لحركات مفاجئة وتكسير الصخور بشدة.

الصخور التى توجد على عمق أكبر داخل القشرة الأرضية أى من حوالى بضعة آلاف من الأقدام إلى بضعة أميال ، تنثنى فى العادة دون أن تنكسر بسبب الثقل الكبير الواقع عليها ، لهذا السبب فإن الأماكن التى على السطح أو القريبة من السطح تسمى منطقة التكسير Zone of Fracture ، بينما الأماكن التى على أعماق أكبر تسمى منطقة الانسياب Zone of Flow. وقد تأيدت هذه النتائج عمليا بواسطة بضع تجارب أجريت فى المعمل على كتل صغيرة من الصخور وضعت تحت ضغط بطئ ومساو للضغط الذى قد ينشا على بعد أميال من سطح القشرة الأرضية ، وكانت النتيجة أن تغير شكل هذه الكتل من الصخور دون أن تكسر.

ولا يجب أن يعتبر عامل العمق مطلقا ، فهناك عوامل أخرى تتحكم فى ثنى أو كثر الصخور ، فمثلا أذا تعرض صخر صلب قرب سطح الارض أى فى منطقة التكسير لضغط بطئ جدا ، فمن المحتمل أن ينثنى هذا الصخر دون أن يكسر. كذلك قد يحدث العكس ويكسر صخر ناعم نسبيا نتيجة لتعرضه لضغط سريع رغم وجوده فى منطقة الانسياب اى على أعماق بعيدة .

أنواع الثنيات Kinds of Folds

١- ثنية محدبة Anticline

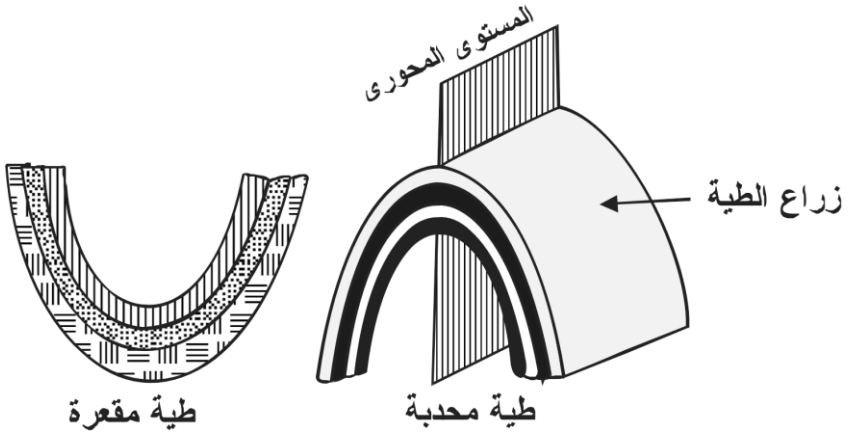
وتكون الطبقات منحنية إلى أعلى ، توجد قدم الطبقات الاجزاء الوسطى من الانثناء ويرمز لها فى الخرائط الجيولوجية بمجموعتين متضادتين من الأسهم التى تدل على اتجاه الميل ويكون محور الثنية فى الوسط بين هاتين المجموعتين → ←

٢- ثنية مقعرة Syncline

وهو عبارة عن Anticline مقلوب ، أى أن الطبقات تنحنى إلى أسفل (شكل ١٦) ، ويرمز إليها فى الخرائط الجيولوجية بمجموعتين متقابلتين من أسهم الميل ويكون المحور أيضن فى المنتصف ← | →

وتعرف جوانب الثنية سواء كانت محدبة أو مقعرة Limbs ، أما المستوى المحورى Axial plane هو المستوى الذى يقسم الانثناء الى قسمين متماثلين تقريبا ، والمحور Axis فانه فيوجد فى

وسط الثنية تماما ويمكن وصفه بأنه الخط الذى يمر بطول قمة الثنية او قاعها وهو خط تقاطع المستوى المحورى مع المستويات الطبقية Bedding planes ، وفى بعض الاحيان تكون الثنية عادية مفتوحة Open ، وفى البعض الآخر تكون مغلقة Closed بمعنى أن هذا المحور يميل عن المستوى الافقى وبهذا تصبح الثنية مغلقة عند نهاية هذا المحور وتسمى بتش Pitch.



شكل ١٦ : *يبين ثنية محدبة واخرى مقعرة*

كما أن الثنية قد يكون لها طرف واحد One limb أى أن الطبقات تميل فى اتجاه واحد وتسمى Monocline ، وهذه تكون ثنية بسيطة موضعية تتكون فى جزء من طبقات أفقية .

وقد تكون هذه الثنيات متماثلة Symmetrical وذلك عندما تكون زاوية الميل واحدة أو متساوية على جانبى المحور (شكل ١٧) ، وفى بعض الاحيان تصبح أطراف الثنيات متوازية تقريبا وفى هذه الحالة تسمى هذه الثنيات ثنيات متشابهة، أما أذا اختلفت زاوية الميل

لأحد طرفى الثنية عنها للطرف الثانى أى أذا كان الميل فى جانب منها أكثر منه فى الجانب الآخر فان هذه الثنية تكون غير متماثلة Asymmetrical .

شكل ١٧ : *يبين ثنية متماثلة واخرى غير متماثلة*

وقد يزيد مقدار عدم التماثل بحيث يزيد الميل فى أحد أطراف الثنية عن ٩٠° وفى هذه الحالة يصبح أحد طرفى الثنية تحت الطرف الآخر وتسمى الثنية بالثنية المقلوبة Overturned fold . وقد تزيد هذه الحالة بحيث يصبح طرفى الثنية فى وضع يقرب من الوضع الأفقى ، وتعرف الثنية فى هذه الحالة بالثنية النائمة Recumbent fold (شكل ١٨). وإذا زاد الثنى عن ذلك انكسرت الثنية على سطح معين Thrust plane وسميت ثنية نائمة مكسورة Overthrust fold.

شكل ١٨ : *يبين ثنية نائمة واخرى نائمة* مكسورة

وقد يطلق أسم Anticlinorium على مجموعة من الثنيات المحدبة و Synclinorium على مجموعة من الثنيات المقعرة ، وقد تميل الطبقات من نقطة متوسطة فى جميع الجهات ويعرف التركيب فى هذه الحالة بالقبة Dome ، ومن أمثلتها جبل أبو رواش بجوار الأهرام وجبل المغارة فى شمال سيناء ، وقد يحدث العكس وتميل الطبقات من جميع النواحى نحو نقطة متوسطة وتكون تركيبا يعرف بالحوض Basin .

ولا يشترط أن تكون المرتفعات الطبوغرافية كالجبل مكونة من ثنيات محدبة كما قد يظن لأول وهلة ، فقد تتكون هذه المرتفعات من ثنيات مقعرة بينما تشق الوديان والأنهار طريقها إلى الثنيات المحدبة بفعل عوامل التعرية ، حيث يكون تأثيرها أشد أثرا منها الثنيات المقعرة ، لأن قمم الثنيات المحدبة تمثل منطقة شد لاستطالة الصخور عند ثنيها إلى أعلى مما يؤدى إلى تشققها وسهولة تآكلها بفعل العوامل المختلفة ، بينما يؤدى الضغط فى الثنيات المقعرة إلى تقصير المسافات فى الصخور وبذلك تتماسك وتصبح أكثر مقاومة لعوامل التعرية. وعكس هذه الحالة جائز أيضا أى أن الجبال أو المرتفعات قد تتكون من ثنيات محدبة كما هو الحال فى كثير من جبال شبه جزيرة سيناء كجبل يلج وجبل الحلال ، على أن الحالة الأولى هى الغالبة لما ذكرنا من أسباب.

الفواصل Joints

قد تنثنى مجموعة من الصخور ثم تكسر نتيجة لهذا الانثناء ، والشروخ التى تحدث نتيجة للكسر تعرف بالفواصل. كذلك قد تنقسم الصخور إلى كتل مختلفة الحجم دون أن تنثنى وتسمى الشقوق ايضا فى هذه الحالة بالفواصل. ويشترط ألا يحدث أى انتقال للطبقات على جانبى الشقوق حتى نستطيع تسميتها بالفواصل ، وهذا هو الفرق بينها وبين الفوالق Faults .

وتكون الفواصل فى معظم الأحيان عمودية تقريبا على مستوى الطبقات أى أنها تكون تقريبا رأسية إذا كانت الطبقات أفقية ، كما يمكن أن توجد الفواصل فى أى وضع من الرأسى إلى الأفقى حسب طبيعة الطبقات وانثنائها أو تجعيدها.

وقد توجد مجموعة واحدة من الفواصل فى منطقة ما فتكون النتيجة كتل صخرية متوازية تقريبا أى أن لها نفس الاتجاه ، وقد يحدث أن توجد على الأقل مجموعتان من الفواصل تقطع إحداهما الأخرى فى زاوية قدرها تسعون درجة أو أكثر فتنقسم الصخور نتيجة لهذا إلى كتل منشوريه لها نفس الشكل والحجم تقريبا وتختلف المسافة بين الفاصل والآخر من جزء من البوصة إلى عدة ياردات

هناك فواصل توجد فى حالة انفرادية أى ليست فى مجموعات ، وقد تصل هذه فى الطول أو فى العمق إلى عدة مئات أو عدة آلاف من الأقدام ، وتشاهد هذه الحالة بوضوح فى سفوح كثير من الربوات الكبيرة وفى جدران الأخاديد العميقة ، وتوجد الفواصل عادة على

سطح الأرض أو بالقرب من السطح ، أى فى منطقة التكسير ، أما فى الأعماق التى تزيد على ذلك فقد ثبت عمليا أنه يمكن أن تبقى أية شقوق أو شروخ مفتوحة تحت ضغط يوازى الضغط الذى ينتج على عمق ١٢ ميلا وهى نهاية منطقة التكسير ، حتى اصلب أنواع الصخور.

اسباب تكوين الفواصل :

وتتكون الفواصل نتيجة لتكسير الصخور التى تتعرض للضغط Compression أو للشد Tension فيقال Compression or Tension joints

وعلى ذلك فإنه إذا تعرض جزء من منطقة التكسيرى للضغط فإن صخور هذه المنطقة تميل إلى التكسير على هيئة مجموعتين متعامدتين من الفواصل ، وقد ثبت ذلك عمليا بالتجارب التى أجريت على الزجاج أو الثلج.

كذلك فإن قمم الثنيات القريبة من السطح تكون قابلة للتشقق على هيئة فواصل. ومن العوامل التى تسبب تكوين الفواصل الصغيرة أيضا ، التغير المفاجئ فى الشد أو فى الضغط فى منطقة التكسير نتيجة لتأثر صخور المنطقة بواسطة موجات الزلازل .

وفى الصخور النارية تتكون الفواصل نتيجة لانكماش المواد المنصهرة أثناء عملية التبريد والتصلب فى القشرة الأرضية ،

والشقوق التى تتكون بهذه الطريقة عادة لا تمتلئ بالمواد المنصهرة الصاعدة من أعماق بعيدة ، وهكذا تتكون السدود الرأسية Dykes.

هناك نوع من الفاصل يتكون أيضا فى الصخور النارية أثناء برود اللافا أو المواد المنصهرة أو البازلت ، وتعرف بالفواصل العمودية Columnmer jointing ، ويتكون هذا النوع عندما تتقلص هذه الصخور أثناء تبريدها ، تنقسم إلى مجموعات عمودية منشوريه الشكل مختلفة الحجم ولكنها تكون فى العادة سداسية المقطع Hexagonal structure. وتكون هذه الأعمدة دائما عمودية على سطح التبريد ، ولذا فإنها تكون رأسية تقريبا فى حالة اللافا وأفقية تقريبا فى حالة السدود الرأسية.

وهناك نوع آخر من الفواصل التى تتكون فى الصخور النارية الجوفية مثل الجرانيت وهذا النوع يكون موازيا تقريبا لسطح القشرة الارضية ويعرف بالفواصل اللوحية Sheet jointing.

ويساعد وجود الشقوق والفواصل عوامل التعرية المختلفة كالأمطار والرياح والثلوج وأمواج البحر وجذور النباتات فى تفتيت الصخور المختلفة ، وهكذا نجد أن نظام الفواصل واتجاهاتها قد تتحكم فى تحديد مجارى الأنهار مثلا. وكذلك تعتبر الفواصل من أهم العوامل التى تساعد رجال المحاجر على تقطيع الصخور المختلفة وبهذا تسهل لهم عملهم.

الفوالق Faults

وهى اسطح تنكسر عليها كتل الصخور ، وفى العادة فان الكسر يصحبه انتقال او اختلاف فى منسوب الطبقات الصخرية على جانبيه Displacement. وقد يصل اختلاف المنسوب إلى عدة آلاف من الأقدام فى بعض الأحيان ولكن ذلك يحدث فى العادة على عدة مرات أى ليس نتيجة لحركة واحدة ، وقد تتسبب حركة مفاجئة على سطح فالق فى خلق زلزال فى المنطقة.

وهناك عدة اصطلاحات خاصة بدراسة الفوالق مثل :

سطح الفالق Fault surface or plane

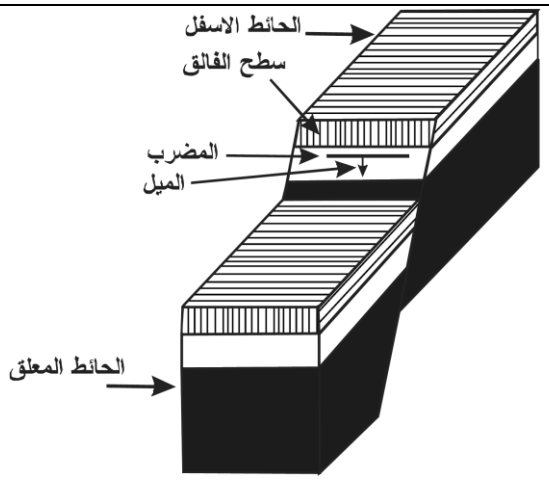
وهو السطح الذى حصل عليه الكسر وانتقال الطبقات (شكل ١٩).

ميل الفالق Dip of a fault

مثل ميل الطبقات ، وهو مقدار ميل سطح الفالق بالنسبة لأى مستوى أفقى (شكل ١٩).

مضرب الفالق Strike of a fault

ويمثل بتقاطع أى خط أفقى على سطح الفالق (شكل ١٩).



شكل ١٩ : شكل توضيحى يبين اجزاء الفالق

الانزلاق أو الانتقال الحقيقى Slip

وهى المسافة التى تتحركها أى طبقة على سطح الفالق وهو يمثل الانتقال الحقيقى (شكل ٢٠).

مرمى الفالق Throw of a fault

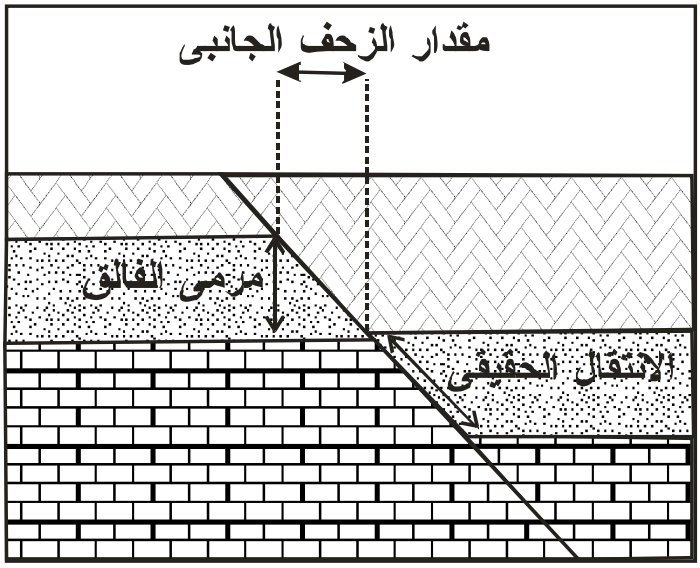
وهو مقدار الانتقال الراسى لأى طبقة مكسورة على جانبى الفالق ، ويجب أن يكون قياس المرمى عموديا على اتجاه الطبقات (شكل ٢٠).

الجانب الهابط Down throw side

وهو الجانب الذى هبطت فيه الطبقات عن الجانب الآخر (شكل ١٩).

الزحف الجانبى Heave or lateral shift

وهو مقدار التغيير الأفقى فى وضع الطبقات ويقاس عموديا على مضرب الفالق (شكل ٢٠).



شكل ٢٠ : *قطاع جانبى يوضح مرمى الفالق* والزحف الجانبى للطبقات

الحائط المعلق Hanging wall

هى كتلة الصخور التى تعلو سطح الفالق مباشرة (شكل ١٩).

الحائط الأسفل Foot wall

وهى كتلة الصخور التى توجد تحت سطح الفالق مباشرة (١٩ شكل).

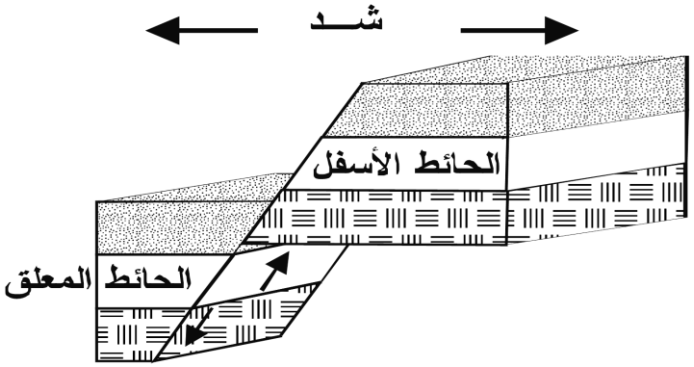
أنواع الفوالق Kinds of faults

أ - الفوالق البسيطة Simple faults

تقسم الفوالق عادة على اساس انتقال الطبقات على سطح الفالق ومنها.

١- الفالق العادى Normal fault

ويحدث نتيجة لشد الطبقات Tension وفيه ميل سطح الفالق نحو الكتلة التى هبطت Down throw side ، ويكون دائما ذا زاوية ميل كبيرة ، وهو يسبب تمدد محلى فى القشرة الأرضية نتيجة لزحف الطبقات الجانبى ، ولذا يعرف هذا النوع كذلك بفالق الشد Tension fault ويلاحظ أن الحائط المعلق ينخفض بالنسبة للحائط الأسفل.

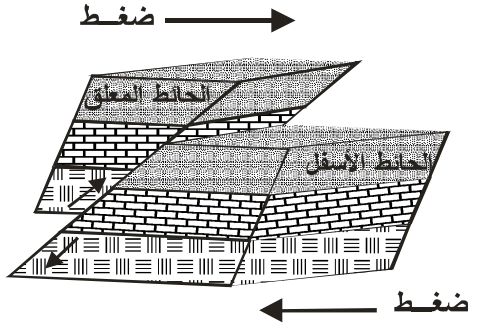


شكل ٢١ : فالق عادى

٢- الفالق المعكوس Thrust Fault

وينشأ نتيجة للضغط Compression وفيه يميل سطح الفالق فى عكس اتجاه الجزء الهابط Down throw ، وفى هذا النوع يتحرك الحائط المعلق إلى أعلى بالنسبة للحائط الأسفل ، وعلى ذلك فإن سطح القشرة الأرضية يقصر فى الأماكن التى توجد بها مثل هذه الفوالق (شكل ٢٢) ، لأن جزءا من الطبقات اصبح يغطى الجزء الآخر ولهذا السبب فإن هذا النوع من الفوالق يعرف أيضا بفالق الضغط Compression fault ، وتكون زاوية ميل هذا النوع عادة

صغيرة. ومثل هذا الفالق يحدث للثنيات النائمة إذا زاد الضغط عليها ويحصل انتقال الطبقات على جانبى الكسر نتيجة للضغط.



شكل ٢٢ : فالق معكوس

٣- الفالق العمودى Vertical Fault

وفى هذه الحالة يكون سطح الفالق عموديا أو رأسيا ، ويكون انتقال الطبقات عموديا إلى أسفل أو إلى أعلى ، وتكون زاوية الميل فى هذه الحالة ٩٠° أو قريبة من ذلك ، ولا يكون هناك حائط معلق أو حائط أسفل فى هذه الحالة.

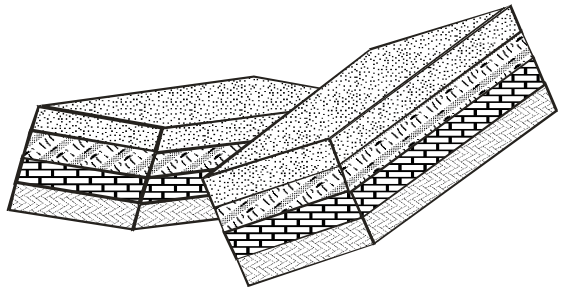
٤- الفالق الأفقى Horizontal fault

ويحدث نتيجة لحركة أفقية أو قريبة من الأفقية وفى الغالب يكون هذا النوع نادرا.

٥- الفالق الدائرى Pivotal or Rotational fault

عندما يحدث أن يتحرك جزء من كتلة من القشرة الأرضية إلى أعلى ويتحرك جزء آخر من نفس الكتلة إلى أسفل ، بحيث يكون محور هذه التحركات عموديا على سطح الفالق فإن هذا الفالق يسمى فالقا دائريا Pivotal ، هكذا نجد أن كل كتلة على أحد جانبى الفالق

تكون فى جزء منها صاعدة Up thrown وفى الجزء الآخر هابطة Down throw.



شكل ٢٣ : فالق دائرى

ب – الفوالق المركبة Compound Faults

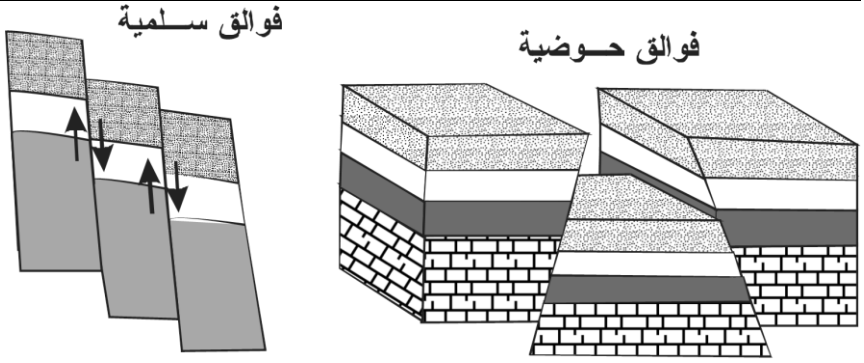
قد توجد الفوالق فى مجموعات من اثنين أو أمثر وتكون عدة أنواع :

١- الفوالق السلمية او المدرجة Step faults

ويكون اتجاه الميل واحد فى المجموعة (شكل ٢٤).

٢- الفوالق الحوضية Graben or Through fault

وهو عبارة عن كتلة من الأرض محاطة باثنين أو أكثر من الفوالق يكونون منسوب هذه الكتلة منخفضا عما يحيط به من أرض ويعرف هذا التركيب أيضا بالأخدود Rift Valley (شكل ٢٤). ومن اشهر الأمثلة الأخدود الأعظم The Great Rift Valley الذى تسبب فى تكوين معظم بحيرات أفريقيا والبحر الأحمر والبحر الميت ، وجزء من نهر الراين بألمانيا .

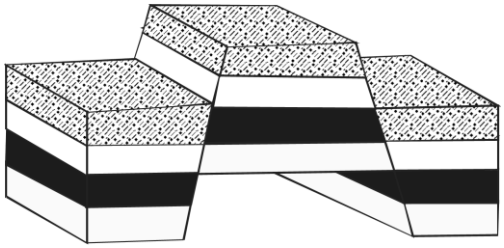


شكل ٢٤ : يبين الفوالق الحوضية والفوالق السلمية

٣- الهورست Horst

وهى مجموعة من الفوالق تسببت فى رفع الكتلة الوسطى فأحدثت بروزا فى وجه الأرض يرتفع فى منسوبه على ما حواليه (شكل ٢٥).

ويصحب حدوث الفوالق عادة بعض الظواهر فى الصخور التى تقطعها أهمها انصقال جوانبها وذلك من جراء حركة هبوط أحدهما بالنسبة للآخر ، كذلك تكوين صخور مهمشة Breccia عبارة عن قطع من الصخور المكونة للجانبين تهشمت عند حدوث الكسر واختلطت ببعضها ثم تماسكت جزئياتها.



شكل ٢٥ : يبين الفوالق (الهورست)

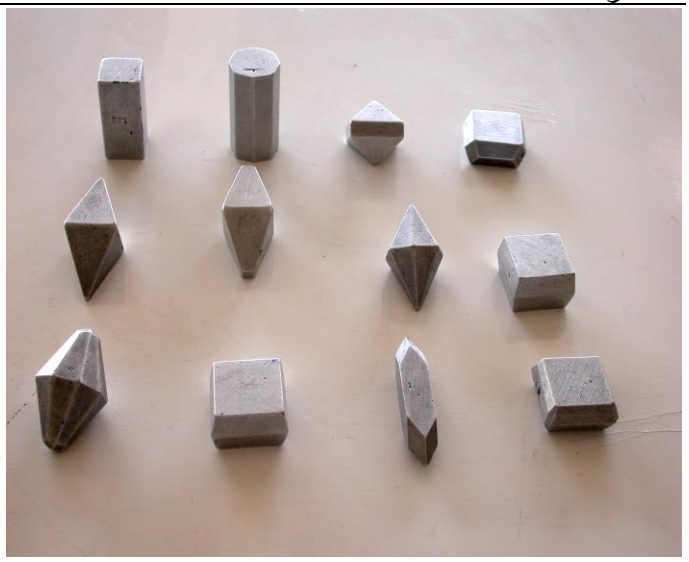
علم البلورات

Crystallography

تعريف : يختص علم البلورات بدراسة البلورات والمواد المتبلورة عامة.

والبلورة : (Crystal) عبارة عن جسم صلب متجانس فى تركيبه الكيمائى ذو أسطح – أو أوجه – (crystal faces) مستوية هى فى الحقيقة تعبيرا للتركيب الذرى الداخلى للمادة.

وتعرف عملية تكون البلورات باسم عملية التبلور (Crystallization process) ويمكن أن تتبلور المواد من الحالة الغازية مباشرة – أو من المحاليل المشبعة أو بتبريد المصهورات وتنمو البلورات بفعل العوامل الطبيعية كذلك فإنه يمكن تكوينها صناعيا فى المعمل. ويستخدم علم البلورات فى الدراسات الجيولوجية والكيميائية والفيزيائية والصناعية.



اشكال بلورية مختلفة

وتوصف البلورات بأنها كاملة الأوجه (Euhedral Crystal) عندما تكون جميع الأوجه البلورية موجودة بها. وبأنها ناقصة الأوجه (Subhedral Crystal) عندما تكون بعض الأوجه موجودة دون البعض الأخر. وبأنها عديمة الأوجه (Anhedral Crystal) عندما تكون البلورات على هيئة حبيبات لا يحدها أوجه بلورية. وعندما تكون البلورات على هيئة مجموعات يطلق عليها عبارات (Crystal groups and crystalline aggregates).

وجميع البلورات لها بناء ذرى داخلى منتظم حيث توجد المواد المكونة لها (ذرات أو أيونات) مرئية فى نظام هندسى. أما المواد التى ليس لها بناء ذرى داخلى منتظم فتوصف بأنها مواد غير متبلورة (non-crystalline or amorphous materials) مثل الزجاج وقلة من المعادن الطبيعية مثل معدن الأوبال ($Opal - Si\ O_2.\ nH_2O$).

ويمكن الاستدلال على المواد المتبلورة التفرقة بينها وبين المواد الغير متبلورة باستعمال عدة طرق منها الميكروسكوب المستقطب والأشعة السينية خاصة عندما لا توجد أوجه بلورية بهذه المواد. أما عند وجود كل أو بعض الأوجه البلورية فإن دراسة الخواص الخارجية للبلورات (مورفولوجيا البلورات) (Crystal morphology) تساعد كثيرا على التعرف على هذه المواد.

وعند دراسة الخواص الخارجية بالبلورات يجدر بنا الإلمام ببعض التعاريف الخاصة بأجزاء البلور :

أ- <u>أوجه البلورة</u> : (Crystal faces)

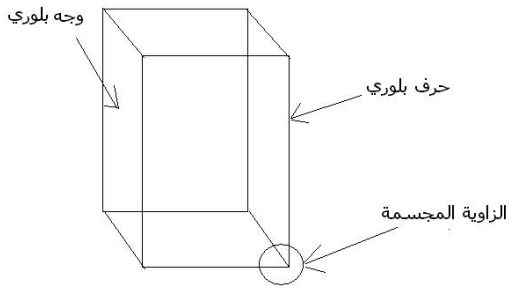
وهى الأسطح الخارجية التى تحد البلورة وتكون عادة مستوية (فى أحيان قليلة تكون هذه الأسطح منحنية كما فى بلورات الماس) وقد تتشابه أو تختلف الأوجه فى البلورة الواحدة.

ب- <u>الأحرف</u> : (Edges)

وتنتج من تقابل وجهين متجاورين. ويتحدد اتجاه الحرف باتجاه الوجهين المتقابلين.

ج- <u>الزوايا بين الوجهية</u> : (Interfacial angles)

وهى الزوايا المحصورة بين أى وجهين من أوجه البلورة وتقدر هذه الزاوية فى علم البلورات بمقدار الزاوية المكملة للزاوية المحصورة بين هذين الوجهين. أى الزاوية المحصورة بين العمودين المقامين على هذين الوجهين.



أجزاء البلور

د- <u>الزوايا المجسمة</u> : (Solid angles)

وهى الزوايا الناتجة من تقابل أكثر من وجهين.

وتعتمد الأوجه البلورية فى تكوينها على الترتيب الذرى الداخلى للمادة وترتبط هذه الأوجه ارتباطا وثيقا بهذا البناء الذرى. وتزداد احتمالات تكون الأوجه البلورية فى المستويات التى تشتمل على أكبر عدد من الذرات فى النظام الداخلى للمادة المتبلورة.

وحيث أن هذا البناء الذرى الداخلى للمادة ثابت فإن الأوجه البلورية الخارجية لابد وأن تكون لها علاقة ثابتة مع بعضها البعض. وهذه العلاقة الثابتة تنعكس فى ثبات الزوايا بين هذه الأوجه. فلقد وجد بالتجربة أن الزاوية الوجهية لكل وجهين متناظرين ثابتة فى بلورة المعدن الواحد عند نفس درجة الحرارة مهما كان شكل أو حجم البلورة أو ظروف نموها.

تعرف هذه الحقيقة التى اكتشفها العالم ستينو عام ١٩٦٩ باسم قانون ثبات الزوايا بين الوجهية Low of constancy of interfacial angles وهذا القانون أساسى ومهم فى علم

البلورات. وبواسطته يمكن التعرف على الكثير من المعادن وتمييز بعضها عن بعض.

ويمكن قياس الزوايا بين الوجهية فى البلورات الكبيرة بواسطة جهاز يعرف باسم جينوميتر التماس (أو منقل التماس Contact goniometer). وفى البلورات الصغيرة بواسطة الجينوميتر العاكس (المنقل العاكس Reflecting goniometer).

عناصر التماثل : (Elements of Symmetry)

من دراسة الشكل البلورى وقياس الزوايا بين الوجهية تتضح ظاهرة التوزيع المنظم والمرتب للأوجه البلورية وهذا الترتيب ينبع من نظام خاص يخضع لقواعد معينة تعرف باسم عناصر التماثل. وتحدد درجة الترتيب هذه فى البلورة ما يسمى بتماثل البلورة وجوهر هذا التماثل هو التكرار.

ويمكن تعريف التماثل البلورى crystal symmetry بأنه العمليات التى ينتج عنها أن تأخذ مجموعة من الأوجه البلورية فى نفس المكان الذى تشغله أحداها. وتختلف درجة التماثل من بلورة معدن أو مركب لأخر ولكنها ثابتة لا تتغير لبلورات المعدن أو المركب الواحد وهى من الخواص المميزة للمعدن أو المركب.

وللتماثل عموما ثلاثة عناصر هى :-

١- - محاور التماثل : Axes of symmetry

٢- - مستويات التماثل :Planes of symmetry

٣- - مركز التماثل : Center of symmetry

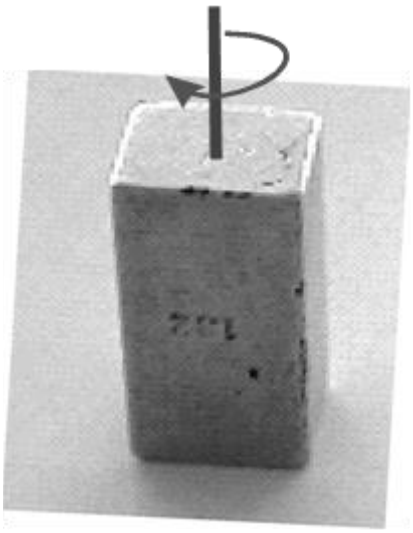
١- محور التماثل الدورانى : (Rotation axis of symmetry)

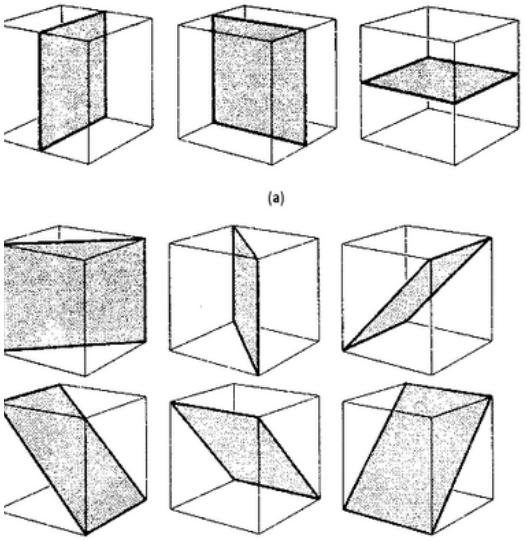
هو الخط الوهمى الذى يمر بمركز البلورة والذى إذا دارت البلورة حوله فإن وضعها يتكرر أكثر من مرة خلال دورة كاملة (٣٦٠°).

ويطلق على المحور اسم ثنائى التماثل (diagonal or twofold axis) أو ثلاثى التماثل (Triagonal or threefold axis) أو رباعى التماثل (tetragonal or fourfold axis) أو سداسى التماثل (hexagonal or sixfold axis) حسب عدد المرات التى يتكرر فيها وضع البلورة فى الدورة الكاملة. ويرمز للمحاور التماثلية بالأرقام ٢ ، ٣ ، ٤ ، ....

٢- مستوى التماثل : (Plane of symmetry)

وهو المستوى الذى يقسم البلورة إل نصفين متساويين فيظهر كل نصف منهما كما لو كان صورة فى المرآة للنصف الآخر. ويرمز له بالحرف م (m)





محور التماثل **مستوى التماثل**

٣- مركز التماثل : (Centre of symmetry)

تحتوى البلورة على مركز تماثل إذا وجد لكل وجه أو حرف أو زاوية فيها مثيل لها فى الناحية المقابلة الأخرى من مركز البلورة وعلى مسافات متساوية من هذا المركز. ويرمز له بالحرف (i).

الفصائل البلورية (Crystal Systems)

تنقسم البلورات إلى سبعة فصائل بلورية حسب عدد ونوعية عناصر التماثل الموجودة بها. وتتميز كل فصيلة بعدد ونوعية (درجة) معينة من المحاور التماثلية.

١- فصيلة المكعب (أو متساوى الأطوال) : Cubic (or isometric) System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على أربعة محاور ثلاثية التماثل.

٢- فصيلة الرباعى : Tetragonal System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على محور واحد رباعى التماثل.

٣- فصيلة السداسى : Hexagonal System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على محور واحد سداسى التماثل.

٤- فصيلة الثلاثى : Triagonal System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على محور واحد ثلاثى التماثل.

٥- فصيلة المعينى القائم : Orthorhombic System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على ثلاث محاور ثنائية التماثل.

٦- فصيلة الميل الواحد : Monoclinic System

وتشمل جميع البلورات التى تحتوى على محور واحد ثنائى التماثل.

٧- فصيلة الميول الثلاثية : Triclinic System

وتشمل جميع البلورات التى لا تحتوى على أى محاور تماثل.

وتضم كل هذه الفصائل السبع عددا من النظم البلورية Crystal Classes تحتوى على المميزات التماثلية للفصيلة التى تتبعها (٣٢ نظاما بلوريا فى الفصائل السبعة). وفى كل فصيلة يوجد نظام واحد يحتوى على أعلى تماثل بين النظم التابعة لهذه الفصيلة ويعرف هذا النظام باسم النظام الكامل التماثل Holosymmetric Class أو النظام العادى Normal Class. وسوف نكتفى فى هذه المرحلة بدراسة النظام الكامل التماثل فى كل فصيلة.

المحاور البلورية : Crystallographic axes

هى عبارة عن خطوط وهمية تتقاطع فى مركز البلورة يمكن الرجوع إليها فى وصف مواضع الأوجه البلورية. ولابد من أن يقطع كل وجه من أوجه البلورة واحد أو أكثر من هذه المحاور البلورية على مسافة معينة من المركز ويكزن عدد المحاور البلورية ثلاثة فى جميع الفصائل البلورية عدا فصيلتى السداسى والثلاثى فيكون عدد المحاور أربعة.

وتتقاطع المحاور البلورية فى مركز البلورة ويرمز لها بالرموز أ١ ، أ٢ ، أ٣ (a_1, a_2, a_3) إذا كانت متساوية فى الطول وبالحروف أ ، ب ، ج (a, b, c) إذا كانت مختلفة الأطوال. ويمتد المحور أ (a) من الأمام إلى الخلف والمحور ب (b) من اليمين إلى اليسار والمحور ج (c) من أعلى إلى أسفل.

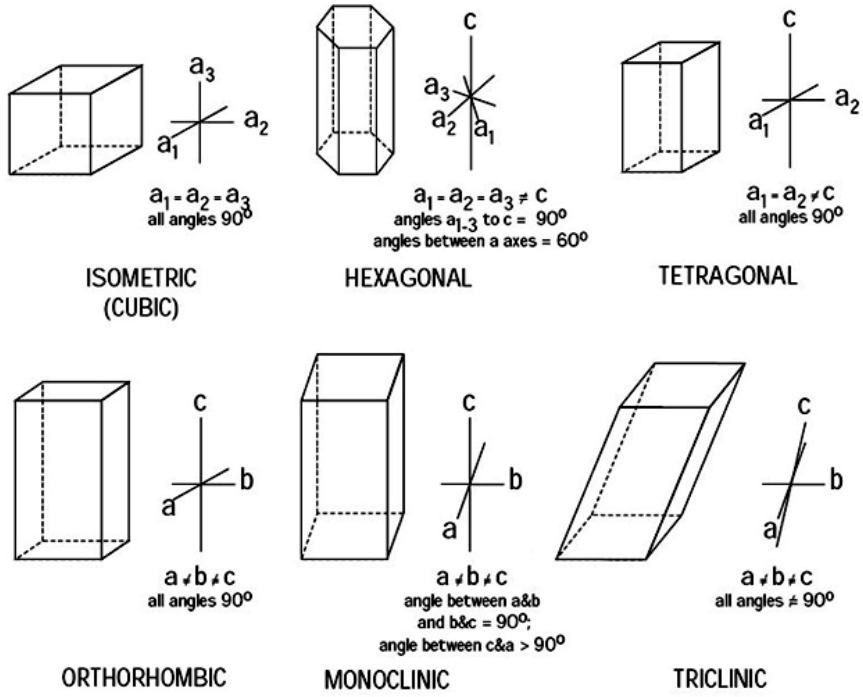
وتفرق أطراف هذه المحاور باستعمال الإشارات موجب (+) وسالب (-).

وينتج عن تقاطع المحاور البلورية الثلاثة زوايا محورية (axial angles) وهى زاوية ألفا (∝) بين ب ، ج وزاوية بيتا (β) بين أ ، ج وزاوية (γ) بين أ ، ب.

وتحدد اتجاهات المحاور البلورية بواسطة عناصر التماثل فى البلورة إذ غالبا ما يكون محور التماثل محورا بلوريا فى نفس الوقت وخاصة بالنسبة للمحور البلورى الرأسى ج (C). فيكون المحور البلورى (ج) هو دائما محور سداسى التماثل فى فصيلة السداسى ورباعى التماثل فى فصيلة الرباعى وثلاثى التماثل فى فصيلة الثلاثى.ويمكن التمييز بين الفصائل البلورية السبعة بواسطة أطوال المحاور البلورية والزوايا المحورية بها فى الجدول التالى:

الفصيلة	المحاور البلورية				الزوايا المحورية		
	أ a_1	ب a_2	أ٣ a_3	ج c	∝	β	γ
المكعب Cubic	أ a_1	ب a_2		ج a_3	٩٠°	٩٠°	٩٠°
الرباعى Tetragonal	أ a_1	ب a_2		ج c	٩٠°	٩٠°	٩٠°
السداسى Hexagonal	أ١ a_1	أ٢ a_2	أ٣ a_3	ج c	٩٠°	٩٠°	١٢٠°
الثلاثى Trigonal	أ١ a_1	أ٢ a_2	أ٣ a_3	ج c	٩٠°	٩٠°	١٢٠°
المعين القائم Orthorhombic	أ a	ب b		ج c	٩٠°	٩٠°	٩٠°
الميل الواحد Monoclinic	أ a	ب b		ج c	٩٠°	٩٠° ≠	٩٠°

الميول الثلاثة Triclinic	أ a		ب b	ج c	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^{\circ}$



كما تتحدد أطوال المحاور البلورية بواسطة مستوى (وجه) مناسب يقطع هذه المحاور (وجه بلورى شائع الوجود فى البلورة وقد يكون موازيا لمستوى انفصام جيد) ويسمى وجه الوحدة (Unit face) . وتتخذ الأطوال المقطوعة من المحاور البلورية بواسطة هذا الوجه كوحدات للقياس فى اتجاهات هذه المحاور. وفى أغلب الأحيان يكون اختيار اتجاهات وأطوال المحاور البلورية متفقا مع اتجاهات وأطوال محاور الخلية الواحدة – أو الوحدة البنائية – (Unit cell) التى هى وحدة التكرار فى الترتيب الذرى الداخلى للبلورة.

<u>إرشادات لاختيار المحاور البلورية</u> : (فى النظم الكاملة التماثل)

١- فصيلة المكعب : المحاور الرباعية التماثل هى المحاور البلورية أ ، ب ، ج .

٢- فصيلة الرباعى : المحور الرباعى التماثل هو ج وأطول المحورين الثنائيين التماثل هما أ ، ب .

٣- فصيلة السداسى : المحور السداسى التماثل هو ج وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هى أ١ ، أ٢ ، أ٣ .

٤- فصيلة الثلاثى : المحور الثلاثى التماثل هو ج وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هى أ١ ، أ٢ ، أ٣ .

٥- فصيلة المعينى القائم : المحاور الثنائية التماثل هى المحاور البلورية. (عادة يختار ج أطول من ب أطول من أ).

٦- فصيلة الميل الواحد : المحور الثنائى التماثل هو ب.

٧- فصيلة الميول الثلاثة : تختار المحاور البلورية موازية للأسطح البلورية وغالبا ما يختار ج أطول من أ

الشكل البلورى : (Crystal form)

فى البلورات غير المشوهة تكون كل مجموعة من الأوجه المتشابهة فى الشكل والمساحة شكلا بلوريا. وجميع الأوجه التى تتبع شكلا واحدا لها رمزا (أو دليل) واحد. وفى البلورات المشوهة (معظم البلورات فى الطبيعة) قد يختلف شكل ومساحة الأوجه إلا أن رمز الشكل (دليله) لا يتغير.

وعلى ذلك يمكن تعريف الشكل البلورى بأنه مجموعة من الأوجه فى البلورة المتشابهة فى الشكل والمساحة.

وتنقسم الأشكال البلورية إلى قسمين رئيسين :

١- شكل مفتوح : (Open form)

وهو الشكل البلورى االذى لا تقفل الأوجه المكونة له فراغا بمفردها. مثل المنشور Prism والمسطح Pinacoid.

٢- شكل مقفول : (Closed form)

وهو الشكل البلورى االذى تقفل الأوجه المكونة له فراغا بمفردها. مثل المكعب وثمانى الأوجه.

وفى كثير من البلورات نجد أن الأوجه التى تظهر عليها تنتمى إلى عدة أشكال مجتمعة مع بعضها. وفى هذه الحالة ينتج ما يسمى بمجموعات الأشكال (Combinations of forms).

الاشكال البلورية العامة والاشكال البلورية الخاصة:-

أ-الاشكال البلورية العامة : هى الاشكال التى تتواجد فى اكثر من فصيلية بلورية وتحتفظ بمميزات الشكل البلورية مع اظهار طبيعة الفصيلة التى تتواجد بها وهى:-

١-- المسطحات : Pinacoids

وهى أشكال مفتوحة يتكون كل منها من وجهين متقابلين متوازيين. ويقطع الوجه أحد المحاور البلورية يوازى المحورين الآخرين. ويسمى السطح باسم المحور الذى يقطعه وتنقسم إلى :

أ- مسطح قاعدى Basal pinacoid: (C- pinacoid)

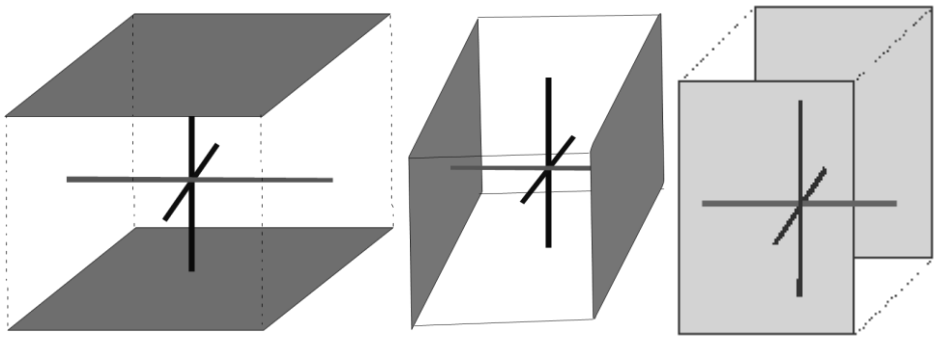
وهو شكل مفتوح ويتكون من وجهين متشابهين كل منهما يوازى المحورين البلوريين الأفقيين ويقطع المحور البلورى الرأسى ج

ب- مسطح ب (side pinacoid): b-pinacoid) مسطح جانبى)

وهو شكل مفتوح ويتكون من وجهين متشابهين يقطع المحور البلورى ب ويوازى كل منهما المحورين الاخرين

جـ - مسطح أ (front pinacoid): a-pinacoid) مسطح امامى)

وهو شكل مفتوح ويتكون من وجهين متشابهين يقطع المحور البلورى أ كل منهما ويوازى المحورين الاخرين



مسطوح امامى a - pinacoid | مسطوح جانبى b - pinacoid | مسطح قاعدى C- pinacoid

٢- المسقوفات والقباب : Domes

وهى أشكال بلورية مفتوحة تشبه القبة أو السقف ويتكون كل منها من أربعة أوجه. وجهين علويين على هيئة رقم (٨) يقابلهما وجهان سفليان على هيئة رقم (٧).

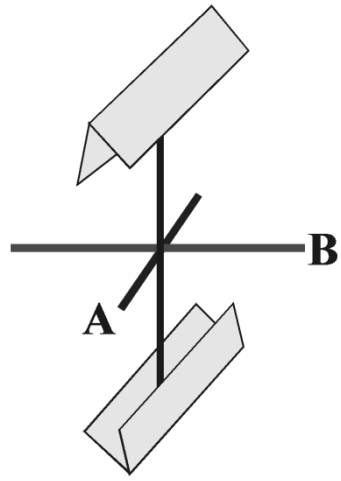
وتقطع أوجه هذا الشكل المحور الرأسى ج وأحد المحورين الأفقيين وتوازى المحور الأفقى الآخر. وتسمى القبة (أو السقوف) باسم المحور الذى توازيه ، وتنقسم إلى :

مسقوف (قبة) أ : a - dome

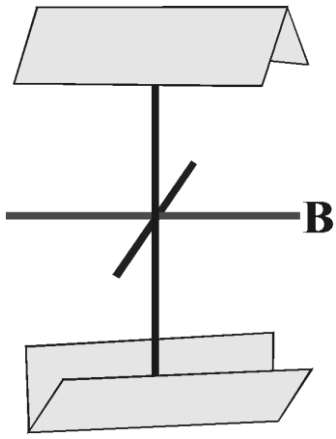
أربعة أوجه وحيث أن الأوجه فى هذه القبة تكون جانبية بالنسبة للناظر ولذلك يسمى هذا الشكل أيضا باسم مسقوف (قبة) جانبى (Side dome).

مسقوف (قبة) ب : b - dome

أربعة أوجه ويسمى أيضا مسقوف أمامى (front dome).



قبة أ
a –Dome



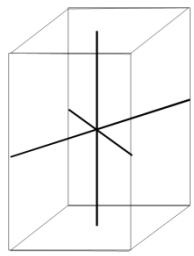
قبة ب
b –Dome

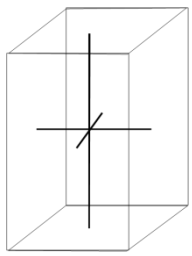
٣- المنشورات : Prisms

وهى أشكال بلورية مفتوحة يتكون كل منها من أوجه رأسية توازى المحور البلورى ج وتقطع أحد أو كل المحاور الأفقية وتنقسم (حسب خروج المحاور الافقية وعدد الاوجهه) إلى :

أ – منشور رتبة اولى ب- منشور رتبة ثانية

جـ منشور مزدوج





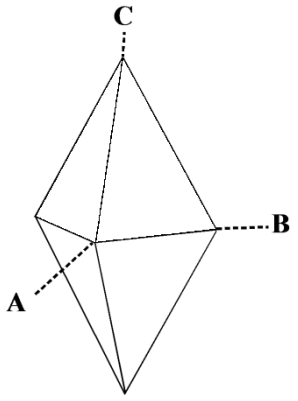
منشور رتبة اولى **منشور رتبة ثانية**

٤- الأهرامات المنعكسة : Bipyramids

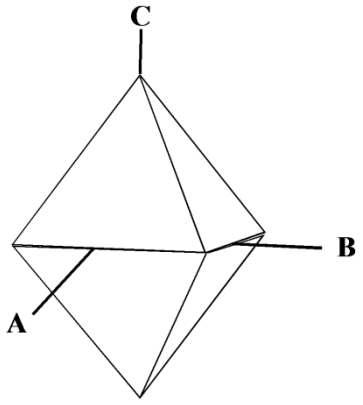
وهى أشكال بلورية مقفلة تقطع أوجهها المحور الرأسى ج وأحد أو كل المحاور الأفقية وتنقسم إلى :

أ – هرم منعكس رتبة اولى ب- هرم منعكس رتبة ثانية

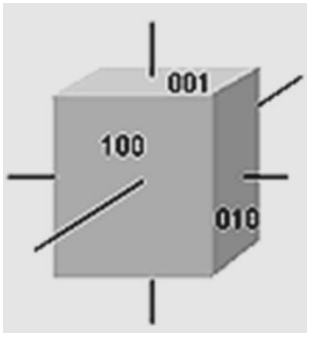
جـ هرم منعكس مزدوج



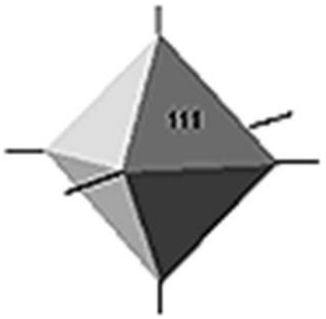
هرم منعكس رتبة اولى



هرم منعكس رتبة ثانية



المكعب : (أو سداسى الأوجه)



ثمانى الأوجه

الكوارث الطبيعية

الكوارث الطبيعية هي ابتلاء أو دمار كبير يحدث بسبب حدث طبيعي منطوي على *خطورة* و هناك تعريفات متعددة *للكارثة* حددتها المنظمات والهيئات الدولية والوطنية المتخصصة، ويشترط في التعريف الوضوح والشمولية والإيجاز ودقة اختيار الكلمات، ومن هذه التعريفات:

- هيئة الأمم المتحدة:

الكارثة هي حالة مفجعة يتأثر من جرائها نمط الحياة اليومية فجأة ويصبح الناس يعانون من ويلاتها ويصيرون في حاجة إلى حماية، وملابس، وملجأ، وعناية طبية واجتماعية واحتياجات الحياة الضرورية الأخرى.

- المنظمة الدولية للحماية المدنية:

الكارثة هي حوادث غير متوقعة ناجمة عن قوى الطبيعة، أو بسبب فعل الإنسان ويترتب عليها خسائر في الأرواح وتدمير في الممتلكات، وتكون ذات تأثير شديد على الاقتصاد الوطني والحياة الاجتماعية وتفوق إمكانيات مواجهتها قدرة الموارد الوطنية وتتطلب مساعدة دولية.

- دليل الدفاع المدني الصناعي:

الكارثة هي حادثة كبيرة ينجم عنها خسائر جسيمة في الأرواح والممتلكات وقد تكون **كارثة طبيعية** مردها فعل الطبيعة (سيول، زلازل، عواصف.. الخ) وقد تكون **كارثة فنية** سببتها يد الإنسان المخربة سواء كان إرادياً (عمداً) أم لا إرادياً) بالإهمال) وتتطلب مواجهتها معونة الأجهزة الوطنية كافة (حكومية وأهلية) أو الدولية إذا كانت قدرة مواجهتها تفوق القدرات الوطنية.

وهناك العديد من الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والبراكين التسونامى والكوارث المناخية والانهيارات الثلجية والجفاف

والاعاصير و الحرائق والاحتباس الحرارى والاوبئة والكوارث المائية وغيرها

الزلازل

الزلازال

الزّلزال أو **الهزّة الأرضية** هي ظاهرة طبيعية و هو عبارة عن اهتزاز او سلسلة من الاهتزازات الارتجاجية للارض والناتج عن حركية الصفائح الصخرية ويسمى مركز الزلزال "البؤرة" ، يتبع بارتدادات تدعى أمواجا زلزالية، وهذا يعود إلى تكسر الصخور وإزاحتها بسبب تراكم إجهادات داخلية نتيجة لمؤثرات جيولوجية ينجم عنها تحرك الصفائح الأرضية .توجد الانشطة الزلزالية على مستوى حدود الصفائح الصخرية. و ينشأ الزلزال كنتيجة لأنشطة البراكين أو نتيجة لوجود انزلاقات في طبقات الأرض.

تؤدي الزلازل إلى تشقق الأرض ونضوب الينابيع أو ظهور الينابيع الجديدة أو حدوث ارتفاعات وانخفاضات في القشرة الأرضية وأيضاً حدوث أمواج عالية تحت سطح البحر (تسونامي)، فضلاً عن آثارها التخريبية للمباني والمواصلات والمنشآت. وتحدد درجة الزلزال بمؤشر، وتقاس من ١ إلى ١٠، حيث :

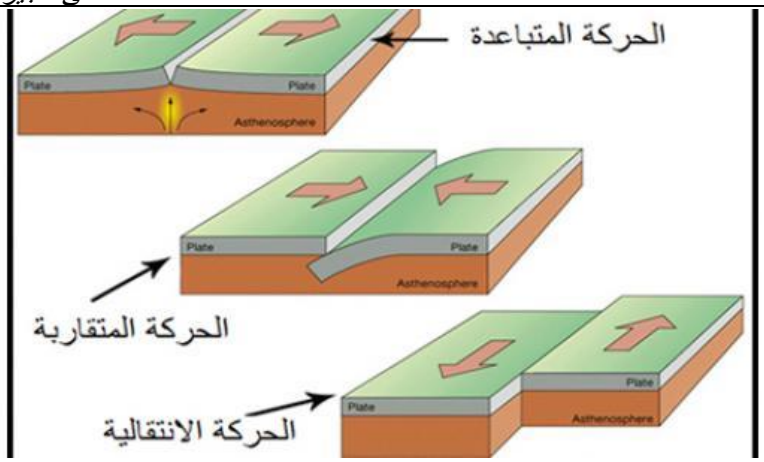
- من ١ إلى ٤ - زلازل قد لا تحدث أية أضرار أي يمكن الإحساس به فقط،
- من ٤ إلى ٦ - زلازل متوسطة الأضرار قد تحدث ضرراً للمنازل والإقامات،

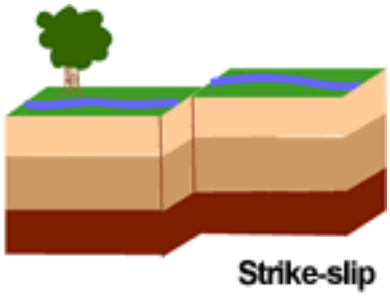
- من ٧ إلى ١٠ - الدرجة القصوى، أي يستطيع الزلزال تدمير المدينة بأكملها وحفرها تحت الأرض حتى تختفي مع أضرار لدى المدن المجاورة لها

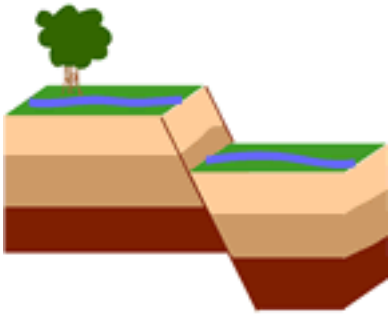
أسباب الزلزال

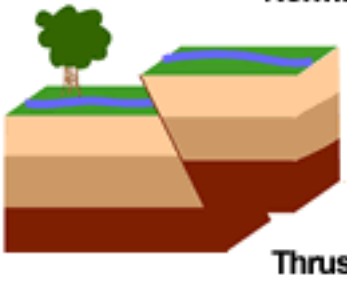
ذكر العلماء عدة عوامل، وأهمها:

١. الانفجار البركاني الذي يرافقه زلزال.
٢. الصدع وانزلاق الصخور عليه والذي يعرف بالزلازل التكتونية.


الحركة المتباعدة
Plate
Plate
Asthenosphere
Plate
Plate
Asthenosphere
الحركة المتقاربة
Plate
Plate
Asthenosphere
الحركة الانتقالية


Strike-slip


Normal


Thrust

أنواع الزلازل

تصنف الزلازل حسب عمق البؤرة، وهي ثلاث:

١. الزلازل الضحلة وتنشأ على عمق ٧٠كم.
٢. الزلازل المتوسطة وتنشأ على عمق بين ٧٠-٣٠٠كم.
٣. الزلازل العميقة وتنشأ على عمق ٣٠٠-٧٠٠كم.

أنواع الزلازل تقسم الزلازل من حيث كيفية تكونها كما يلي:

الزلزال التكتوني يعتبر هذا النوع من الزلازل من أكثر الأنواع خراباً وتدميراً، وهو من أصعب الزلازل من حيث عدم القدرة على التنبؤ بها، ويتكوّن بسبب ضغط ناتج عن حركة طبقات الأرض الصغيرة والكبيرة بحيث تنزلق بعض الطبقات عن بعضها البعض، وهذا النوع هو أكثر أسباب الحوادث الزلزالية المدمرة على مستوى العالم بنسبة (٧٥%).

الزلزال البركاني وهو الزلزال الذي يحدث نتيجة أنشطة البراكين، وغالباً ما يكون مُدمراً، حيث يُنذر هذا الزلزال بوجود انفجارات بركانية قريبة الحدوث، ويحدث عندما تكون صهارة البركان باتجاه أعلى فوهة البركان، حيث تُسجل هذه الحركة قرابة (١٠٠) هزة أرضية صغيرة قبل الانفجارات بمدة قصيرة.

الزلزال الاصطناعي ويكون سببه هو الإنسان وذلك من خلال قيام الإنسان بعدّة أنشطة مثل: ضخ سوائل في باطن الأرض، أو ملء خزانات للانفجارات النووية أو غيرها.

قياس شدة الزلزال

تقاس شدة الزلازل عادة بمقياسين مهمين؛ الأول هو "شدة الزلزال"، وتُعرف شدة الزلزال بأنها مقياس وصفي لما يحدثه الزلزال من تأثير على الإنسان وممتلكاته وأهمها مقياس "ميركالي المعدل"، وهذا المقياس يشمل ١٢ درجة، فمثلاً.. الزلزال ذو الشدة "١٢" فإنه مدمِّر لا يبقي ولا يذر، ويتسبَّب في اندلاع البراكين، وخروج الحمم الملتهبة من باطن الأرض، وتهتزّ له الأرض ككل وسط المجموعة الشمسية .أما المقياس الثاني فهو مقياس "قوة الزلزالMagnitude "، وقد وضعه العالم الألماني "Richter" "وعُرف باسمه، ويعتمد أساسًا على كمية طاقة الإجهاد التي تسبّب في إحداث الزلزال، وهذا مقياس علمي تحسب قيمته من الموجات الزلزالية التي تسجلها محطات الزلازل المختلفة، وعليه.. فلا يوجد اختلاف يذكر بين قوة زلزال يحسب بواسطة مرصد حلوان بمصر أو مرصد "أبسالا "بالسويد. مقياس الزلازل

الشدة	الوصف	القوة (مقياس ريختر)
1	ضمن حدود أجهزة القياس، تتحسسها أجهزة السيسموغراف	-
2(ضعيفة)	لا يكاد يحس بها	3.5
3 (قليلة)	يشعر بها أناس قليلون	4.2
4 (معتدلة)	يحس بها المشاة	4.3
5 (قوية بعض الشيء)	يستيقظ بعض الناس	4.8
6 (قوية)	تترنح الأشجار وتسقط الأشياء	4.8 - 5.4
7 (قوية جداً)	إنذار عام - تتشقق الجدران	5.5 - 6.1
8 (هدامة)	تتأثر السيارات المتحركة	6.2 - 6.8
9 (مخربة)	تسقط بعض البيوت وتتشقق الأرض	6.9
10 (كارثية)	تتفتح الأرض وتحدث انهيارات	7 - 7.3
11 (كارثية للغاية)	تبقى بعض البنايات	7.4 - 8.1
12 (مفجعة)	دمار تام	8.1 - (أقصى درجة ٨.٩)

الفرق بين شدة الزلزال وقوة الزلزال

يستخدم العلماء مفهومي شدة الزلزال، وقوة الزلزال، للتعبير عن حجم الزلزال، ويعرف مفهوم شدة الزلزال على أنه مصطلح يستخدم لقياس الطاقة التي تنتج عن الزلزال، وتقاس قوة الزلزال بمقياس ريختر المكون من تسع درجات، فعلى سبيل المثال: في حالة افتراضية عندما تقع البؤرة العميقة لزلزال تحت مدينة "س"، حيث تكون هذه المدينة المركز السطحي المدمر للزلزال، فإن حجم الدمار هناك أكثر من حجم الدمار في مدينة "ص"، وبذلك فإن شدة الزلزال في "س" أعلى منها في مدينة "ص". وأما قوة الزلزال فهي ثابتة ولا تتأثر في المكان الذي يحدث فيه الزلزال.

التصرف المناسب أثناء الزلزال

- إذا كنت في مبنى قف تحت مدخل الباب أو تحت طاولة متينة وبعيداً عن النافذة والزجاج
- في خارج المبنى قف بعيداً عن المباني والأشجار وخطوط الهاتف والكهرباء
- إذا كنت في مركبة ابتعد عن الأنفاق والجسور ولا تخرج من السيارة
- حاول أن تكون نفسيتك مرتاحة ولا تندهش
- حاول أن تسعف
- حاول تهدئة الغير والتخفيف من الاضطرابات خاصة الأطفال لكي لا تنتج حالات نفسية بعد ذلك

في حالة التواجد داخل مبنى ما

- استلقي على الأرض وحاول الاحتماء عن طريق الزحف تحت طاولة متينة أو قطعة من الأثاث وتمسك

بها حتى يتوقف الاهتزاز، وإذا لم يكن هناك أثاث غطي وجهك ورأسك بذراعيك والجأ إلى أحد زوايا المبنى.

- ابتعد عن الزجاج والنوافذ والأبواب الخارجية والجدران وعن أي شيء يمكن أن يسقط عليك مثل أجهزة الإضاءة أو الأثاث.
- إبق في سريرك إذا وقع الزلزال أثناء نومك وضع وسادة على وجهك.
- إبق في الداخل حتى يتوقف الزلزال وتضمن خروجاً آمناً من المبنى، حيث أظهرت الأبحاث أن معظم الإصابات تحدث عندما يكون الشخص داخل المبنى ويحاول الانتقال إلى مكان آخر أو مغادرة المكان.
- كن على علم أن الكهرباء قد تنقطع أو تنطلق صفارات الإنذار.
- لا تستخدم المصعد.
- إفصل مصادر الكهرباء والماء واحكم إغلاق مصادر الغاز.
- لا تدخن أو تستخدم أعواد الثقاب.
- لا تقف حافي القدمين وأحضر ملابس للتدفئة بها عند الضرورة في حال كنت بمكان بارد.

في حالة التواجد في الخارج

- ابق في مكانك.
- ابتعد عن المباني المرتفعة والقديمة وأعمدة الإنارة وأسلاك المرافق.
- إذا كنت في العراء، اثبت حتى يتوقف الاهتزاز. الخطر الأكبر للزلزال موجود مباشرة خارج المبنى وفي مخارجها وجدرانها الخارجية.

- يموت معظم الضحايا في الزلزال بسبب انهيار الجدران أو الزجاج المتطاير والأجسام الساقطة.

في حالة التواجد في السيارة

- اوقف السيارة بشكل طبيعي وهدئ السرعة.
- تجنب الوقوف قرب مبنى أو شجرة أو جسر أو نفق.
- تحرك بحذر عندما يتوقف الزلزال.
- تجنب الطرق والجسور التي تضررت من الزلزال.

إذا كنت محاصراً تحت الأنقاض

- لا تشعل كبريتاً.
- لا تتحرك أو تحاول تحريك الصخور أو التراب.
- غط فمك بمنديل أو بملابسك.
- حاول أن تدق على أنابيب أو جدار ليتمكن رجال الإنقاذ من تحديد مكانك أو استخدم صافرة إذا كان ذلك متوفراً، أو اصرخ. ولكن احذر، يمكن أن يسبب الصراخ استنشاق كميات كبيرة من الغبار.

ماذا تفعل قبل الزلزال؟

- تأكد من توفر المواد التالية في المنزل: طفاية حريق، حقيبة إسعافات أولية، راديو يعمل على البطاريات، بيل (مصباح متنقل)، وكمية من البطاريات الإضافية.
- تعلم الإسعافات الأولية.
- تعلم كيف تقطع الغاز، الماء، والكهرباء.
- ضع خطة عن مكان لاجتماع الأسرة بعد زلزال ما.
- لا تضع الأشياء الثقيلة على الرفوف لأنها ستسقط أثناء الزلزال.
- ثبت المفروشات الثقيلة، الخزائن، والأدوات المنزلية إلى الجدران أو الأرضية.
- تعلم خطة الزلازل في مدرستك أو مكان عملك.

ماذا تفعل أثناء الزلزال؟

- ابق هادئاً! إذا كنت داخل بناء فابق في الداخل وإذا كنت في الخارج فابق في الخارج.
- إذا كنت داخل بناء، قف بجوار جدار قرب مركز البناء، قف في الممر، أو ازحف تحت المفروشات الثقيلة (مقعد أو طاولة). قف بعيداً عن النوافذ والأبواب الخارجية.
- إذا كنت في الخارج، قف في منطقة مفتوحة بعيداً عن خطوط الطاقة أو أي شي محتمل سقوطه. قف بعيداً عن الأبنية (قد تسقط أشياء من المباني أو قد تقع المباني عليك.(
- لا تستخدم أعواد الثقاب، أو الشموع أو أي لهب. خطوط نقل الغاز في الدول التي تعتمد مثل هذا النظام قد تكون مكسورة وتتسبب بالتالي بحرائق.
- إذا كنت داخل سيارة، أوقف السيارة وابق داخلها إلى أن يتوقف الزلزال.
- لا تستخدم المصاعد (على أية حال، سوف تكون عالقة غالباً.(

ماذا تفعل بعد الزلزال

- ابحث عن المصابين وأسعفهم.
- انتبه لأماكن تسرب الغاز والماء والصرف الصحي .
- افحص الأسلاك المقطوعة، وافصل التيار عن الأدوات المنزلية.
- قيم الأضرار والمخاطر التي تتعلق بالسلامة.
- نظف تسربات المواد الخطرة.
- لا تمش حافي القدمين.
- استمع للراديو المحلي لتتبع الإرشادات.

- اقتصد في استعمال الهاتف.
- ابحث عن المفقودين ومعارفك.
- تحقق من سلامتك وسلامة الآخرين من أية إصابات. وفّر الإسعاف الأولي لكل من يحتاجه.
- تحقق من عدم تضرر خطوط الماء والغاز والكهرباء. في حال وجود أي ضرر قم بإغلاقها وغادر المنزل فوراً وابلغ السلطات (استخدم هاتف شخص آخر أو هاتفك المحمول.(
- شغّل الراديو. لا تستخدم الهاتف ما لم تكن هناك حالة طارئة.
- ابق بعيداً عن المنازل المتضررة ولو جزئيا.
- خذ حذرك من الأنقاض والزجاج المتكسر. انتعل حذاء صلبا لتقي نفسك من الإصابة.
- خذ حذرك من المآذن والمداخن فقد تقع عليك.
- ابق بعيداً عن الشواطئ فقد تضربها التسونامي حتى بعد أن يتوقف اهتزاز الأرض.
- ابق بعيداً عن المناطق المتضررة ولا تعق عمل فرق الإنقاذ.
- إذا كنت في المدرسة أو العمل فاتبع خطة الطوارئ أو تعليمات الشخص المسؤول.
- ترقب الهزات الارتدادية.
- حاول تهدئة الغير والتخفيف من الاضطرابات خاصة الأطفال لكي لا تنتج حالات نفسية بعد ذلك.

العدة الاحتياطية للزلازل

- راديو صغير مع بطاريات إضافية
- مصباح مع بطاريات إضافية

- حقيبة إسعافية وضمنها الأدوية الضرورية لأفراد الأسرة
- كتيب عن الإسعاف الأولي
- مطفأة حريق
- مفتاح إنكليزي قابل للتعديل لإصلاح تسربات الغاز والماء
- جهاز تحري الدخان
- سلم هروب متنقل
- زجاجات ماء كافية
- مؤنة أسبوع من أغذية معلبة ومجففة (يجب استعمالها واستبدالها كي لا تتلف)
- فتاحة معلبات
- كبريت
- أرقام هواتف الشرطة والطوارئ الصحية والحريق
- الاقتصاد في الماء لاننا نحتاجه عند الحالة الطارئة
- الذهاب إلى مصلحة الضمان الاجتماعي

مهارات ضرورية

- كيفية الإطفاء وفصل الماء والغاز والكهرباء
- الإسعاف الأولي
- خطة لجمع العائلة في مكان واحد ويعرفها الجميع
- مساعدة الاخرين

البراكين

البراكين وهي عبارة عن تضاريس برية أو بحرية تخرج أو تنبعث منها مواد مصهورة حارة مع أبخرة وغازات مصاحبة لها من أعماق القشرة الأرضية ويحدث ذلك من خلال فوهات أو شقوق. وتتراكم المواد المنصهرة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالاً أرضية مختلفة منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية الأجزاء الرئيسية للبركان أربعة وهي:

- المخروط البركاني : عبارة عن جوانب منحدرة مكونة من الحمم البركانية .وهو سيل الصهارة المواد المعدنية التي يقذفها البركان من فوهته .
- الفوهة : فُوَّهة البُرْكان منخفضة على شكل قُمْع أو قَصْعة على أسطح الكواكب ومن النادر أن يزيد حجم مثل هذه الفوهات عن كيلومترين من جانب إلى آخر. وتتكون الفوهات البركانية الأخرى عندما ينهار سطح الأرض في أعقاب ارتداد الحمم البركانية من أعلى. وتسمَّى فوهات البراكين الهابطة ذات القطر الذي يزيد على كيلومتر واحد فوهة بركانية ضخمة وتسمى الفوهات البركانية الأقل هبوطًا فوهات صغيرة. وتعتبر الفوهات البركانية أكثر شيوعاً على القمر، وعلى الكواكب الأخرى غير الأرض. ولكن معظم الفوهات البركانية على هذه الأجسام هي فوهات تأثيرية تكونت بفعل تأثير أحجار النيازك.
- المدخنة : وهي الأنبوب الذي يصل بين خزان الصهارة تحت الأرض والفوهة والذي تصعد منه الصهارة .وتندفع خلالها المواد البركانية إلى الفوهة. وتعرف أحيانا بعنق البركان. وبجانب المدخنة الرئيسية، قد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.
- اللوافظ الغازية : وهي سحابة الأبخرة والغازات والرماد البركاني.

المواد البركانية

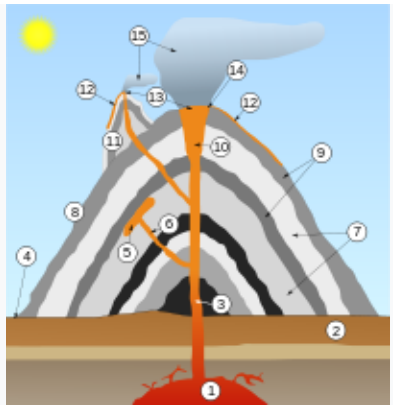
بركان

يخرج من البراكين حين ثوراتها حطام صخري صلب ومواد منصهرة(صهارة)وغازات.

- **الحطام الصخري :**ينبثق نتيجة للانفجارات البركانية حطام صخري صلب مختلف الأنواع والأحجام عادة في الفترة الأولى من الثوران البركاني.
- **الغازات :**تخرج من البراكين أثناء نشاطها غازات بخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكونا لسحب هائلة يختلط معه فيها الغبار والغازات الأخرى. وتتكاثف هذه الأبخرة مسببة لأمطار غزيرة تتساقط في محيط البركان.
- **اللافا :**هي كتل سائلة تلفظها البراكين، وتبلغ درجة حرارتها بين ٨٠٠ درجة مئوية و ١٢٠٠ درجة مئوية. وتنبثق اللافا من فوهة البركان، كما تطفح من خلال الشقوق والكسور في جوانب المخروط البركاني، تلك الكسور التي تنشئها الانفجارات وضغط كتل الصهير، وتتوقف طبيعة اللافا ومظهرها على التركيب الكيماوي لكتل الصهير الذي تنبعث منه وهي نوعان:
- لافا خفيفة فاتحة اللون: وهذه تتميز بعظم لزوجتها، ومن ثم فإنها بطيئة التدفق
- لافا ثقيلة داكنة اللون: وهي لافا بازلتية، وتتميز بأنها سائلة ومتحركة لدرجة كبيرة، وتنساب في شكل مجاري على منحدرات

البركان، وحين تنبثق هذه اللافا من خلال كسور عظيمة الامتداد فإنها تنتشر فوق مساحات هائلة مكونة لهضاب فسيحة،

- **المواد البركانية**
- **المواد البركانية الصلبة :**وهي الاجزاء التي تتكون منها الصخور البركانية وهي:
- المقذوفات البركانية : وهو تجمد الصهارة والحمم البركانية المقذوفة إلى السطح.
- صخر الخفاف : عبارة عن رغوة سيليكاتية تتخلها الغازات.
- رماد بركاني : ناتج من تفتت وتناثر قمة الصهارة المتجمدة في عنق البركان تحت تأثير الضغط والبخار، وهي تتصلب بسرعة.
- **المواد البركانية السائلة الصهارة والحمم) اللابة :**(تتألف من المواد السائلة من الحمم التي تنساب مشتعلة من فوهة البركان إلى مسافات بعيدة أحيانا ومدى سيولة الحمم يخضع لعدة عوامل. مثل انحدار الأرض، و طبيعة الصهارة واللابة)لزجة أو مائعة) وتعتمد نسبة اللزوجة على نسبة السيليكا، وعلى قوة البركان
- **المواد البركانية الغازية :**من أهم الغازات المنبعثة من البراكين :بخار الماء وثاني أكسيد الكبريت ومركبات الهيدروكربون



مقطع خلال بركان طبقي:

1. مخزن الصهارة
2. طبقة أرضية
3. المدخنة
4. سطح الأرض
5. جيب بركاني
6. جيب نافذ
7. طبقات من الرماد
8. جانب
9. طبقات من الصخور والفحم
10. عنق
11. مخروط طفيلي
12. سيل الصهارة
13. مدخنة
14. فوهة
15. لوافظ غازية وبخار وغبار بركاني رماد.

فوهة بركان كاتيافي أريزونا الأمريكية

أهمية البراكين

وتكمن أهمية البراكين في الآتي:

١. معرفة تركيب القسم الداخلي من قشرة الأرض والقسم الخارجي من الغلاف الأرضي ؛ لأن الحمم تصدر من هذا المستوى، عمق نحو ٤٥٠ كيلومتر.
٢. تدل على مواقع الضغط في قشرة الأرض ؛ إذ أن مواقع البراكين تتفق مع مواقع الضغط في القشرة حيث توجد تصدعات مهمة وعميقة.
٣. مصدر لتكون بعض المعادن ذات القيمة الاقتصادية.
٤. يساعد الرماد البركاني على خصوبة التربة الزراعية.
٥. يمكن استخدام حرارته لتوليد الطاقة الكهربائية

الانهيارات الثلجية

الانهيار الثلجي هو تحرك مفاجيء لكمية من الثلج على جانب جبل، وتنجم عنه عدة كوارث وقد يؤدي إلى هلاك الآلاف من الأشخاص.

الكوارث المائية

السيل كارثة طبيعية تحدث نتيجة تراكم كميات كبيرة من الأمطار لفترة طويلة من الزمن في منطقة محددة، أو ذوبان سريع لكميات كبيرة من الثلوج أو الأنهار أو العواصف والأعاصير. ويوجد بعض الكواث المائية التي تاتى على المدى البعيد منها تاكل السواحل الذي يودى إلى غرق بعض المدن

التسونامي

التسونامي هي موجة ضخمة محيطية تحتوي على سلسلة من الأمواج وقدراً هائلاً من المياه تسببها الزلازل والبراكين وغيرها، وتنشأ الموجة المدية عندما يحدث انزلاق عمودي في قاع البحر من شأنه ضعضعة السطح الأفقي لقاع البحر فتنشأ على سطح البحر الموجة المديّة، وشأنها شأن أي موجه، تتجه الموجة المدية إلى الشواطئ ويعتمد على حجم الأنزلاق الأرضي في قاع البحر، تتحدد كمية وحجم الموجة المدية ومقدار الخراب الذي تخلفه.

و من أشهر موجات التسونامي ما نتج عن زلزال المحيط الهندي في ٢٦ ديسمبر ٢٠٠٤، حيث ضربت سواحل العديد من الدول منها اندونيسيا، سريلانكا، تايلاند، الهند، الصومال وغيرها حيث وصفت هذا الزلزال بأنه أحد أسوأ الكوارث الطبيعية التي ضربت الأرض على الأطلاق قتل فيه ما يقارب ال٢٥٠٠٠٠.

الجفاف

الجفاف هو التغير الذي يحدث في طقس المنطقة من حيث أستمرار حالة الطقس الجاف وعدم هطول الأمطار لمدة طويلة وقد يؤدي إلى مجاعة وخاصة في البلاد التي تعتمد على الزراعة. ويعتبر إحدى أخطر الكوارث على مستوى الكرة الأرضية ويسبب هذا ضرر حقيقي بالناس.

الاعاصير

هي عواصف هوائية دوارة حلزونية عنيفة، تنشأ عادة فوق البحار الاستوائية، ولذا تعرف باسم الأعاصير الاستوائية أو المدارية أو الأعاصير الحلزونية لأن الهواء البارد (ذا الضغط المرتفع) يدور فيها حول مركز ساكن من الهواء الدافئ (ذي الضغط المنخفض)، ثم تندفع هذه العاصفة في اتجاه اليابسة فتفقد من سرعاتها بالاحتكاك مع سطح الأرض، ولكنها تظل تتحرك بسرعات قد تصل إلى أكثر من ٣٠٠ كيلو متر في الساعة. ويصل قطر الدوامة الواحدة إلى ٥٠٠ كيلو متر، وقد تستمر لعدة أيام إلى أسبوعين متتاليين. ويصاحبها تكوُّن كل من السحب الطباقية والركامية إلى ارتفاع ١٥ كيلو متراً ويتحرك الإعصار في خطوط مستقيمة أو منحنية فيسبب دماراً هائلاً على اليابسة بسبب سرعته الكبيرة الخاطفة، ومصاحبته بالأمطار الغزيرة والفيضانات والسيول، بالإضافة إلى ظاهرتي البرق والرعد، كما قد يتسبب الإعصار في ارتفاع أمواج الإبحار ويدمر القرى والمدن.

العواصف الثلجية

العاصفة الثلجية تحدث عند تساقط الثلوج مع رياح بسرعة أعلى من ٣٢ ميل/ساعة أو ٥١.٥٠ كلم/ساعة مع حجب كامل للرؤية وقد ينتج عنها خسائر بشرية ومادية معتبرة.

الزوابع

الزوبعة تحدث في منطقة ضغط جوي منخفض مع رياح حلزونية تدور عكس عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وباتجاه عقارب الساعة في النصف الجنوبي.

الحرائق

ويمكن وصفها بأنها من أخطر المشاكل التي تواجهها البيئة بلا منازع، ويكون السبب الرئيسى فيها هو المناخ الجاف، وقد تستمر هذه الحرائق لأشهر ليست لأيام فقط وينجم عنها العديد من المخاطر وخاصة لانبعاث غاز أول أكسيد الكربون السام. وهناك عاملان أساسيان في نشوب مثل هذه الحرائق عوامل طبيعية لادخل للإنسان فيها، وعوامل بشرية يكون الإنسان هوأساسها: