جامعة : جنوب الوادي
كلية : التربية بالبحر الأحمر

الجيولوجيا الطبيعية
PHYSICAL GEOLOGY
(أساسيات علم الجيولوجيا)
الفرقة الثانية
جيولوجيا ٢

أعداد

الدكتور
أحمد وهب الله محمد

الجيولوجيا الديناميكيـــة

Dynamic Geology

من الأقوال المألوفة أن شيئا ما صلب كالصخور وهذا تعبير يفيد أن هذا الشـــئ مـــن الصـــلابة بحيث يقاوم أية محاولة لتفتيته ومن النظرة والخبرة الجيولوجية نجد أن هذا القول يجانبه الصـــواب أو غير صحيح وذلك لأن الصخور والجبال وكل شئ علي سطح الأرض أبعد ما يكون عن الثبات وعدم التغير بل أكثر من ذلك فأن أهم ما يميز الأشياء هو ذاته وقد قيل أن لا ثابت علي ســـطح الأرض إلا التغير ولا بتصور الجيولوجي إلا أن أكثر الصخور صلابة تتحول بفعل عوامل معينة إلي قطع صغيرة وأتربة ناعمة إذا ما أعطيت الوقت الكافي لذلك .. فقد نحت نهر النيل أطنانا لا تحصي من الصـــخور وحملها في شكل طمي فحسب ونثرة عاما بعد عام علي الأراضي المبتعدة في اودية بمصر والسودان وعلي جزء من قاع البحر الأبيض المتوسط وكذلك نجد تماثيل الفراعنة من الصخور الصلبة وقد تفتت أجزاء منها وطمست نقوشها وذلك لأنها قد تعرضت لفعل الغلاف الهوائي والحرارة والبرودة بالرمال المحمولة بواسطة الرياح لعدد قليل من ألاف السنين .

فهل نستطيع أن نتخيل ماذا سيبقي من هذه المقابر والتماثيل إذا ما تعرضت لهذه العوامل لفترة من الزمن الجيولوجي الذي يحسب عادة بألاف ملايين السنين ؟

والإجابة علي هذا السؤال تعتمد علي أصل وسبب هذه العوامل ..... هل هي خارجية تـــزاول نشاطها وتحدث تأثيرها علي سطح الأرض أو داخليه من باطنها وكذلك علي مصدر الطاقة المســـئولة عن نشاط هذه العوامل..... وقد يظن لأول وهلة أن سطح الأرض بما عليه من تضـــاريس ثابـــت لا يتغير بمرور الزمن وذلك لأن تأثير العوامل المختلفة لا يمكن أن يلاحظ بسهولة في وقت محدود ولكن بتوالي السنين ومرور الأزمنة يصبح تأثير هذه العوامل كبيراً وواضحا فمثلا إذا عرف أن نهر النيـــل يرسب سنويا ماسمكه مترا واحد من الغرين في وادي النيل أو الدلتا فأن هذا الأثر لا يكاد يظهر فـــي وقت قصير ولكن التربة الزراعية المصرية يبلغ سمكها حوالي عشرة أمتار في المتوســـط .. ولـــذلك نلاحظ أن قبل هذا السمك قد أحتاج إلي عشرة ألاف من السنين ليتكون ..... وهـــذا الـــدليل يظهـــر بوضوح أهمية في أظهار أثر العوامل المختلفة. وكذلك الرياح فأنها تحمل الرمال وتوجهها في أمـــاكن أخري قد لا يلاحظ تأثيرها إلا بتوالي السنين فنجدها حيث تغطي أشياء كانت ظاهرة وتـــارة أخـــري تتراكم هذه الرمال علي هيئة كثبان رملية وهكذا يتغير الشكل الخارجي لسطح الأرض بفعل العوامـــل المختلفة علي مر السنين والأزمان .

وتشترك الزلازل والبراكين مع هذه العوامل فتسبب خسف القشرة الأرضية في بعض الأماكن وارتفاعها في أماكن أخري .. وإضافة كميات من الحمم والطفوح البركانية .

من هذا يتضح جليا أن الثبات علي سطح الأرض كما سبق وأوضحنا ظاهري فقط والواقع ان شكل هذا السطح في تغيير مستمر بفعل العوامل الطبيعية المختلفة التي تقسم إلي نوعين أساسيين كما يلي :

١ - عوامل خارجية : (Exogenous Prcesses)

وهذه هي العوامل التي خلالها يؤثر الغلاف الهوائي والغلاف المائي في الغلاف الصخري ....ز. ومن أمثلة هذه العوامل نذكر : تغير درجة الحرارة والرياح والأمطار وما ينتج عنها من سيول وأنهار وكذلك تأثيرات البحار والمحيطات والثلاجات وأنواع الحياة من حيوان ونبات .

٢ - عوامل داخلية : (Endogenous Processes)

وهذه هي العوامل التي منشؤها الحرارة الكامنة والضغوط المختلفة وما ينتج عنها من حركات أرضيه وزلازل وبراكين وحركات بانية للقارات وحركات هادمه لها وتراكيب جيولوجية مختلفة وأنشطة نارية وبركانية.

العوامل الداخليـــة (Endogenous processes)

العوامل الداخليـــة التي تؤثر في سطح الكرة الأرضية تستمد الطاقة اللازمـــة لنشـــاطها مـــن الحرارة الكاملة التي يعزى وجودها في باطن الأرض إلي ما تبقي من الطاقة الشمسية منذ انفصـــال الأرض عن الشمس أو نتيجة لانكماش الأرض بمضي الزمن او إلي نوع من التغيـــرات الكيميائيـــة الإشعاعية التي تحدث في جوف الأرض وتزيد درجة الحرارة مع العمق كما سبق وأوضحنا حتـــي تصل إلي عدة ألاف من الدرجات فيما تحت القشرة الأرضية حيث توجد كتلـــة المـــواد المنصـــهرة المعروفة باسم الماجما والتي تعمل دائما علي صهر ما فوقها من صخور لولا أنها واقعة تحت ضغط هائل مما يمنع أنصارها ولكن بمجرد حدوث أي تعديل في الضغط الواقع علي اى جزء فـــي بـــاطن الأرض فأن ذلك يؤدي إلي انصهار صخوره .. ونتحدث عن الماجما فتقول .

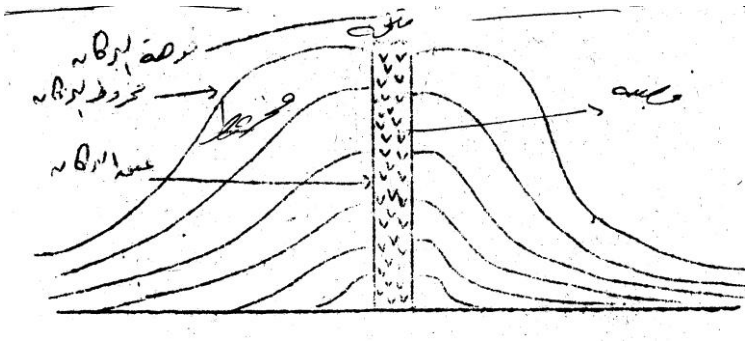
الماجما: (Magma)

وتسمي هذه بالصهير وهي عبارة عن كتلة من المواد المنصهرة توجد علي هيئة سائل لـــزج ذي درجة حرارة عاليه وهي تتكون من أكاسيد مختلفة منها القاعدية ومنها الحامضية وقد تتحد هـــذه الأكاسيد لتكون المعادن المختلفة المعروفة والتي تتكون من سيليكات معقدة التركيـــب وإذا حـــدث أن صعدت الماجما إلي سطح الأرض نتيجة كنشاط مثلا فأنها تعرف في هذه الحالة باسم اللافا .

وقد سبق لنا أن أوضحنا أن هناك حالة عدم استقرار موجودة في بـــاطن الأرض وهـــي فـــي الغالب تكون نتيجة لتغير حالة الاتزان الموجودة في القشرة الأرضية بسبب عوامل التعرية السطحية المختلفة كما سبق أن أوضحنا والتي تؤدي إلي إزالة كميات لاحصر لها من أماكن وتنقلها من أماكن أخري حيث يتم ترسيبها وبالتالي يزيد الوزن في هذا المكان وهذه الحالة من عدم الاتزان . تحـــدث من وقت لأخر فتسبب حدوث بعض الظواهر المعروفة لنا كالبراكين والزلازل والحركات الأرضـــية والتي نتحدث عن كل منها بما يلي :-

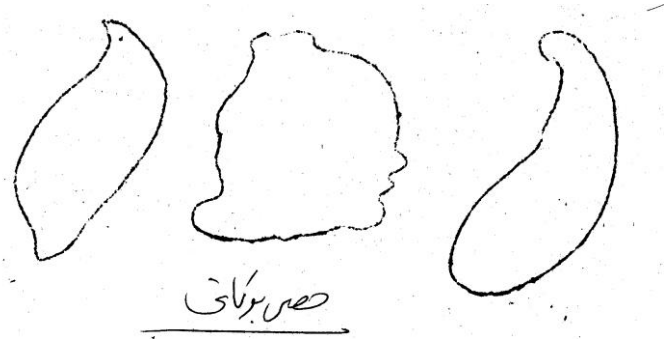
البراكين : (Volcanoes)

البركان عبارة عن مخرج تمر خلاله المواد المنصهرة والغازات المحبوسة من باطن الأرض إلي سطحها وهو يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي الفوهة او الفتحة العليا والقصبة او العتق وهـــي تجويف أسطواني يصل جوف الأرض بالسطح وينتهي عند الفوهة ومنه تمر الماجما او الصهير أثناء صعودها إلي سطح الأرض ويعد انتهاء ثوران البركان تتجمد الماجما في هذه الفتحة أو العتق مكونة اسطوانة من الصخور النارية السوداء التي قد تتعري بالعوامل المختلفة وتظهر بارزة فـــي الهـــواء والجزء الثالث من البركان هو المخروط الذي يتكون منه جسم البركان ويتكون في الغالب من المواد المنصهرة والرماد البركاني بعد تراكهما حول الفتحة كما هو واضح من الشكل التالي :



واحيانا نجد الماجما طريقا لها خلال الشقوق أو الفوالق فتصعد إلي السطح ولكن البراكين تختلف عن ذلك ويكون صعود الماجما فيها مصحوبا بانفجار شديد يكون به الغازات المحبوسة في باطن الأرض فتندفع عندما يخف الضغط عليها وتحطم كل ما في طريقها أي كل ما فى عتق البركان من مواد متجمدة وتقذفها إلي مسافات كبيرة .

وهناك براكين تكون ثائرة بصفة مستمرة ومنها ما يثور علي فترات متقطعة وفي أثناء التوازن البركاني يقذف البركان مقذوفات كبيرة تسمي بالقنابل البركانية Volcanic bombs وهي تكون في الغالب بيضاوية الشكل ويوضح الشكل التالي بعض أشكال القنابل البركانية Valcanic bombs



وقد تكون المقذوفات علي هيئة حصي بركاني صغير وقد تزيد في الحجم قليلاً حتي يصل قطرها إلي حوالي ٤ سم وتسمي في هذه الحالة لابللاي وهناك أيضاً أدق أنواع المقذوفات حجمها وهو الرماد او التراب البركاني الذي يحمل بالرياح لمسافات بعيدة قبل ترسبة .

وهناك أيضاً ما يقذفه البركان من مواد سائلة تعرف بالحجم وهي كتلة المواد المنصهرة وهي ترتفع في قصبه البركان بسرعة كبيرة نسبياً ثم تخرج إلي السطح وتنتشر علي جوانب البركان حيث تقل سرعتها تدريجياً حتي تقف نهائياً .. وتختلف درجة سيولة الحمم باختلاف تركيبها الكيميائي فهناك الحمم القاعدية التي تكون أكثر سيولة عن الحجم الحامضية لان تلك الأخيرة تكون غنية بثاني أكسيد السيليكون الذي يتصلب بسرعة عند ملامسته للهواء وأهم مكونات الحمم القاعدية هو صخر البازلت ولهذا نجد أنه أكثر الصخور البركانية انتشارا علي سطح الأرض ومن أمثلة بازلت أبي زعبل والبازلت الموجودة بجبل أبي رواش وهذا يدل علي حدوث نشاط بركاني في هذين المكانين في وقت

من الأوقات وعند خروج الحمم أو اللافا من فوهة البركان تكون درجة حرارتها في حدود ١٠٠٠ درجة مئوية تقريباً وعندما تنتشر هذه اللافا تبرد أجزاؤها الملامسة للهواء وأسطح المخروط البركاني أسرع من أجزائها الداخلية .. ونتيجة لذلك تكون أجزاء اللافا الخارجية دقيقة التبلور أو زجاجية بينما تكون الأجزاء الداخلية خشنة التبلور ويكون سطح اللافا أما أملسا أو متعرجا وقد تتراكم اللافا أيضا علي هيئة وسادات ..... وخاصة إذا خرجت تحت سطح البحر وعند برود اللافا تتمدد الغازات وتخرج تاركة بها فتحات وتسمي باللافاذات الفتحات Vascular وقد تمتلئ هذه الفتحات بمعادن أخري فتسمي باللافا الميجدالية ..... بالإضافة إلي ما يخرج من البركان من مواد صلبة وسائلة فهناك الأبخرة والغازات التي تنبعث من البراكين في بدء ثورانها أو فى وقت سكونها ومن أمثلتها بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأبخرة أحماض يد كل وبعد ٢ كب أ ٤ وتتراوح حرارة هذه الغازات والأبخرة بين ١٠٠ ، ٥٠٠٠ درجة مئوية وقد يكون لها تأثير مهلك علي ما حولها من مدن عندما تهبط عليها في صورة سحب أو ضباب .

وهناك بعض الظواهر البركانية نذكر منها ما يلي:

البراكين الطينية التي هي عبارة عن رواسب طينية تنبعث من باطن الأرض في المناطق البركانية ويكون مصحوبة بغازات كربونية وهيدرو كربونية .

ومن هذه الظواهر ما يعرف بالمداخن وهي شقوق أو فتحات في الصخور تخرج منها الغازات المختلفة في درجة حرارة عاليه وتكون محملة بالمعادن كالحديد والنحاس والكبريت ومن أمثلتها ما يعرف **بالبراكين الكبريتة**.

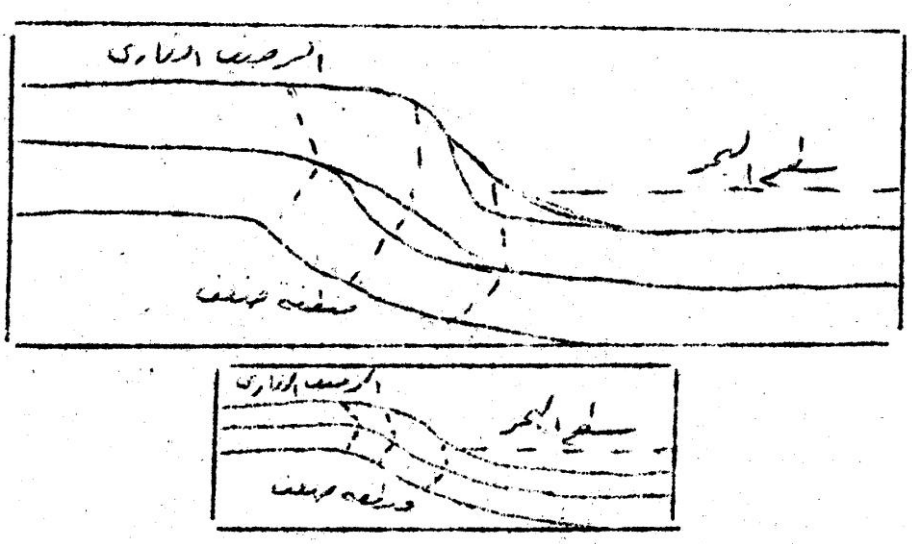
وهناك أيضا الينابيع الحارة التي تكثر في الأماكن البركانية حيث تختلط الغازات الساخنة وما بصحبها من مواد مع المياه الأرضية التي توجد في مستوى أعلي .

ونجد أيضا الينابيع المتفجرة وهي عبارة عن أعمدة من الماء الساخن تقذف من باطن الأرض في فترات منتظمة وترسب الينابيع الحارة أو الينابيع الفوارة رواسب جيرية تعرف باسم توافرتين أو السنتر السيليس الذي يعرف أيضا باسم جيزبرايت (Gyserite).

ومن الجدير بالذكر أن الأرض غير مستقرة وقد دلت الأبحاث أن القشرة الأرضية غير ثابتة وغير هادئة وأنه تحدث بها حركات مختلفة يظهر أثرها علي مر السنين من أمثلة ذلك ارتفاع أجزاء من القارات بمقادير مختلفة تتراوح بين أقدام قليلة ومئات الأقدام كما تلاحظ في الشواطئ المرتفعة علي سواحل البحر الأحمر .. وقد وجد أن من أهم أسباب هذه الحركات الأرضية انكماش الأرض وتجمد طبقاتها نتيجة لذلك مما يعرضها إلي جهد كبير تتخلص منه الأرض بالحركات المختلفة .

وحيث أن الأرض تعتبر جسما في حالة انكماش مستمر نجد أن صخورها وطبقاتها تكون في حالة حركة دائمة جدا إلي داخلها أي نحو مركز الأرض وعلي هذا الأساس وجد بالتجربة أن صخور فيعان البحار والمحيطات تتحرك بسرعة نحو مركز الأرض أكبر من السرعة التي تتحرك بها

صخور القارات .. نتيجة لهذا الاختلاف في الحركة تحدث الاضطرابات والاهتزازات المختلفة فـــي المناطق التي تعمل بين المحيطات والقارات كما يتضح من الشكل التالي : -



فهذه المناطق تعتبر مناطق ضعيفة تنثني عندها طبقات القشرة الأرضية وتنكســـر وتحـــدث الفوالـــق والشقوق مما يعطي الفرصة للمواد الجوفية المنصهرة الواقعة تحت ضغوط كبيرة للخروج عن طريق هذه الشقوق والكسور إلي حيث الضغط أقل وتصعدا إلي السطح علي هيئة طفوح بركانيـــة.

الزلازل Earthquakes

هذه عبارة عن هزات أرضية سريعة ومتلاحقة وهي تنتاب القشرة الأرضية في فترات متقطعة نتيجة للحركات الأرضية المختلفة..... وقد تكون شديدة وقد تكون ضعيفة لا يحس بهـــا الإنســـان وأنما فقط تسجلها آلات الرصد الدقيقة وهي قليلة الأهمية من حيث عملها الجيولـــوجي إذا أن أثرهـــا علي سطح القشرة الأرضية يتعدي حدوث بعض الفوالق أو الانهيارات الصخرية او نضرب مـــوارد المياه تحت السطحية ولكن أثرها بالنسبة للإنسان هو الدمار والهلاك وهي تكون عبارة عن مجموعة من الهزات قد يصحبها صوت كصوت الرعد وتتوالي هذه الهزات الواحدة تلو الأخري وتتناقص في قوتها قبل أن يعود سطح الأرض إلي حالته الطبيعية ولا يشعر الإنسان دائما بكل الهزات الأرضـــية الناتجة عن الزلازل وإنما يشعر ببعضها ثم تضعف قوتها فلا يحس بها إلي آلات الرصد والتســـجيل وقد تكون الاهتزازات التي تحدثها الزلازل في القشرة الأرضية أما رأسية من أسفل إلي اعلي ويكون نتيجتها قذف الصخور والمنازل في الهواء .. أو أفقيه وهي النوع السائد ينتج عنه هدم كل ما يكـــون علي سطح الأرض بحيث يكون سقوطها في اتجاه سير الزلازل وقد تكون الهزات دائرية ولكنها نوع نادر الحدوث .

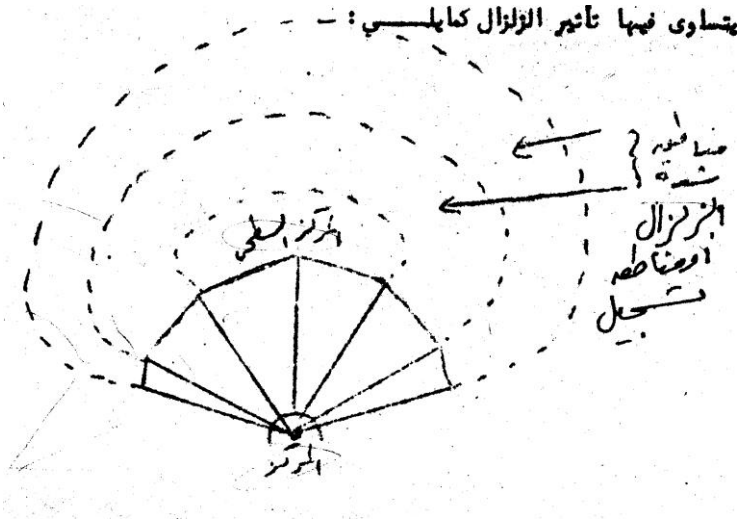
وتحدث الزلازل نتيجة لأسباب مختلفة تتفاوت في أهميتها من الأسباب القليلة الأهمية التي قـــد تتسبب في حدوث الزلازل و الأنزلاقات الأرضية أو انهيار أسقف الكهوف فـــي طبقـــات الصـــخور الجيرية.

حدوث الهزات الأرضية أساسا لأحد سببين :

أما إلي البراكين التي قد يصحب ثوراتها اهتزازات في الأرض تؤثر علي المناطق المحيطة وذلك نتيجة لحركة المواد المنصهرة والغازات المحبوسة وأثناء خروجها إلي السطح .. أو إلي انقلاب طبقات القشرة الأ رضية في المناطق التي تتعرض للتقلصات والضغوط الكبيـــرة أي حيـــث تكـــون القشرة الأرضية مجمدة أو مثبتة كما هو الحال في مناطق سلاسل الجبال فتنثني الصخور حتي تصل إلي منتهي حد مرونتها ثم فتكسر علي هيئة فوالق وتبدأ الهزات الأرضية بمجرد حدوث الأنفلاق أنه تنطلق الطاقة علي هيئة مختلفة يتكون منها الزلازل .

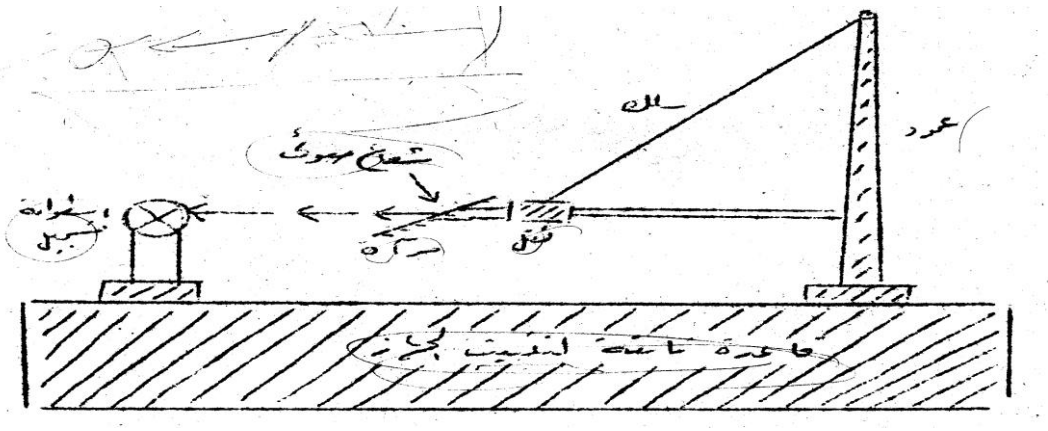
وتختلف الزلازل في شدتها من هزات خفيفة جدا غير ملموسة إلي هزات عنيفة وقوية تـــؤدي إلي الدمار والخراب .. وتقدر هذه الزلازل بمقدار تأثيرها علي الأنسان وكل ما هو موجـــود علـــي سطح الأرض وقد أتفق علي قياس اختياري لذلك مقسم إلي عشر درجات ففي الدرجة الأولي مثلا لا يشعر الناس بالزلازل وفي الدرجات التالية يبدأ تأثر الإنسان ثم الباقي بالتدريج حتي تصل إلي الدرجة الثامنة فتبدأ المباني في التشقق وتكون الدرجة العاشرة هي أقصي الدرجات في شدة الزلازل حيث يعم الدمار.

والمناطق التي تتأثر بالزلازل تختلف من حيث مدي تأثرها بشدة الزلازل ولذلك تقسم المنطقة المتأثرة إلي عدة مناطق وترتب المواقع التي تتساوى فيها شدة الزلازل علي أساس المقياس المذكور أنفا..... فكل مجموعة من المناطق تتساوى فيها شدة الزلازل يفصلها عن الأخرى خط يسمي خـــط تساوى شدة الزلازل ..... وقد أمكن رسم خريطة تبين المناطق التي يتساوى فيها تأثير الزلازل كما يلي:-



يبلغ تأثير الزلازل أشدة في منطقة معينة علي سطح الأرض تسمي المركز السطحي للزلازل وهـــذه تقابل تماما مركز الزلازل في جوف الأرض وقد ظهر أن هذا المركز لا يكون نقطة بل يكون عبارة عن خط فالق مثلا ويكون متوسط عمق هذا المركز من سطح الأرض في الهزات العادية ٢٠ مـــيلا تقريباً .

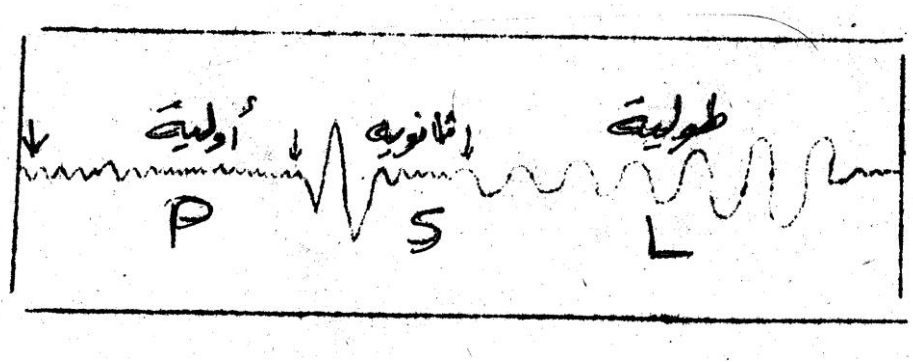
ولدراسة الزلازل تستخدم جهاز رصد الزلازل حيث أنه عندما يحدث الزلازل نتيجة لأي سبب من الأسباب ستنطلق من مركزة طاقة ترسل ذبذبات قوية فى الصخور تنتج عنها تموجات مختلفة في عدة اتجاهات..... وتسجل الموجات التي تصل إلي مراكز رصد الزلازل بواسطة جهـــاز رصـــد الزلازل السالف الذكر والمبين في الشكل التالي :



وهو يتكون من ثقل أو جسم ثقيل مثبت علي عمود أفقي ومشدود بسلك إلي قائم وبفصل العمود الأفقي عن القائم العمودي مفصلة سريعة الحركة بينما يثبت في الناحية الأخري من الثقل مرآة تعكس شعاعا من الضوء علي أسطوانة التسجيل التي تكون عبارة عن ورق حساس كأفلام التصوير وهذا الجهاز تجري عليه أبحاث كثيرة ومستمرة لتطويره ولزيادة تعقيده حتي يستطيع تسجيل أقل الهزات من حيث الشدة.

وقد بينت فكرة هذا الجهاز علي أن أي ثقل مدلي في حبل عمودي طويل كما يتدلي بندول الساعة يظل ساكنا بحكم قصوره الذاتي حتي لو اهتزت الذي من تحته..... وعلي هذا الأساس فعند اهتزاز القاعدة المركب عليها الجهاز تهتز فقط أسطوانة التسجيل بينما يظل الثقل بما يحمل من مرآة ساكنا وعندئذ يرسم شعاع الضوء المنعكس علي المرآة خطأ متعرجا متحركا علي أسطوانة التسجيل نتيجة لاهتزازها ويسمي هذا الخط المتعرج بسجل الزلزال .

وعادة تكون أسطوانة التسجيل مصممة بحث تدور ببطء دوران آليا وتكون كذلك مقسمة إلي أيام وساعات ودقائق وثوان حتي يمكن معرفة وقت حدوث الزلزال..... وتحتوى محطة التسجيل عادة علي ٣ وحدات اثنتان للتسجيل الأفقي وواحدة للتسجيل الرأسي ويتكون سجل الزلازل الخاص بكل زلزال من ثلاثة أقسام .



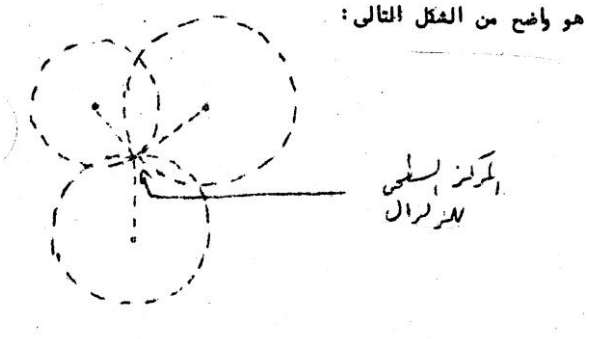
القسم الأول هو عبارة عن **الموجات الأولية** وهي موجات طولية وأسرع الموجات وأدلها في الوصول إلي آلات رصد الزلازل وتتراوح سرعتها بين ٥.٥ إلي ١٣.٨ كم/ثانية .

والقسم الثاني وهو يشمل **الموجات الثانوية** وهي موجات مستعرضة تنبعث من ذبذبة الحبيبات الصخرية في اتجاه عمودي علي اتجاه انتشار الموجات الأولية..... وهذه الموجات ابطأ من الأولي وتتراوح سرعتها بين ٣.٢ إلي ٧.٣ كم/ثانية.

اما القسم الثالث فهو عبارة عن **الموجات الطويلة** (Long waves) وهي موجات مستعرضة طويلة المدى وتنتشر من المراكز السطحي للزلازل وهي ابطأ الأنواع الثلاثة لا تتعدي سرعتها ٤.٤ كم/ثانية . وتنتشر الموجات **الأولية والثانوية** داخل القشرة الأرضية في مسار دائري

تقريباً أما **الموجات الطويلة** فأنها تسير علي سطح الأرض ولهذا تصل أخر الموجات ولكنها تتسبب في معظم الدمار والخراب.

وقد أمكن حساب بعد المركز السطحي للزلزال عن محطة الرصد وهو يشير بطبيعة الحال الى مركز الزلزال في جوف الأرض وذلك بمعرفة الفرق الزمني بين موعد وصول كل نوع من الموجات وسرعة هذه الموجات ولضبط عملية تحديد المركز السطحي للزلزال ترسم ثلاث دوائر بحيث يمثل نصف قطر كل منها المسافة بين المركز السطحي للزلزال وكل من محطات الرصد ولتكون ثلاث محاطات وحيث تتقاطع الدوائر يكون المركز السطحي للزلزال كما هو واضح من الشكل التالي .



وقد وجد أن سرعة سير الموجات في الأنواع المختلفة من الصخور تختلف حسب نوع الصخر..... ويستفاد الأن من هذه الخاصية في التنقيب عن الخامات المعدنية والبترول وذلك بتفجير الديناميت من حفر في المناطق المطلوبة دراسة ما تحت سطح الأرض من صخور وتراكيب وبالتالي لمعرفة احتمال وجود المعادن أو البترول بها وتنطلق أنواع الموجات الثلاثة نتيجة للتفجير ولكن وجد أن الموجات الأولية الطولية هي الموجات النافعة في عملية التنقيب لأنها تسير بسرعة ثابتة في كل نوع من الصخور وتزداد هذه السرعة عندما تمر في المواد الكبيرة الكثافة فتصل إلي أقصي سرعتها عندما تمر في الصخور النارية بصفة عامة بينما تقل السرعة في المواد الأقل كثافة كالصخور الرسوبية..... ولكل صخر قيمته من حيث السرعة وهكذا يمكن معرفة نوع الصخور التي تحت سطح الأرض ولكن الذي يكمل الصورة تحت السطح هو الانعكاسات او الانكسارات لموجات الزلازل أثناء اختراقها لطبقات القشرة لأنها بذلك تحدد الأسطح الفاصلة بين الطبقات المختلفة و تعطى فكرة واضحة عن التراكيب الجيولوجية الموجودة بالمنطقة ما يساعد في عملية التنقيب وقد ساعدت دراسة الزلازل في معرفة معظم العمليات التي تجمعت لدينا عن طبيعة جرف الأرض .

تحركات الأرض Earth Movements

وهذه تعتبر من أهم الظواهر التي تدل علي عدم استقرار القشرة الأرضية..... ومن التحركات الأرضية ما هو سريع ومفاجئ مثل التحركات التي تنتج عن الإزاحات الرأسية أو الأفقية للزلازل ولكن معظم هذه التحركات الأرضية بطئ لا يشعر به الإنسان وإنما تدل علي الشواهد المختلفة .. وتنقسم هذه التحركات البطيئة علي نوعين أساسيتين :

١ – **تحركات رأسية أو عمودية** إلي أعلي أو إلي أسفل أي ترتفع الأرض أو تنخفض بعدها عن المنسوب الأساسي الذي يكون في الغالب منسوب سطح البحر ولذلك فالمناطق الشاطئية تعتبر أفضل المناطق في الاستدلال علي حدوث ارتفاع أو انخفاض في سطح الأرض بالنسبة لسطح البحر ويعرف هذا النوع من **التحركات بالتحركات البانية للقارات** (Epeirogenic Movements)

٢ – **تحركات أفقية** ينتج عنها ثني الصخور وهي التحركات المسئولة عن بناء سلاسل الجبال المعروفة وتسمي **بالتحركات البانية للجبال** (Organic Movements)

ونتحدث فيما يلي بالتفصيل عن كل من هذه التحركات:

– **التحركات البانية للقارات : (Epeirogenic Movements)**

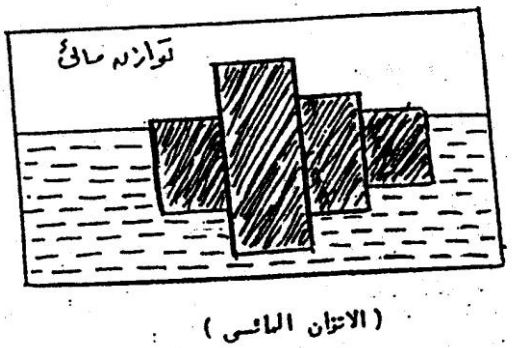
وهي تحركات عمودية بطيئة جدا يكون من نتائجها تقدم البحر أو انحساره عن القارات ويساعد علي ارتفاع الأرض أو هبوطها قابليتها للحركة .....وهذا النوع من التحركات الأرضية هو الذي ينشأ عنه تغير وضع المحيطات بالقارات في الأزمنة الجيولوجية ومثال ذلك الصحاري المصرية العديدة التي كانت مغطاة بمياه البحر لمسافات متباينة في الأزمنة الجيولوجية الماضية نتيجة لتقدم البحر القديم علي الأرض المصرية وانحساره عنها عدة مرات .

ومن الأدلة علي ارتفاع سطح الأرض عن منسوب البحر لهذه التحركات الرأسية وجود ما يعرف بالشواطئ المرتفعة مثل تلك الموجودة علي سواحل البحر الأحمر وهي مكونة أساسا من الشعاب المرجانية ربها بقايا كثيرة من أنواع الحياة الحديثة في البحر الأحمر .. ويقدر ارتفاع هذه الشواطئ عن منسوب البحر الحالي بحوالي ٣٠ – ٥٠ مترا

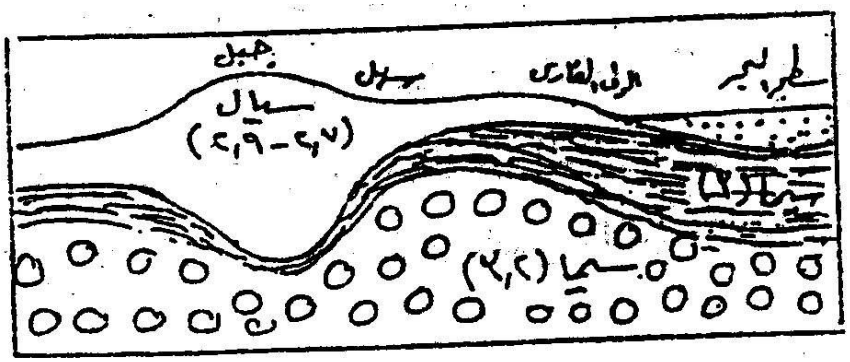
ومن الأدلة علي هبوط الأرض بالنسبة لسطح البحر غرق كثير من قري بحيرة البرلس بشمال الأراضي المصرية وكذلك غرق بحيرة فاروس بالقرب من الإسكندرية والتي شيد عليها الرومان أول فنار في عصر الفراعنة .

ومن هذه الأدلة أيضاً بقايا المعبد الروماني علي ساحل سيناء قبل مدينة العريش وبالقرب من بحيرة البردويل ويوجد الأن مغمورا بمياه البحر وكذلك هبوط منطقة الآثار الرومانية بالشاطئ بالإسكندرية حيث تغمر المياه الأن الحجرات السفلي بالمدافن الرومانية مما يدل علي هبوط الأرض هبوطا بسيطا ويستمرا عن منسوب سطح البحر .

ولكي تستطيع أن تفهم جيدا أسباب هذه التحركات البانية للقارات نعيد ذكر شئ ولو مبسطا عن تركيب الأرض وحالة التوازن الموجودة عليها صخورها المختلفة والمعرفة باسم التوازن الأستاتيكي وهي حالة التوازن بين القارات بما عليها من ارتفاعات مختلفة من جهة وبين ما يقع تحتها من صخور كما سبق وأوضحنا ونتج عن هذه المعلومات أن أعتقد الجيولوجيون ولاحظوا أن السيال تضغط دائما علي السيما الأمر الذي أصبحت معه السيما صلبة أو لزجة إلي حد ما وعلي هذا الأساس نجد أن القارات وما عليها من جبال من السيال تطفو علي سطح السيما الثقيل كما تطفو جبال الثلج علي ماء البحر ولتضح الصورة أكثر نضع كتلا من الخشب ذات ارتفاعات مختلفة ونتركها تطفو في حوض به ماء .. وسوف نلاحظ ان هذه الكتل تطفو فوق سطح الماء بارتفاعات تتناسب مع أطوالها المختلفة ويقال عنها أنها في حالة أتزان مائي : كلما هو واضح من الشكل:

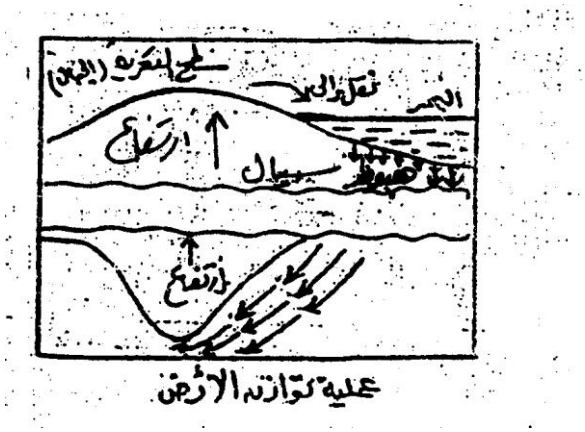


وكذلك الحال في القارات فهي كما سبق أن قلنا تتكون من قشرة جرانيتية ثابتة ولكنها تختلف في سمكها من مكان لأخر علي حسب وجودها علي هيئة جبال أو هضاب أو سهول ذات ارتفاعات مختلفة ..... وقد لوحظ أن هناك تجاوب دائم بين مستوى سطح السيما ووزن الجبال الطافي عليها فكل نقص في أحدهما لابد أن يعوض بزيادة في الأخر وبالعكس ونستطيع تشبيه هذه الحالة بسفينة فوق الماء يرتفع قاعها عندما يخف حملتها وبغوص في الماء عندما يزداد حملها..... ويوضح الشكل التالي العلاقة بين الظواهر السطحية والتوزيع المحتمل للسيال والسيما:



وتبرز القارات فوق سطح الماء حيث ثقل الجاذبية بسبب تكون هذه القارات من مواد السيال الخفيفة وهي علي ذلك تعتبر كأنها أماكن موجبه ترتفع إلي أعلي بينما تتكون قيعان البحار والمحيطات من مواد السيما الثقيلة الأمر الذي خسفت بسببه القشرة الأ رضية فهوت في شكل منخفضات فهي علي ذلك أماكن سالبة..... أما الجبال فقد ارتفعت بدورها فوق القارات حيث تجمعت تحتها صخور السيال الخفيفة وغارت إلي أسفل بين صخور السيما الثقيلة إلي أعماق تفوق كثيرا ارتفاعات الجبال نفسها وتلك هي الجذور كما هو واضح من الشكل السابق ويتناسب غور هذه الجذور تحت سطح الأرض طرديا مع ارتفاعات الجبال فوقها فكلما أستطال الجبل أرتفاعا في الهواء كلما غاص جذره في باطن الأرض واستخدام الموجات السيزمية وجد أن طول الجذر يفوق ارتفاع الجبل حوالي أربعة مرات ونصف مرة..... وعلي ذلك نجد أن الجبال بارتفاعها الشاهق وبجذورها العميقة تشبه الأوتاد التي تثبت سيال القارات في سيما الأرض..... وقد وجد أن من بين جذور الجبال ما يغوص إلي عمق ٤٠ كم بينما يقل سمك صخور السيال إلي حوالي ١٠ كم تحت السهول في حين تقل كثيرا أو تنعدم صخور السيال تحت قيعان المحيطات والبحار حيث تحل محلها صخور السيما الثقيلة وبذلك تحتفظ القشرة بالأرضية بالتعادل بين مرتفعاتها ومنخفضاتها فيما يسمي **بالاتزان الأستاتيكي للأرض** (Isostasy) وهي حالة التوازن الكائن بين الكتل الصخرية من القشرة الأرضية التي ترتفع إلي مستويات مختلفة فوق سطح الأرض في شكل سلاسل جبال شاهقة وهضاب متسعة وسهول شاسعة..... ومن هذا يتضح أن عوامل التعرية المختلفة التي تحاول أن تهدم كل المرتفعات التي علي أسطح القارات ترسب كل الرواسب بكمياتها الضخمة في منطقة الرف القاري وفي قيعان البحار..... وتؤثر كل هذه الأثقال من الرواسب التي تقدر بملايين الأطنان سنوياً علي القاع المكون من السيما الشبة سائلة فيهبط القاع بالتدريج وتعمل عليه أزاحه للسيما نحو المكان الذي خف الحمل الذي كان عليها من صخور السيال نتيجة لتأكلها فيرتفع هذا المكان ثانية ليعادل الهبوط الذي حدث وتسمي هذه العملية بعملية أعادة التوازن الأستاتيكي ولذلك نجد أن المناطق التي تصب فيها انهار كبيرة هي مناطق هبوط ويكون من جراء ارتفاع جزء من الأرض أو انخفاضه أجهاد في الصخور المكونة له.

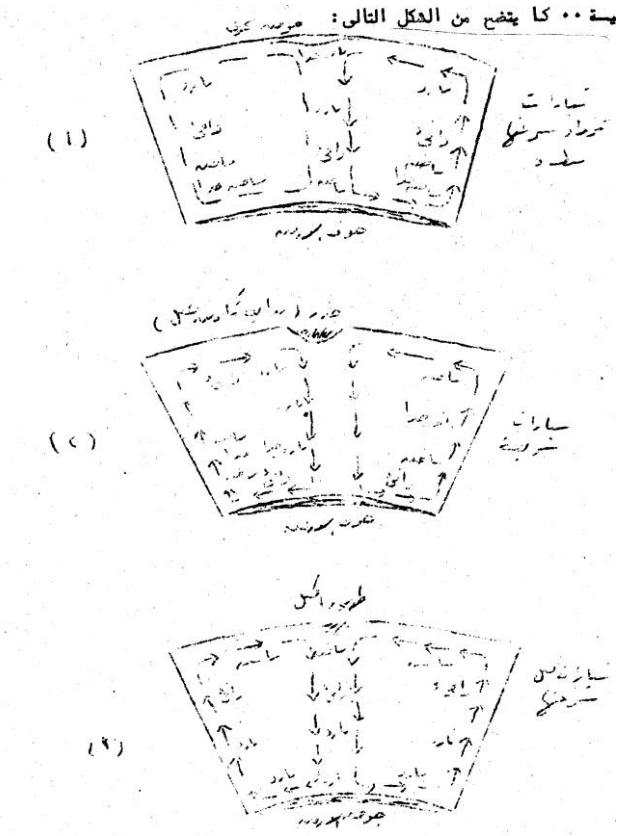
ينتهي بحدوث فوالق الشد وهي الفوالق العادية كما ان كثير من الأنواع الأخرى من الفوالق يصاحب التحركات البانية للقارات كما هو واضح من الشكل التالي الذي يوضح عملية إعادة توازن الأرض:



٢- التحركات البانية للجبال (Oroganic movements)

وهى تحركات أفقية أو قريبة من الأفقية ويكون من نتائجها ثني الطبقات و أحواض البحار الكبيرة و أهم التحركات البانية للجبال هي الحركة الألبية التي تم حدوثها فى الفترة ما بين أخر الحقب المتوسط إلي الحقب الثالث والحركة الهرسينية التي وقعت في العصر الكربونى و البرمى والحركة الكاليدونية التي تم حدوثها بين أخر العصر السيلورى والعصر الديفوني.

وهناك عدة نظريات لتفسير أسباب هذه التحركات منها نظرية الانكماش وهي مبنية علي ان الأرض أخذه في الانكماش ويتم عن ذلك حدوث تقلصات تنتج عنها أحواض البحار وسلاسل الجبال المعروفة..... وهناك نظرية التيارات الناقلة وهي تقول ان تيارات شديدة الحرارة في المواد المنصهرة في بعض المناطق داخل القشرة الأرضية تتحرك إلي أعلي حتى تقرب من السطح وهناك تنتشر وتبرد ثم تهبط إلي القاع و تجذب معها جزءا كبيرا من القشرة الأرضية فتتكون أحواض البحار الكبيرة و على جوانبها تتكون مناطق انثناء جبلية.....كما يتضح من الشكل التالى:



ونجد أيضا ان هناك نظرية تزحزح القارات التي تقول أن كل القارات الموجودة حالياً كانت متحدة في كتلة أرضية كبيرة ثم تزحزحت الأجزاء المختلفة لهذه الكتلة وانفصلت في بداية الحقب المتوسط .
ولكل من هذه النظريات أدلة تؤيدها ولكن هناك أكثر من نقد يمكن أن بوجه لكل منها .

الجيولوجيا التركيبة (Structural Geology)

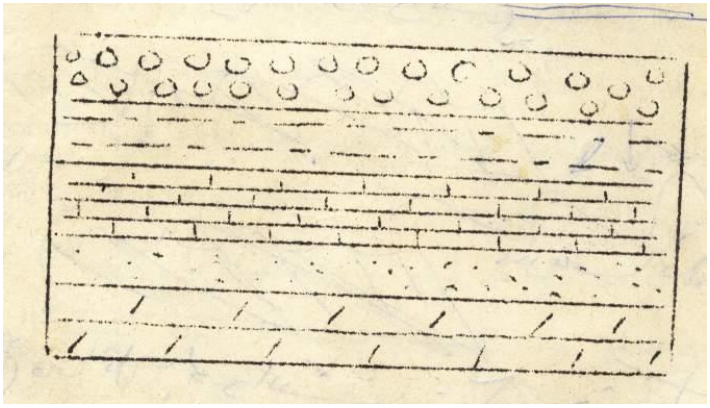
وضمنيا نتحدث هنا عن الشكل البنائي للأرض..... وكيفية وجود الصخور المكونة للقشرة الأرضية فنجد أن الصخور الرسوبية تكون حينا أفقية وحينا أخري تكون مائلة أو منثنية أو مكسورة ..... ونتحدث أيضاً عن حالة الصخور النارية وخصوصا الصخور المتداخلة منها والأشكال المختلفة التي تتكون عليها في القشرة الأرضية .

وفي علم الجيولوجيا غالباً ما تكون في حاجة إلي عمل خرطية جيولوجية لمنطقة ما ويجانب هذه الخريطة يجب علينا أيضا أن ندرس المنطقة من ناحيتها التركيبية وأن نبين التراكيب الجيولوجية المختلفة الظاهرة علي الخريطة فمثلا تبين الثنيات بانواعها بعلامات مميزة ويحدد أتجاه الميل علي الطبقات المختلفة ويرمز للفوالق بخطوط تبين اتجاهاتها واتجاه مرماها .. ويجب علينا أيضاً أن نلم بكافة أنواع الخرائط التركيبة وطريقة قرائتها بحيث يمكننا أعداد تقرير جيولوجي كامل عن المنطقة الممثلة في الخريطة من حيث أنواع الطبقات الموجودة بها وأعمارها وأشكالها والتاريخ الجيولوجي للمنطقة بمعرفة أي الطبقات تكونت قبل الأخري والحالة الموجودة عليها و ما هي العوامل التي أدت إلي ظهورها علي هذه الصورة وعلاقة ما قد يوجد بالمنطقة من انهار أو صخور نارية جوفية من حيث العمر ووقت التكوين ببقية الصخور الرسوبية الموجودة .

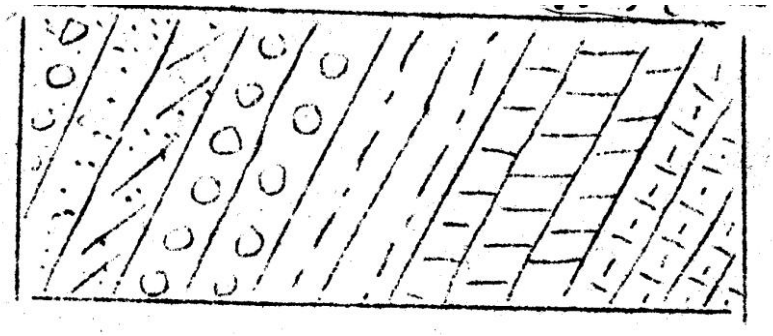
ونتحدث فيما يلي عن كيفية وجود الصخور الرسوبية في القشرة الأرضية ونبدأ ببعض الصفات التركيبة لهذه الصخور:

التطابق: (Bedding)

أهم ما يميز الصخور الرسوبية هو تواجدها في صورة طبقات متتابعة عند تكوينها ويستدل علي هذا التطابق بوجود اختلاف في التركيب والنسيج والصلابة ودرجة التماسك واللون ويعرف المستوى الفاصل بين طبقتين متتابعتين المستوى الطبقي (Bedding Plane) ويختلف سمك الطبقة من عدة أقدام إلي جزء من البوصة وعندما يكون سمك الطبقات رفيعا جداً يطلق عليها صفحيا ..... وفي هذه الحالة يكون التركيب صفحى وذلك نتيجة لترسيب معادن دقيقة صفحيه مثل المايكا.....كما انه قد يكون نتيجة لضغط مصدره وزن الكتلة التي تعلو الطبقات والذي يسبب الوصول ببلورات المعادن و الصفحية الدقيقة إلي وضع يكون عموديا بأعلى أنجاه الضغط..... ويرسب المعادن المكونة للطبقة بهذا النظام ينتج عنه الانشقاق وهي قابلية بعض الصخور الرسوبية للانفصال علي هيئة صفائح موازية لمستويات التطابق و عندما تظهر صفة الأنشقاق فى الصخور الخشنة تكون غالبا نتيجة لوجود طبقات رقيقة من الطفل او معادن المايكا بين طبقات الصخر الرسوبى الخشنة و عندما تكون المستويات فى الطبقة متوازية تقريبا تسمى الظاهرة بظاهرة التطابق المتوافق:



غير أنه فى بعض الأحوال تظهر طبقة بها تطابق ثانوى تميل مستوياته بالنسبة للمستويات الرئيسية للتطابق و يعرف هذا النوع باسم التطابق المائل او التطابق المتقاطع او التيارى (Current bedding or cross bedding)



وهذا النوع يظهر علي هيئة طبقات ذات مستويات تحدها طبقات متوافقة .. ويدل هذا التطابق التياري علي التغيير السريع في اتجاه وشدة مياه الأنهار الحاملة للرسوبيات في جانبي النهر أو الدلتا.

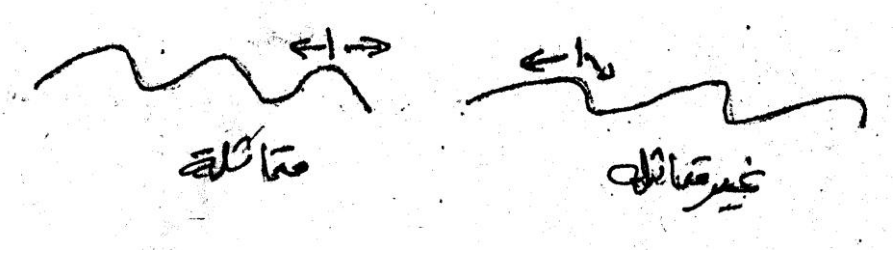
ويمثل تركيب الدلتا تكوين التطابق التياري بوجه عام فنجد أن هناك ثلاث مجموعات من الطبقات وهي العلوية والأمامية والسفلية..... فالطبقات العلوية هي تلك التي ترسبت علي سطح الدلتا المعرض للجو وتميل بنفس مقدار الانحدار الأصلي لهذا السطح أما الطبقات الأمامية فهي تلك التي تبني بفعل التيار العادي في الماء و الطبقات السفلي تتكون من الطفل الذي يكون معلقا في الماء ثم ترسيت علي سطح حوض الترسيب قبل تكوين الطبقات الأمامية .

كذلك نجد أن هناك نوع أخر من التطابق التياري ينتج عن فعل الرياح وهو التطابق التياري الهوائي ويتميز عن المائي بأن التطابق الصفحي المتقاطع يتقوس لدرجة كبيرة عن ذلك الناتج بفعل المياه كما أنه يتميز بعدم الأنتظام بسبب تبادل عمليات الترسيب والتعرية بفعل تيارات الهواء المتغيرة الأتجاة والشدة .

علامة التماوج: (Ripple marks)

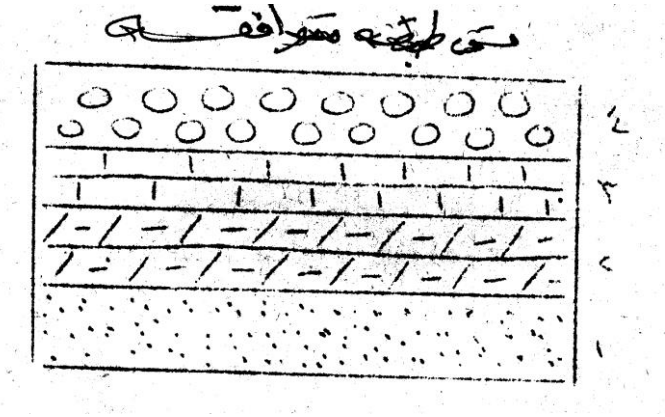
نشاهد غالباً على سطح بعض الصخور كالرمال تموجات منتظمة تعرف باسم علامات التماوج وهذه التموجات توجد علي أسطح الترسيب الحالية للشواطئ نتيجة لفعل التيارات البحرية أثناء عملية

الجزر كما أنها تتكون أيضاً علي 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 مائية أو هوائية بينما تكون متماثلة الجوانب في حالة تكوينها بفعل الأمواج علي الشاطئ كما هو واضح من الشكلين الآتيين .



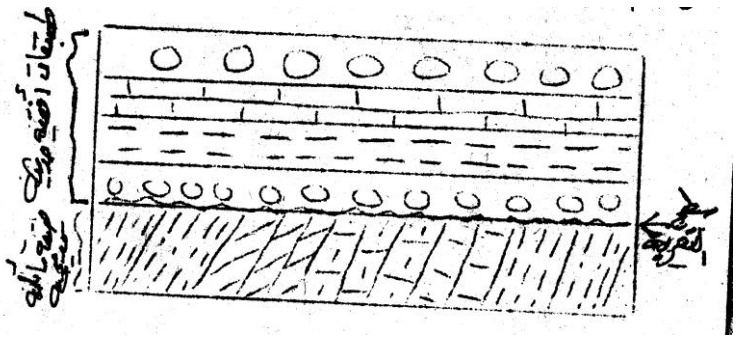
الطبقات المتوافقة والطبقات غير المتوافقة: Conformable and Unconformable strata

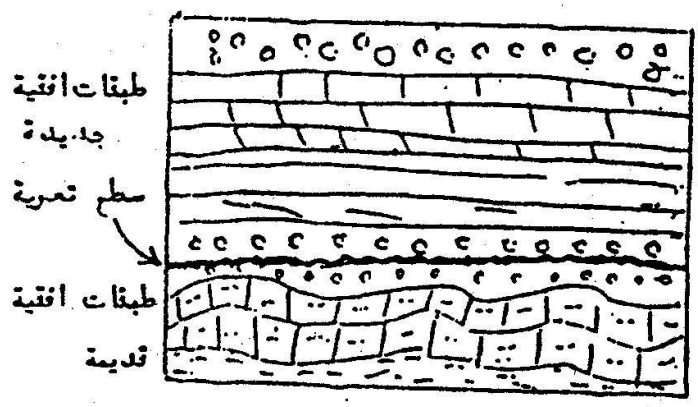
تتكون الرواسب البحرية في بادئ الأمر علي هيئة طبقات متوافقة واحدة فوق الأخرى وذلك في حالة ما إذا تم الترسيب دون ما اضطراب أو توقف كما هو واضح من الشكل التالي:



ولكن تتابع هذه الطبقات لا يكون متوافقا في كل الأحوال..... إذ كثيرا ما تكون مجموعات هذه الطبقات غير متوافقة حتي ولو كانت متوازنة الأسطح وذلك نتيجة لعوامل كثيرة..... ويعتبر عدم التوافق ظاهرة تركيبة بحتة مع أنه بتضمن في الأصل عمليات كثيرة كالترسيب والتعرية بالإضافة إلي تأثير التحركات الأرضية بأنواعها ..... وعلي ذلك يمكن اعتبار سطح عدم التوافق عموما سطح تعرية أو سطح توقف عن الترسيب وهو يفصل ما بين مجموعتين من الطبقات أحداهما أقدم من الأخري ويمكن تميز سطح التعرية في كثير من الأحيان بوجود صخر الكونجلوميرات..... إذ أن وجوده يعتبر دليلا علي أن المنطقة كانت في وقت من الأوقات جزأ من الشاطئ لأن صخر الكونجلوميرات البحري يتكون دائما علي الشاطئ ويسمي عادة بالكونجلوميرات القاعدية لأنه يكون قاعدة المجموعة العليا من الطبقات التي توجد فوق سطح التعرية .

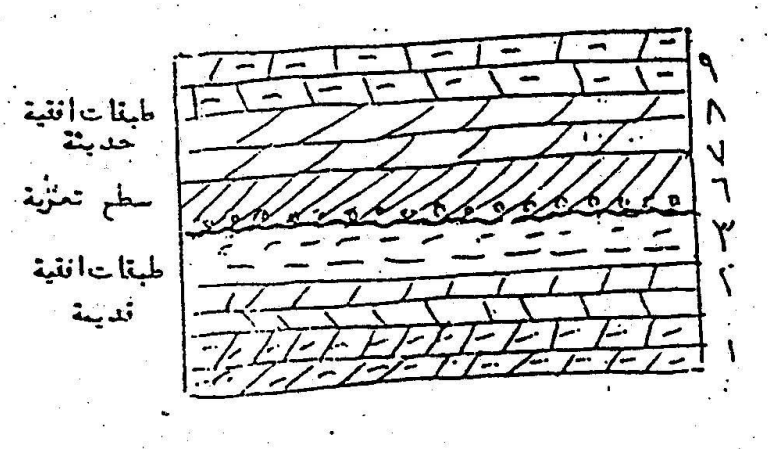
ويتم عدم التوافق في العادة علي عدة مراحل تبدأ بترسيب المجموعة القديمة من الطبقات تحت سطح البحر في نظام أفقي وحسب قانون تعاقب الطبقات (Law of superposition) الذي يقول أن كل طبقة تتكون تكون أحدث من الطبقة التي بعتها ما لم تحدث هزات أرضية تغير من وضع الطبقات ..... ولكن قد يحدث أن يتعرض قاع البحر الذي ترسب عليه هذه الطبقات لنوع من الحركات الأرضية الرأسية بسبب ارتفاع الطبقات المترسبة وبالتالي انحدار مياه البحر عنه وتعرضه بالتالي لعوامل التعرية المختلفة ..... وقد تقع هذه الطبقات قبل أو أثناء ارتفاعها فوق سطح البحر تحت تأثير نوع أخر من الحركات الأرضية الأفقية مما يتسبب عن أنثناء هذه الطبقات وتظل هذه المجموعة من الطبقات معرضة للجو حيث تقع تحت تأثير عوامل التعرية المختلفة التي تحاول جاهدة إزالة أكبر جزء منها ثم تتعرض نفس المنطقة من جديد إلي حركة أرضية أخري تهبط بها عن جديد تاركة للبحر فرصة أخري للتقدم عليها حيث يبدأ في تسريب مجموعة أخري من الطبقات في نظام أفقي فوق سطح التعرية كما هو واضح من الشكل :





وكما يتضح تكون النتيجة مجموعتان غير متوافقان من الطبقات بمعني أن ترسيبها لم يكن متصلا بل أن هناك فترة أنقطع فيها الترسيب وهي الفترة التي تعرضت فيها الطبقات للجو وأزيل منها جزء كبير بفعل عوامل التعرية مما يدل علي وجود فجوة بين المجموعتين غير المتوافقين يمثلها سطح التعرية

وفي بعض الأحيان تكون جميع الطبقات المكونة للمجموعتين متوازية وأفقية وتعرف هذه الظـــاهرة باسم (Disconformity) كما هو واضح من الشكل :



وفي هذه الحالة يصعب التعرف على سطح التعرية ولكن الاستعانة بدراسة الحفريات وتطورها تسهل هذه العملية ويمكن من تحديد الطبقات الناقصة وأعمارها بكل دقة.

ومن جهة أخري فانه يمكن التعرف بسهولة علي حالات عدم التوافق التي تكون فيها طبقـــات المجموعتين غير متوازية كأن تكون المجموعة القديمة علي هيئة ثنيات أو طبقات مائلة بينما تكـــون طبقات المجموعة الحديثة أفقية .

فإذا ما قابلتنا مجموعتان غير متوافقتان من الطبقات أيا كان نوع عدم التوافق وكانـــت هـــذه الطبقات معرضة للجو فنستطيع أن نقول أن المجوعة الأولي القديمة قد ترسبت تحت سطح الماء في عصر في العصور ثم حدثت حركة أرضية رأسية أدت إلي انحسار مياه البحر وارتفاع هذه الطبقات سواء تعرضت للثني أو للكسر أو لم تتعرض إلي أن تعرضت للجو الذي بدأ فـــي الحـــال بواســـطة عوامله وعوامل التعرية الأخري علي إزالة وتفتيت جزء من سطح هذه الطبقات وأستمر ذلك إلي أن حدثت حركة أرضية رأسية أخري إلي أسفل مما أدي إلي تقدم مياه البحر مرة أخري شيئا فشيئا حتي غطت هذه الطبقات التي تأكل جزء منها وفي حال بدأ الترسيب مرة أخري وبدأت المجموعة الحديثة من الطبقات في التكوين فوق سطح التعرية للطبقات القديمة ويعد مدة تحدث حركة أرضية رأسية إلي أعلي فترتفع المجموعتين معا وتتعرضان للجو من جديد وهكذا والمراحل المختلفة في تكوين الأنواع الثلاثة الرئيسية للطبقات غير المتوافقة هي كما يلي .

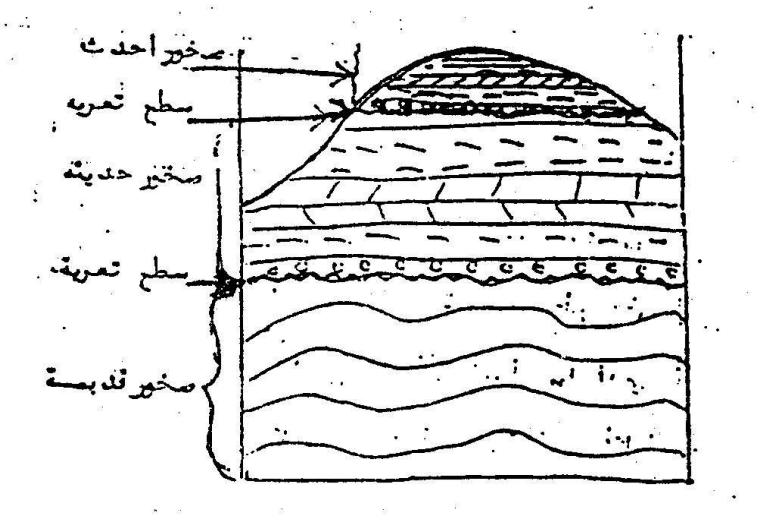
(أ) بداية تعرية بعض الطبقات وتكوين سطح التعرية (Disconfernity) .

(ب) ترسيب بعض الطبقات الموازية فوق سطح التعرية .

(ج) تعرية بعض الصخور الرسوبية والنارية.

(د) ترسيب طبقات أفقية علي سطح التعرية فوق الطبقات الرسوبية المائلة أو المنثنية وكذلك فوق الصخور النارية (Non – conformity)

وتبدأ هذه الظواهر بترسيب مجموعة من الصخور الرسوبية في القاع الواحدة فوق الأخـــري الأقدم منها ترسيبا ، ثم تنثني هذه الطبقات نتيجة للضغط الأفقي وترتفع فوق السطح حيث تبدأ عوامل التعرية في إزالة الجزء الأعلى وتكون سطح التعرية ..... يلي ذلك حركات أرضية ينتج عنها هبوط هذه المجموعة من الطبقات حيث تبدأ عملية الترسيب من جديد ونحصل بذلك علي مجموعتين غيـــر متوافقين كما سبق وأوضحنا ..... وقد ينحصر البحر عنها وتتعرض لعوامل التعرية مـــن جديـــد ليتكون سطح تعرية وهكذا كما هو واضح من الشكل التالي:



التشققات الطينية: (Mud cracks) أحيانا تسمي بالتشققات الشمسية (Sun cracks)

وهي تشاهد علي أسطح الصخور الرسوبية الدقيقة كالطين وهي تظهر علي شكل شقوق تتخلل الصخور وتحصر فيها بينها مساحات متعددة الأركان ..... وقد يحتفظ الصخر بهذا المظهر طويلا اذا ملئت هذه الشقوق بالرمل أو بأنواع أخرى من الطين وتنشـــأ هذه الظاهرة عن تعـــرض الرواســـب الطينية للجو لمدة طويلة .

ونتحدث فيما يلي عن بعض المصطلحات اللازمة كأساس لدراسة تركيب الصخور الرســـوبية في القشرة الأرضية وطبقاتها المختلفـــة :

المظهر: (The Outcrop)

ويطلق هذا الاصطلاح علي ما يظهر من أي طبقة علي سطح الأرض فإذا ظهرت طبقة أفقية في مكان ما فهي تغطي جميع ماتحتها من طبقات ولا يظهر منها شياً أما إذا كانت الطبقات مائلة فنجد أن أجزاء من كل طبقة يظهر علي السطح خصوصا إذا تعرضت المنطقة لعوامل التعريـــة المختلفـــة ويعرف هذا الجزء الظاهر من الطبقة بمظهر الطبقة أي ما يظهر منها ..... وعادة تكون مظـــاهر الطبقات قليلة في المناطق التي يكون تركيبا الجيولوجي بسيطا..... أما إذا تعقد التركيب فأننـــا فـــي العادة نجد أن هذه المظاهر قد تعددت وكثرت ويلزمنا أن ندرس بعناية لكي نعرف حقيقة التركيب.

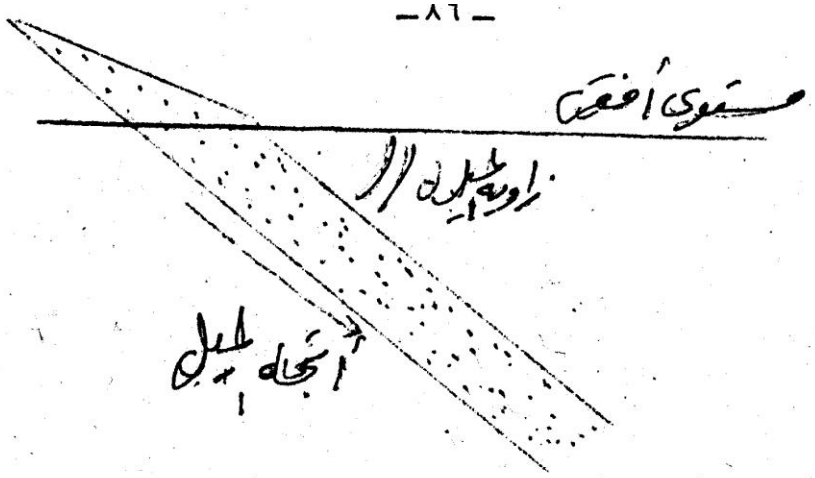
الميل والمضرب أو الاتجاه : Dip and strike

تختلف الطبقات المختلفة عن بعضها من حيث اتجاهاتها أو امتداداتها كما تختلف درجة ميلها من مكان لأخر في المنطقة وذلك حسب طبيعة التراكيب الجيولوجية الموجودة بها وتعرف ميل الطبقة Dip of the stricture بأنه الزاوية التي يصنعها مستوى هذه الطبقة مع المستوى الأفقي ويقاس الميل في اتجاه متعامد علي المضرب أو امتداد الطبقة وهذا الاتجاه هو ما يعرف باتجاه الميل (Direction of dip) أما قيمة زاوية الميل فتسمي بمقدار الميل (Amount of dip angle) وباختصار الميل (Dip) وإذا ما قيس الميل في غير هذا الاتجاه المتعامد علي الضرب فأن النتيجة تكون زاوية تختلف عن زاوية الميل الحقيقة وتعرف بزاوية الميل الظاهرية .

(Apparent angle of dip) وتقاس زاوية الميل بواسطة جهاز قياس الميل المعروف باسم الكلينومتر ولا أجراء ذلك يحدد أولا اتجاه الطبقة بواسطة البوصلة ثم يوضح الكلينومتر في اتجاه عمودي علي اتجاه أو امتداد الطبقة لقياس زاوية الميل .

واتجاه الطبقة الذي يسمي بالمضرب أو الامتداد هو الخط الوهمي الناتج من تقاطع سطح الطبقة المائلة مع المستوى الأفقي أو بمعني أخر هو اتجاه أي خط أفقي علي سطح الطبقة المائلة .

وفي الخرائط الجيولوجية المختلفة تبين مظاهر الطبقات كما يبين اتجاه أو امتداد كل طبقة بخط قصير وميلها بسهم عمودي علي هذا الخط يشير إلي اتجاه الميل وعادة يكون مكتوبا علي هذا السهم قيمة زاوية الميل ومما هو معروف أن ظهور مظاهر الطبقات المختلفة علي هذه الصورة في المناطق المختلفة يكون سببه ارتفاع أجزاء قيعان البحار أو المحيطات حيث ترسبت هذه الطبقات ونتيجة لهذا الارتفاع تنحصر المياه عن هذه المنطقة وعادة يصحب هذا الارتفاع ثني وتكسير الطبقات مما يؤدي إلي ظهور كثير من الطبقات علي السطح حيث تتعرض لعوامل التعرية المختلفة.

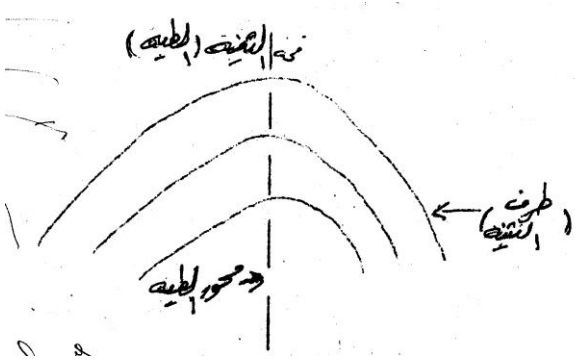


الثنيات: (Folds)

أي كتلة صخرية أو مجموعة صخرية إذا ما تعرضت لضغط كاف داخل القشرة الأرضية تنثني أو تتفلطح أو تنكسر وانثناء الصخور هذا يعرف بالثنيات بينما يكون كسر هذه الصخور علي هيئة فواصل (Joints) أو شقوق (Fissures) أو فوالق (Faults) ..... والانثناء والتقطع يدخلان معا تحت ما يعرف بانسياب الصخور (Flawage of Rocks) وهي يعني تغييرا كاملا في شكل الصخور نتيجة الضغط الواقع عليه دون حدوث أي كسر وهنا يجب أن نعرف لماذا تنثني الصخور أحيانا وتنكسر أحيانا أخري..... وتعليل ذلك هو أن الأرض منذ ملايين السنين تعرضت لقوى وضغوط مختلفة لانكماشها ونقصانها في الحجم بعد أن أخذت درجة حرارتها في الانخفاض وأخذ في الانكماش والتقلص نتيجة لذلك وبالتالي تقلص سطحها وتعرض لقوى شديدة أدت في كثير من الأماكن علي السطح وبالقرب من السطح إلي تعريض هذه المناطق لحركات مفاجئة وتكسير الصخور بشدة ومن جهة أخري فأن الصخور التي توجد علي عمق أكبر من داخل القشرة الأرضية تنثني في العادة دون أن تنكسر بسبب الثقل الكبير الواقع عليها ولهذا السبب فأن الأماكن التي علي السطح او القريبة من السطح تسمي منطقة التكسير (Zone of fracture) بينما الأماكن التي علي أعماق أكبر تسمي منطقة الانسياب (Zone of flow) وقد تأيد ذلك في المعمل بأجراء تجارب علي كتل صغيرة من الصخور وضعت تحت ضغط بطئ ومساو للضغط الذي ينشأعلي بعد أميال من سطح القشرة الأرضية وكانت النتيجة أن تغير شكل هذه الكتل من الصخور دون أن تنكسر..... ولا يجب أن يعتبر العمق مطلقا فهناك عوامل أخري تتحكم في ثني أو كسر الصخور فمثلا إذا تعرض صخر صلب قرب سطح الأرض أدي في منطقة التكسير لضغط بطئ جداً فمن المحتمل أن ينثني هذا الصخر دون أن يكسر كذلك قد يحدث بالعكس ويكسر صخر ناعم نسبيا نتيجة لتعرضه لضغط سريع رغم وجوده في منقطة الانسياب أي علي أعماق بعيدة ونتحدث فيما يلي عن الأنواع المختلفة للثنيات.

١ - ثنيه محدبه (Anticline)

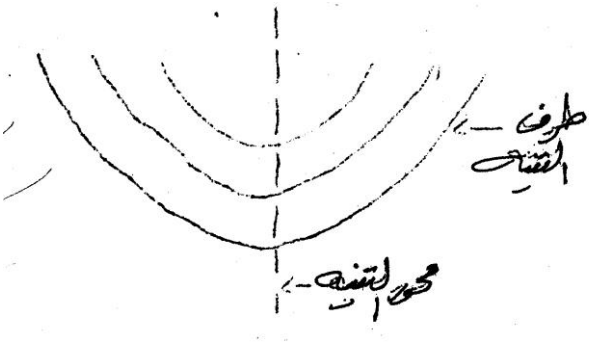
وفيها تكون الطبقات منثنية إلي أعلي كما هو واضح من الشكل:



ويرمز لها علي الخرائط الجيولوجية بمجوعتين متضادتين من الأسهم التي تدل علـــي اتجـــاه الميـــل ويكون محور الثنية في الوسط بين هاتين المجموعتين.

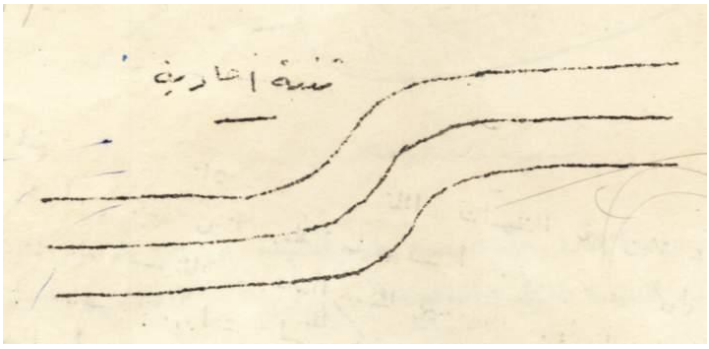
٢ - ثنية مقعرة (Syncline)

وهي عبارة عن ثنية محدبة مقلوبة أي أن الطبقات تنثني إلي أسفل كما يتضح من الشكل:

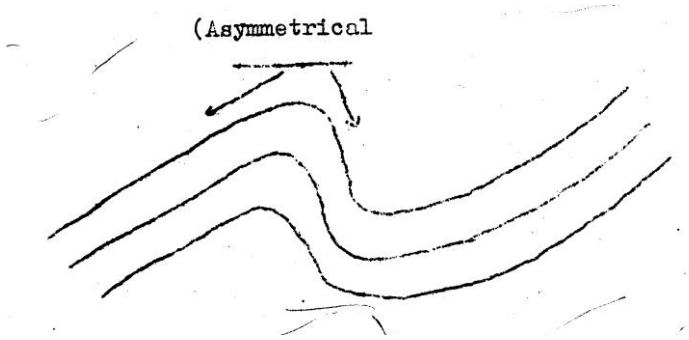


ويرمز إليها في الخرائط الجيولوجية بمجموعتين متقابلتين من أسهم الميل ويكون المحور أيضا فـــي المنتصف.

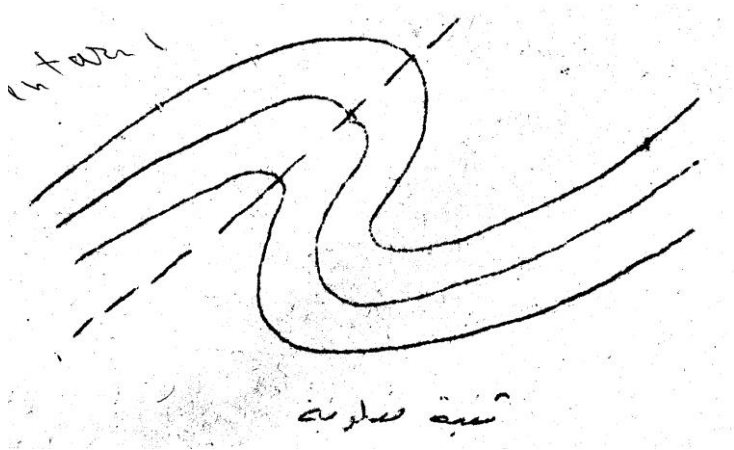
وجواب الثنية سواء كانت محدبة او مقعرة تعرف بالأطراف أما المحور فأنه يوجد في وســـط الثنية تماما ويصف بأنه الخط الذي يمر بطول قمة الثنية أو قاعها وقد يكون للثنية طرف واحد أي قد تميل الطبقات في اتجاه وتسمي **ثنية أحادية (Monocline)** وهي أيضـــاً تعتبـــر ثنيـــة بســـيطة موضعيـــة تتكون في جزء بين طبقتان أفقية.



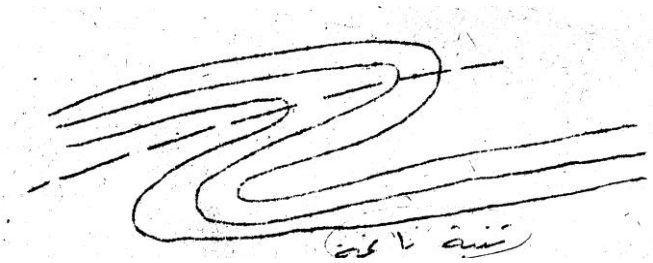
وقد تكون هذه **الثنيات متماثلة (Symmetrical)** وذلك عندما تكون زاوية الميل واحدة أو متساوية علي جانبي المحور كما هو واضح من الشكلين السابقين الموضحين للثنية المحدبة بالثنية المقعرة وفي بعض الأحيان تصبح أطراف الثنيات متشابهة وأحيانا أخري تختلف زاوية الميل لأحد طرفي الثنيـــة عنها للطرف الثاني أي أن الميل في جانب أكبر منه في الجانب الأخر وفي هذه الحالة تعتبر الثنيـــة **غير متماثلة (Asymmetrical)**.



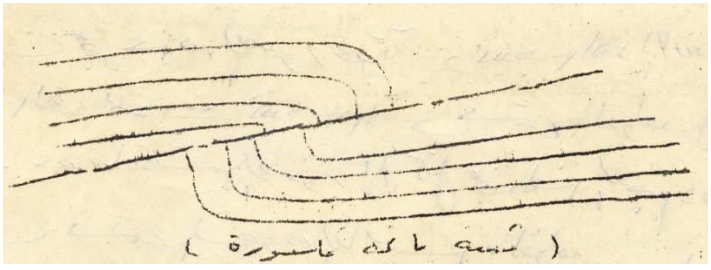
وأحيانا يزيد مقدار عدم التماثل بحيث يزيد الميل في أحد أطراف الثنيـــة عن ٩٠ درجة وفي هذه الحالة يصبح أحد طرفـــي الثنيـــة تحـــت الطـــرف الأخر وتسمي الثنيـــة **بالثنيـــــة المقلوبـــة (Overturned fold)** .



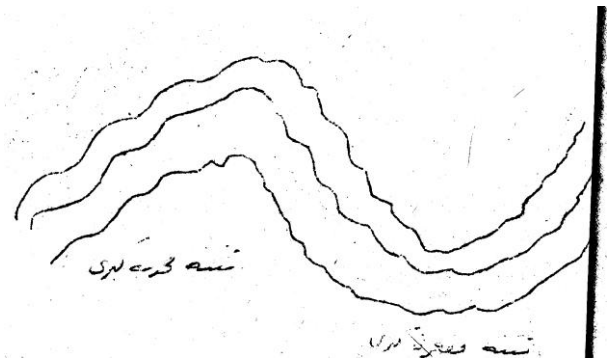
وعندما تزيد هذه الحالة بحيث يصبح طرف الثنيـــة في وضع يقرب من الوضع الأفقي تعرف هـــذه الثنيـــة **بالثنيـــة النائمة** (Recumbent fold).



وإذا فأن الثني عن المقدار الذي ينتج الثنيـــة النائمة تنكسر الثنية وتسمي **ثنيـــة نائمـــة مكســـورة (Over thrust fold)** .



وإذا ما كانت الثنيـــة المحدبة كبيرة للغاية أو أن هذا التركيب الجيولوجي هو الغالب في مساحة كبيرة تسمي هذه **بالثنيـــة المحدبة الكبري** Geanticline Or Anticlinorium وإذا كانت ثنيـــة مقعرة هي الغاليـــة سميت هذه **بالثنيـــة المقعرة الكبري** Gebayncline or synolinerium .



وقد تمثل الطبقات من نقطة متوسطة في جميع الجهات ويعرف التركيب الجيولوجي في هذه الحالـــة باسم **القبة (Dome)** مثل جبل أبو رواش بجوار الأهرام وجبل المغارة بشمال سيناء .

وقد يحدث العكس وتميل الطبقات من جميع النواحي نحو نقطة متوســـطة وتكـــون تركيبـــا يعـــرف بالحوض (Basin) .

وبجدر بنا أن نلاحظ أن قمم الثنيات المحدبة تمثل منطقة شد لاستطالة الصخور عند ثنيها إلي أعلى مما يؤدي إلي تشققها وسهولة تأكلها بفعل العوامل المختلفة بينما يؤدي الضـــغط فـــي الثنيـــات المقعرة إلي تقصير المسافات في الصخور وبذلك تتماسك وتصبح أكثر مقاومة لعوامل التعرية. وقـــد لوحظ أن العكس أيضا جائز ولكن الحالة الأولي هي الغالبة .

الفواصـــل (Joints)

عندما تثني مجموعة من الصخور قد تكسر نتيجة لهذا الانثناء..... والشروخ التـــي تحـــدث نتيجة للكسر تعرف بالفواصل ..... كذلك قد تنقسم الصخور إلي كتل مختلفة الحجم دون أن تثنـــي وتسمي الشقوق الناتجة في هذه الحالة بالفواصل أيضا ويشترط أن لا يحدث أي انتقال للطبقات علـــي جانبي الشقوق حتي تستطيع تسميتها بالفواصل وهذا هو الفرق بينها وبين الفوالق .

وتكون الفواصل في معظم الأحيان عمودية تقريباً علي مستوى الطبقات أى أنها تكون تقريباً رأســـية إذا كانت الطبقات أفقية كما يمكن أن توجد الفواصل في أي وضع من الرأسي إلي الأفقي حسب طبيعة الطبقات وانثنائها أو تجعيدها..... وقد توجد مجموعة واحدة من الفواصل في منطقـــة مـــا فتكـــون النتيجة كتل صخرية متوازية أي ان لها نفس الاتجاه وقد يحدث أن توجد علي الأقل مجموعتان مـــن الفواصل تقطع أحداهما الأخري في زاوية قدرها تسعون درجة أو أكثر فتنقسم الصخور نتيجة لهـــذا إلي كتل منشورية لها نفس الشكل والحجم تقريباً .

وتوجد الفواصل عادة علي سطح الأرض أو بالقرب من السطح أي في منطقة التكسير أما في الأعماق التي تزيد علي ذلك فقد ثبت عمليا أنه لا تبقي أية شقوق أو شروخ مفتوحة تحت ضغط يوازى الضغط الذي ينتج علي عمق ١٢ ميلا وهي نهاية منطقة التكسير حتي في أصلب الصخور ولنتحدث فيما يلي عن:

أسباب تكوين الفواصل :

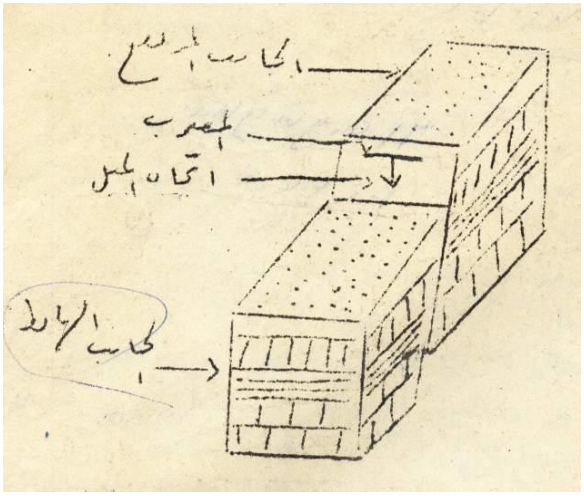
فهي تتكون نتيجة لتكسير الصخور التي تتعرض للضغط أو للشد حيث ينتج فواصل ضغط وفواصل شد ..... وعلي ذلك فأنه إذا تعرض جزء من منطقة التكسير للضغط فأن صخور هذه المنطقة تميل إلي التكسير علي هيئة مجموعتين متعامدتين من الفواصل وقد ثبت ذلك عمليا بالتجارب التي أجريت علي الزجاج والثلج ..... وكذلك نجد أن قسم الثنيات القريبة من السطح تكون قابلة للتشقق علي هيئة فواصل ومن العوامل التي تسبب تكوين الفواصل الصغيرة أبراز التغير المفاجئ في الشد أو في الضغط في منطقة التكسير نتيجة لتأثر صخور المنطقة بواسطة موجات الزلازل. وفي الصخور النارية تتكون الفواصل نتيجة لانكماش المواد المنصهرة أثناء التبريد والتصلب في القشرة الأرضية بالشقوق التي تتكون بهذه الطريقة عادة تمتلئ بالمواد المنصهرة الصاعدة من أعماق بعيدة وهكذا تتكون السدود الرأسية (Dykes) وهناك نوع من الفواصل يتكون أيضا في الصخور النارية أثناء برودة المواد المنصهرة أو البازلت وتعرف بالفواصل العمودية ويتكون هذا النوع عندما تتقلص هذه الصخور أثناء تبريدها وتنقسم إلي مجموعات عمودية منشوريه الشكل مختلفة الحجم ولكنها تكون في العادة سداسية المقطع وتكون هذه الأعمدة دائما عمودية علي سطح التبريد ولذا فأنها تكون رأسية تقريباً في حالة اللافا وأفقية تقريباً في حالة السدود الرأسية وهناك نوع أخر من الفواصل التي تتكون في الصخور النارية الجوفية مثل الجرانيت وهذا النوع يكون موازيا تقريباً لسطح القشرة الأرضية ويعرف **بالفواصل اللوحية** Sheet Jointing.

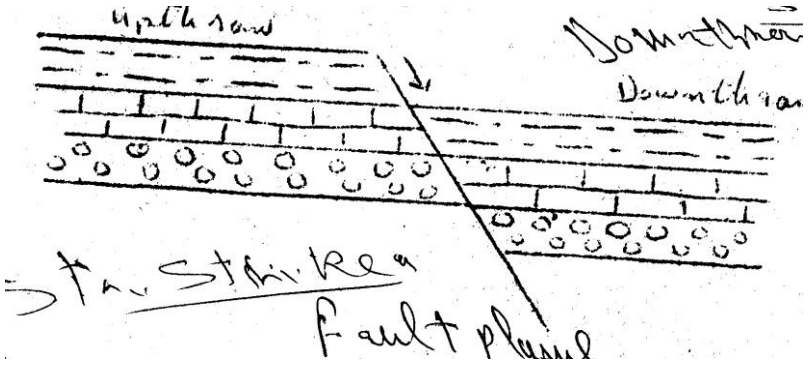
هذا ويجدر بنا أن نذكر ان وجود الشقوق والفواصل يساعد عوامل التعرية المختلفة كالأمطار والرياح والثلوج وامواج البحر وجذور النباتات في تفتيت الصخور المختلفة وهكذا نجد ان نظام الفواصل واتجاهاتها قد تتحكم في تحديد مجاري الأنهار مثلا وكذلك تعتبر الفواصل من أهم العوامل التي تساعد رجال المحاجر علي تقطيع الصخور المختلفة .

الفوالق: (Faults)

وهذه التركيبات الجيولوجية عبارة عن أسطح تنكسر عليها كتل الصخور.... وفي العادة يصحب الكسر انتقال أو اختلاف في منسوب الطبقات الصخرية علي جانبية (Displacement) وقد يصل اختلاف المنسوب إلي عدة ألاف من الأقدام في بعض الأحيان ولكن ذلك يحدث في العادة

علي عدة مرات أي ليس نتيجة لحركة واحدة وقد تتسبب حركة مفاجئة علي سطح فالق في خلق زلزال في المنطقة ويتكون الفالق من الأجزاء الآتية :





سطح الفالق (Fault plane)

وهو السطح الذي تمت عليه الزحزحة وسير الطبقات وانتقالها.

ميل الفالق (Strike of a fault)

وهو مقدار ميل سطح الفالق بالنسبة لأي مستوى أفقي

مضوب الفالق(Strike of a fault)

وهو يمثل بتقاطع أي خط أفقي علي سطح الفالق

الأنزلاق أو الأنتقال الحقيقي (Slip)

وهو عبارة عن المسافة التي تتحركها أي طبقة علي سطح الفالق وهو يشمل الانتقال الحقيقي .

مرمي الفالق (Throw of a fault)

وهو مقدار الانتقال الرأسي لأي طبقة مكسورة علي جانبي الفالق ويجب أن يكون قياس المرمي عموديا علي أتجاه الطبقات .

الجانب الهابط (Downthrown side)

وهو الجانب الذي هبطت فيه الطبقات من الجانب الأخر

الزحف الجانبي (Heave or Lateral shift)

هو مقدار التغيير الأفقي في وضع الطبقات ويقاس عموديا علي مضرب الفالق.

الحائط المعلق (Hanging wall)

وهي كتلة الصخور التي تعلو سطح الفالق مباشرة.

الحائط الأسفل (Foot Wall)

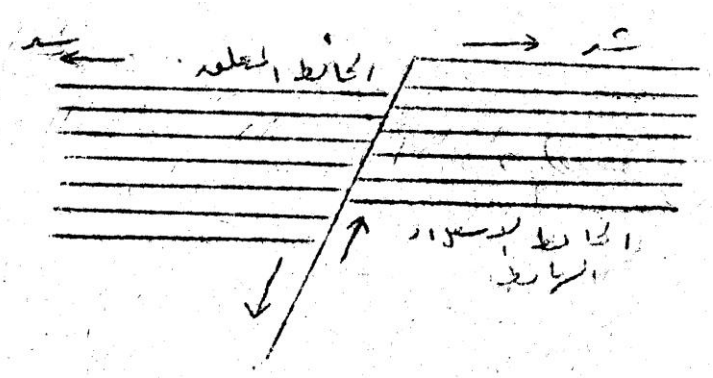
وهي كتلة الصخور التي توجد تحت سطح الفالق مباشرة

ونتحدث فيما يلي عن الفوالق المختلفة وأنواعها :

(أ) – الفوالق البسيطة (Simple Faults)

تنقسم الفوالق عادة علي أساس اتجاه انتقال الطبقات علي سطح الفالق ومنها .

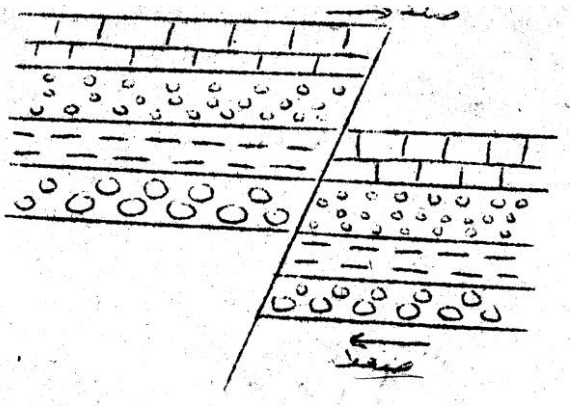
أ – الفالق العادي Normal fault



ويحدث الفالق نتيجة لشد الطبقات وفيه يميل الفالق نحو الكتلة التي هبطت ويكون دائما ذا زاويـــة ميل كبيرة وهو بسبب تمدد محلي في القشرة الأرضية نتيجة لزحف الطبقات الجانبي وكذلك يعرف هذا النوع بفالق الشد ويلاحظ أن الحائط المعلق ينخفض بالنسبة للحائط الأسفل .

٢ – الفالق المعكوس (Reverse faults)

وينشأ هذا الفالق نتيجة للضغط وفيه يميل سطح الفالق في عكس اتجاه الجزء الهابط أي انه يميل في أتجاه الجزء المرتفع . وفي ذلك فأن سطح القشرة الأرضية يقصر في الأماكن التي توجد بها مثل هذه الفوالق لان جزأ من الطبقات أصبح يغطى الجزء الأخر ولهذا السبب فأن هذا النوع من الفوالق يعرف أيضاً باسم فالق الضغط وتكون زاوية ميل هذا النوع عادة صغيرة ومثل هذا الفالق يحدث للثنيات النائمة إذا زاد الضغط عليها ويحصل أنتقال الطبقات علي جانبي الكسر نتيجة للضغط.



٣ – الفالق العمودي (Vertical Fault)

وهنا يكون سطح الفالق عموديا ويكون انتقال الطبقات عموديا إلي أسفل أو إلي أعلي وتكون زاوية الميل في هذه الحالة ٩٠ درجة أو قريبة من ذلك ولا يكون هناك حائط معلق أو حائط أسفل في هذه الحالة.

٤ – الفالق الأفقي (Horizontal)

وهذا نوع نادر من الفوالق وحدث نتيجة لحركة أفقية أو قريبة من الأفقية.

٥ – الفالق الدائري (Pivotal Fault)

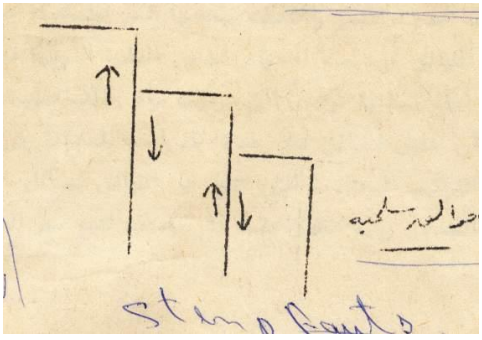
عندما يحدث أن يتحرك جزء من كتلة من القشرة الأرضية إلي أعلي ويتحرك جزء أخر من نفس الكتلة إلي أسفل بحيث يكون محور هذه التحركات عموديا علي سطح الفالق فأن هذا الفالق دائريا وهكذا نجد أن كل كتلة علي أحد جانبي الفالق تكون في جزء منها صاعدة وفي الجزء الأخر هابطة .

(ب) الفوالق المركبة :-

وهذه توجد في مجموعات من أثنين أو أكثر ومنها.

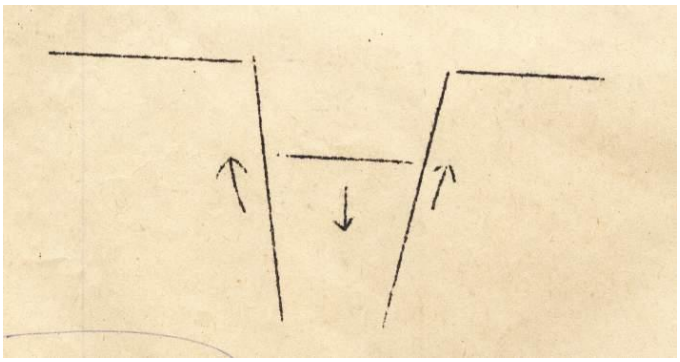
[١] الفوالق السلميـــة (Step Paulte)

وفيها يكون أتجاه الميل واحدا في المجموعة كما هو واضح من الشكل .



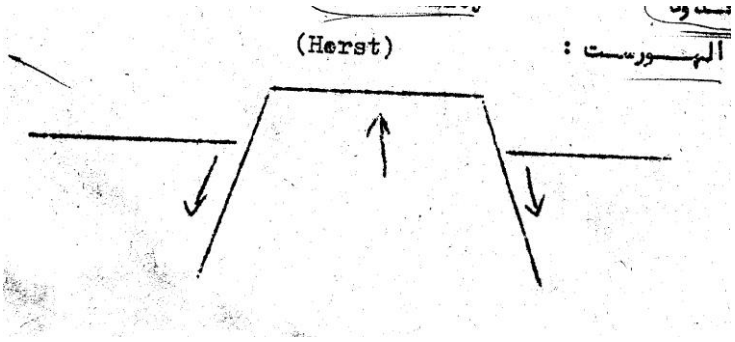
[٢] الفوالق الحوضيه (Basin Faults)

وهو عبارة عن كتلة من الأرض محاطة باثنين أو أكثر من الفوالق .



ويكون منسوب هذه الكتلة منخفضا عما يحيط به من الأرض وهذا التركيب يعرف أيضا بالأخدود Rift Valley

[٣] الهورست (Horst)



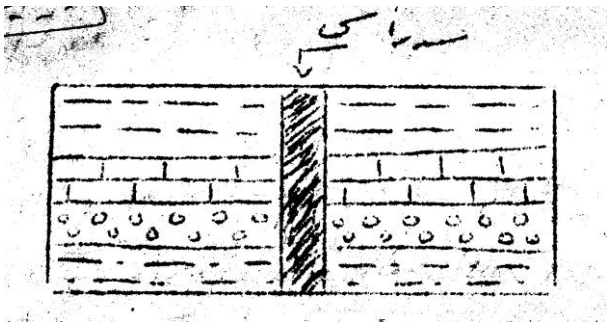
وهي مجموعة من الفوالق تسببت في رفع الكتلة الوسطى فأخذت بروزا في وجه الأرض يرتفع في منسوبة علي ما حواليه كما هو واضح من الشكل السابق ويصعب حدوث الفوالق عادة بعض الظواهر في الصخور التي تقطعها أهمها تحول أسطحها إلي أسطح مسقوله وذلك من جراء هبوط أحدهما بالنسبة للأخر وكذلك تكوين صخور مهشمة عبارة عن قطع من الصخور المكونة للجانبين وتهشمت عند حدوث الكسر واختلطت ببعضها ثم تماسكت جزئياتها..... ولما كانت شقوق الفوالق في بعض الأحيان تخترق القشرة الأرضية لمسافات بعيدة فقد تصعد فيها مياه معدنية تؤدي إلي ترسيب مواد كالكالسايت تملا الشقوق الجانبية للفالق كما أن شقوق الفالق تملا عادة بالرواسب المختلفة علي مر السنين وقد تناثر هذه التراكيب المختلفة التي تنتج عن الفوالق بعوامل التعرية المختلفة فيصبح من المتعذر رؤية الفالق نفسه إلا بواسطة تتبع سير الطبقات .

التركيبات الجيولوجيـــة في الصخور الناريـــة

وهي عبارة عن التراكيب المختلفة التي تكونها الصخور النارية أثناء صعودها علي هيئة مواد منصهرة من جوف الأرض خلال الطبقات المختلفة للقشرة الأرضية وتصلبها علي أبعاد مختلفة من السطح ..... وقد ثبت ان الصخور النارية الجوفيـــة Plutonic Rocks هي الأهم في هذه الدراســـة أن أنها توجد علي هيئة تراكيب مختلفة داخل القشرة الأرضية وفي بعض الأحيان نجد هذه الصخور مكشوفة علي سطح الأرض نتيجة لعوامل التعرية المختلفة التي أزالت ما كان يغطيها من طبقات وتوجد الصخور البركانيـــة علي هيئة طفوح بركانيـــة في الغالب Lava flows وتكون عادة متصلة بالصخور الجوفية بواسطة صخور متوسطة بين النوعين .

ونذكر فيما يلي أهم الأشكال او التراكيب التي توجد عليها الصخور الجوفيـــة والمتداخلة:

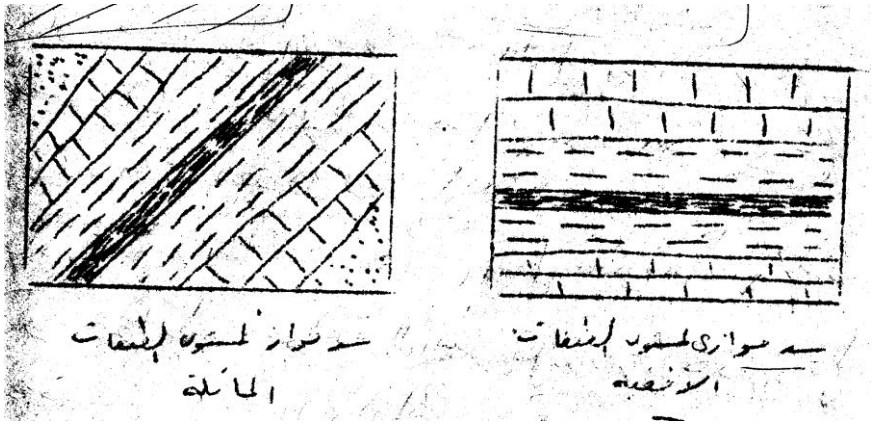
١ - السدود الرأسية (Dykes)



ويحدث هذا التركيب الجيولوجي عندما تصعد الماجما أو المواد المنصهرة في شقوق رأسية تقريباً وعندما تبرد تكون كتلة رأسية من الصخور ذات جوانب متوازية تقريباً ويكون في وضع عمودي وقريب من العمودي علي مستوى الطبقات وتختلف هذه السدود في السمك من أقل من البوصة إلي مئات من الأقدام كما قد تصل في الطول إلي عدة أميال ويكون نسيج الصخور الناري في هذه الحالة ذا حبيبات متوسطة أو رقيقة أو يكون نسيجيا زجاجيا .

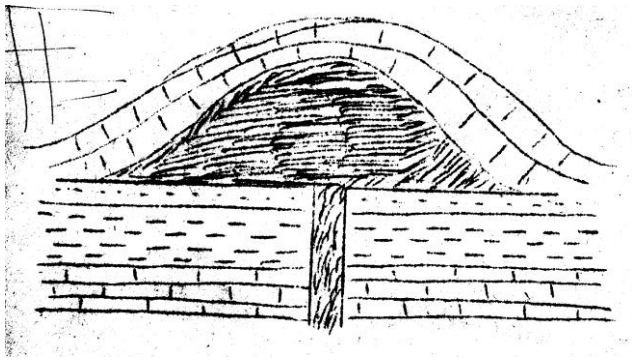
٢ - السدود الأفقيـــة (Sills)

وتتكون هذه السدود الأفقية أو الموازية لمستوى الطبقات عندما تجد الماجما طريقاً لها علي مستوى أحدي الطبقات وفي العادة تكون الطبقات في هذه الحالة أفقية أو قريبة من الأفقية كما هو واضح من الشكل .



٣ - القباب Domes

ومن هذه القباب ذلك التركيب الذي يسمى لاكوليث ويتكون عندما تصعد الماجما بين الطبقات خلال فتحة ضيقة وتكون علي درجة كبيرة من اللزوجـــة.



وبدلا من أن تنتشر أفقيا تضغط الطبقات التي فوقها في بعض الأحيان فتسبب تقوسها علي شكل قبة تكون قاعدتها أفقية كما هو واضح من الشكل السابق ويختلف هذا النوع من التراكيب في السمك ففي المنتصف يتراوح بين بضع مئات من الأقدام إلي الميل الكامل ..... فأحيانا يحدث عكس هذه الحالة فتتكون قبة مقلوبة أو كتلة من الصخور النارية علي شكل طبق أو حوض ويسمي هذا التركيب (Lopolith) إذا كانت كتل الصخور النارية صغيرة نسبيا فأنها تسمي Stocks or Bosses) وتكون مستديرة أو بيضاوية الشكل وقد تكون كتل الصخر النارية كبيرة جداً بحيث تنتشر علي مساحات تقدر بمئات أو ألاف الأميال المربعة وعادة تكون أسقف هذه الكتل غير منتظمة الأستداره وتكون حوائطها غائرة إلي أسفل إلي أعماق بعيدة وتعرف هذه الكتل الضخمة باسم باثوليث (Batholiths) وتوجد دائما في قلب سلاسل الجبال ذات الأعمار الجيولوجية المختلفة كجبال الألب والهيمالايا وجبال الصحراء الشرقية وشبة جزيرة سيناء ولا تظهر علي السطح إلا نتيجة لتعرية ما يغطيها من الصخور بواسطة العوامل المختلفة .

ويختلف التركيب الكيميائي للصخور المكونة لهذا النوع من التراكيب فمنها الجرانيت والجرانودبولايت والسيانابيت والجابرو أي انه يتكون من صخور حامضية وأخري قاعدية ويحيط عادة بهذه الكتل مساحات من الصخور المتحولة التي تحولت بفعل الحرارة المتصاعدة من المواد المنصهرة قبل برودها وتجمدها وكذلك بفعل الضغط الناشئ نتيجة للحركة الأرضية التي ساعدت علي تكوين مثل هذه التراكيب .

٤ - أعناق البراكين (Volcanic Neeks)

وهي عبارة عن الماجما التي تجمدت في أعناق البراكين ويكون شكلها أسطوانيا تقريباً ويتراوح قطرها بين بضع مئات من الأقدام إلي ميل واحد أو أكثر..... وفي بعض الأحيان يتآكل ما حولها من صخور أو رواسب فيظهر جزء منها علي شكل أسطوانة من الصخور الناري.

وفيها يختص بالصخور البركانيـــة السطحيـــة فنجد أن أشكالها تكون كما يلي:

١ - الطفوح البركانيـــة Lava Flows .

وهي عبارة عن المواد المنصهرة او اللافا التي صعدت إلي الأرض عن طريق فوهات البراكين أو الشقوق وانتشرت علي السطح ثم بردت بسرعة لملامستها للهواء وهكذا فأن نسيجها يكون زجاجياً أي غير متبلور والطفوح البركانيـــة قد تتراكم حتي تبلغ مئات أو الأف من الأقدام في السمك وقد تنتشر في مساحة تقدر بعدة أميال مريعة.

٢ - المواد المفتتة Fragmental Materials

وتتكون هذه المواد المفتتة نتيجة لثوران البراكين ومنها ما يعرف باسم البريشيا البركانيـــة (Volcanic breccia) وينتج من تكسير مواد الأعناق البركانيـــة عند ثورة البركان وتفتيها إلي قطع صخرية حادة تنتشر حول البركان حيث تتراكم علي هيئة رواسب من أصل ناري مكونة من هذه القطع الصخرية الحادة في قاعدة أو أرضية من تراب بركاني دقيق ..... ومن هذه المواد المفتتة أيضا ما هو في حجم الذرات الدقيقة وتعرف باسم الرماد البركاني ويترسب هذا الرماد حول البركان أو تحمله الرياح بعيداً لترسيبه فوق أسطح البحار أو في أي مكان علي سطح الأرض وقد يتكون المخلوط البركاني من الطفوح البركانيـــة والمواد المفتتة.

وقد يحدث أن تنثني الصخور البركانـــية بعد تكونيها أو تنكسر أو يحدث فيها فواصل تماما كالصخور الرسوبية كما قد يحدث هذا في بعض أنواع الصخور الجوفية ولكن الكتل الضخمة لا تنثني في العادة نتيجة لصلابتها الشديدة ولكنها قد تنكسر وقد تقطعها بعض السدود الرأسية نتيجة لدخول المواد المنصهرة في الفواصل والشقوق التي حدثت بعد تبريدها .

الحمد للـــــــــــــــــــه

****

****