الجيولوجيا العامة
General Geology

الجيولوجيا: هي كلمة لاتينية مؤلفة من مقطعين Geo = Earth و تعني الارض و Logus = Logic و تعني علم = علم الارض.

يختص علم الجيولوجيا (علم الارض) بدراسة اصل كوكب الارض و موارده و تضاريسه و العمليات الطبيعية التي اثرت على الارض و انواع المعادن و الصخور و البيئات التي نشات فيها الكائنات الحية قديما و حفظت بشكل متحجرات (Fossils) في صخور القشرة الارضية.

- هناك بعض الملاحظات و الاحتياجات البشرية التي ادت الى ظهور و تطور علم الارض منها:

الملاحظات البشرية:

1 - انفجار البراكين.
2 - رعب الزلازل الارضية.
3 - عمليات بناء الجبال.
4 - تتابع الطبقات الارضية.

الاحتياجات البشرية:

1 - تحديد مواقع الابار النفطية.
2 - كميات المعادن المستخرجة من المناجم.
3 - البحث عن المياه الجوفية.
4 - تفسير الظواهر و العمليات الطبيعية.
5 - كشف التكيف البيئي للكائنات.

يتالف كوكب الارض من الاغلفة التالية:
تمثل الارض نظام مكونات متداخلة و تكون متفاعلة و مؤثرة في بعضها البعض، و هذه الانظمة او الاغلفة هي:

1 - الغلاف الغازي Atmosphere:
و يمثل الطقس و المناخ الذين يعملان في تسيير الرياح و نحت الصخور و يحتوي على غازات النتروجين و الاوكسجين و غازات اخرى.

2 - الغلاف المائي Hydrosphere:
و تمثل منظومة الكتلة الحركية السائلة التي تتحرك باستمرار بين البحار و المحيطات و الى الغلاف الجوي و الى الارض رجوعا الى المحيط البحري و تكون هذه الحركات مسؤولة عن تكون الظواهر الجيومورفولوجية و التجوية و على سطح الارض.

3 - كتلة الارض:
ينقسم هذا الجزء الرئيس من نظام الارض الى عدة منظومات:

1 - اللب Core و يقسم الى :
A -اللب الداخلي Inner core: و يكون غني بالحديد و النيكل و يبلغ نصف قطره تقريبا 1216 كم.
B -اللب الخارجي Outer core: تمثل طبقة المعادن شبه الذائبة و يبـــــلغ سمكه تقريبا 2270 كم.

2 - الجبة Mantle:
تمثل طبقة الصخور السائلة و يطلق عليها ايضا بالغلاف الانسيابي (Asthenosphere) الذي يكون متحركا بتيارات الحمل الصاعدة و النازلة التي تدفع القارات و تزحزحها عن مواقها و سمكها حوالي 2885 كم.

3 - القشرة Crust:
و يطلق عليها ايضا بالغلاف الصخري (Lithosphere) الذي يكون صلبا و يقسم الى قسمين:

1 - طبقة السيال Sial: تؤلف القشرة القارية و الجبال و تحتوي على السليكون و الالمنيوم بالدرجة الرئيسة و سمكها بين 20- 90 كم.
2 - طبقة السيما Sima: و تؤلف القشرة تحت المحيطات و تحتوي على السليكون و المغنيسيوم بالدرجة الرئيسة و سمكها بين 5- 10 كم.

4 - الغلاف الحياتي Biosphere:
و يمثل جميع مناطق الارض الملائمة لتواجد الكائنات الحية و تشمل اجزاءا من الغلاف الصخري و الغلاف المائي و الغلاف الغازي.

محاولة تقدير عمر الارض:

1 - العمر النسبي:
يتضمن عمل تاريخ او سلم زمني يربط تعاقب الاحداث الجيولوجية من خلال دراسة التطور الحيوي منذ نشاة الارض و هذا ما قاد الى تقسيم الزمن الجيولوجي الارضي الى احقاب و عصور بالاعتماد على المتحجرات، و يقدر عمر الارض بهذه الطريقة حوالي 600 مليون سنة.

2 - العمر المطلق:
أ - حساب السمك الكلي للصخور: اساس هذه الطريقة هو استخدام سرعة او زمن الترسيب لتتابع كامل من الصخور الرسوبية و تعتمد على قياس السمك الكلي للطبقات الرسوبية في كل الازمنة الجيولوجية و بافتراض ان معدلات الترسيب لا تختلف في تلك الازمنة عن ما موجود في الازمنة الحالية و يمكن بذلك حساب زمن او عمر الارض بحساب السمك الكلي و قد اعطى عمرا

للارض حوالي 100- 500 مليون سنة و من عيوبها هو افتراض ان معدلات الترسيب ثابتة و قد اهملت الطرقة فترات التعرية التي حصلت على الطبقات الصخرية.

ب -حساب معدل ازدياد ملوحة البحر: تعتمد على حساب الزمن الذي استغرقته البحار و المحيطات للوصول الى ملوحتها الحالية
بافتراض ان البحار عند نشاتها كانت مياهها عذبة و بالتالي فان عمر الارض بالاعتماد على هذه الطريقة هو كمية الاملاح في البحار و المحيطات مقسوما على كمية الاملاح التي تحملها الانهار الى البحار و المحيطات سنويا و قد اعطى عمرا للارض حوالي 300- 1500 مليون سنة. الماخذ على هذه الطريقة هو افتراض ان معدل زيادة الملوحة في الازمنة الماضية مشابه للازمنة الحالية و هذا الافتراض خاطئ كما و ان هذه الطريقة تعطي تقديرا لعمر المحيطات و ان عمر الارض اكثر من ذلك بكثير.

ج- حساب معدل تحلل العناصر المشعة: تعتمد على ظاهرة احتواء الصخور على كميات من العناصر المشعة التي تتحول مع الزمن الى نظير غير مشع و قد اوضح العلماءان هذا التحول يتم بمعدل ثابت لا يتاثر بالعوامل الخارجية و لا يتغير مع الزمن و يتم حساب سرعة تحلل العناصر المشعة بقياس ما يسمى نصف العمر و هي الفترة اللازمة لتحول نصف الكمية من العنصر المشع الى النظير الغير مشع و من العناصر المشعة اليورانيوم و الثوريوم و غيرها.

علم المتحجرات

ما هي المتحجرات (أو الأحافير)؟

المتحجر (Fossil): هو عبارة عن بقايا او اثار الحيوانات او النباتات التي حفظت بواسطة اسباب طبيعية على سطح القشرة الارضية ومصطلح Fossil يشير الى كل ما هو موجود او مدفون في الارض بصورة عامة ، لذا فان الاحياء التي تعيش حاليا لا يمكن اعتبارها متحجرات عندما تموت وتدفن لان معظم علماء المتحجرات يعزون تصنيف المتحجرات على انها الكائنات التي دفنت في ازمان معينة.

ماهي شروط حفظ المتحجرات؟

1. وجود اجزاء صلبة مثل العظام والاصداف والنسيج الصوفي
2. سرعة الطمر مع انتقال بسيط للكائنات من موقع موتها وليس مسافة طويلة وهذا يقع تحت علم Taphonomy وهو علم متخصص بماذا حصل للكائن الميت من زمن موته الى حين اكتشافه
3. الدفن في الترسبات الناعمة مثل الطين والغرين والرمل

4. حركة قليلة لفعالية البكتريا على بقايا الحيوانات والنباتات بعد موتها وعليه عدم حصول التحلل السريع
5. مستوى ثابت من درجة الحرارة والرطوبة
6. عملية دوران المياه الجوفية حاملا المعادن الذائبة لتثبيت المكونات الكيميائية.

انواع الحفظ :

1- حفظ الاجزاء الرخوة : اذا منعت البكتريا من مهاجمه الكائنات بعد موتها فان اجزائها الطرية بالاضافة الى تراكيبها الهيكلية سوف تحفظ

- الحفظ بواسطة التجميد Freezing وافضل مثال لهذا الحفظ هو العثور على الجثث الكاملة لحيوان الماموث ووحيدات القرن Rhinoceroses في تندرا سيبيريا
- الحفظ بواسطة الجفاف مثال لهذا الحفظ هو المومياءات التي حفظت في اجواء صحراوية جافة جدا وقد حفظت اجزائها الطرية بصورة جيدة
- الحفظ بواسطة الاصماغ Resins والكهرمان Amber وقد حفظت بعض الحشرات و اجزاء من النباتات بهذه الطريقة، علما ان الاجزاء تحفظ بهذه الطريقة (شكل1)

شكل (1)

- السوائل النفطية Petroleum oils والاسفلت Asphalt وقد حفظ ديناصور متكامل في مستنقع اسفلتي في امريكا الشمالية.

من الجدير بالذكر ان طرق حفظ الاجزاء الرخوة تتضمن ايضا الاجزاء الصلبة في المتحجرات أي ليست مقتصرة على الاجزاء الرخوة فقط.

2- حفظ الأجزاء الصلبة: معظم اللافقريات تملك أجزاء صلبة متكونة من كاربونات الكالسيوم وسيلكة ومكونات عضوية معقدة او خليط من تلك المواد، يتواجد كاربونات الكالسيوم على شكل معدني الكالسايت والاراكونايت وبعض الأصداف تمتلك كلا المعدنين اما السيلكة فهي تتواجد

على شكل غير متبلور او متميأ مثل الاوبال Opalوهذه المواد عادة ما تكون غير نقية تدخل ضمنها عناصر مختلفة مثل المغنيسيوم والسترونتيوم والمنغنيز والحديد والكبريت، واهم طرق حفظ الاجزاء الصلبة هي:

- التكربن Carbonization هو عملية تكربن الانسجة النباتية مثل الكرابتيولايت وبعض الحيوانات مثل المفصليات والاسماك ويحصل نتيجة تطاير مكوناتها من الهايدروجين والاوكسجين والنايتروجين وهي محتوياتها الاصلية وبالتالي سوف يتركز الكاربون على شكل طبقة رقيقة تعكس الشكل العام للكائن المتحلل (شكل2).

شكل (2)عملية التكربن في الاسماك
عمر الايوسين

- التصخر Petrifaction عادة ما تحتوي الأصداف والعظام على مسام عديدة والتي تكون مرصوصة بصورة كبيرة وبالتالي فسوف تترسب بعض المعادن القادمة من المياه الجوفية داخل المسام وبالتالي تعطي صورة مماثلة للكائن بعد تحلله، وتسمى هذه العملية ايضا بـ Premineralized (شكل3).

شكل (3) تصخر احد اجناس ذراعية القدم ،
بعمر الجوراسي الاسفل

- أعادة التبلور Recrystalization التركيب الداخلي لبعض الأصداف يتغير نتيجة المحاليل الكيميائية واعادة التبلور. بشكل عام المواد الجزيئية تترسب على شكل بلورات متراكمة عادة ما يفقد التركيب الدقيق الاصلي لأي صدفة بهذه الطريقة وتتحول الصدفة الى بلورت موزائكية مرصوصة عادة ما تحتفظ بالتركيب المعدني الاصلي في هذا العملية، فمثلا الفورامنفيرا جدارها كلسي ليفي يتحول الى جدار غير ليفي من حبيبات الكالسايت وقد يتغير المعدن الواحد الى اخر ولكن مختلف في التركيب الجزيئي .
- ازالة الماء من المركب الكيميائي Dehydrated هناك كميات كبيرة من الهياكل من مواد غير متبلورة تكون مغطاة بواسطة البدائيات والاسفنجيات فمثلا الاوبال غير مستقر يميل الى فقدان الماء بعد التبلور الى معدن الكالسدوني او الكوارتز. معظم المتحجرات السيلكية المكتشفة تتالف من الكالسيدوني و الكوارتز مثل بعض الاجسام المعقدة مجهريا مثل الراديولاريا وغيرها فان تركيبها الاصلي يتحطم جزئيا.

نتائج التحجر

- القالب Mold تترك الأجزاء الصلبة للكائنات الحية (الهياكل والاصداف) آثارها في الترسبات التي حولها بعد تحلل الهياكل او الجزء الصلب فأن اثره المتكون بهذه الصورة يسمى القالب ويطلق على القالب الذي يعكس الشكل الخارجي للكائن الحي بالقالب الخارجي External mold ويسمى القالب الذي يعكس الشكل الداخلي للحيوان بالقالب الداخلي Internal mold ويتكون نتيجة امتلاء الاجزاء الداخلية للاقسام الصلبة من جسم الحيوان بعد تفسخ الاجزاء الرخوة ومن ثم تتحلل الاجزاء الداخلية الصلبة تاركة قالب الاجزاء الداخلية ويسمى ايضا Steinkern .(شكل4)

شكل (4) القالب لاحد اجناس شوكيات الجلد
عمر الاوليكوسين

- **الطابع Cost** هو الشكل الذي يعكس الصورة الاصلية للكائن الحي ، يتكون نتيجة لامتلاء القوالب بالمواد الرسوبية او المعدنية. فبعد ذوبان البقايا الصلبة للكائنات الحية والمطمورة في الترسبات فان الفراغ الذي يتخلف والمحصور بين القالب الخارجي والداخلي والذي يعرف ايضا بالقالب الطبيعي Natural mold يمتلئ بالمواد المعدنية مكوناً الطابع وهو صورة اصلية لذلك الجزء الصلب من الكائن الحي ، وفي هذه الحالة فان الطابع يعكس الصورة الداخلية (شكل 5) والخارجية (شكل 6) لذلك الجزء من الحيوان.

شكل (5)الطابع الداخلي لاحد اجناس الفاسقدميات ويظهر التعشق الداخلي للصدفتين، عمر الكريتاسي

شكل (6)الطابع الخارجي لاحد اجناس الفاسقدميات *protocardia*، عمر الكريتاسي

الزمن الجيولوجي

Geological Time Chart

الحقب الجيولوجية		العصر الجيولوجي	الزمن التقريبي منذ بداية العصر "مليون سنة"
حقبة الحياة الحديثة CENOZOIC	الرباعي QUATERNARY	الحديث Recent	0.050
		البليستوسين Pleistocene	1
	الثلثي TERTIARY	البليوسين Pliocene	12
		الميوسين Miocene	30
		الأوليجوسين Oligocene	40
		الباليوسين و الإيوسين Eocene & Paleocene	60
الحياة المتوسطة MEZOZOIC	حقبة	الطباشيري Cretaceous	120
		الجوراسي Jurassic	155
		الترياسي Triassic	190
الحياة القديمة PALEOZOIC	حقبة	البرمي Permian	215
		الكربوني Carboniferous	300
		الديفوني Devonian	350
		السيلوري Silurian	390
		الأردوفيشي Ordovician	480
		الكمبري Cambrian	550
حقبة الحياة الابتدائية[1] PRE-CAMBRIAN		البروتيروزوي Proterozoic	1750
		الآركيوزوي Archeozoic	3750

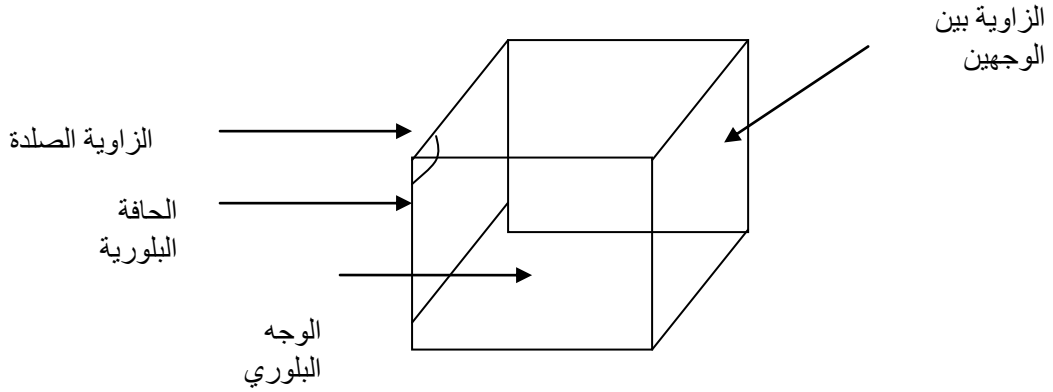
علم وصف البلورات Crystallography

هو العلم الذي يختص بدراسة البلورات وتحديد انظمتها وانواعها واصنافها واشكالها البلورية ، اما البلورة Crystal فهي جسم هندسي صلب ذات تركيب كيميائي محدد تتبلور وتنفصل من المحلول المشبع تحت ظروف حرارية وضغطية معينة ،مثل بلورة ملح الطعام (معدن الهالايت Halite) NaCl يحد هذه البلورة اسطح مستوية تسمى اوجه البلورة Crystal faces تمثل انعكاسات للترتيب الذري الداخلي للذرات وتسمى عملية انفصال البلورة من المحلول المشبع بعملية التبلور Crystallization .

الاجزاء البلورية:

1-الوجه البلوري Crystal face

هي تلك السطوح التي تحيط بالبلورة من جوانبها المختلفة، مثال ذلك توجد ستة اوجه بلورية في البلورة المكعبة الموضحة بالشكل التالي:



2-الحافة البلورية Crystal edge

هي حافة مستقيمة تنشأ من التقاء وجهين بلوريين متجاورين ، فمثلاً توجد (12) حافة بلورية في النظام المكعب.

3-الزاوية الصلدة Solid angle

هي تلك الزاوية التي تنشأ من التقاء اكثر من وجهين بلوريين فمثلاً توجد (8) زوايا صلدة في بلورة النظام المكعب.

4-الزاوية بين الوجهين Interfacial angle

وتقاس هذه الزاوية بين مستقيمين عموديين على اي وجهين بلوريين متجاورين مشتركين بحافة بلورية كما في الشكل اعلاه.

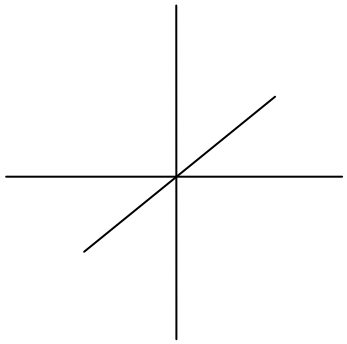
5-الشكل البلوري Crystal form

وهو الهيئة التي تبدو بها البلورة والتي تحدد بعدد الاوجه البلورية المرتبة بصيغة معينة تعطي في النهاية شكلاً معيناً كالنظام المكعب الذي يحتوي على ستة اوجه بلورية.

6-المحور البلوري Crystallographic axis

هو خط وهمي يمر بمركز البلورة وتحوي جميع الانظمة البلورية على ثلاثة محاور بلورية عدا النظام السداسي الذي يتميز بأحتوائه على اربعة محاور بلورية ، تتقاطع المحاور البلورية في نقطة تسمى نقطة التقاطع.

المحوري والتي تمثل مركز البلورة Crystal center ،تسمى المحاور البلورية المتساوية الاطوال (a_1 , a_2 , a_3) ،اما المحاور البلورية غير المتساوية الاطوال فتسمى (a ,b , c) والشكل التالي يمثل المحاور البلورية والزوايا بين هذه المحاور .

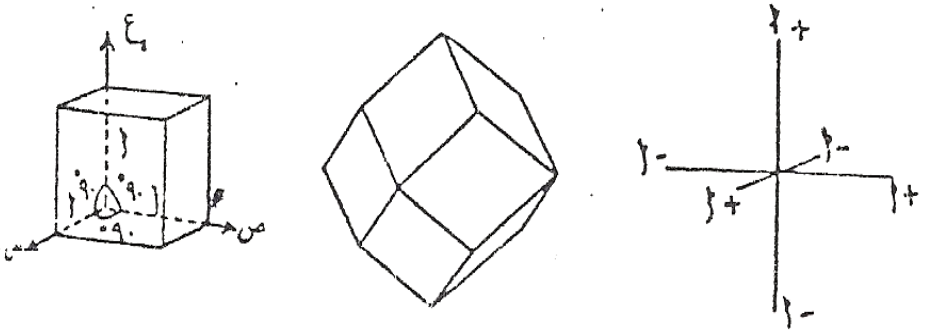


الانظمة البلورية Crystal systems

بالاعتماد على طول المحاور البلورية a , b , c والزوايا بين هذه المحاور تقسم الانظمة البلورية الى ستة انظمة بلورية اساسية هي:

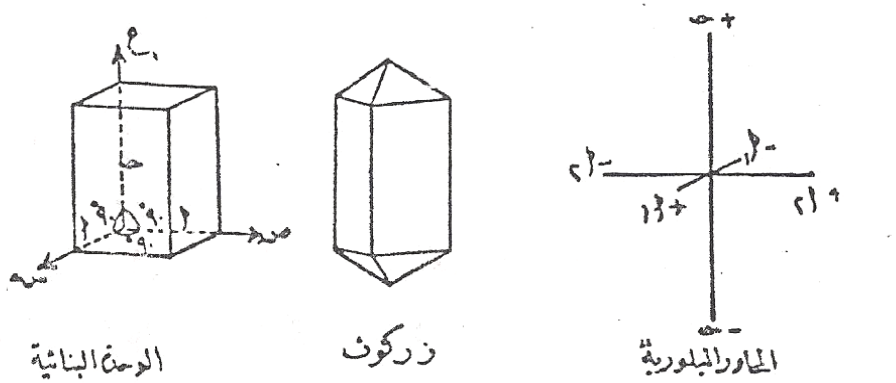
1-النظام المكعب Cubic system

في بلورات هذا النظام تكون جميع المحاور البلورية متساوية بالطول وجميع الزوايا المحورية متعامدة اي و ($a_1 = a_2 = a_3$) ومن المعادن الشائعة التي تتبلور في النظام المكعب معدن الهالايت Halite ، الماكنيتايت Magnetite و البايرايت Pyrite .كما في الشكل التالي:



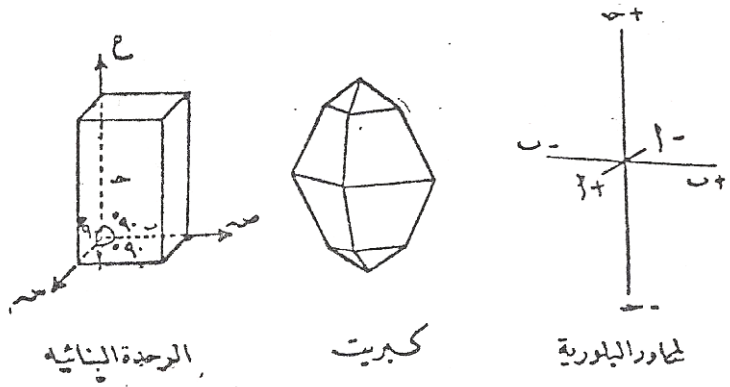
2-النظام الرباعي Tetragonal System

يحتوي على محوريين متساويين بالطول a_1 , a_2 ومحور ثالث مختلف في الطول عمودي على المستوي الحاوي على المحورين a_1 , a_2 وهو المحور الشاقولي C وتكون الزوايا المحورية متعامدة اي : ($a_1 = a_2 = C$) ومن المعادن التي تتبلور في هذا النظام معدن الروتايل Rotile والبايرولوسايت Pyrolosite .كما في الشكل التالي:



3-النظام المعيني القائم Orthorhombic system

يحتوي هذا النظام على ثلاثة محاور بلورية غير متساوية بالطول a , b , c بينما تكون جميع الزوايا بين المحاور متعامدة اي:

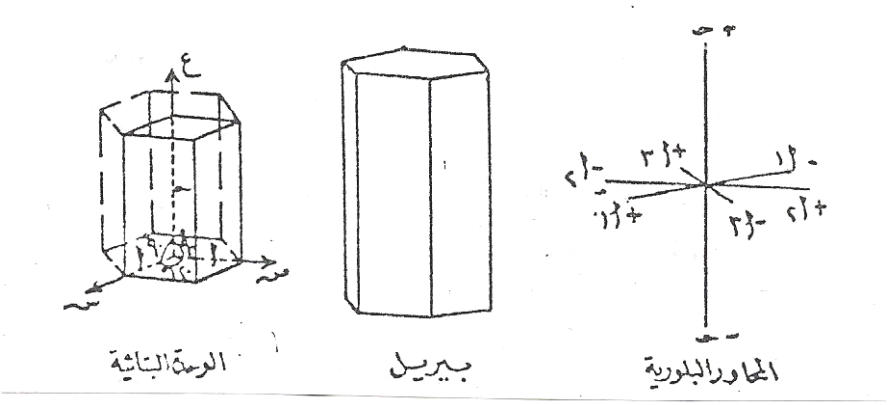


من المعادن التي تتبلور في هذا النظام معدن الجيوثايت Geothite والماركسايت Marcasite.

4-النظام السداسي Hexagonal system

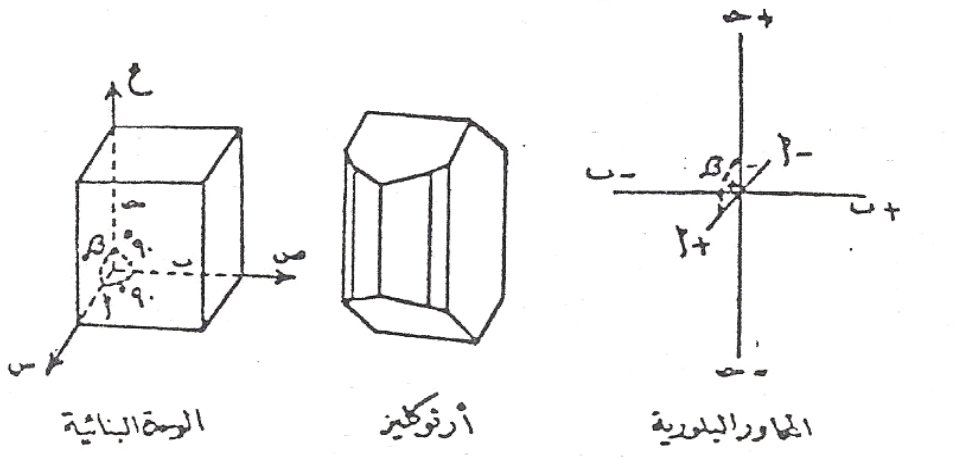
تمتلك جميع البلورات التي الى هذا النظام اربعة محاور بلورية ،ثلاثة منها تقع في مستوي واحد وتكون متساوية بالطول (a_1 , a_2 , a_3) والزاوية بين هذه المحاور هي (120°) اما المحور الرابع فيكون عمودي على المستوي الذي يضم هذه المحاور اي:

ومن المعادن التي تتبلور في هذا النظام معدن الكوارتز Quartz والكرافايت Graphite .



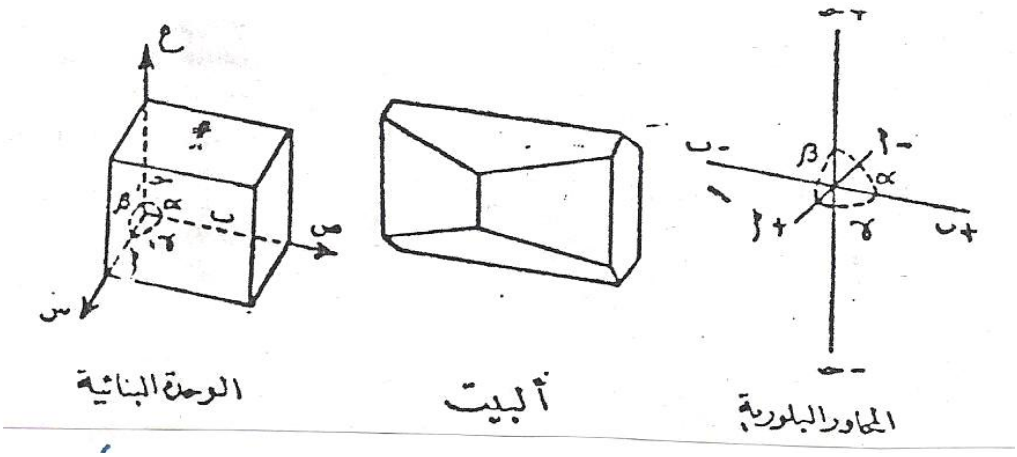
5-النظام احادي الميل Monoclinic system

يحوي هذا النظام على ثلاثة محاور بلورية غير متساوية بالطول والمحور a مائل على المحور C (اي يوجد محور واحد مائل) لذلك سمي النظام احادي الميل اما الحور b عمودي على المستوي الذي يضم المحورين (a , c) اي:



6-النظام ثلاثي الميل Triclinic system

يحوي هذا النظام على ثلاثة محاور بلورية غير متساوية بالطول وغير متعامدة اي ان المحاور البلورية الثلاثة تميل الواحد على الاخر لذلك سمي ثلاثي الميل اي:



ومن المعادن التي تتبلور في هذا النظام معدن الالبايت Albite .

التناظر البلوري Crystallographic symmetry

هو ترتيب منتظم ومتناسق يمثل انعكاس للترتيب الذري الداخلي ويقسم الى عدة عناصر تسمى بعناصر التناظر وهي :

1- مستوي التناظر Plane of symmetry

هو ذلك المستوي الذي يقسم البلورة الى نصفين متماثلين بحيث يكزن احدهما صورة مرآة للاخر.

2- محور التناظر Axis of symmetry

هو عبارة عن خط وهمي يمر بمركز البلورة والذي اذا اديرت البلورة حوله دورة كاملة (360°) يتكرر احد اجزاء البلورة عدد معين من المرات في الموقع نفسه . وقد تنطبق محاور التناظر مع المحاور البلورية او لا تنطبق.

انواع محاور التناظر:

1-محور تناظر ثنائي:هو ذلك المحور الذي اذا اديرت حوله البلورة (360°) فأن احد عناصرها تتكرر مرتين (اي مرة كل 180°) ويرمز له بالرمز .

2–محور تناظر ثلاثي: هو ذلك المحور الذي اذا اديرت حوله البلورة (360°) فأن احد عناصرها تتكرر ثلاث مرات (اي مرة كل 120°) ويرمز له بالرمز .

3–محور تناظر رباعي: هو ذلك المحور الذي اذا اديرت حوله البلورة (360°) فأن احد عناصرها تتكرر اربع مرات (اي مرة كل 90°) ويرمز له بالرمز .

4–محور تناظر سداسي: هو ذلك المحور الذي اذا اديرت حوله البلورة (360°) فأن احد عناصرها تتكرر ست مرات (اي مرة كل 60°) ويرمز له بالرمز .

ملاحظة: لايوجد محور تناظر خماسي

3–مركز التناظر Center of symmetry

هو عبارة عن نقطة وهمية داخل البلورة يتناظر حولها عنصران من عناصر البلورة كأن يكونان وجهين من الاوجه البلورية بحيث تكون المسافة بينها وبين وجه بلوري هي نفس المسافة بينها وبين وجه بلوري مقابل.

التناظر في الانظمة البلورية الستة

1– التناظر في النظام المكعب:

*محاور التناظر : يوجد في هذا النظام 13 محور تناظر وهي:

–ثلاث محاور تناظر رباعية (تنطبق مع المحاور البلورية).

–اربعة محاور تناظر ثلاثية (من اطراف الزوايا الصلدة).

–ستة محاور تناظر ثنائية (من انصاف الحواف البلورية المتقابلة).

*مستويات التناظر: تسعة مستويات تناظر.

*مركز التناظر موجود

2– التناظر في النظام الرباعي:

*محاور التناظر:يوجد في هذا النظام خمسة محاور تناظر وهي

–محور تناظر رباعي واحد ينطبق مع المحور الشاقولي C .

–اربعة محاور تناظر ثنائية اثنان منهما ينطبقان مع المحورين البلوريين a_2 , a_1 والاثنان الاخران ينصفان هذين المحورين.

*مستويات التناظر: خمسة مستويات للتناظر.

*مركز التناظر موجود.

3- التناظر في النظام المعيني القائم:

*محاور التناظر: ثلاثة محاور تناظر ثنائية متطابقة مع المحاور البلورية (a , b , c).

*مستويات التناظر :ثلاثة مستويات تناظر.

*مركز التناظر موجود.

4- التناظر في النظام السداسي:

*محاور التناظر :يوجد في هذا النظام سبعة محاور للتناظر هي:

- محور تناظر واحد سداسي ينطبق مع المحور الشاقولي C .

- ستة محاور تناظر ثنائية ثلاثة منها تنطبق مع المحاور البلورية (a_3 , a_2 , a_1) وثلاثة اخرى تنصف هذه المحاور .

*مستويات التناظر : سبعة مستويات تناظر.

*مركز التناظر موجود

5- التناظر في النظام احادي الميل:

*محاور التناظر: محور تناظر واحد ثنائي ينطبق مع المحور البلوري b .

*مستويات التناظر: مستوي تناظر واحد يضم المحوران a ,c .

*مركز التناظر موجود

6- التناظر في النظام ثلاثي الميل:

لا توجد في هذا النظام اي محاور تناظر او مستويات للتناظر لكن مركز التناظر موجود.

المعادن Minerals

المعدن: هو مادة صلبة متجانسة غير عضوية طبيعية التواجد ذو تركيب كيميائي ثابت ونظام بلوري معين. والمعدن اما يتكون من عنصر واحد غير متحد مع غيره من العناصر مثل الذهب والماس والكرافايت او على شكل مركب كيميائي مكون من عنصرين او اكثر والمركب هو الصيغة الشائعة لاغلب المعادن المتواجدة في الطبيعة مثلاً معدن الكالسايت Calcite وصيغته الكيميائية $CaCo_3$.

نشأة المعدن Mineral Genesis:

1 -**تكوين المعدن من الصهارة (magma)**: بواسطة التبلور والانفصال من الصهارة عند التصـــــــــــــــلب مثل معدن الفلدسبار

(Ca, Na, $AlSi_3$, O_8) او ($KAlSi_3O_8$) والاوليفين $(Fe,Mg)SiO_4$ والكوارتز (SiO_2) والماكنيتايت(Fe_2O_3).

2 -**تكوين المعادن من المحاليل (Solutions):** وخاصة من محاليل المياه الحارة بعد برودتها مثل الكالينا PbS والكالسايت $CaCO_3$ والسنابار HgS والاوبال SiO_2 ، وبواسطة التبخر مثل ملح الطعام NaCl او خروج الغاز من السائل مثل بيكربونات الصوديوم او الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$. ان هذه الحالات تتم لتركيز المادة في السائل ثم ترسيبها بشكل معدن، اما الطرق الاخرى التكوين فتكون بالاحلال مثل احلال SiO_2 في الخشب وتبادل المحاليل مثل تكوين حجر الكلس $CaCO_3$ من اتحاد محاليل كاربونات الصوديوم مع كلوريد الكالسيوم، وبفعل الكائنات الحية مثل استخلاص $CaCO_3$ لتكوين الصدفة واستخلاص SiO2 لبناء هيكل الراديولاريا.

3 -**تكوين المعادن من الغازات (gasses):** مثل تفاعل فلوريد الهيدروجين HF مع الصخور الجيرية $CaCO_3$ لتكوين معدن الفلورايد CaF_2.

الخصائص الفيزيائية للمعادن Physical properties of minerals

***الخصائص البصرية:**

1- اللون Color : ويمثل الضوء المنعكس عن سطح المعدن والذي يكون بطول موجي معين.
هنالك بعض المعادن التي تمتاز بلون ثابت مثل معدن الكبريت Sulphur (اصفر اللون) والهيماتايت Hematite (احمر اللون) والبعض الاخر تتحكم في الوانه نوعية الشوائب وكميتها ومثال ذلك هو معدن الكوارتز Quartz حيث ان الكوارتز النقي هو عديم اللون لكن في بعض الاحيان نجده يمتلك اللون الوردي ويسمى Rose quartz او اسود اللون ويسمى Smoky quartz .

2- المخدش Streak : هو لون مسحوق المعدن الذي قد يشابه لون المعدن الاصلي او يختلف عنه. ولغرض التعرف على لون مخدش المعدن يتم حك المعدن على لوح خاص مصنوع من البورسلين ابيض اللون يسمى لوح المخدش Streak plate ثم نلاحظ اللون المتخلف على هذا اللوح والذي يمثل لون مخدش المعدن مع الانتباه الى ان بعض المعادن تمتلك صلابة اعلى من لوح المخدش اي لا تترك اثراً على سطح اللوح مثل معدن التوباز Topaz والجدول التالي يبين بعض الامثلة على المخدش.

Mineral	Color	Streak
Talc	Green	White
Gypsum	Colorless-brown	White
Hematite	Red	Red
Magnetite	Black	Black
Sphalerite	Brown	Yellow

3- البريق Luster :هو شدة سطوع سطح المعدن والذي يعتمد على كمية الضوء المنعكسة عن سطح المعدن والواصلة الى العين. ويفضل دراسة البريق على سطوح المعدن الجديدة لتلافي حالة الصدأ التي تحصل على سطوح بعض المعادن وبالتالي لا تعكس البريق الاصلي للمعدن ، ويقسم البريق الى نوعين :

*بريق فلزي Metallic luster
هو ذلك البريق المنعكس عن سطوح الفلزات كالذهب والفضة والبلاتين حيث ان اغلب المعادن المعتمة تمتلك بريقاً فلزياً.

*البريق اللافلزي Nonmetallic luster
هو البريق المنعكس عن سطوح المعادن الفاتحة اللون والمعادن الشفافة التي تسمح بنفاذ الضوء من خلالها ويقسم الى عدة انواع اهمها:

1- بريق زجاجي Vitreous luster
ويشبه بريق الزجاج ومثاله معدن الكوارتز Sio_2 .
2- بريق دهني Greasy luster
يشبه البريق المنعكس عن المواد الدهنية مثل معدن النفيلين Nepheline .
3- بريق صمغي Resinous luster
يشبه بريق المواد الصمغية ومن امثلته معدن الكبريت Sulphur .
4- بريق لؤلؤي Pearly luster
يشبه بريق سطح اللؤلؤ ومن امثلته معدن المايكا Mica .
5- بريق حريري Silky luster
يشبه بريق مادة الحرير ومن امثلته معدن الجبس الليفي Fibrous gypsum .
6- بريق ماسي Adamantine luster
وبريقه ساطعاً يشبه بريق الماس ومن امثلته معدن السروسايت Cerussite .
7- بريق ارضي او ترابي Earthy or Dull luster
تتميز به المعادن ذات المنظر الترابي او المعادن الطينية مثل معدن الكاؤلينايت Kaolinite .

4- الشفافية Transparency

هي قابلية المعدن على امرار الضوء من خلاله وتقسم المعادن على اساس هذه الخاصية الى ثلاثة اقسام هي:
- معادن شفافة Transparent: وهي المعادن التي تسمح للضوء بالمرور من خلالها مثل معدن الكوارتز.
- معادن شبه شفافة Translucent : وتسمح لنصف كمية الضوء بالمرور من خلالها مثل الكوارتز الداخن Smoky quartz
- معادن معتمة opaque : وتمتاز به المعادن الغامقة التي لا تسمح للضوء بالمرور من خلالها مثل معدن البايرايت Pyrite .

***الخصائص التماسكية**

وتعتمد على البناء الذري الداخلي للمعدن وتقسم الى:

1- الصلابة Hardness

هي مقدار المقاومة التي يبديها المعدن اذا ما تعرض لخدش او تقتت او تأكل وتقاس صلابة المعدن بواسطة مقياس خاص يسمى مقياس موهو للصلابة Moh s scale of hardness وهذا المقياس مكون من عشرة معادن مرتبة تصاعدياً من المعدن الاقل صلابة الى المعدن الاعلى صلابة وهذه المعادن هي:

1-Talc	تالك
2-Gypsum	الجبس
3-Calcite	كالسايت
4-Flourite	فلورايت
5-Apatite	اباتايت

6-Orthoclase	اورثوكليس
7-Quartz	كوارتز
8-Topaz	توباز
9-Corundum	كورانـدم
10-Diamond	ديامونـد (الماس)

ويتم التعرف على درجة صلابة المعدن بخدشه باحد معادن المقياس فالمعدن الخادش هو الاعلى صلابة والمعدن المخدوش هو الاقل صلابة .

مثال:

اذا اخذت معدناً معيناً واردت التعرف على صلابته ،قم بخدش المعدن بواسطة معادن جدول موهو بالتسلسل الى ان تخدش المعدن فمثلا اذا خدش المعدن الذي بين يديك بواسطة معدن الكوارتز فهذا يعني ان هذا المعدن يملك صلابة اقل من (7) لذلك نقوم بخدشه بمعدن اقل وهو الاوثوكليس فاذا لم يخدشه فهذا يعني ان صلابة المعدن هو (6) تقريباً.

وايضاً يمكن قياس صلابة المعدن بواسطة مواد اخرى متوفرة لديك او في المختبر فمثلاً يمكن استعمال ظفر الاصبع وصلابته (2.5) والعملة النحاسية (3.5) ونصل السكين (5.5) ولوح المخدش (6.5).

2- التشقق (الانفصام) Cleavage

هو عبارة عن اسطح متوازية ومتساوية المسافات عن بعضها تمثل مناطق ضعف في المعدن وهي تعتمد على البناء الذري الداخلي واذا ما طرق المعدن الحاوي على تشقق طرقاً خفيفاً فأن اسطح جديدة تظهر بوضوح وتعرف هذه الاسطح بمستويات الانفصام Cleavage planes . قد تكون هذه المستويات بأتجاه واحد One set of cleavage مثل معدن المسكوفايت او بأتجاهين Two set of cleavage مثل الفلدسبار او قد تكون بثلاثة اتجاهات Three set of cleavage مثل الهالايت وقد تخلو بعض المعادن من هذه الخاصية مثل الكوارتز.

3- المكسر Fracture

هو الشكل الذي يظهر به المعدن بعد تعرضه للكسر ويكون على عدة انواع :

- مكسر محاري Concoidal fracture: ويكون على شكل دوائر متحدة المركز (كما في خطوط النمو لصدفة المحار) لذلك سمي بالمحاري ومثال صخرة الاوبسيدين Obsidian.
- مكسر شبه محاري Subconcoidal fracture: ويكون اقل انتظاماً من السابق ويظهر في معدن الكوارتز.
- مكسر مستوي Even: ويكون على شكل سطح مستوي ومثاله صخرة الحجرالجيري Limestone .
- مكسر خشن Hackly: ويكون السطح المكسور ذا نتوءات بارزة كما في النحاس.

***الخصائص الحسية**

وتشمل الملمس والطعم والرائحة حيث ان بعض المعادن تتميز بملمس دهني مثل التالك وبعضها تتميز بطعم مثل الهالايت (ملح الطعام) وبعضها تتميز برائحة مثل معدن الكبريت.

الخصائص الكيميائية للمعادن Chemical properties of minerals

تصنف المعادن الموجودة في الطبيعة على اساس تركيبها الكيميائي الى مجموعات متشابهة حتى تسهل دراستها واهم هذه المجموعات هي:

1- المعادن العنصرية Native (الفلزية Metallic واللافلزية Nonmetallic)

تمثل الحالة العنصرية للمعدن الحر الذي لا يتحد مع غيره من العناصر ومن امثلتها الذهب والكبريت والماس.

2- الاكاسيد Oxides

وتشمل معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية مثل الكوارتز Quartz (SiO_2) والهيماتاتيت Hematite (Fe_2O_3).

3- الكبريتيدات Sulphides

تتكون هذه المعادن من اتحاد مجموعة الكبريتات (So_4) مع العناصر مثل معدن الجبس Gypsum ($CaSO_4.2H_2O$) كبريتات الكالسيوم المائية.

4- الهاليدات Halides

وتتميز بسيادة ايونات الهالوجينات ذات الشحنة السالبة Cl , Br , F , I مثل معدن الهالايت (NaCl) كلوريد الصوديوم او ملح الطعام (Table salt).

5- الكاربونات Carbonates

تتكون هذه المجموعة من اتحاد الكاربونات بالعناصر مثل معدن الكالسايت Calcite ($CaCO_3$) كاربونات الكالسيوم.

6- الفوسفات Phosphates

وتحتوي على ايون الفوسفات Po_4 كوحدة بنائية اساسية مثل معدن الاباتايت Apatite ($Ca(FCL)(PO_4)_3$) فوسفات وفلوريد الكالسيوم.

7- السيليكات Silicates

يضم هذا القسم مجموعة كبيرة من المعادن يقدر بحوالي 25% من جميع المعادن المعروفة وتكوّن حوالي 90% من معادن القشرة الارضية، وتشمل معادن مهمة مثل الفلدسبار Feldspar والتي تنقسم الى مجموعتين هي الاورثوكليس Orthoclase ($KAlSi_3O_8$) سيليكات البوتاسيوم والالمنيوم ومجموعة البلاجيوكليس Plagioclase سيليكات الصوديوم والكالسيوم والالمنيوم ومن امثلة هذه المجموعة معدن الاوليفين Olivine ($(Mg,Fe)_2SiO_4$) .

المنجم Mine: هو منطقة توضع المعدن (mineral deposits) التي يتم حفرها (excavated) لاستخراج المعادن او أحجار البناء بطرق مختلفة مثل:

1- المنجم المفتوح Opened excavation: الذي تستخرج منه كتل المعدن الصخري بواسطة الشفلات الحافرة مثل منجم الفوسفات في الصحراء الغربية العراقية وغرب الاردن ومنجم كبريت يشيركو في بولونيا ومنجم خامات الحديد، وتنقية الذهب من المكيث.

2- منجم انفاق تحت الارض Subterranean excavation: وتشمل تكسير الصخور الحاوية على المعدن ونقلها الى السطح مثل منجم الملح في بولونيا ومناجم الفحم في اوربا وامريكا.

3- منجم السحب بالاذابة داخل الطبقات الصخرية: مثل منجم كبريت المشراق الذي يستخرج منه الكبريت بطريقة فراش (Frash method) باذابته داخل الارض بالمياه الحارة (140 ْم) وسحبه من الابار بالهواء الحار.

المنجمية Mining: هي عمليات استخراج التوضعات المعدنية او أحجار البناء من الارض يشمل المصطلح ايضاً المعاملات ا لابتدائية للخامات او أحجار البناء مثل التنظيف والتقطيع لحجوم معينة والتحشية.

الجيولوجيا المنجمية Mining Geology: هو دراسة تواجدات تركيبية لسحنات معدنية والتي تمثل الاساسيات الجيولوجية لتخطيط وتضمين المنجم.

الكشف Excavation: هو عملية ازاحة التربة و/ أو المواد الصخرية من موقع معين ونقلهم لموقع آخر. انها تشمل الحفر والتكسير والتفجير والسحب والتحشية.

الصخور النارية Igneous Rocks

تمثل الصخور النارية ضمن دورة الصخور في الطبيعة الفعاليات الاساسية. اذ تبرد وتتبلور من الصهير (magma) كمعادن متجمعة يمكن تمييزها.

الصهير (magma): المواد المنصهرة من الصخور والمعادن تحت درجة حرارة عالية جداً (اعلى من 1000 ْم) والتي تتحرك ضمن الجبة (mantle) وتتبلور كلما بردت بواسطة حركتها بالاتجاه الى الاعلى والتقرب الى سطح الارض خلال تكسرات القشرة الارضية، وربما تقذف لتكوين البركان.

اللافا (Lava): تشابه الصهير في سيولتها ومكوناتها وحرارتها العالية جداً عدا هروب الغازات منها، وتؤدي لتكوين الصخور النارية الخارجية (Extrusive Igneous Rocks) أو ما تدعى الصخور البركانية (Volcanic Igneous Rocks) السريعة التبلور لتكوين صخور الرايوليت والبازلت والانديسايت.

الصخور البلوتونية (Plutonic):

هي الصخور النارية الداخلية (Intrusive Igneous Rocks) البطيئة التبلور من الصهير الداخلي والمؤدية لتكوين صخور الكرانايت والكابرو في كتل كبيرة داخل الارض مثل الباثوليت (Batholith) المجاور للصهير الداخلي واللاكوليث (Lacolith) الذي يملئ الاسطح الطبقية الضعيفة والقواطع (Sills & Dikes) الافقية والعمودية في الصخور الرسوبية.

البركان Volcano: هو الطور التدفقي للصهير على سطح الارض والذي يؤدي لتكوين الفوهة البركانية (Caldera) في قمة مخروط بركاني (او يدعى الجبل البركاني) المتكون من الصخور النارية الخارجية بشكل طبقات يكون ميلانها حسب انحدار المخروط البركاني وسيول اللافا. ويرافق هذا التكوين فعاليات مثل:

1) **سيول اللافا:** التي تحرق النباتات وتميت الحيوانات وتقطع مسارات الانهار لتحيل الارض بعدها الى صحراء وتحويل النهر الى مسار آخر.
2) **الانفجارات البركانية:** وتكون بسبب الفقدان المفاجيء للغازات والابخرة.
3) **الرذاذ البركاني Pyroclast:** الذي يتكون من الجزيئات الدقيقة الحارقة التي تتدفق لمسافات شاسعة مع الدخان ويؤدي لحرق الكائنات او موتها مع احلال المادة المعدنية بدل هيكل الكائن مثل الهياكل البشرية من بركان فيزوفي (79 ق.م) في جنوب ايطاليا.

4) **تلوث جو الارض:** وتكون بسبب الغازات السامة المندفعة من البركان مثل اول وثاني اوكسيد الكاربون (CO_2 ,CO) وكبريتيد الهيدروجين والسلفات ($SO_3^=$, SO_2, H_2S) وابخرة كلوريد الهيدروجين (HCl) الذين يختلطون مع الغيوم لاسقاط الامطار الحامضية المدمرة للنباتات.

5) **السيول البر كانية :** الذي يتكون من اختلاط الابخرة البركانية مع الماء والطين في سفوح الجبال ليسيل الى الوادي بشكل سيول تغطي القرى والمدن وتدفن النباتات.

6) **التغيرات المناخية:** لان الدخان الكثيف من البراكين الشديدة سوف تحجب اشعة الشمس وبالتالي يبرد سطح الارض وتحدث العصور الجليدية.

7) **المياه المعدنية:** اذ ان تدفق الصهير جنب المياه الجوفية يذيب بعض المعادن فيها ويؤدي لتدفق بخار الماء الساخن (Steam expulsion) الذي يستعمل للتدفئة وتشغيل المحركات.

8) **الانهيارات الجبلية:** تحدث للصخور القلقة (غير المستقرة) على سفوح المخروط البركاني نتيجة الاهتزازات المرافقة للهزة الارضية.

9) **الاغناء العالي بالمواد المعدنية المغذية للتربة:** والتي تؤدي الى تخصيب التربة بعد هدوء البركان وبرودته وخاصة من الرذاذ البركاني.

ان حركة الصهير داخل سطح الارض يؤدي طور تدفقها الى تكوين البراكين خاصة في القشرة الارضية القليلة السمك (10-30 كليومتر)، بينما يؤدي توقف حركة الصهير في عمق معين الى تكوين الموجات الاهتزازية التي تصل الى سطح الارض لتكوين الزلازل باي سمك كان للقشرة الارضية (10-90 كيلومتر).

الزلازل Earthquakes: هي هزات نابعة من داخل الارض نتيجة اندفاع الصهير الارضي في تشققات سطح الارض عند مناطق حدود الصفائح المتحركة وقبل وصولها الى السطح لتكوين البركان، تنتقل الهزات الارضية من موقع تاثير الهزة (Focus) الى موقع حدوث الهزة (Epicenter). تكون هذه التأثيرات ضمن خطوط حدود الصفائح النشطة حالياً، منها خط غرب الولايات المتحدة الامريكية والاسكا واليابان والفلبين واندونيسيا وجبال الهيمالايا وطوروس وشمال البحر الابيض المتوسط مع خطوط ثانوية اخرى. تقاس شدة الهزة بمقياس رختر لمعرفة كمية التدمير الممكن ان تسببه الهزة رقمياً وبمقياس بركاني لتوضيح مدى التدمير وتكون الموجات الزلزالية الممكن قياسها.

أمثلة للبراكين والزلازل:

1 - بركان فيزوني 79 ميلادية وانهيار الدولة الرومانية.
2 - بركان اطلنطس 1470 قزم. وانهيار حضارة اطلنطس قرب كريث وسط البحر الابيض والمتوسط.
3 - بركان اكد 2400 ق.م. وانهيار الدولة الاكدية بدمار المزروعات وهيكل الدولة.
4 - بركان تامبورا (اندنويسيا) 1815 مقتل 9200 وجرح 8200 شخص.
5 - بركان مونت بيليه 1902 مقتل 2800 شخص.
6 - بركان سانت هيلين 1980 مئات الممات اشد من القنبلة الذرية.
7 - زلزال بام في ايران 2044 مقتل 50 الف وجرح الالاف وتشريد 100000 شخص.
8 - زلزال في تركيا 2002 دمر بيوت المدينة وقتل المئات وجرح الالاف وتشريد مئات الالاف من الاشخاص.

نسيج الصخور النارية Texture of Igneous Rocks

تمثل المظهر الكلي للصخور اعتماداً على ترتيب وتداخل البلورات ولذلك فهي تعكس بيئة تكوينها. تكون انواع النسيج:

1- Aphanetic **ناعمة الحبيبات:** يصعب فيها تمييز المعدن المنفرد بالعين المجردة و تتكون من اللافا.
2- Vesicular **فقاعي:** نسيج ناعم الحبيبات لكنه يحتوي على الفجوات المتكونة من هروب الغازات عند سطح اللافا الخارجي من امثلتها معدن scoria.
3- Phaneritic **خشن الحبيبات:** يمكن تمييز المعادن المنفردة فيها بالعين المجردة. انها تتكون من الصهير تحت سطح الارض من امثلتها Granites.
4- Porpheritic **بوريفيري:** يتكون في نفس الصخرة بلورات كبيرة في الاعماق واخرى ناعمة تحيط بها تكونت قرب سطح الارض او من انقذاف مثل معدن Pegmatite.
5- Glassy **زجاجي:** يتكون بالتبريد السريع في الماء او الهواء مع ترتيب عشوائي لبلورات المعدن مثل معدن Obsidian.
6- Pyroclastic **رذاذي**: يتكون من تساقط الرذاذ البركاني وبتوضع بشكل طبقي مثل الصخور الحمراء التي عند فحصها المجهري تطهر جزيئات الرذاذ الحادة.

المكونات المعدنية Mineralogical composition:

يعتمد التركيب المعدني للصخرة النارية على نظرية Bowen التي تنص على ان المعادن المختلفة تكونت بواسطة التبريد المستمر والتبلور من الصهير. يكون الناتج احد اشكال الصخور وهي:

1- Ultramafic والتي تحتوي على اقل من 45% سيليكا بأغلبية مكونات الحديد والمغنيسيوم وتكون عالية جداً للكثافة.

2- Mafic والتي تحتوي 45-52% سيليكا ومكونات رئيسية من Ca, Mg, Fe وتكون عالية الكثافة (ثقيلة).

3- Intermediate والتي تحتوي 53-65% سيليكا.

4- Felsicوالتي تحتوي اكثر من 65% سيليكا ومكونات رئيسية من Na, K وتكون واطئة الكثافة (خفيفة).

وبصورة عامة فان المكونات المعدنية المتكونة من الصهير تعتمد ايضاً على التوضع البلوري وخلط الصهير والموقع الذي تتبلور فيه المعادن.

تصنيف الصخور النارية Classifying Igneous Rocks:

يعتمد تصنيف الصخور النارية على **بيئة التبلور و على النسيج والمكونات المعدنية**. ولمعدن الكوارتز SiO_2% أهمية ايضاً في التصنيف. وتكون **سلسلة بون التفاعلية** اساساً لتكوين الصخور النارية وتوزيع مكوناتها المعدنية مثل ان الغرانايت بأغلبية مكونات (كواتز+ فلدسبار بوتاسي) مع اقلية (مسكوفايت ، بايوتايت، امفيبول، فلدسبار الصوديوم). كذلك فان الصخور المتشابهة المكونات المعدنية قد اعطيت اسماء مختلفة اذ كان **نسيجها مختلفاً** مثل اشتراك صخرتي الغرانايت والرايولايت بالمكونات المعدنية والاختلاف في النسيج الخشن البلورات للاول والناعم للثاني وكذلك صخرتي الكابرو والبارالت.

التجـــــــوية و التعريـــــة
Weathering & Erosion

و تمثل العمليات الرسوبية الرئيسة في تكون الصخور الرسوبية من الصخور النارية و المتحولة.

التجوية(Weathering): هي تفتت و تحلل الصخور عند سطح الارض لتكوين التربة المنبسطة و الركام في المنحدرات.

امثلة:

1 -تكسر الاسمنت في بفعل الامطار و تغيرات درجة الحرارة في الوقت الحاضر.
2 -في الحالة الجيولوجية تكسر الكرانايت بتغيرات درجة الحرارة ووجود المياه و تكون بنوعين:

اولا: التجوية الميكانيكية: و تؤدي الى تفتت و تكسر الصخور الى جزيئات صغيرة بفعل العوامل الفيزياوية و البيولوجية و لهذا فهي تكثر في المناطق القطبية و الصحراوية لقلة المياه و تشمل:

1 -التثلج يساعد في تكسير الصخور.
2 -ازالة الحمل من فوق الطبقات الصخرية.
3 -تغيرات درجة الحرارة و تكسير الصخور.
4 -عمليات الكائنات الحية في تفتيت الصخور و خاصة امتداد الجذور النباتية و حركة الحيوانات الحافرة.

ثانيا: التجوية الكيميائية: و تكون بفعل المياه التي تتحرك في تشققات الصخور و تؤدي الى تحول المعادن الى حالات اخرى لذلك فهي تنشط في المناطق الاستوائية لوفرة المياه و تشمل:

1 -الاكسدة Oxidation:

$$FeS_2 + 2O_2 \longrightarrow FeSO_4 + S$$

2 -التكربن Carbonization:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

3 -التميؤ Hydration:

$$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$$

4 -الذوبان Solution:

Al Silicate minerals ⟶ Na^{+}, Ca^{++}, K^{+}, Mg^{++}

$Fe + O_2$ الاتحاد مع الاوكسجين

Al, Si, O_2 with H_2O الاتحاد مع الماء لتكوين المعادن الطينية

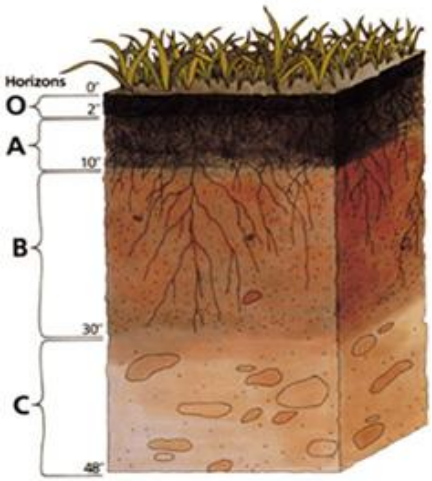
التـــــــربـــــــة Soil:

و هي نواتج رئيسة من تجوية الصخور.

مكـــونات التربة: تكون خليط من المعادن و المواد العضوية و الماء و التي نتجت من التجوية بنسب متفاوتة حسب المناخ و نوعية الصخور و تواجد المياه و تكون بنوعين هما الترب المتبقية(Residual soil)و الترب المنقولة(Transported soil)، تكون الاولى على سفوح الجبال و الثانية مثل ترب الدلتا.

مقطع التربة Soil Profile:

يمثل اجزاء وطبقات التربة المتجوية الصالحة للزراعة و التي تكون تقسيماتها:



1 -النطاق الاعتيادي: غني بالنباتات و المواد العضوية.

2 -النطاق (A): يقوم بتصفية التربة و تغذيتها.

3- النطاق (B): يقوم بتجميع الاطيان و المواد الذائبة (الملحية) من النطاق (A) و تكون غنية بالحيوانات الحافرة.

4- النطاق (C): يمثل تجوية جزئية للصخور الام مع قليل من الحيوانات الحافرة.

5- الصخور الام: غير المتجوية.

العوامل المؤثرة في تكوين التربة:
1- حجم الحبيبات: تناقص حجم الحبيبات يؤدي لزيادة اسطح التجوية.

2- نوع المعادن المكونة للصخور: ذوبان الرخام اسرع من ذوبان الكرانايت و مقاومة الكوارتز للذوبان اكثر من الفلدسبارو البايوتايت.
3- درجة التبلور: تكون المعادن المتبلورة اولا مثل الاوليفين هي اقل المعادن مقاومة للذوبان.
4- المناخ: تكون الرطوبة و الحرارة العاليين اكثر ملائمة للتجوية.
5- الصخور الام : تكون التربة المتكونة من البازلت غنية باكاسيد الحديد بسبب احتواء البازلت على معادن الحديد.
6- الزمن: يتكامل مقطع التربة بمرور الزمن و ان النطاق(A)يكون متجويا اكثر من النطاق(C) كونه مر بزمن اطول، بعض الصخور تاخذ زمن اطول من غيرها للتجوية.
7- الفعاليات الحياتية: تقوم البكتيريا و الفطريات الدقيقة و الحيوانات الحافرة و جذور النباتات باضافة مواد عضوية للتربة.
8- الانحدار: يتغير المناخ مع الارتفاع و لهذا يؤدي الى اختلاف في طبيعة التجوية و ان الانحدار لا يساعد على الحفاظ على التربة المتكونة و انما تدحرجها نحو الوادي.

عوامل التعرية (Erosion): هو تجمع المواد المتجوية و نقلها بوساطة العوامل المتحركة مثل الرياح و المياه و التيارات البحرية و الثلاجات لترسيبها في مواقع التوضع.
1- فعل الرياح: تؤدي حركة الرياح الى تكوين عوامل هدمية و عوامل بنائية يمثلان التجوية الميكانيكية و الترسيب بالتعاقب.
تتمثل العوامل الهدمية بنحت الطبقات الصخرية بوساطة دفع الرياح و تكوين الاشكال الجيومورفولوجية الرئيسة في الصحراء و منها:

ا- تكوين الاسطح الصخرية المصقولة.
ب- تكوين الوجه ريحيات.
ج- تكوين الظواهر الجيومورفولوجية(اعمدة، تلال خيمية و هضاب خيمية).
د- تكوين المنخفضات الصحراوية مثل البلايا.

اما العوامل البانية للرياح يمكن ان تتمثل ب:
ا- تكوين الكثبان الرملية.
ب- انواع الكثبان الرملية(المستعرضة، الهلالية، الطولية، النجمية و المتكافئة).

ج- الارتصاف الصحراوي: و تتكون من دفع الرياح للرمال و تثبيت الحصى فقط.
د- ترسبات اللوس: و يمثل الغبار الذي يغطي المواد في جميع البيئات القارية و يتم التنظيف الدائم لها في المنازل.

2- فعل المياه الجارية: تكون العوامل الرئيسة لحركة المياه في الانهار و السيول و كما ياتي:
ا- التعرية: نقل المواد المتكونة بوساطة التجوية و الفضلات الكتلوية المتساقطة على السفوح و من نحت النهر للجوانب.
ب- النقل: تكون بوساطة قابلية المياه لحمل حجوم معينة من جزيئات و حسب الطاقة القصوى للحمل اثناء النقل او بكمية حمل اقل من الطاقة القصوى و ان سرعة المياه هي التي تحدد مدى الحمل و تكون الحمولة كما ياتي:
1- حمولة ذائبة.
2- حمولة عالقة.
3- الحمولة القاعية.
ج- الترسيب: و يكون بوساطة تناقص سرعة المياه في:

1- المراوح الغرينية: تتكون بتغيير سرعة السيول الجارية عند الوديان، و ان تجمع عده مراوح غرينية تدعى البجاده.
2- الدلتا: تتكون عند تناقص سرعة مياه النهر عند الارتطام بالكتل المائية الكبيرة كالبحار.
3- سدود منع الفيضانات الطبيعية: و تتكون من تعاقب متكرر للفيضانات النهرية.
4- الوديان المتكونة من الانهار: (وادي عريض في المناطق الجافة، وادي ضيق في المناطق الرطبة، شلالات و السهول الفيضية).

3- فعل البحار: تمثل المناطق البحرية 70% من سطـــح الارض و تنزل الى عمق 3.5كم مع وجود مرتفعات وسط المحيط تصل الى ارتفاع 1 كم ، علما ان مستوى سطح البحر ثابت عالميا، يتحكم بفعل البحار ثلاثة عوامل رئيسةهي:
ا- كيميائية البحار: و تمثل المواد المذابة في مياه البحر.
1- درجة الملوحة 2- المواد المذابة(الايونات) 3- درجة الحرارة.

ب- حركة التيارات البحرية: و تكون بثلاث حالات رئيسة و هي:
1- تيارات و امواج ساحلية شديدة تؤدي الى تعرية المناطق الساحلية.
2- تيارات عالمية الامتداد و تكون بين قطبي الارض او موازية لخط الاستواء.
3- التيارات البحرية الصاعدة: تكون بين الاعماق و الساحل و تكون باردة و مشبعة بالمواد المذابة.

ج- التضاريس و تكوين البيئات البحرية.

4- فعل الثلاجات: تتكون الثلاجات في درجات الحرارة الواطئةجدا(اقل من الصفر) اذ تحجز مياه البحار في جليد في القطبين الشمالي و الجنوبي و فوق اعالي الجبال الشاهقة لتؤدي الى انخفاض مستوى سطح البحر. تتحرك في الوديان بسرعة اقل من مياه الانهار و بتزليد درجات الحرارة فان ذوبانها يؤدي الى ارتفاع مستوى سطح البحر ليحدث الطوفان و تكوين البحيرات من تساقط الامطار المرافقة.

1- التعرية الجليدية: و تتكون من حركة الثلاجات في الوديانو من اشكالها(الصقل و الخدوش الطولية على الكوارتز، الجلاميد الثلجية، الاخاديد الطولية في الوديان، الوديان المعلقة، تعرية الارض المنبسطة و المرتفعات المنحوتة بالثلاجات).

2- الترسبات الجليدية: و تكون ناتجة من حركة الثلاجات و تمثل جزيئات صخرية غير متجانسة تدعى Tillite.

الصخور الرسوبية SEDIMENTARY ROCKS

وهي نواتج عمليات التجوية والتعرية والترسيب التي تكثر على سطح الارض دون الكواكب الاخرى نظراً لتوفر المياه والرياح بنفس الوقت، وللدخول في تعريف الصخور الرسوبية يقتضي توضيح التصخر وعمليات بعد الترسيب (العمليات التحويرية).

التصخر Lithification:

هو تحول الترسبات غير المتصلبة المتوضعة حديثاً الى صخور متماسكة وصلبة متضمنة عمليات يمكنها ان تحدث متزامنة مع او بعد الترسيب مباشرة بفترة قصيرة او طويلة، مثل:

1- **اللصق Cementation:** وتكون بالتصاق الحبيبات الصخرية بواسطة الكلس او السيليكا او الاكاسيد. ويمكن ان تدعى السمنته.

2- **التضاغط Compaction:** ناتج ثقل الصخور الدافنة لتقريب الجزيئات الصخرية نحو بعضها وتقليل نسبة الفراغات (المسامية).

3-**اعادة التبلور Recrystalization:** ويكون بفعل تزايد درجة الحرارة والضغط ليؤدي الى ازدياد التبلور وتزايد وضوح الشكل البلوري مثل الحجر الجيري المتبلور.

4- **الاحلال Replacement:** مثل احلال السيليكا في متحجرات سيقان الاشجار الخشبية او احلال معدن محل آخر في الصخرة.

5- **الذوبان Dissolution:** الاذابة وتكوين الفجوات خاصة داخل الاحجار الجيرية والجبسية والملحية او اذابة المعادن غير المستقرة مثل الاراكونايت.

6- **التجفيف Desiccation:** هو فقدان جزيئات الماء من الرواسب.

انواع الصخور الرسوبية: وتقسم الى ثلاثة انواع اعتماداً على طبيعة الترسيب فيما اذا كانت كيمياوية اوفتاتية (ميكانيكية) او عضوية.

1) **الصخور الرسوبية الفتاتية Detrital Sedimentary Rocks:** تكونت من تراكم مواد جاءت منقولة بشكل حبيبات في الحالة الصلبة مشتقة من التجوية الكيمياوية والميكانيكية وترسبت بالحالة الميكانيكية. وتكون 75% من سطح الارض.

معادن الطين (شكل الاطيان وتكون نقية او مخلوطة)

المكونا ت: جزيئات الكوارتز (اغلبية مكونات لصلادته وعدم ذوبانه)

جزيئات الفلدسبار والمايكا (من التجوية الميكانيكية فقط)

* يتم تمييز الانواع المختلفة لهذه الصخور اعتماداً على:

1- حجم الحبيبات بالدرجة الرئيسية وعلاقتها بسرعة التيارات.

2- شكل الحبيبات بين المستدير والحافة الزوايا حسب مسافة النقل.

3- علاقة الحبيبات مع بعضها ودرجة الفرز.

4- المعالم الخارجية: اللمعان والتكسر.

5- المكونات المعدنية للصخرة.

	الصخرة الفتاتية	الاسم الشائع	اسم الجزئي	المدى الحجمي (mm)
10%	المدملكات Conglomerate & البريشيا Breccia	حصو Gravel	جلمود Boulder	>256
			حصو Cobble	64-256
			حصى Pebble	4-64
			حبيبات Granule	2-4
20%	الحجر الرملي Sandstone 1. Quartz 5.5 2.Arkose 5.5 3. Greywacke	الرمل Sand مع جزيئات الكوارتز و جزيئات فلسدبار حبيبات غير مفروزه حجمياً	الرمل	$2-\frac{1}{16}$
%70	السجيل Shale والصخر الطيني Clay stone	الطين Clay	السلت (الطفل) Silt	$\frac{1}{16}-\frac{1}{256}$
			الطين	$<\frac{1}{256}$

2) الصخور الرسوبية الكيمياوية **Chemical Sedimentary Rocks**:

تكونت من التجوية الكيمياوية للصخور والترسيب بعد النقل من المياه نتيجة ازدياد التر كيز او بالتبخر. ويكون حوالي 15% من سطح الارض.

* يتم تمييز الانواع المختلفة منها بواسطة:

1- التركيب الكيمياوي والشوائب ان وجدت.

2- المعالم الخارجية: اللمعان والتكسر والصلادة واللون والشفافية.

3- التفاعل مع حامض الهيدروكلوريك المخفف.

الحجر الجيري Limestone: يتكون من $CaCO_3$ ويؤلف 10% من الصخور الرسوبية على سطح الارض ومن انواعه (يتفاعل مع حامض HCL المخفف):

أ- الحجر الجيري الاعتيادي Limestone

ب- الحجر الجير الفتاتي Detrital Limestone: مع حبيبات رملية او طينية.

جـ- الكوكينا Coquina تجمع متحجرات باكثر من 70%.

د – الترافرتين Travertine: يكون حاد المكسر يتكون في الكهوف.

هـ حجر جيري او وليتي Oolitic Limestone: يحتوي اشكال مستديرة متمركزة التخطيط.

الدولومايت Dolomites: يتكون من $CaMg(CO_3)$ ويكون صلد عادة يتفاعل مسحوق الصخرة فقط مع حامض HCl المخفف.

حجر الصوان Chert: ويتكون من SiO2 مترسباً في المياه البحرية العميقة على الاغلب ومن اشكاله:

أ - الفلنت Flint: ويكون مع شوائب مواد عضوية.

ب -الجاسبر Jasper: ويكون مع شوائب اكاسيد الحديد.

جـ- الدايوتومايت Diatomites: ويتكون بشكل روغات تكونت من تراكم هياكل الراديولاريا والرايوتوم السلكية في اعماق البحار.

الملح الصخري Halite: يتكون من NaCl ويكون ملح الطعام. يتكون بالتبخر من المياه ويمكن تميزه بالشفافية والتذوق والذوبان السريع بالماء.

الجبس Gypsum & Anhydrate: ويتكون من $CaSO_4$ للانهيدرايت و $CaSO_4 .2H_2O$ للجبس. يتميز بعدم تفاعله مع حامض HCl والشفافية واللون الابيض التصلب السريع بخلط مسحوق مع الماء والتعرض للهواء.

3) الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks:

وتتكون نتيجة فعاليات الكائنات الحية بأمتصاص المعدن لداخله وتجميعه في صدفاتها او هياكلها، ومن انواعها:

الحجر الجيري العضوي Organic L.S. : يتكون في الشعاب المرجانية او تجميع صدفات حيوانات اللافقريات في المياه البحرية ويكون بتكوين $CaCO_3$ في هياكل هذه الحيوانات او يتكون بشكل روغات كلسية في اعماق البحار من تراكم هياكل الكائنات الوحيدة الخلية الكلسية التركيب.

الفوسفات Phosphates: ويكون بامتصاص الفسفور من ماء البحر في عظام وهياكل كائنات بحرية ثم التجميع والتركيز له بعد الترسيب ومن معاونه المتداخلة مع الحجر الجيري هو الابتايت Apatite ذو التركيب الكيمياوي $CaF(PO_4)_2$.

الفحم Coal: ويتكون من تراكم المواد الخشبية النباتية ودفنها بمعزل عن الاوكسجين مع تزايد درجة الحرارة ويكون تركيبه الكيمياوي الكاربون (C) بالدرجة الرئيسية مع قليل من الاوكسجين والهيدروجين وربما النيتروجين كمكونات للبنته اصلاً.

أما درجات تكونه بتزايد درجة الحرارة فهو

Peat ⟶ lignite ⟶ Bituminous ⟶ Anthracites

الصخور السيليكية العضوية: ومن امثلتها الروغات السلكية التي تتكون من تراكم هياكل كائنات مجهرية وحيدة الخلية في اعماق البحار مثل كائنات الراديولاريا والدايوتوم لتكوين صخور الدايوتومايت Diatomites.

التراكيب الرسوبية Sedimentary Structures:

انها الظواهر ضمن الصخور الرسوبية التي تكونت نتيجة العوامل الطبيعية والكيمياوية التي تعمل خلال بيئة الترسيب.

الطبقة: Layer, Strata, Bed

والتي تمثل ترسيب نوع واحد من الصخور بامتداد افقي وسمك يتراوح بين المجموعة وحتى عشرات الامتار، ويمكن ان تتعاقب الطبقات لتفصل بينهم الاسطح الطبقية.

السطح الطبقي: Bedding plane

هو السطح الذي تنفصل عنده طبقة عن طبقة اخرى ويكون مستوي على الاغلب ويمكن تمييزه بالتغير في نوعية الصخور.

التدرج الطبقي: Graded bedding هو تناقص حجم الحبيبات بالاتجاه العلوي في نفس الطبقة الصخرية، وتتكون من التيارات المائية الكدرخ تحت المنحدرات في اعماق البحار على الاغلب او ربما من الفيضان النهري. مرتسم

علامات النيم: Ripple marks

هو السطح الطبقي المتعرج الذي تكون بواسطة جريان التيارات المدية خلال قاع المياه الرملي او هبوب على كثبان رملية.

Mud cracks التشققات الطينية:

وتتكون عند سطح طبقة الطين عند تعرضها للرطوبة في المياه والجفاف تحت الشمس، ان الجفاف يسبب الشقق والتكسر، مؤشراً لدلالات بيئات سواحل البحيرات المدية، الطوفان النهري ، الحوض الصحراوي.

Cross bedding الطباقية الغازية:

هي الطبقات العالية الزاوية مع الافق ومؤشرة لدلالة بيئة الدلتا او الكثبان الرملية.

Rain Prints طبقات المطر:

وتتكون بشكل ثقوب على سطح الترسيب بواسطة امطار شديدة وتظهر على سطح الطبقة.

Fossils المتحجرات:

هي أدلة او بقايا الحياة القديمة في الصخرة وتشمل اشكال المتحجرات وخاصة اجزائها الصلبة او حسب طريقة حفظها.

Trace fossils آثار المتحجرات:

وتشمل الطبقات المتكونة من حركة الكائنات على سطح الترسيب او داخله او الاستقرار عند سطح الترسيب.

الصخور المتحولة Metamorphic

تتكون الصخور المتحولة بعوامل تزايد درجة الحرارة والضغط وفعل المذيبات على الصخور الرسوبية والنارية.

اشتقاقاً من اللغة الاغريقية

Meta = Change = تحول

Morpho = Shape = شكل

عوامل التحول:

1- **الحرارة:** بتأثير من الصهير المتداخل بين الصخور

2- **الضغط :** من ثقل الطبقات الدافنة

3- **السوائل:** المحصورة في الصخور الرسوبية او المكتسبة.

- تحدث جميع هذه العمليات تحت سطح الارض مع بقاء الصخرة في حالتها الصلبة بتغير في المكونات المعدنية وازدياد التبلور، ومن امثلتها صخور الدرع (Shield).

عمليات التحول Types of Metamorphism:

1) التحول المتجاور contact metamorphism:

و يطلق عليها بالتحول الحراري، ويكون بتأثير عالي لدرجة الحرارة وتأثير قليل للضغط، لذلك تكون الصخور من هذا النوع غير تورقة (Non foliated) النسيج.

من أمثلة هذا التحول مع وجود المياه والحرارة العالية تحول الحجر الجيري المجاور للصهير الى الولاستون.

$$\underset{\text{حجر جيري}}{\downarrow CaCO_3} + \underset{\text{Silica}}{SiO_2} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{Wollaston}}{\downarrow CaSiO_3} + CO_2 + \uparrow CH_4 \uparrow$$

2) التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism:

ناتج عن الضغط الذي يؤدي الى تكسيراو تراص الصخور مثل صخور (Mylonite).

3) التحول الاقليمي Regional Metamorphism:

يحدث بتاثير مشترك لكل من الضغط و الحرارة و يكون واسع الانتشار مثل صخور (Gneiss) و (Schist).

4)التحول التفاعلي مع المياه Hydrothermal solution: والتي تكون بتفاعل الصخور المحيطة لتكوين مواد جديدة مثل تموين الرصاص في صخرة البورنايت Bornite (Cu_5FeS_4) او الحديد في صخرة الماكناتايت (Fe_3O_4) والهيماتايت (Fe_2O_3).

المثال الاخر:

$$2Mg_2SiO_2 + H_2O \longrightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + MgO$$

الاوليفين (Olivine) مياه Serpentine

في صخور البازلت البحر

نسيج الصخور المتحولة Textures of Metamorphic Rock

1) **المتورق Foliation:** هو انتظام البلورات المعدنية افقياً وبالتوازي مع بعضها بفعل الضغط العالي المسلط عليها كما هو في معادن المايكا والهورنبلند (مجهرياً). في صخور السليت (slate) والفايلايت (Phyilite) الذي يكون تورقها رقيقاً.
2) **الشستوسي Schistosity:** ويكون بتزايد درجة الحرارة والضغط على الصخور المتورقة لتزيد من حجم بلورتها ليمكن تمييزها بعدسة بسيطة).
3) **النيسي Gneissos:** ويكون بتزايد درجة الحرارة والضغط على صخور الكرانايت (Granite) والدايورايت (Diorite) لتكوين تناسق منتظم متوازي من بلورات داكنة وفاتحة يمكن تمييزها بالعين المجردة.
4) **غير المتورق Non foliated:** ويكون بتزايد الحرارة دون الضغط لتزيد من حجم بلورات الكالسايت لتكوين المرمر .

L.S (حجر جيري) ⟶ Marble (مرمر)

(كوارتزايت) Quartzite ⟵ (حجر رملي) S.S

الصخور المتحولة الشائعة Common Metamorphic rocks

1) الصخور المتحولة المتورقة Foliated:

أ- السليت Slate: يتكون بشكل طبقات دقيقة جداً لا يمكن تمييز معادنها الا بواسطة المجهر. تكونت من الطين او الرذاذ البركاني مع عمليات التحول الاقليمي.

ب- الشيست Schist: نفس السلت مع انضغاط اكثر وحرارة اكثر لتكوين طبقات متوازية من معادن الكوراتز والفلدسبار متوازية مع معادن المايكا والكرافايت والكلورايت والطباشير والتي يمكن تمييزها بعدسة بسيطة.

جـ النيس Gneiss: يتكون بشكل بلورات مرتبة طباقياً من معادن الكوراتز والفلدسبار الفاتحة اللون مع المايكا والهورنبلند الداكنة اللون والتي يمكن تمييزها بالعين المجردة.

تكون مراحل التحول من الصخور الرسوبية او النارية كما يأتي:

Clay shale ⟵ Slate ⟵ Schist ⟵ Gneiss

Sandstone Granite ⟵ Gneiss

2) الصخور المتحولة غير المتورقة Nonfoliated:

أ- الكوارتزايت Quartzite: تحتوي بلورات الكوراتز الصلبة بحجوم كبيرة تكون من الحجر الرملي الكوراتزي بفعل التزايد العالي للحرارة وبدون وجود التطبق.

ب- المرمر Marble: ويدعى الرخام ايضاً يحتوي بلورات الكلس الصلبة بحجوم كبير متلاصقة مع وجود الشوائب التي تعطيها الالوان المختلفة. تكونت من الحجر الجيري المتبلور بفعل التزايد العالي للحرارة.

جـ الانثراسايت (Anthracite) والكرافايت (Graphite): الذين يتكونان من تبلور الكاربون بتزايد درجة الحرارة بدون وجود الاوكسجين مكوناً اشكالاً للفحم الحجري.

The maps الخرائط

الخارطة :هي منظر علوي ذو بعدين وهي تعتبر وسيلة توضيحية لمنطقة معينة من الارض والخرائط الجيولوجية كثيرة الانواع وكل واحدة من هذه الانواع توضع لخدمة هدف معين ولكن كل الخرائط تشترك في صفات معينة فكل منها يحمل اشارة الشمال الجغرافي (N) بالاضافة الى ذلك فهي تحمل مقياس الرسم والذي يختلف بقيمته حسب دقة الخارطة.

عناصر الخارطة:

1- الشمال الجغرافي: ويكون بشكل سهم يوضع على احد جانبي الخارطة يشير الى اتجاه الشمال ويوضع في اعلى السهم حرف (N) من North .

2- مقياس الرسم Scale :هو النسبة بين البعد على الخارطة الى البعد على الارض ويعبر بالعديد من الصيغ منها المقياس النسبي مثل (100000: 1) اي كل (سم) على الخارطة يمثل (100000) على الارض اي كيلومتر واحد.

3- مفتاح الخارطة Legend او Key of the map : ويمثل مجموعة الرموز وتعريفاتها ويضع اسفل الخارطة.

الخرائط الطبوغرافية Topographic map

هي خرائط توضح طبيعة التضاريس على سطح الارض عن طريق خطوط تسمى الخطوط الكنتورية والتي هي عبارة عن خطوط وهمية تمر بجميع النقاط المتساوية الارتفاع او الانخفاض عن مستوى سطح البحر Sea level (S.L) . وكل خط يحمل رقم معين يمثل مقدار ارتفاعه او انخفاضه عن مستوي سطح البحر وتسمى المسافة الرأسية بين كل خطين كنتوريين بالفترة الكنتورية فاذا كانت الخطوط الكنتورية تحمل الارقام 100 ، 200 ، 300 متر هذا يعني ان الفترة الكنتورية تساوي (100) متر وغالباً ما ترسم الخطوط الكنتورية بشكل متقطع.

خصائص الخطوط الكنتورية:

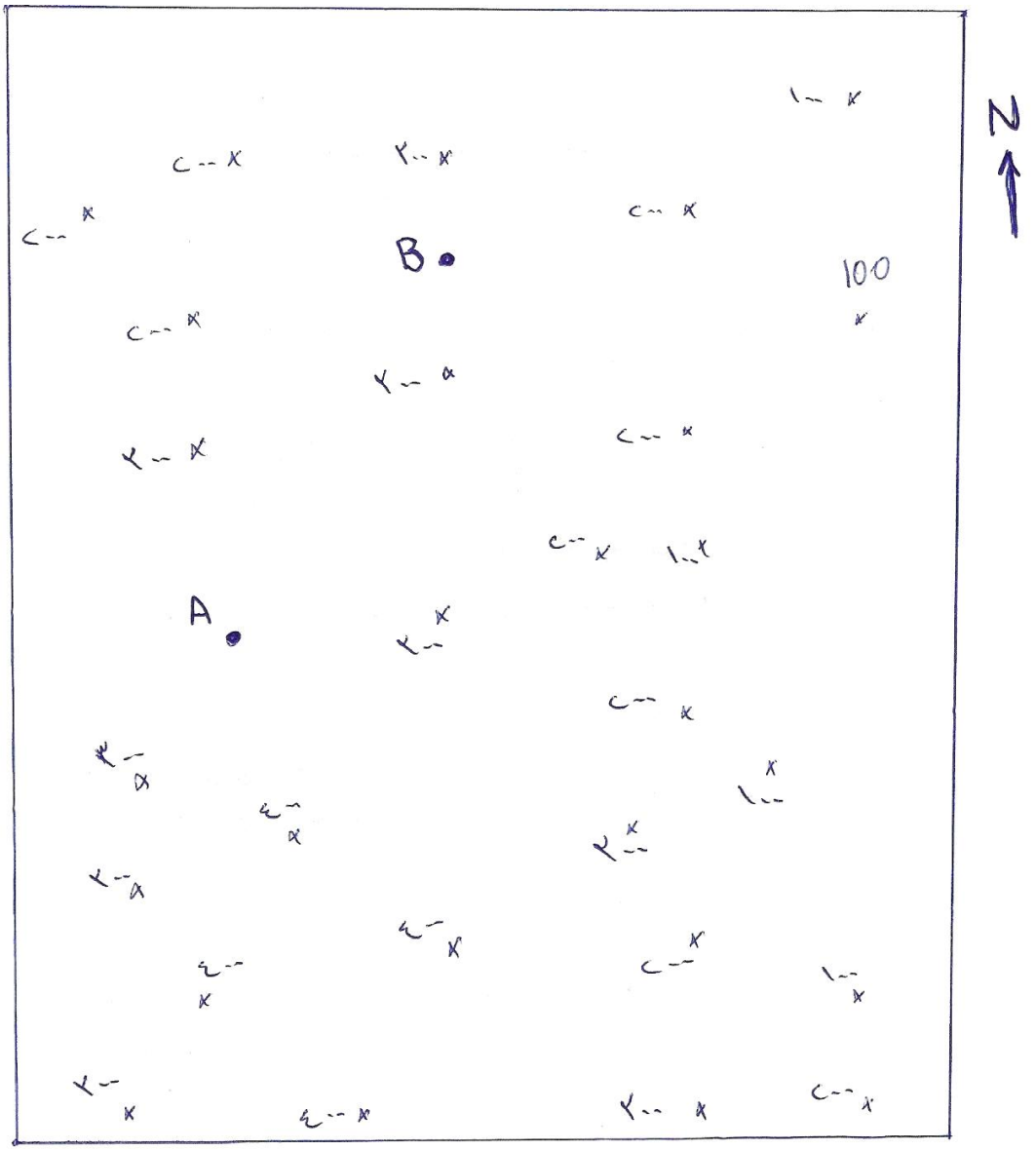
1- لا تتقاطع فيما بينها ولاتتفرع.
2- جميع الخطوط الكنتورية عبارة عن منحنيات.
3- تتقارب في المنحدرات الشديدة وتتباعد كلما قل الانحدار.
4- تتكرر لنفس المنسوب لتدل على انعكاس في اتجاه الانحدار.

ولغرض رسم الخارطة الكنتورية نقوم بأيصال النقاط المتساوية الارتفاع بواسطة خطوط ملساء غير حادة.

تمرين: اكمل رسم الخارطة الطبوغرافية التالية:

Scale 1: 100000

تمرين: اكمل رسم الخارطة الكنتورية التالية:



Scale 1 : 100000

- كم تبلغ الفترة الكنتورية .
- اوجد المسافة الحقيقية بين A و B .

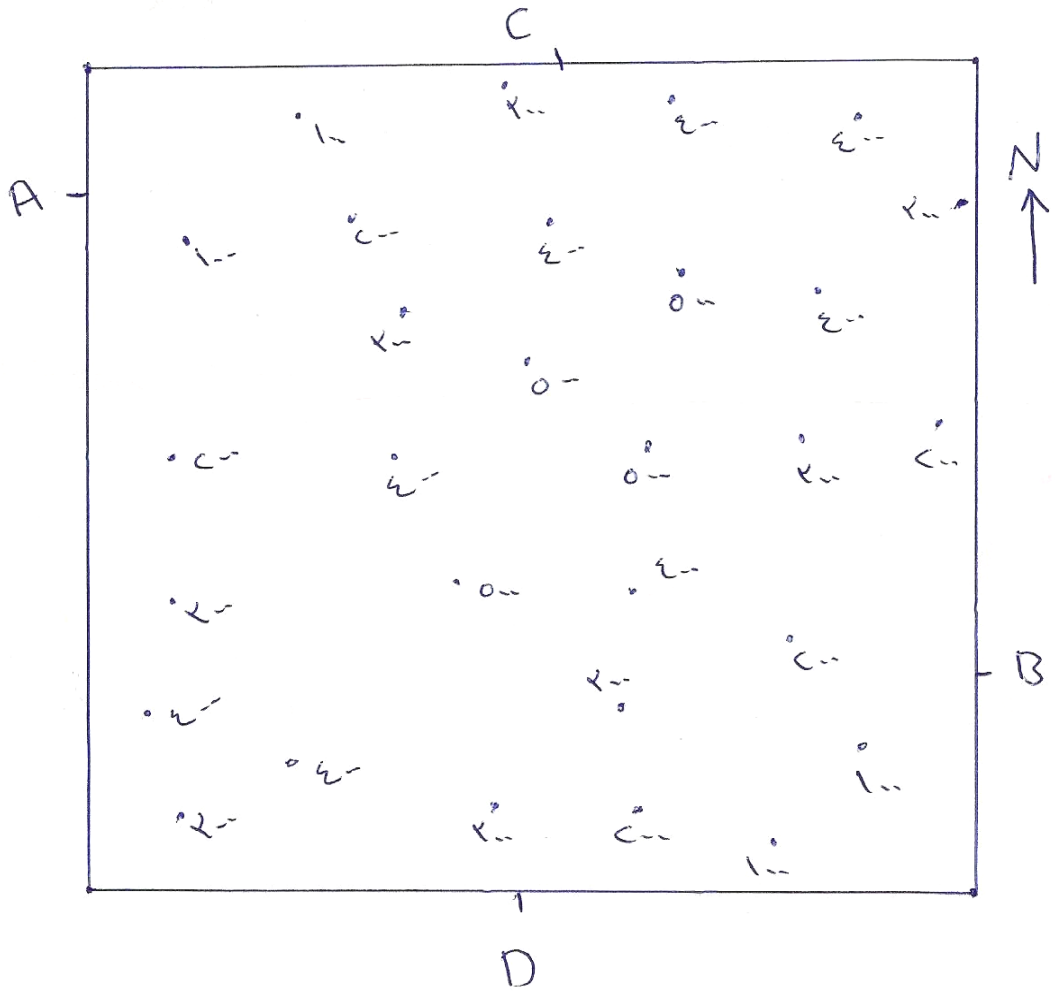
- ما الشكل الذي تعطيه هذه الخارطة.

المقطع الجانبي Profile

هو عبارة عن منظر جانبي يوضح تضاريس الارض في مستوي عمودي يمكن رسمه بيانياً على امتداد خط مستقيم معين .
ولغرض رسم المقطع الجانبي نتبع الخطوات التالية:

1- نأخذ ورقة مسودة لغرض تدوين بعض المعلومات.
2- نجعل حافة الورقة المسودة مطابقة للمقطع الذي نروم رسمه وليكن AB .
3- ننقل المعلومات من الخارطة الى الورقة المسودة وتشمل نقاط التقاطع للخطوط الكنتورية وقيمها مع المقطع AB .
4- نرسم على ورقة جديدة محورين بيانيين افقي (س) وعمودي (ص).
5- نقسم المحور ص بتقسيمات تتناسب مع الفترة الكنتورية للخارطة ولتكن سم لكل 100 متر.
6- ننقل الملعومات التي حصلنا عليها في الخطوة رقم (3) من الورقة المسودة الى المحور الافقي س.
7- نقاطع النقاط في المحور السيني مع ما يناسبها من التقسيمات في المحور العمودي ص.
8- نصل بين النقاط التي وضعناها في النقطة السابقة بواسطة خط منحني لنحصل على المقطع الجانبي .

تمرين: اكمل رسم الخارطة الطبوغرافية التالية وقم بما يلي:
1-ارسم المقطع الجانبي AB .
2-ارسم المقطع الجانبي CD .



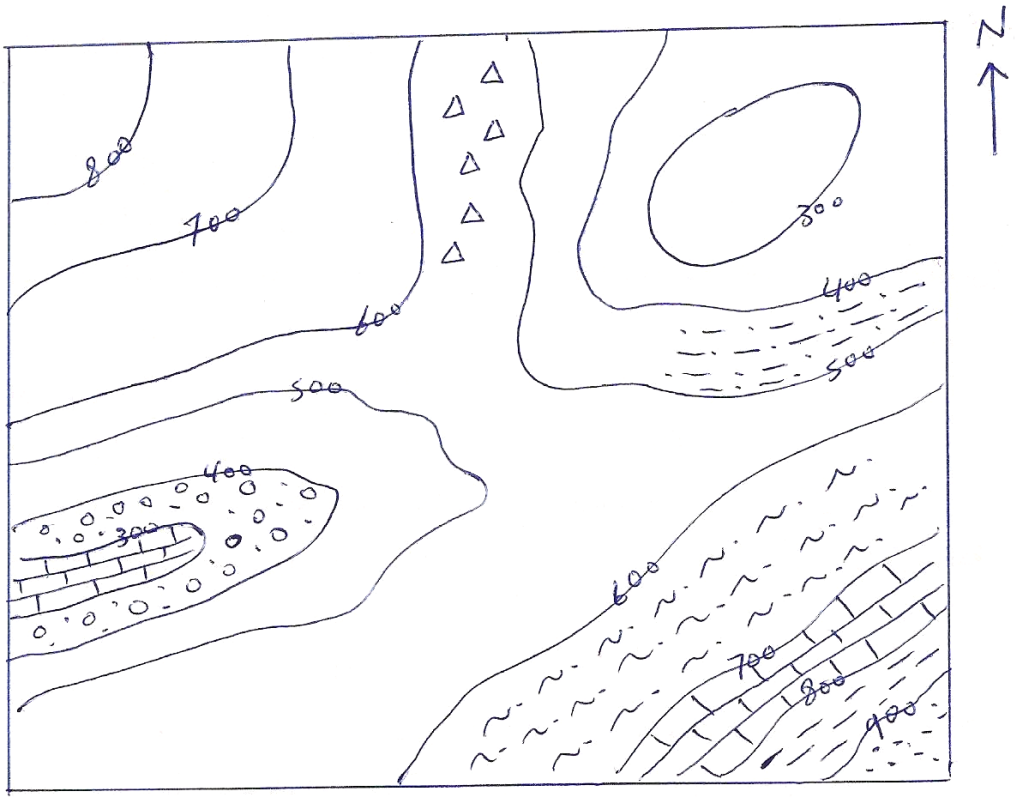
Scale 1 : 1000000

S

الخرائط الجيولوجية Geological maps

هي خرائط مكونة من مجموعة من الخطوط والرموز والمعلومات والتي توضح انواع الصخور وتوزيعها وحدود التكاوين الجيولوجية وبعضها يبين الصدوع والطيات ومقدار واتجاه الميل .
وهذه الخرائط على عدة انواع منها الخرائط الجيولوجية للطبقات الافقية او المائلة.

الخرائط الجيولوجية للطبقات الافقية: وهي عبارة عن خرائط تبين نوع وتوزيع الصخور المختلفة الانواع والحدود بين الطبقات وفي هذا النوع من الخرائط فان الخطوط الكنتورية لا تتقاطع مع حدود الطبقات والشكل التالي يبين خارطة لطبقات افقية غير مكتملة والمطلوب رسم الطبقات الافقية في جميع انحاء الخارطة.

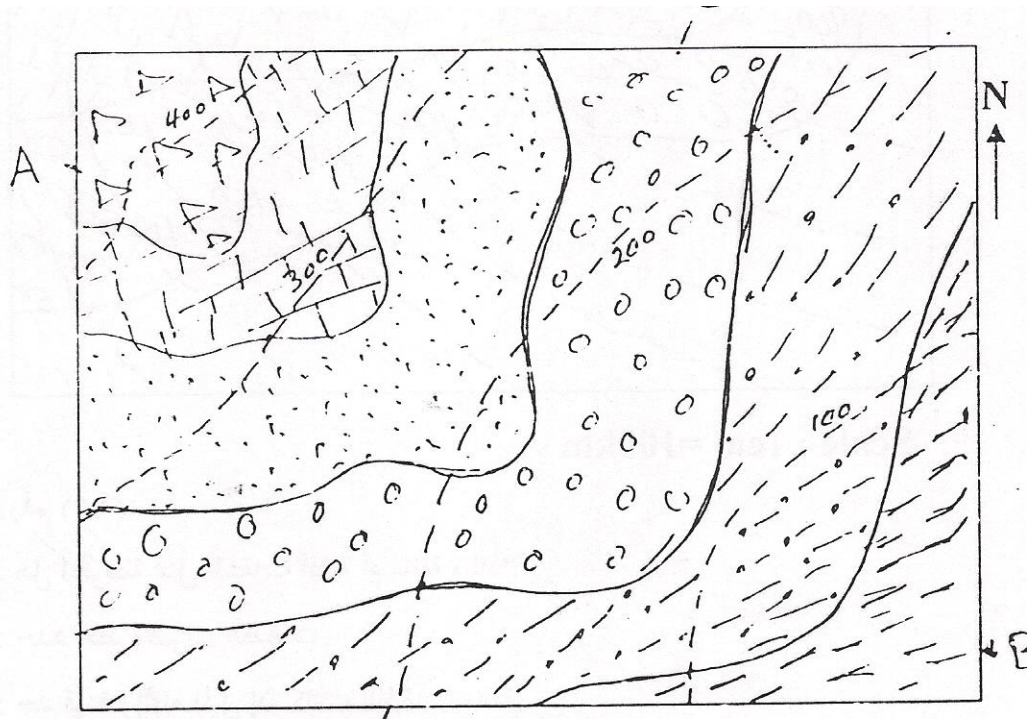


Scale 1 cm = 100 km

الخرائط الجيولوجية للطبقات المائلة

في هذا النوع من الخرائط فأن الخطوط الكنتورية تقطع الحدود الطبقية لان الطبقات مائلة عن الافق وان تقاطع الخط الكنتوري الواحد مع حد الطبقة في نقطتين يمثل خط مضرب الطبقة Strike line (مضرب الطبقة هو خط وهمي ناتج من تقاطع الطبقة المائلة مع الافق) ولخط المضرب اتجاه يوصف مع الشمال حسب درجة اتجاهه الى الشرق او الغرب فأذا كان لدينا خط مضرب احد الطبقات يتجه 40 درجة شرقاً فيكتب كما يلي: N 40 E وهكذا يتم رسم عدد كبير من خطوط المضرب في الخريطة الواحدة ويحمل كل خط مضرب قيمة معينة تمثل قيمة الخط الكنتوري القاطع للطبقة المائلة وان الفرق بين قيمتي خطي مضرب متجاورين احدهما يمثل تقاطع الخط الكنتوري مع السطح العلوي للطبقة والاخر مع السطح السفلي للطبقة يمثل سمك الطبقة .

تمرين: تمعن في الخريطة التي امامك



المطلوب :

1-ارسم المقطع AB

2-ارسم المقطع CD ،ثم قارن بين المقطعين .

3-حاول التعرف على سمك الطبقات الصخرية الظاهرة في الخريطة.

الاحداث الجيولوجية Geological events

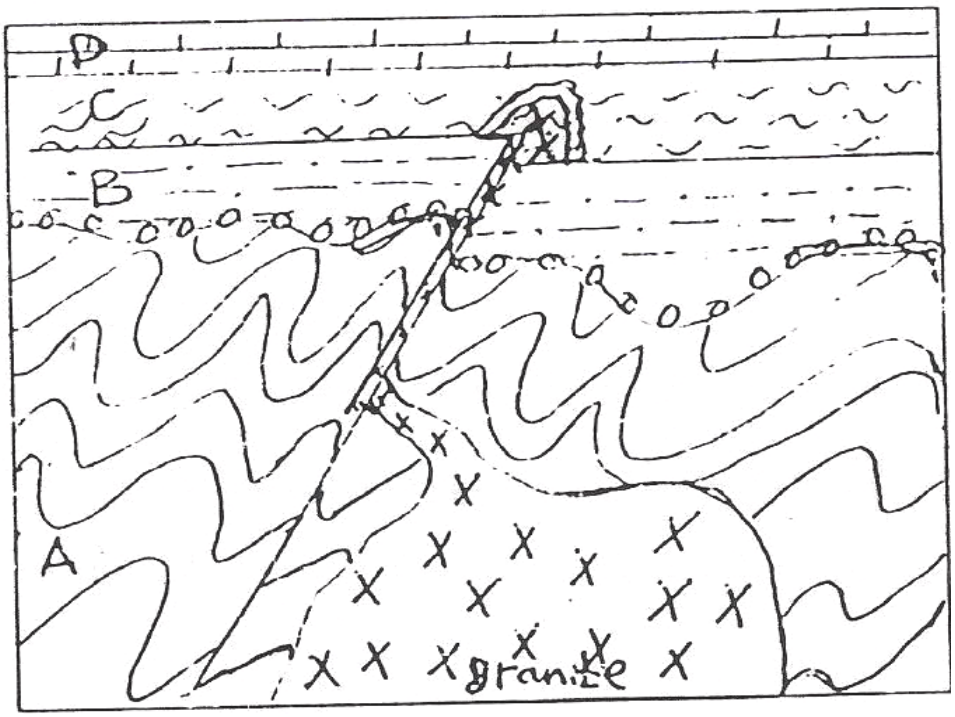
تشمل كل الحوادث التي طرأت على صخور الارض عبر الزمن الجيولوجي الغابر حيث تدون هذه الاحداث في طبقات الارض والتي يمكن قرأتها وتفسيرها عن طريق ربط بعض العلاقات المهمة والتي اصبحت قوانين تستخدم لترتيب الاحداث الجيولوجية من الاقدم الى الاحدث وهذه القوانين هي:

1-مبدأ الترسيب الافقي Original horizontality
والذي ينص على ان الطبقات تترسب افقياً وعلى مساحات شاسعة مالم تتعرض الى عمليات تؤدي الى طيها او قلبها.

2-مبدأ التتابع الطبقي Stratigraphic succession
ينص على ان الطبقات السفلى هي الاقدم والطبقات العليا هي الاحدث عمراً مالم تتعرض الى عمليات ارضية ادت الى قلبها.

3-علاقات التقاطع Cross-cut relationship
ينص على ان القاطع احدث من المقطوع.

تمرين: ادرس المقطع التالي ثم حاول ترتيب الاحداث الجيولوجية من الاقدم الى الاحدث مستعيناً بالمباديء الجيولوجية السابقة:



تكتونية الصفيح PLATE TECTONICS

زحزحة القارات Continental drift:

عرض عالم والجيوفيزياء الالماني " الفريد واكنور" في العام 1912 نظرية جديدة في كتابة أصل القارات لتمثل تفسير فكرة ان الارض كانت قارة واحدة خلال الجزء العلوي من حقب الحياة القديمة تدعى " البانجيا Pangea" وان تلك القارة بدات تتجزء وتتباعد لتكوين قارات اصغر حجما منذما يقارب 200 مليون سنة حتى الوصول لوضع القارات الحالي. لقد تجمعت الادلة في نظرية واكنور ومناصرية لتؤكد هذا التفسير وهي:

1) تطابق الحدود الساحلية لقارات متباعدة مثل امريكا الجنوبية مع افريقيا.
2) التشابه في تتابع امتداد الصخور والجبال بين قارات متباعدة حالياً مثل جبال الاباليجيان بين امريكا الشمالية وانكلترة والنرويج او جبال جنوب افريقيا مع الارجنتين في امريكا الجنوبية.
3) الادلة الجليدية (متحجرات وآثار الزحف الجليدي على الصخور) في حقب الحياة القديمة في الجزيرة العربية وشمال افريقيا والمكسيك العائدين لقارة الكودروانا.
4) الادلة المتحجراتية لقارة الكوندوانا:

أ- تواجد نبات الخنشاريات Glossopteris من العصر البرمي في شمال الكوندورانا القديمة، القارة الواحدة جنوبي البانجيا التي شملت تواجداً في امريكا الجنوبية وافريقيا والهند وانتاتقيكا واستراليا.

ب- تواجد زواحف mesosaurus سابحة في المياه العذبة لعصر الترياسي في امريكا الجنوبية وجنوب افريقيا.

جـ- تواجد زواحف المناطق القارية خلال العصر الترياسي الاجناس Lystrosaurus وCynognathus في افريقيا والهند وانتارتيكا للاول في امريكا الجنوبية وافريقيا للثاني.

5) أدلة الشعاب المرجانية الاستوائية خلال العصر الديفوني قبل 350 مليون سنة في انكلتره والنرويج والدنمارك القريبة للقطبية حاليا.
6) انفتاح قاع المحيطات المستمر وتزايد عمر صخور براكين اعماق البحار بالابتعاد عن مرتفعات وسط المحيطات.

لقد تعرضت هذه النظرية الى عدة انتقادات ولم تؤخذ بعين الاعتبار الا بعد جمع الادلة خلال السبعينات من هذا القرن والموضحة اعلاه لتكوين نظرية بهذا الاتجاه دعيت تكتونية

الصفيح لتقوم بتفسير ميكانيكية الزحف القاري والظواهر الطبيعية الناتجة منها والتي اصبحت الاساس في التفسير الجيولوجي حديثاً.

بصورة عامة يمكن اعطاء مرتسمات لهذا الزحف خلال الزمن الارضي تميز فيه زمن قبل العصر البرمي في تجميع القارات الى القارة الموحدة (البانجيا pangea) وتكوين الجبال وعصر ما بعد الترياسي في تجزئة البانجيا الى القارات الحالية وزحفها لتكوين المحيطات الحالية مع مرور الزمن الجيولوجي.

نظرية تكتونية الصفيح :

تنص هذه النظرية الى ان سطح الارض مقسم الى صفائح كبيرة مثل الصفيحة الايرانية والصفيحة العربية والصفيحة الافريقية. تتحرك هذه الصفائح الكبيرة الواحدة نسبة الى الاخرى، يكون الدافع الحركي لهذه الصفائح تيارات حمل المعادن المنصهرة في طبقة الجبة الخارجية لتحريك صفائح القشرة الارضية. تفسير هذه النظرية حالات مثل:

1) البراكين في مناطق صود الصهير وحدوث الزلازل في فواصل الصفائح المتحركة.
2) بناء الجبال: في منطقة اندفاع الصفائح نحو بعضها.
3) نشوء الوديان والمحيطات في منطقة ابتعاد الصفائح عن بعضها.
4) تكوين المصائد النفطية في حدود الصفائح المتقاربة نحو بعض وخاصة المصائد النفطية التركيبية وكذلك تكوين خامات المعادن من الصخور النارية المتداخلة.
5) الانفصال التطوري في الكائنات الحية القارية مثل بعض انواع الطيور الجاثمة (غير القابلة للطيران) في استراليا وامريكا الجنوبية وجنوب افريقيا الحالية من اصل نشوء في قارة الكوندوانا قبل انفصالها.
6) تغير المناخ خلال الزمن الجيولوجي في الابتعاد والاقتراب من خط الاستواء او القطب.
7) التدفق الارتوازي للمياه الجوفية الحارة في حدود الصفائح.

قارة البانجيا Pangea: هو الاسم المقترح من الفريدواكنور للقارة العظمى التي تواجدت في نهاية العصر البرمي واعتبرت المناطق البرية الوحيدة في الارض آنذاك.

قارة الكوندوانا Gondwana: هي احد القارات الستة الرئيسية خلال حقب الحياة القديمة التي شملت قارات الوقت الحاضر امريكا الجنوبية وافريقيا وانتارتيكا واستراليا والهند واجزاء من قارات اخرى. مثل جنوب اوربا والجزيرة العربية وفلوريدا. لقد بدئت تتجزء خلال العصر الترياسي. تمثل القارة التي تأثرت بجليد القطب الجنوبي خلال حقب الحياة القديمة.

قارة اللوراشيا Laurasia: هي قارة نصف الكرة الشمالي خلال حقب الحياة القديمة المتأخر التي شملت قارات الوقت الحاضر امريكا الشمالية وكرينلاند واوربا وآسيا.

حدود الصفائح Plate Boundaries: هي الفواصل التي تتحرك خلالها صفائح القشرة الارضية، وان افضل الامثلة لذلك من الوقت الحاضر هو حلقة النار Ring of fire التي اطلقت على المناطق الشديدة البراكين والزلازل حول المحيط الباسفيكي في غرب الامريكتين الشمالية والجنوبية وجنوب منطقة القطب الشمالي واليابان. لقد اوضحت الدراسات الحديثة وجود ثلاثة اشكال من حدود الصفائح هي:

1) **حدود الانفتاح Divergent Boundaries:** هو الخط الفاصل بين صفيحتين تبتعدين عن بعضهما ومؤدية لصعود مواداً منصهرة من الجبة لتكوين قاع بحري جديد. انها تمثل حركات انفتاح الارض اليابسة لتكوين المحيطات خلال الزمن الارضي مثل تكوين المحيط الاطلسي وانفتاحه المستمر ضد العصر الترياسي وحتى الان.
2) **حدود الارتطام Convergent Boundary:** انه الخط الذي تتجه فيه صفيحتين نحو بعضهما مؤدية لانغمار احد الاتجاهات تحت الاخرى ؟ مع الصهير وتكوين الجبال او الجزر البحرية فوق منطقة الارتطام. تكون طبيعة الارتطام احد الحالات الثلاث:

أ- ارتطام بحري- قاري: هي اندفاع القشرة البحرية نحو القشرة القارية وتنغمر تحتها مما يؤدي لاندفاع جبال في الاعلى واندفاع الصهير من منطقة الانغمار تكوين براكين، مثل جبال الاندي.

ب- ارتطام بحري- بحري : هي اندفاع صفيحة قشرة بحرية باتجاه صفيحة قشرة بحرية اخرى، تنغمر احداهما تحت الاخرى ويتكون نتيجة الارتطام في الصفيحة البحرية الاخرى براكين مع جزر بحرية، مثل جزر اليابان والفلبين.

جـ- ارتطام قاري- قاري: هي اندفاع صفيحتين قاريتيين نحو بعضهما بعد انغلاق البحر لتكوين سلاسل جبلية مع عدم تدفق الصهير لسطح الارض، مثل جبال زاكروس التي تكونت بعد انغلاق التيثيس، وجبال الهيمالايا بعد ارتطام الصفيحة الهندية بأسيا. مرتسم

2) **حدود الازاحة الافقية Trans form Bound:** هي تجاور صفيحتين بحدود ارتطام ولكنها في بعض المناطق تكون قوي دافعة افقية. مما يؤدي الى تكوين فوالق الزحف المضربي في مرتفعات أعماق المحيطات او تكون مسؤولة عن انكسار الطرق وانسداد الانهار اذا حدثت في المناطق القارية.

الجيولوجيا التركيبية Structural Geology

يبحث هذا العلم ترتيب طبقات القشرة الارضية واشكالها، والتي تتكون نتيجة عدم استقرار باطن الارض واندفاع الصهير الارضي في تشققات حدود الصفائح المتحركة او التي تحركت خلال الزمن الارضي، يظهر ذلك جلياً في المناطق الجبلية حيث يوجد اندفاع للصفائح نحو بعضها.

ان افضل الامثلة لذلك الجبال المرتفعة مثل جبال الهيمالايا والالب وزكروس الذين تكونوا بفعل ارتطام الصفائح المندفعة نحو بعضها وتكوين الحركات الارضية الضخمة وكما يأتي:

1 - تكونت جبال الهيمالايا نتيجة ارتطام الصفيحة الهندية مع الاسيوية بعد انفصال الاولى من القارة القطبية الجنوبية وتحركها بالاتجاه الشمالي الشرقي ليرتطما خلال المايوسين قبل 24 مليون سنة.

2 - تكونت جبال زاكروس وطوروس نتيجة اندفاع الصفيحة العربية باتجاه شمال شرق والارتطام بالصفيحة الايرانية ابتدئت منذ العصر الكريتاسي ليرتكما خلال المايوسين قبل 24 مليون سنة.

تكونت من تلك الحركات الارضية التراكيب الثانوية للصخور عامة وتظهر واضحة في الصخور الرسوبية بشكل الطيات (folds) والفوالق (faults) والفواصل (Joints). تكون قوى حركة الصفائح هي المؤثرة في تكوين هذه التراكيب، اذ ان القوى المتقابلة بنفس المنطقة البانية للجبال تؤدي الى تكوين الطيات في حالة كون الطبقات اكثر لدانة وتكوين للفوالق (مع حركة على سطح التكسر) في حالة الزيادة في الجهد لاكثر من طاقة تحمل الصخور وكون الطبقات الصخرية اكثر هشاشة. اما في حالة كون قوى التأثير تتباعد الواحدة عن الاخرى فأنها تؤدي لتكوين الفوالق الخسفية والمتهضبة دون اكوين الطيات. وتؤدي القوى المتعاكسة بنفس المنطقة الى التواء الطبقات لتكوين الطيات وانكسارها لتكوين فوالق الزحف المضربي.

ولقياس اتجاهات وانحدارات هذه التراكيب الطبقية، فيتم اللجوء الى استعمال مقياس الانحدار (dip meter) لقياس انحدار الطبقة او سطح الفالق واستعمال البوصلة (compass) لقياس الاتجاهات الافقية الجغرافية وكما يأتيك

أ - **اتجاه سطح الطبقة Strike:** ويمثل تقاطع مستوى سطح الماء (الافقي) مع سطح الطية، ويقاس عادة بالبوصلة.

ب - **انحدار الطبقة (dip):** ويمثل انحدار الطبقة الذي يقاس مع الخط العمودي على اتجاه الطبقة، أما الخط غير العمودي فانه يمثل القياس الظاهري غير الحقيقي.

الطيات Folds:

هي الانحناوات المتكونة في الطبقات الصخرية نتيجة قوى الانضغاط او القوة الدافعة والمتسببه في تقصير المساحة المكانية للطبقة والظاهرة على سطح الارض في العمليات البانية للجبال. ويمكن تصنيف الطيات اعتماداً على شكل الانحناء وامتداداتها المكانية الى:

أ- الطية المحدبة Anticline: هو الطي في الصخور الرسوبية الذي يشابه الطاق او التقوس الى الاعلى.

ب- الطية المقعرة Syncline: هو التقوس الى الاسفل في طبقات الصخور الرسوبية.

ويمكن ان يكون اسلوب الطي بأحد حالات الطي، فتكون الطية متناظرة في حالة تساوي انحدار طرفي الطية، وطية غير متناظرة في حالة اختلاف انحدار طرفي الطية، وطية مقلوبة في حالة اندفاع شديدة للطلية يؤدي الى قلب سطح الطبقة العلوي الى سطح سفلي وكما هو موضح في المرتسم ادناه.

جـ الطية الغاطسة Plunging: ويكون بتضائل حجم الطية في الامتداد الجغرافي بمحور نحو الارض. وتكون الطية الغاطسة احد حالتين هما الطية الغاطسة المحدبة او الطية الغاطسة المقعرة.

د – القبة Dome: التقوس الى الاعلى بشكل تركيب نصف كروي.

هـ الحوض Basin: التقوس التركيبي للطبقات الى الاسفل مع طية غاطسة.

و – الطية المضطجعة Overturned fold: يكون فيها المستوى المحوري للطية قريب للافقي ويسمى نطاق الناب (Nap zone).

ز – الطية الزاوية Chevron: طيات تكون حادة الزوايا.

حـ – الطية المروحية Fan fold: طيات تكون مروحية الزوايا ويكون طرفاً الطية مقلوبات.

ط – الطيات المركبة Composite folds: نشوء طيات صغيرة ضمن الطية الكبيرة تدعى الطية الثانوية الصغيرة (anticlinorium).

الفوالق Faults:

انها تكسرات في صخور القشرة الارضية بشكل سطوح تحركت عليها الكتل الصخرية.

ويمكن تقسيم الفوالق اعتماداً على طبيعة الحركة كونها افقية او عمودية او مائلة عند سطح الفالق.

1) **فوالق الزحف الانحداري Dip- slip faults:** تحدث فيه حركة عمودية في اتجاه الانحدار او ميل سطح الفالق.

أ - **الفالق الاعتيادي Normal fault:** تتحرك فيه الطبقات الصخرية الى الاسفل نسبة لصخور تحت سطح الفالق.

ب -**الفالق التعاكس Reverse fault:** تتحرك فيه الطبقات الصخرية الى الاعلى نسبة لصخور تحت سطح الفالق.

جـ **الفالق الاندفاعي Thrust fault:** انه فالق متعاكس تكون فيه زاوية انحدار سطح الفالق قليلة جدا (20درجة).

رسم

2) **فوالق الزحف المضربي Strike-slip faults:** تحدث فيه الحركة أفقية باتجاه المضرب (strike) على سطح الفالق.

أ- الفالق التحولي Transform fault: هو زحف الطبقات العمودية الانحدار على سطح الفالق بالاتجاه الافقي مثل الصخور النارية القاطعة (dike). من أمثلة هذه الفوالق هي فوالق وسط المحيطات عند مرتفعات وسط المحيطات.

ب- فالق سانت أندريوس St. Andrews: يثل الزحف الافقي للكتل الصخرية بما فيها الطبقة الرسوبية القليلة الانحدار. مرتسم

3) **فوالق الزحف المنحرف Oblique- slop faults:** تحدث فيه الحركة بالاتجاهين الافقي والعمودي بنفس الوقت. مرتسم

4) **الفوالق المتحركة Faults in motion:** تمثل استمرار السد في سطح الارض مكوناً عدة فوالق اعتيادية بنتج منها:

أ- الفوالق المتهضبة Horst fault: المرتفع المحاط بفالقين اعتياديين يتجهان الى الاسفل.

ب- الفوالق الخسفية Graben fault : كتلة الارض التي تنخسف (تتحرك) الى الاسفل بفعل فالقين اعتياديين من الجانبيين.

جـ الفوالق الارضية Step faults: تمثل تعاقبات انخفاض الارض المستمر مع استمرار الشد من اتجاه واحد.

الفواصل Joints:

انها تكسرات في صخور القشرة الارضية لا تحدث على سطوحها حركة ويمكن تحديد اتجاه القوى المؤثره على الصخور من خلال قياس اتجاه الفواصل. تكون هذه الفواصل في

الصخور الرسوبية بأتجاه مضرب الطبقة (Strike joints) او مع اتجاه الانحدار وتدعى (dip joints). أما في الصخور النارية فتكون موازية لانسياب الصخر (Faltlying) او متعامدة على آنسياب الصخر (Cross joints) او طولية (Longtudinal joints9. وبصور عامة تقسم اعتماداً على طبيعة الشد الى:

1) **الفواصل الشدية Tension joints:** التي تؤثر بها قوتين من طرفيها تبتعد الوادة عن الاخرى بالاتجاه.
2) **فواصل الانضغاط Compression joints:** التي تؤثر بها قوتين بأتجاه بعضهما البعض.
3) **فواصل قص Shear joints:** يكون اتجاه الشد موازي للفواصل.

المياه الجوفية

تمثل المياه الجوفية ضمن القشرة الارضية والتي تكون 300 مرة اكثر من المياه السطحية التي تشمل مياه الانهار والبحيرات والبحار والمحيطات. وتكون مصادر هذه المياه هو الامطار (Meteoric) والمياه الخلفية (connate) المحصورة من قبل الاف السنين والمياه الحديثة التكوين ، المياه المعدنية ، الصهير ،البركانية ،الكونية والمياه المتكونة من انضغاط الصخور والتحول.

توزيع المياه الجوفية: تدخل المياه المتساقطة لداخل الارض وتجري كمرشحات لتدعى بمصطلح المياه الجوفية (Groundwater).

نطاق التشبع: تشمل كل الفراغات والفضاءات في الترسبات والصخور تمتلئ بالمياه. تكون الصخور عالية المسامية بصورة عامة.

نطاق التهوية: هي الترسبات والتربة والصخور فوق نطاق التشبع مستوى المياه (water table)، الحدود العلوية للمياه في نطاق التشبع. انها تكون مهمة في 1- توقيع انتاجية البئر، 2-الجريان من الينبوع والنهر، 3- تغيرات مستوى البحيرة. تكون العلاقة بين مستوى المياه والنهر كما يأتي في الرسم.

المياه الجوفية الحارة: والتي المياه الحارة المتدفقة من اعماق الارض حسب احد الحالات التالية وتكون على الاغلب مياه معدنية.

1) **الينابيع الحارة Hot springs:** وتكون بدرجات حرارة 6-9 ْم اكبر من معدل درجة حرارة الهواء. تتاتي الحرارة من ولوج المياه الجوفية عمقاً بالارض لتتزايد بمقدار

2 °م/100 متر تم تجبر بالاندفاع الى السطح بشكل ينابيع حارة، ومن امثلتها حمام العليل في شمال العراق الذي يحتوي على الكبريت المذابز

2) **الكيزرات Geysers:** انها المياه الحارة التي تندفع الى 60 متر علواً مثل الحجر الاصفر في المتنزه الوطني الامريكي وفي ايوزيلاند رايزلاند الذي يتدفق دورياً كل ساعة وربما يتحول الى البخار عند السطح لكونه منضغط داخلاً ويحتوي مواداً مذابة تترسب حول تقاطعها مع السطح مثل صخور الكيزرايت (SiO_2) والترافرتاين ($CaCO_3$) وبعضاً من الكبريت تستعمل مثل هذه المياه لتوليد الطاقة والتدفئة البيوت.

الفجوات والمغارات والكارست Caverns & Karst: وتتكون هذه الحالات من تدفق المياه الحارة في الصخور الرسوبية وبالاخص الحجر الجيري لاذابة اجزاء منه خلال الاسطح الضعيفة وتكوين المغارات (Caves) والتضاريس (Karst). ربما تجري المياه المعدنية في الانهار لتزيد معدنيتها او تؤدي لتكوين الستلاكتايت والستالاكمايت في الكهوف او تكوين التضاريس المتعرجة التي تدعى الكارست او مليئة بالانحسافات (Sinkholes).

الينابيع Springs: وتمثل جريان المياه من نطاق التشبع الى خارج سطح الارض ضمن طبقات عالية المسامية والنفاذية ومحصورة بين طبقات عديمة النفاذية والمسامية.

الآبار Wells: وتكون بحفر الارض بواسطة معدات للحفر لاستعمال للمياه في سقي المزروعات. مرتسم

الابار الارتوازية Artesian: هي صعود المياه الى مستوى ضغط المياه من طبقة حاملة للمياه (Aquifer) ومحصورة بين طبقتين غير نافذتين، ويكون تزويد المياه بالامطار مستمراً. ربما يأتي تلوث للمياه الجوفية من مجاري القاذورات بفعل البشر او من ازدياد للملوحة من أذابة بعض المعادن في مجرى المياه الجوفية.