**التطور التأريخي لدراسة مظاهر سطح الارض**

يعرف علم الجيومورفولوجي بأنه علم الاشكال الارضية ، اي هو العلم الذي يعنى بالوصف التفسيري للمظاهر التضاريسية للارض من خلال وصف سطح الغلاف الصخري واصول الظواهر التضاريسية الموجودة عليه وتاريخ تطورها، مما يتطلب معرفة واسعة بتركيب وبنية الصخور وكذلك العمليات الجيومورفولوجية الظاهرية منها والباطنية. ومصطلح Geomorphology كما يشير دادلي ستامب D. Stamp تعبير مشتق من عدة كلمات يونانية قديمة فكلمة (Ge) تعني الارض و morphe تعني الشكل و logos وتعني العلم او الدراسة . وعلى هذا فأن (جيومورفولوجي) تعني علم الاشكال الارضية.

ويمكن ان نلخص مراحل تطور علم الاشكال الارضية الى اربعة مراحل هي :-

**1 - مرحلة العصور القديمة :**

تمتد هذه المرحلة على عدة قرون وهي مرحلة طويلة جدا وهي مجرد اشارات مثلت اهتمام الانسان بالاشكال الارضية كونها تمثل بيئة فعلية يمكن التميز بين اشكالها المختلفة ويختار الانسب منها لمعيشته .

لقد ساهم الفلاسفة الاغريق في تطور بعض المفاهيم العلمية الخاصة بالجيومورفولوجي وتحديدها . لقد ذكر **هيرودتس** (425 – 485) ق. م في كتاباته التاريخية بعض الملاحظات الجيولوجية كالرواسب التي يحملها نهر السين وكذلك ذكر الزلازل. وذكر **ارسطو** (322 – 348) ق.م الينابيع واصل مياهها واعتقد بوجود طبقات صخرية مسامية تحتفظ بالمياه تشبه الاسفنج. وكان **سترابو** (54 ق.م – 25 م) لاحظ وجود رفع او هبوط موضعي للأرض ،كما راقب النشاط البركاني واعتبر فيزوف بركانا رغم انه لم يكن ثائرا في زمانه ودرس الارسابات النهرية وتكون الدلتاوات .

اما **العلماء العرب** كان لهم دور متميز من خلال اضافاتهم في علم الجيولوجيا وعلم المعادن والجيومورفولوجيا وفي مقدمتهم **البيروني** الذي اشار الى ظاهرة التشعير وهو ما يعرف اليوم بالتشقق الصخري فضلا شرحه عن كيفية تكوين الجبال. ويعد العلماء العرب اول من صنف المعادن بحسب صفاتها الفيزيائية والكيميائية وهم الذين وصفوا وصفا كاملا البيئات الجيولوجية التي تكون المعادن. ويعد العرب واضعي اسس علم الصخور . وقد استدل **ابن سينا** على تكوين الجبال من البحر اول الامر من وجود المتحجرات في صخورها.

**2 – مرحلة ما قبل الهاتونية Pre- Huttonian Peroid :**

استمرت هذه المرحلة ثلاث قرون ،ومن ابرز روادها العالم والفنان الايطالي **ليوناردو دافنشي** Leonardo da Vinci الذي أوضح ان المجاري تشق أوديتها وهي التي تنقل المفتتات الصخرية من مكان لآخر وبذلك تعد العامل الاساسي في تشكيل تضاريس سطح الارض ،كما اثبت الاصل العضوي للحفريات والمتحجرات النباتية والحيوانية في الصخور. اما الفرنسي **بفون** Buffon أكد على ان الانهار لها القدرة الهائلة على نحت المناطق المرتفعة وتسويتها حتى تصبح في مستوى سطح البحر. وكذلك العالم الجيولوجي السويسري **دي سوسير** De Saussure الذي درس الانهار وحلل قدرتها على النحت والارساب.

**3 – المرحلة الكلاسيكية أو الهاتونية Classical or Huttonian Period:**

يعد العالم الجيولوجي الاسكتلندي **جيمس هتن** (1726 –1797J.Hutton) اول من وضع الاسس الاولى للجيومورفولوجيا واقترنت هذه المرحلة باسمه ، اذ تقدم بفكرة جديدة كانت الاولى من نوعها وهي **( ان الحاضر هو مفتاح الماضي)** وبنى عليها مبدأ التغير التدريجي البطيء Uniformitarianism ومفاده (ان التغيرات الجيولوجية التي تعرض لها سطح الارض تمت بطريقة تدريجية استغرقت فترات طويلة تقدر بملايين السنين وليس بالطفرة أو الفجائية (Catastrophism).وظهرت اراء هتن مفصلة في كتابه (نظرية الارض) .

**٤- مرحلة ما بعد هتن Post- Huttonian Period:**

ابرز رواد هذه المرحلة هو السير **تشارلس ليل** (1797–1875) Sir Charles Lyell)وهو من اشد المتحمسين لمبدأ التغير التدريجي البطيء ولكنه عارض الرأي الذي نادى به هتن وهو ان المجاري المائية هي التي تنحت اوديتها . في حين ذكر **لويس اجازيز** (1807–1873 L.Agassiz) بأن الجزء الشمالي من اوربا تراكمت فوقه اثناء عصر البلايستوسين غطاءات جليدية اطلق عليها مصطلح (العصر الجليدي) ،كما درس الجيولوجي الانكليزي **رامزي** (1814–1891 Ramsey) عمليات التعرية البحرية دراسة دقيقة لم يسبقه اليها احد.

اما في الولايات المتحدة الامريكية ظهر العديد من الجيومومورفولوجيين منهم **باول** – 1832) J.w.Pawell (1902**وداتن** C.E.Dutton **وديفز** (1841–1921) W.M.Davis **وجلبرت** (1843–1918) G.K. Gilbert **وثورنبري** W.D. Thornbury

اذ يعد **ديفز** مؤسس علم الجيومورفولوجيا ، واستطاع ان يؤسس مدرسة علمية تتبع منهجه عرفت بأسم المدرسة الجيومورفولوجية الدافيزية أو الامريكية . لقد اشار ديفز الى ان ظواهر سطح الارض تختلف من منطقة الى اخرى تبعا لعوامل عدة تتمثل ب:-

أ- **البنية والتركيب الجيولوجي Structure and Lithology**

نعنى **بالتركيب الصخري Lithology** الخصائص الطبيعية للصخر مثل درجة صلابة الصخر وليونته Hardiness and softness وأثر ذلك فى عمليات التفكك والتحلل، وبالتالي فى تشكيل السطح. وتتوقف درجة صلابة الصخر على خصائص العناصر والمعادن التي تدخل فى تركيب الصخر وطبيعة المادة اللاحمة لحبيبات الصخر، ومدى تأثر الصخر بالشقوق cracks والفواصل Joints والفوالق Faults ،والالتواء ، كما نعنى بالتركيب الصخري أيضًا مدى تجانس حبيبات الصخور، ومساميتها ونفاذيتها.

ب- **العمليات التي تشكل الظواهر التضاريسية (Processes)**

وهي على نوعين هما العمليات الخارجية الناتجة بفعل الانهار والبحار والرياح والجليد والمياه الجوفية ، والعمليات الداخلية المتمثلة بحركات الالتواء والتصدع والزلازل والبراكين.

**ت- مراحل النمو (الزمن) Stages**

دعم ديفز الحقيقة الهاتونية القائلة (الحاضر مفتاح الماضي) ،فقد يجد الباحث منطقتين متشابهتين في البنية والتركيب الجيولوجي وفعل العمليات الخارجية الا انه يجد تنوع للظواهر في كل منهما وهذا يعني ان احداهما احدث من الاخرى.

كما اوضح بأن الاودية النهرية تختلف فيما بينها تبعا للدورة الجغرافية Geographic Cycle ويقصد بها الدورة التحاتية أو الجيومورفولوجية Cycle of Erosion or Geomorphic Cycle .

فيما لخص وليم ثورنبري W.D. Thornbury هذه المفاهيم في افكار عشرة كالاتي:-

1- الفكرة الاولى : أن كل العمليات والقوانين التي تؤدي دورها الآن كانت تعمل ايضا خلال الزمن الجيولوجي ،غير انه ليس من الضروري ان يكون عملها بنفس درجة الشدة التي عليها الآن.

2- الفكرة الثانية :( تعد البنية الجيولوجية عاملا مسيطرا في تطور الاشكال الارضية وتنعكس فيها).

3- الفكرة الثالثة: (تؤدي العمليات الجيومورفولوجية دورا بمعدلات متباينة ولهذا السبب تمتلك الارض تضاريسها).

4- الفكرة الرابعة :(تترك العمليات الجيومورفولوجية اثارها المميزة على الاشكال الارضية ،وتطور كل عملية جيومورفولوجية مجموعتها الخاصة من الاشكال الارضية ).

5- الفكرة الخامسة :(ينتج تعاقب مرتب للأشكال الارضية .بينما تؤدي عمليات تعرية مختلفة عملها فوق سطح الارض).
6- الفكرة السادسة :(التعقيد اكثر شيوعا من البساطة في التطور الجيومورفولوجي).

7- الفكرة السابعة:( قسم قليل من تضاريس الارض أقدم من الزمن الثالث Tertiary ، ولا يزيد معظمها عن البلايستوسين).

8- الفكرة الثامنة :( لا يمكن تفسير وجود تضاريسنا الحالية دون تصور دقيق لتأثير التغيرات الجيولوجية والمناخية التي حدثت خلال عصر البلايستوسين).

9- الفكرة التاسعة:( لتفهم الاهمية المتباينة لمختلف العمليات الجيومورفولوجية لا بد من معرفة لمناخات العالم ).

10 – الفكرة العاشرة:(رغم ان الجيومورفولوجيا تهتم بدراسة مظاهر الارض الحالية الا انها تصل ذروة فائدتها من خلال توسعها التاريخي) .

في حين ركز الالماني **البريشت بنك A. Penek** الذي يعد من رواد المدرسة الالمانية ، وركز في دراساته على عمليات حركة المواد على المنحدرات في مرتفعات جبال الالب والاسباب التي تؤدي الى حدوثها واثرها في تراجع الحافات الصخرية ، كما انه خالف رأي ديفز في تتابع مراحل الدورة الجيومورفولوجية ، اذ يرى بنك بأن الدورة تبدأ عادة بتعرض الكتلة اليابسة لحركات رافعة متناهية في البطء مقارنة بالسرعة التي تعمل بها عملية التعرية.

**مفهوم العامل Agent والعملية Process:**

يتكون سطح الأرض في أي مكان من صور شتى ومختلفة، ولو تتبعنا ساحل الخليج ركوبا بالطائرة من الشمال إلى الجنوب نرى ظواهر ارضية مختلفة، وعمل على تطوير هذه الظواهر عوامل وعمليات جيومورفولوجية مختلفة.

العامل الجيومورفولوجي : Agentهو اي وسط طبيعي قادر على نحت المادة ونقلها وترسيبها التي تتكون منها قشرة الارض والصخور على اختلاف انواعها ، وهو يمثل الطاقة التي تحرك العملية مثل المطر والمياه الجارية والجليد والرياح والامواج ....الخ.

والعملية Process : هي الوسيلة للتأثير على صخور الارض وما يتكون عليها من اشكال ، وتتمثل بجميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي يكون لها دور وتغير وازالة او تكوين اشكال الارض . هو الطاقة مثل المطر والعملية هي الوسيلة مثل الانجراف بمختلف أشكاله

وكأمثلة على العوامل والعمليات نورد ما يلي:

* السيل عندما يجري ويجيش على شكل مجاري ( عامل ) .....يجرف وينقل ويرسب (عمليه).
* الرياح ( عامل ) .....تعمل بدورها على نقل الرمال وتجميعها ( عمليه ) .
* أمواج البحر ( عامل ).....تضرب وتنحت السواحل ( عمليه ) وتكون جروف صخرية.

**أسس ومناهج البحث الجيومورفولوجي**

لا بد من الوقوف عند مصطلحات ثلاث تخص هذا الموضوع ينبغي التفريق فيما بينها وهي **Approach** وتعني **منهج** اي توضح طبيعة البحث فيما اذا كانت ذات طابع نظري او ذات طابع عملي او ذات طابع نظري – عملي ، نقول منهج نظري ومنهج عملي ومنهج نظري –عملي.

أما المصطلح الثاني هو **Method** ونعني بها **طرق البحث** Research Methods ويفضل ان يقتصر استعمالها على ما يسمى احيانا بالمنهج أو الطريقة الاستقرائية الاستنتاجية ومنهج أو طريقة الفرض المسبق والمنهج التحليلي .وبذلك نكتفي بكلمة طريقة ونستغني عن كلمة منهج في الحالات الثلاث اعلاه .

والمصطلح الثالث هو **Technique** وتعني **وسيلة** اي وسائل البحث ويقصد بها الاجراءات التفصيلية التي تتبع في خطوات البحث أو الدراسة وخاصة استعمالات الادوات والاجهزة والتي تتضمن الدراسات السابقة ، تحليل الخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية ، الدراسة الميدانية وجمع العينات ، التحليل المختبري للعينات ، واستعمال اسس التحليل والتعبير الكمي . وفيما يلي عرض لأهم مناهج البحث الجيومورفولوجي :-

1- **المنهج الإقليمي Regional Approach** :

يعرف الإقليم الجغرافي بأنه مساحة من سطح الارض على درجة ما من التجانس والتماثل الناتج عن ترابط ما يشمله المكان من ظاهرات بعلاقات ايجابية منسقة تعرف بالعلاقات المكانية والسببية هي دعامة تماسكه الداخلي، وللإقليم شخصيته المتميزة وخصائصه التي تميزه عما يجاوره من اقاليم اخرى .

ان استخدام هذا المنهج في البحث يبدأ بتحديد نظري للنمط الإقليمي بناءٍ على احساس الباحث وما لديه من خبرة سابقة ثم بعد ذلك استقرار مكونات هذا الأقليم والكشف عما تحويه من ظاهرات وعوامل في ضوء تتابع مراحل التطور التي مرت بها.

**2 – المنهج الاستقرائي الاستنتاجي Inductive Approach**

وفقا لهذا المنهج أو الطريقة تتسلسل الحقائق العلمية بترتيب منطقي بحيث تؤدي كل حقيقة الى فهم ما يليها من حقائق ثم نصل في النهاية الى النتيجة المرجوة من البحث او الدراسة.

**3– منهج الفرض المسبق (الاستدلال القياسي) Deductive Approach**

يقوم على تصور مبدئي بأن ما حدث في منطقة ما شبيه أو مطابق لنظام معين أو يوافق نظرية معينة . ويصلح في البحوث والدراسات العامة التي تدرس مناطق شاسعة أو ظاهرات كبرى ولا تصلح للبحوث التفصيلية.

**4 – المنهج التحليلي Analytical Approach**

يتم في هذه الطريقة جمع الملاحظات والحقائق المختلفة ثم تنسق هذه الملاحظات والحقائق مع الاشارة اليها ، واثناء المناقشة تقارن الملاحظات بالاستنتاجات المنطقية لتبين مقدار التوافق بين الملاحظات والحقائق من جهة والاستنتاجات من جهة اخرى.

**5– المنهج الموضوعي Topical Approach**

يهدف على الحصول على معلومات علمية دقيقة عن ظاهرة او شكل ارضي معين او مجموعة من الظاهرات او الاشكال الارضية من منطقة او اقليم ما او في عدة مناطق او اقاليم والتعمق بدراسة تلك الظاهرة او مجموعة الظواهر ، كما يستند هذا المنهج على مبدأ التعمق التاريخي ثم تحليل المعلومات والحقائق وصولا الى النتائج.

**6– المنهج الاصولي Systematic Approach**

يتم من خلال هذا المنهج دراسة العوامل والعمليات الجيومورفولوجية وتقييم النتائج عن كل منها في كل موقع تتم دراسته . كما يتطرق هذا المنهج الى الاهتمام بالقوانين والمبادئ الاساسية التي تشكل الحقائق العلمية التي تقوم عليها الدراسة الجيومورفولوجية.

**7– المنهج التاريخي Historical Approach**

يهدف الى الاحاطة بالتعرف على احداث الماضي والحصول على معلومات الماضي من اجل التعرف على التطورات التي سبق وان حدثت ومن ثم تحليلها وتفسيرها بمجموعة خطوات متتالية.

**8– منهج النظم Systems Approach**

ويعرف النظام بأنه مجموعة من العناصر أو الاشياء التي ينظر اليها مجتمعة من خلال دراسة علاقة كل منها بالآخر بوسائل رياضية . ومثال ذلك الحوض النهري ، المجرى النهري ،الدلتا النهرية ، المروحة الغرينية والنطاق الساحلي وغيرها ، جميع هذه الاشكال الجيومورفولوجية بتفصيلاتها والعوامل المختلفة التي تؤثر فيها وقد تتأثر بها وبالتالي يعد ذلك نظاماً. وهنالك نوعين من النظم هما :–

**أ– النظام المغلق Close System**

أن تحليل اشكال سطح الارض ضمن النظام المغلق يعني دراسة تأريخ المنطقة بأتباع المنهج التاريخي من جهة كما يتضمن صفة الحتمية في تفسير تأثير البيئة عند نشأة شكل سطح الارض او تطوره مما يجعله مناسبا لدراسة اشكال سطح الارض القديمة النشأة الغير متأثرة بالبيئة الحالية ذات الطاقة الواطئة مثل اشكال سطح الارض في الصحاري الحارة القليلة التأثر من تدخل الانسان.

**ب- النظام المفتوح Open System**

نظام طبيعي لمظهر ارضي يتألف من نظم رئيسة ونظم ثانوية تجري داخله عمليات تجدد الطاقة ونقل المادة ليتحقق التوازن وحالة الاستقرار عند تساوي دخول وخروج الطاقة لينضبط شكل سطح الارض الذي يرافق انضباط العمليات الجيومورفولوجية ليصبح النظام في حالة توازن ديناميكي بين عناصره واجزائه.

مثال ذلك حوض النهر يعد نظام رئيسي مستقل له ابعاده وشكله ويتكون من عناصر ثانوية منفصلة عن بعضها ذات علاقة متبادلة فيما بينها (منحدرات ،وديان ، قنوات نهرية ، سهول فيضية ، ترب ، .....الخ) ، وكل نظام ثانوي يتكون من اجزاء او عناصر صغيره (آفاق التربة ، مقاطع عرضية او طولية للقنوات النهرية ، شكل القنوات .....الخ) يتطلب ذلك القياس وتحليل ابعادها لتحليلها جيومورفولوجيا .

أن النظام المفتوح يصلح لتحليل اشكال سطح الارض الخاضعة للتغير والتطور ضمن النظم المناخية الحالية ولتأثير ظروف البيئة في الجهات المعتدلة او الحارة الرطبة ذات الكثافة النباتية المعتدلة او العالية ويقسم النظام المفتوح الى اربعة انواع :-

- **نظم الشكل Morphological System:** يهتم بدراسة العلاقات بين صفات شكل سطح الارض .

- **نظم استجابة العمليات Processes Response System** : يهتم بتحديد العلاقة بين الشكل والعملية كما يشمل دراسة العلاقات بين العمليات مع بعضها.

- **نظم الكاسكدنك Cascading System** : يدرس انتقال المادة او الطاقة بين النظم الثانوية او اجزاء النظام الثانوية الداخلة في تركيب النظام الرئيسي بواسطة ادوات تعمل على تنظيم النظام .

- **نظم السيطرة Controlling System** : يحدد ويفرز الادوات المنظمة في العمليات الجيومورفولوجية التي تسبب تغيرات في توزيع الطاقة او في كتلة المواد داخل النظام تؤدي الى اختلال العلاقة المتوازنة داخل نظام الشكل ونظم استجابة العمليات.

**علاقة الجيومورفولوجيا بالعلوم الاخرى**

مما لاشك فيه ان هنالك علاقات تبادلية ذات ارتباط قوي جدا تربط ما بين علم الاشكال الارضية (الجيومورفولوجيا) والعلوم الاخرى وهو بقدر ما يأخذ منها أصبح في الوقت الحاضر يضيف اليها سواءٍ في المجالات النظرية أوالتطبيقية . اذ نجد ان هنالك علاقة ارتباط وثيقة بين علمي الجغرافيا والجيومورفولوجيا ، فالجغرافيا تدرس سطح الارض سواء كان مأهولا بالسكان ام لا ، وبالتالي تكون الجيومورفولوجيا جزءا جوهريا من الجغرافيا ونتائجه ذات قيمة للدراسات الجغرافية البشرية .

وتبرز العلاقة بين الجيومورفولوجيا **وعلم الجيولوجيا الفيزيائية أو الديناميكية** وكذلك **علم الجيولوجيا التركيبية** . أن الارتباط الاساسي بين الجيومورفولوجيا والجيولوجيا يتمثل في قدرة الجيومورفولوجيا على المساعدة في تفسير التتابع الجيولوجي حينما تكون الرواسب رقيقة ومبعثرة وتكون الاشكال الارضية متوفرة ومثل هذه الظروف تميز عصري البلايوسين Pliocene والبلايستوسين Pleistocene تميزا واضحا في بعض المناطق.

كما أصبح **علم الاحصاء** ذي صلة وثيقة بالجيومورفولوجيا اذ توفر الطرق والنماذج الاحصائية طرقا اضافية للباحث الجيومورفولوجي من خلال التعرف على طبيعة العلاقة بين العوامل والعمليات الجيومورفية من جهة والاشكال الارضية من جهة اخرى من خلال استخدام المعايير الاحصائية فضلا عن ما يستخدم في الدراسات المورفومترية القائمة على القياس مع التحليل والتعبير الرقمي احصائيا أو حسابيا ،وهي اساليب ذات فائدة علمية كبيرة في دراسة بعض الجوانب خاصة الشكل وكذلك بعض العوامل والعمليات الجيومورفولوجية.

وتتمثل العلاقة بين الجيومورفولوجيا **وعلم التربة** بدراسة خصائص التربة المنقولة والمحلية ونتائج عمليات التحلل والتفكك بصفة رئيسة وهو من صميم الدراسة الجيومورفولوجية فضلا عن دراسة قطاع التربة Soil Profile الذي لا يمكن تفسيره الا في ضؤ الجانب التاريخي فيما يتعلق بالظروف الجيومورفولوجية القديمة خاصة نوع العمليات الخارجية التي تمثل نتاج ظروف المناخ القديم.

وفي الوقت الذي يهتم **علم المياه** بدراسة الدورة المائية على الكرة الارضية ويدخل في محتواه دراسة اشكال التساقط والمياه الجارية والمتسربة والتبخر وكذلك المياه الجوفية وهي من الموضوعات التي يتناولها علم الجيومورفولوجيا ، اذ ان الجريان السطحي والمياه المتسربة هما عاملا تعرية وتتأثر طبيعة المياه الجارية بضوابط بعضها هيدرولوجية واخرى جيومورفولوجية ، اما المطر يعد احد عوامل تشكيل السطح ولكنه لايوصف في العادة بأنه عامل تعرية رئيسي بل يدخل ضمن عوامل التعرية الاولية .

اما علاقة الجيومورفولوجيا بعلم **الخرائط** وبالذات الخرائط الكنتورية والجيولوجية والصور الجوية والمرئيات الفضائية هي من ادوات البحث الاساسية في الدراسات الجيومورفولوجية والاحتمالات الخاصة بأشكال سطح الارض ، ويتم ذلك من خلال التفسير البصري او الآلي بواسطة الحاسوب بالأخص للصور الجوية والمرئيات الفضائية وفقا لبرامج خاصة مثل Arc view وغيره من البرامج التي يمكن من خلالها اعداد الخرائط الجيومورفولوجية من المرئيات الفضائية .

كما للجيومورفولوجيا علاقة كبيرة في **المشاريع الهندسية** وبالذات ما يتعلق منها بأختيار مواقع السدود والخزانات المائية والمستوطنات البشرية وطرق السيارات وسكك الحديد واقامة الموانئ والمطارات والتعدين والمناجم واختيار مناطق مشاريع الري والبزل والتي بات للجيومورفولوجي باع كبير في اختيارها بعدما ثبت فشل الكثير من المشاريع المشار اليها اعلاه في الدول الغربية بسبب عدم الاخذ بنظر الاعتبار الظروف الجيومورفولوجية في اقامة تلك المشاريع .

فضلا عن أهمية الجيومورفولوجيا **في العمليات العسكرية** من خلال التقييم العسكري للمناطق الجغرافية الذي يرتكز على العوامل الارضية واجراء التجارب العسكرية وتصنيف الاراضي الى اقاليم عسكرية.

فضلا عن استخدام الدراسات الجيومورفولوجية في الكشف عن **المعادن والخامات** واستغلالها اقتصاديا. وكذلك تنظيم البيئات الاستيطانية في كلا من الريف والمدينة .

**خصائص كوكب الارض ونشأته.**

في البدء لابد من التعرف على المصطلحات الخاصة بالكون و بعض مكوناته الرئيسة :-

**الكون Universe:** هو مادة وطاقة ،تظهر الطاقة على هيئة ضوء او حرارة او حركة او اشعة كونية ، اما المادة من اهم مظاهرها في الكون النجوم ، الكواكب، الشهب ، السحابات الغازية او الغبارية.

**الكوكبة Constellation:** مجموعة من النجوم المرتبة ترتيبا خاصا ومميزا يمكن التعرف عليها نتيجة هذا الترتيب.

**المجرة Galaxy:** هي نظام كوني مكون من تجمع هائل من النجوم والغبار والغازات والمادة المظلمة التي ترتبط معا بقوى الجذب المتبادلة وتدور حول مركز مشترك ويقدر الفلكيون ان هناك حوالي 1010 -1210 مجرة تقريبا في الكون المنظور وأبعد مجرة تم تصويرها تبعد حوالي 10-13 مليار سنة ضوئية* ، تتراوح احجامها بين المجرات القزمة التي لا يتعدى عدد نجومها العشرة ملايين نجم وتكون مساحتها حوالي بضعة الاف السنين الضوئية الى المجرات العملاقة التي تحتوي على اكثر من $(10)^{12}$ نجمة وحجمها يصل الى نصف مليون سنة ضوئية.

**السديم:** جسم غازي متوهج كبير الحجم جدا، وهو جرم سماوي ذو مظهر منتشر غير منتظم مكون من غاز متخلخل من الهيدروجين والهيليوم وغبار كوني. ويدرس الفلكيون السدم عن طريق دراسة الوسط البين نجمي وبصفة خاصة بين نجوم مجرتنا، يلاحظ الشكل (1).

**النجوم Stars:** النجم هو كرة ضخمة من البلازما تنتج الطاقة من داخلها بالطاقة النووية وترسلها الى الفضاء الخارجي عن طريق موجات كهرومغناطيسية ،رياح شمسية وفيض نيتروني وقليل من الاشعة السينية . اقرب نجم الى الارض هو الشمس التي تمثل مصدره الاكبر للطاقة ، وتتكون النجوم نتيجة لانكماش سحابات غازية او غبارية بفعل الجاذبية التي تؤدي الى تركيز المادة نحو مركز السحابة وحينما يصبح الضغط داخل المادة المنكمشة للسحابة عاليا بحيث يسمح ببدء التفاعلات الذرية يبدأ الجرم السماوي بالإشعاع مكونا نجما وتؤدي الطاقة المنبثقة من النجم الى نشؤ ضغط يعمل من المركز نحو الخارج فيحدث توازنا مع تأثير قوى الجاذبية ، مثل السديم الكبير في كوكبة اريون . ويمكن تمييز ثلاثة انواع اساسية من النجوم من حيث حجمها:-

أ-**الاقزام البيضاء White Dwarfs:** حجومها تقريبا تماثل حجم الارض ولكنها ذات كثافة عالية جدا اذ ان 1سم$^3$ من هذه النجوم يمكن ان يزن 100كغم.

**ب-النجوم المتوسطة البيض او الصفر ومنها الشمس.**

**ت-النجوم المردة (العملاقة) الحمر Red Giant:** ومن امثلتها نجم انتاريس Antares ويزيد قطر النجم الواحد منها 500 مليون كم اي بمسافة يمكن ان تضم الشمس ومدارات مجموعة الكواكب الداخلية لها (عطارد والزهرة والمريخ) وتبلغ كثافة النجوم المردة الحمراء 1000/1 من كثافة الهواء فوق سطح البحر .

**كيف تميز بين النجوم والكواكب ؟**

**الفرق الأساسي بين الكوكب والنجم هو أن الكوكب لا يضيء إلا من خلال الضوء المنعكس. أما النجم فإنه يبث الضوء الذي ينتجه وذلك بناءاً على التفاعل النووي الذي يحدث في الأعماق.**

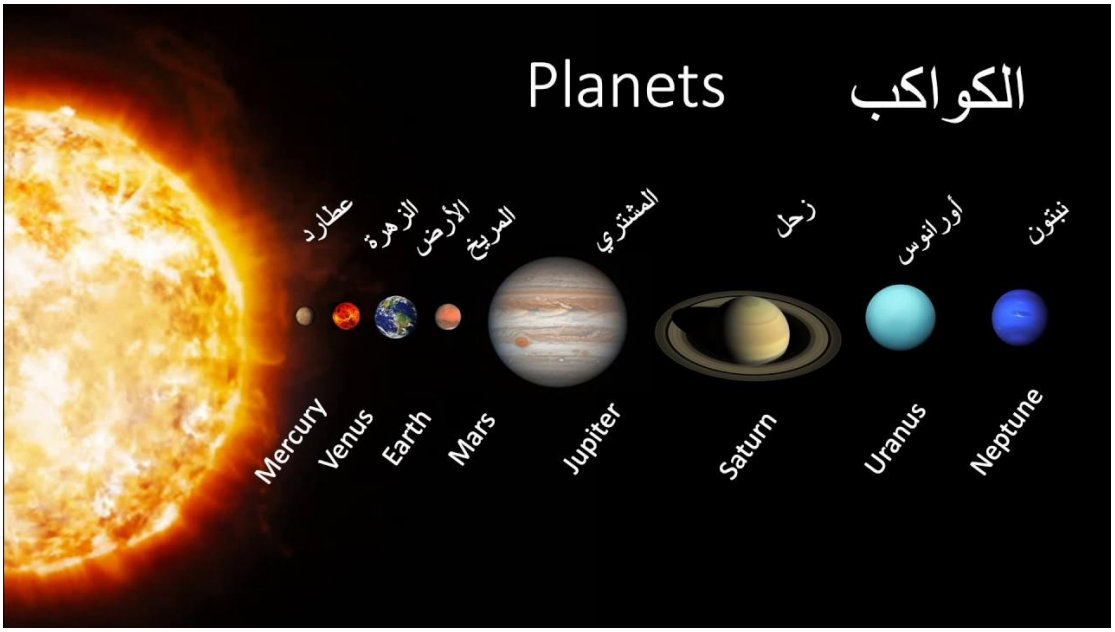
***السنة الضوئية (Light Year (LY: هي وحدة قياس تستخدم للمسافات الكبيرة والبعيدة جداً كالمسافة بين الأرض والنجوم. وتعرف السنة الضوئية على أنها المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة. وتبلغ سرعة الضوء 300 ألف كم/ثا ، وبهذه السرعة فإن الضوء يقطع 18 مليون كم/دقيقة وهذه تسمى الدقيقة الضوئية، وبذلك فأن السنة الضوئية =9.5 مليار كم تقريبًا.**

**شكل (1) صورة للسديم في الفضاء**

يعد كوكب الارض احد كواكب المجموعة الشمسية Solar System، وهذه المجموعة هي جزء صغير من مجموعة كوكبية اعظم حجما تعرف باسم المجموعة الفلكية أو مجموعو المجرة أو مجرة درب اللبانة Milky Way Galaxy التي يعتقد انها تتكون من اكثر من 100 مليون كوكبا" من مجموعة المجرة ، ،وان الفضاء الكوني قد يشتمل على اكثر من بليون (مليار) مجموعة فلكية . والذي يهم الانسان فقط هو المجموعة الشمسية ،وهذه المجموعة تتكون من عدة كواكب سيارة تدور جميعها حول الشمس التي تشغل مركز هذه المجموعة (شكل 2).

يبلغ قطر الشمس 860 الف ميل وتقدر كتلتها ب 332000 بقدر كتلة الأرض، وهي شديدة الحرارة بحيث تضيء لنفسها ولا تستمد أي ضوء من كوكب آخر، اذ تبلغ درجة حرارتها 7000 مْ ،وتزيد تدريجيا نحو باطنها حيث تبلغ في مركزها اكثر من 20 مليون مْ . وتتكون الشمس من عنصرين اساسين هما الهيدروجين $H_2$ الذي يؤلف 82% والهيليوم He ويشكل 18% من كتلتها ونسب ضئيلة جدا من غازات اخرى . وترجع قوة الاشعاع الشمسي الى التفاعلات النووية في باطن الشمس بفعل اشتقاق الهيليوم من ذرات الهيدروجين ، ويقدر العلماء ان شمسنا الحالية ستبقى على حالها دون تغير ملحوظ او ملموس خلال 30 بليون سنة ، ويحيط بنجم الشمس العظيم عشرة كواكب سيارة هي كواكب المجموعة الشمسية وسميت بذلك لأنها ترتبط ارتباطا وثيقا بجاذبية الشمس كما انها تدور حول الشمس من الغرب الى الشرق بسرع تتراوح بين 3 – 30 ميل/ثانية ،ويعد كل كوكب صغير اذا ما قورن بحجم الشمس وتشمل هذه الكواكب :-

عطارد Mercury الزهرة Venus الأرض Earth المريخ Mars الكويكبات Asteroids المشتري Jupiter زحل Saturnأورانوس Uranus نبتون Neptune بلوتو Pluto .




**شكل (2) المجموعة الشمسية .**

**وكان من نتائج الدراسات الفلكية لكواكب المجموعة الشمسية تم التوصل الى الحقائق التالية والتي يمكن تلخيصها بالجدول (1) :-**

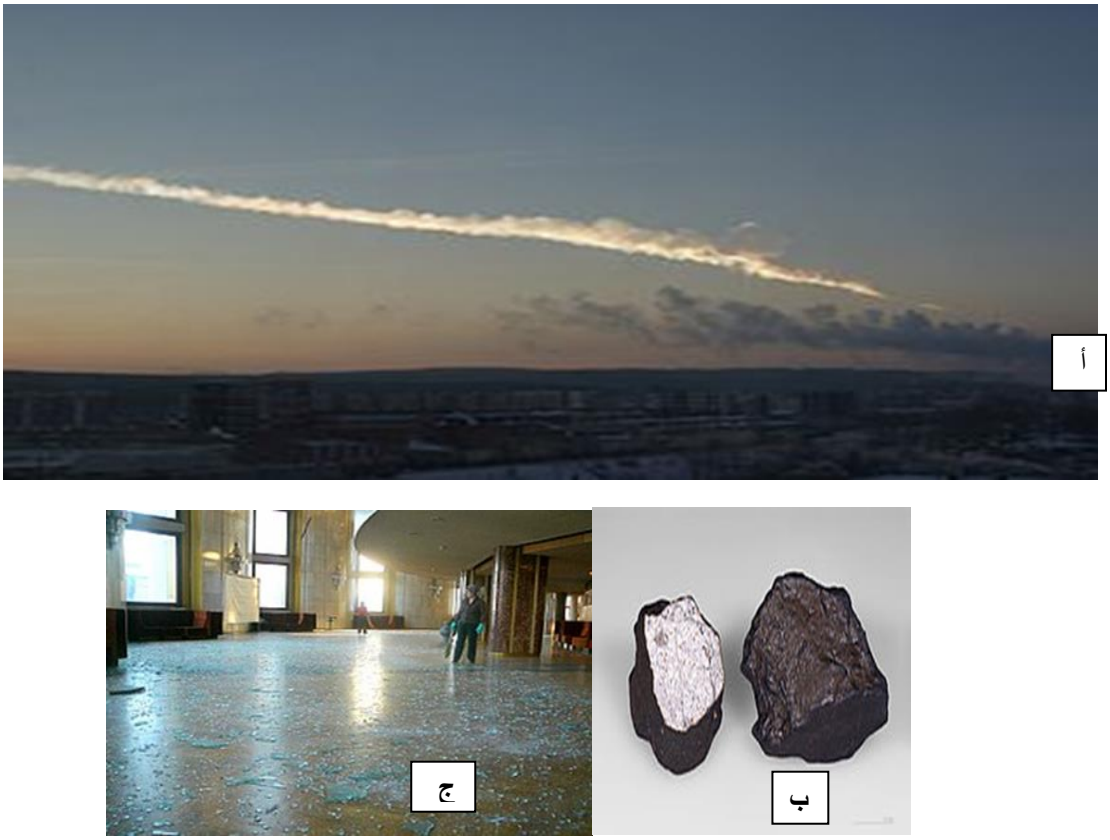
| الكوكب | البعد عن الشمس بملايين الاميال | طول فترة الدورة حول الشمس | متوسط سرعة دوران الكوكب ميل/ثا | كثافة الكوكب بالنسبة لكثافة المياه | كتلة الكوكب بالنسبة لكتلة الارض | عدد الاقمار التابعة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عطارد | 36 | 88 يوم | 30 | 3.73 | 0.055 | - |
| الزهرة | 67 | 225 يوم | 22 | 5.21 | 0.82 | - |
| الارض | 93 | سنة | 18.5 | 5.52 | 1 | 1 |
| المريخ | 142 | 1.88 سنة | 15 | 3.94 | 0.11 | 2 |
| المشتري | 484 | 11.86 سنة | 8 | 1.34 | 317.9 | 12 |
| زحل | 887 | 29.46 سنة | 6.5 | 0.69 | 95.2 | 9 |
| اورانوس | 1785 | 82.03 سنة | 4 | 1.36 | 14.6 | 5 |
| نبتون | 2797 | 164.80 سنة | 3.5 | 1.32 | 17.2 | 2 |
| بلوتو | 3670 | 247.70 سنة | 3 | - | 0.002 | - |

جدول (1) بعض خصائص كواكب المجموعة الشمسية

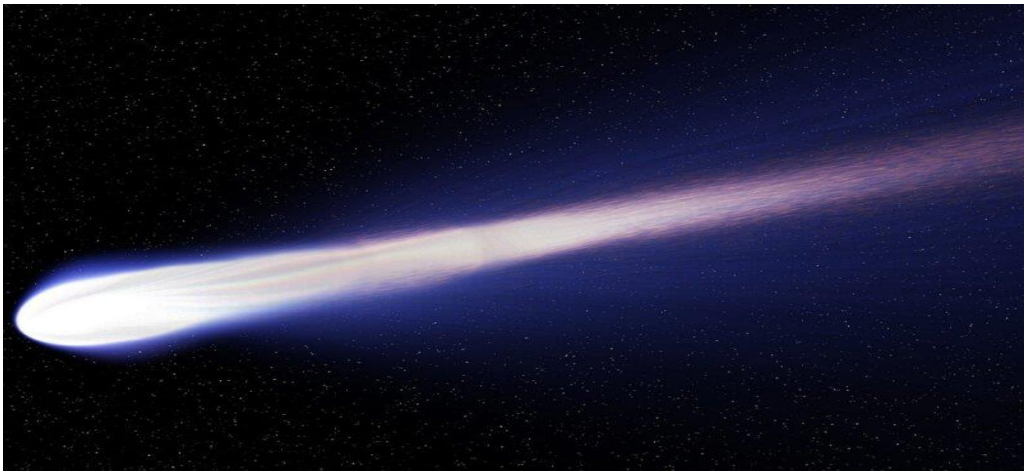
وفضلا عن الكواكب والنجوم هنالك اجسام اخرى تسبح في الفضاء وتتمثل بالشهب والنيازك والمذنبات . ويمكن رؤية هذه المكونات ليلا اذ يتسبب احتكاك اجسامها بالهواء الى ظهور بعض الشرارات الضوئية المميزة ، ويتراوح حجم الشهب Meteors بين حجم الرمل الى حجم الحصى الصغيرة تمتاز بعظم درجة توهجها وسرعة سقوطها صوب سطح الارض ، كما تسبح في الفضاء الكوني بسرعة هائلة مما يؤدي الى تحويل هذه الاجسام الى ابخرة وغازات وعدم وصولها الى سطح الارض ، وهناك رأيان في أصل الشهب يرى البعض بأن الشهب تمثل بقايا صغيرة متناثرة من المجموعة الشمسية اخذت تتفتت وتتساقط على سطح الارض ، بينما يرى آخرون بأنها تمثل بقايا مواد كونية مفتتة آتية من فضاء خارجي آخر غير الذي نعرفه وتقع فيه عائلة المجموعة الشمسية.

أما النيازك Meteorites تعد اكبر نسبيا من الشهب فهي لا تحترق كليا اثناء عبورها طبقات الغلاف الغازي مثل الشهب وتصل بعض أجزاء من موادها الى سطح الارض ويختلف وزن النيازك التي تصل سطح الارض من بضعة غرامات الى بضعة اطنان اذ عثر على بقايا نيزك في مدينة جروتفنتين جنوب غرب افريقيا بلغ وزنه 60 طنا ،علما ان اخر حوادث سقوط النيازك على سطح الارض كان بتاريخ 15/2/ 2013 الساعة 9:15 صباحا بتوقيت غرينتش على مقاطعة اوبلاست تشيليا بنسك جنوب الاورال الروسي ، اذ وبلغت كتلة النيزك 10000طن تقريبا مولدا انفجارا هوائيا بمقدار 500طن من مادة TNT، وادت الشظايا التي انشطرت من النيزك بعد انفجاره الى اصابة 1491 شخص وتلك الاصابات لم تكن بسبب الشظايا بشكل مباشر وانما جراء ما احدثته من موجات اصطداميه كانت شديدة الانفجار مما ادى الى تهشم زجاج النوافذ ، فضلا عن تضرر اكثر من 3000 مبنى في مدينة تشيليابنسك وتضرر ثلاثة محطات لتوزيع الغاز (يلاحظ الشكل 3).

في حين تظهر المذنبات على شكل بقع سديمية مضيئة تعظم درجة توهجها في منطقة رؤوسها كما يمتد من أجسامها ألسنة أو ذيول منيرة في الفضاء. وتدور المذنبات حول الشمس في مدارات مختلفة وبسرعة هائلة ،ويتألف رأس المذنب من اجسام كونية مختلفة الحجم تتكون من غازات اهمها اول اوكسيد الكاربون والهيدروجين . وعندما تقترب المذنبات من الشمس تتعرض لحرارتها العظمى فسرعان ما تحترق المذنبات وينبثق منها ذيول ملتهبة تنير الفضاء الكوني ولا تنتمي المذنبات الى المجموعة الشمسية لأن طبيعة دورانها تختلف عن طبيعة دوران مكونات المجموعة الشمسية، يلاحظ الشكل 4.




**شكل (3) –أ– يلاحظ الدخان المنبعث من جراء احتراق قطع النيزك في سماء تشيليابنسك ب– احدى شظايا النيزك الواصلة الى سطح الارض في مدينة تشيليابنسك ج– الاضرار التي تعرض لها متحف مدينة تشيليابنسك بسبب تساقط النيازك .**



**شكل (4) احد المذنبات اثناء توهجها**

**دوران الارض حول الشمس**

يقصد بدورة الارض حول الشمس الفترة الزمنية اللازمة لإتمام دوره كاملة حول الشمس في السنة ، وتقاس هذه الفترة الزمنية بطريقتين هما:-

1 – الفترة الزمنية اللازمة لدوران الارض حول الشمس بدءا من نقطة على مدارها وعودتها اليها بمساعدة احد النجوم الثابتة في السماء وتسمى هذه المدة بالسنة النجمية Sidereal Year وهي ثابتة الطول.

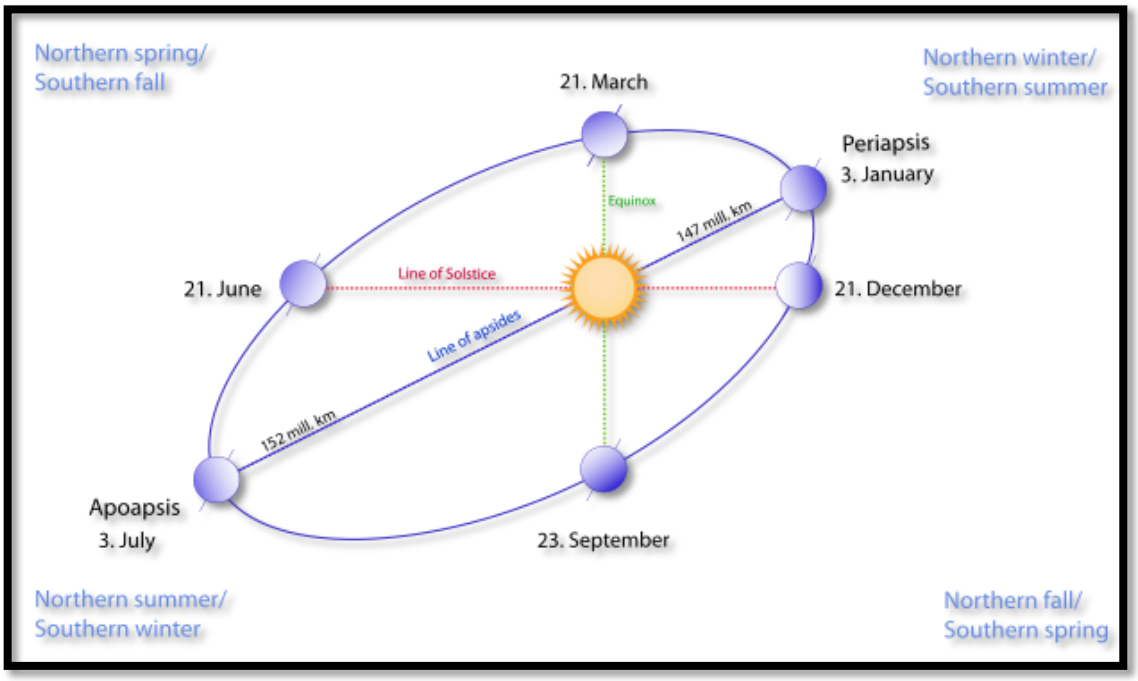
2 – طول الفترة بين الاعتدال الربيعي والاعتدال الربيعي التالي ،اي بين وقت الزوال 21 اذار ووقت زوال اذار التالي له وتسمى هذه المدة بالسنة المدارية Year Tropical وطولها 365.25 يوما تقريبا . وبالتالي يكون الفرق بين السنة التقويمية والسنة المدارية هو ربع يوم تقريبا في السنة ،وتجمع كل اربعة سنوات لتصبح يوم كامل كي تصحح ويضاف الى شهر شباط ويصبح اليوم 29 وتسمى بالسنة الكبيسة .

تدور الارض حول الشمس في اتجاه ضد عقرب الساعة وهو نفس اتجاه دوران الارض حول نفسها ويطلق على مسار الارض في دورانها حول الشمس بمدار الارض Earth's Orbit (يلاحظ شكل 5)، وهو على شكل قطع ناقص (بيضاوي) وليس على شكل دائرة كاملة الاستدارة . ويبلغ مدار الارض حول الشمس 960 مليون كم . وللأرض ثلاث حركات هي:-

١-تدور الارض حول محورها دورة كاملة كل 24 ساعة وينتج عن هذه الحركة تعاقب الليل والنهار.

٢-تدور الارض حول الشمس مرة كل 365 يوم وهذه الحركة تشكل السنه كما ان الجذب القمري يجعل الارض تتبع مسارا متمايلا.

٣-تتحرك الارض مع الشمس اثناء دوران الشمس حول مجرة درب اللبانة مرة واحدة كل 250 مليون سنة مع بقية النظام الشمسي




**شكل(5) :يوضح مدار الارض حول الشمس**

**النظريات الحديثة التي تفسر نشؤ الكرة الارضية:-**

**نظرية الانفجار العظيم Big Bang Theory :**

الانفجار العظيم حادث كوني وقع قبل 15 بليون سنة عندما كان الكون كله مضغوط في جزيء ذري واحد بشكل نقطة واحدة اطلق عليها العلماء اسم (الذرة البدائية) أو (الحساء الكوني) وحجم تلك النقطة يساوي صفر وكتلتها لا نهائية ،أي ان الكون كان طاقة خالصة. وان الصيغة النهائية التي يمكن اختصار النظرية بها هي انه قبل 15 بليون سنة وقع انفجارا هائلا في ذرة بدائية تحتوي على مجموع المادة والطاقة ،وفي اللحظات الاولى من الانفجار الهائل ارتفعت درجة الحرارة الى عدة تريليونات ونتج عن ذلك خلق اجزاء الذرات ومن تلك الاجزاء تكونت الذرات وهي ذرات الهيدروجين والهيليوم ، ومن هذه الذرات تكون الغبار الكوني الذي نشأت منه المجرات فيما بعد ثم تكونت النجوم والكواكب وما زالت تتكون ،وفي غضون ذلك كان الكون وما زال في حالة تمدد وتوسع ، وبذلك فأن الانفجار العظيم ادى ليس فقط الى ظهور جزيئات ذرية جديدة بل الى وجود مفهومي الزمان والمكان اللذين كان يستحيل الحديث عنهما قبل المادة. والكون Universeهو مادة وطاقة ،تظهر الطاقة في الكون على هيئة ضوء أو حرارة أو حركة أو أشعة كونية ، أما المادة فمن اهم مظاهرها في الكون النجوم والكواكب والشهب والسحابات الغازية او الغبارية.

ومن العلماء الذين اسسوا لهذه النظرية القس البلجيكي جورج لي ميتر George Le Maitre الذي اقترح سنة 1927 صورة جديدة لنشأة الكون وتطوره وقد وافقه على ذلك العالم الفلكي الروسي جورج كاموف George Gamov.

**ابعاد الكرة الارضية**

يلخص الجدول (2) ابعاد الكرة الارضية .

| الخاصية | الابعاد | الوصف | الارتفاع – العمق (م) | النسبة المئوية % |
|---|---|---|---|---|
| شكل الارض | | اهليجي | | |
| نصف قطر الاستواء | | يزيد على نصف القطر القطبي ب21كم | | |
| عمر الارض | | 5.4 مليار سنة | | |
| وزن الارض | | $6^{12}$ طن متري | | |
| القطر القطبي | 1271354كم | المسافة من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي | | |
| المحيط القطبي | 40008 كم | المسافة حول الارض بين القطبين | | |
| القطر الاستوائي | 1275632 كم | المسافة عبر الارض عند دائرة الاستواء | | |
| المحيط الاستوائي | 4007516 كم | المسافة حول الارض عند دائرة الاستواء | | |
| المساحة السطحية الاجمالية لكوكب الارض | 509700000 كم$^2$ | | | |
| مساحة اليابس | 148400000 كم$^2$ | | | 29.2 |
| المسطحات المائية | 361300000 كم$^2$ | | | 70.8 |
| أعلى منطقة في اليابس | | قمة ايفرست Everest Summit (سلسلة جبال الهملايا) | 8850+ | |
| ادنى ارتفاع على اليابس | | مستوى سطح البحر | 0 | |
| اخفض منطقة على اليابس | | البحر الميت | 399 - | |
| معدل اعماق المحيطات | | | 3800 - | |
| اخفض منطقة في المحيطات | | خندق ماريانا في المحيط الهادي | 11033 - | |

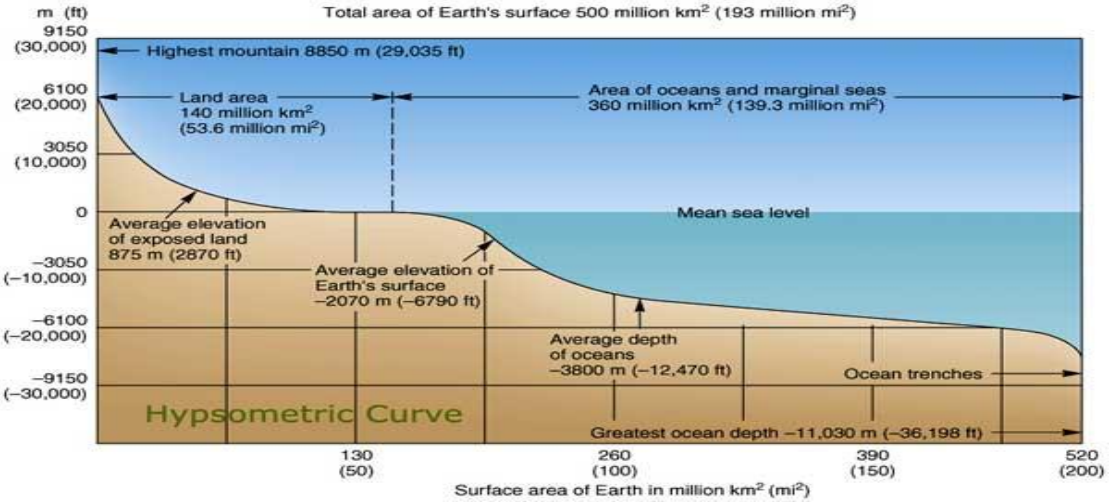
ويمكن ان نميز ذلك من خلال المنحنى الهبسومتري المناسيب والمناطق المهمة على الكرة الارضية (يلاحظ الشكل 6)

**1 – الرصيف القاري Continental Platform** : يمتد من مستوى ارتفاع اليابس 840م فوق مستوى سطح البحر الى منسوب سطح البحر (0).

**2- الرف القاري Continental Shelves:** يمثل الحافة الخارجية للرصيف القاري ويمتد من ساحل البحر الى عمق 200 م ، ويطلق على الغلاف المائي الذي يغطيه بالبحار فوق القارية Epicontinental Seas.

**3- المنحدر القاري Continental Slope:** يربط بين الرصيف القاري والرصيف المحيطي.

**4- الرصيف المحيطي Oceanic Platform:** يمتد من متوسط عمق المحيطات الذي يبلغ بحدود 3800م تحت مستوى سطح البحر حتى قاع المحيط.




**شكل ( 6) المنحنى الهبسومتري لتضاريس الكرة الارضية.**

**اغلفة الارض وخصائصها**

**اولا: الغلاف الجوي** Atmosphere

يكون هذا الغلاف النطاق الخارجي للأرض ويتكون من مجموعة من الغازات اهمها : النتروجين$N_2$78% ، الاوكسجين $O_2$ 21%، والاركون 0.093%Ar ، وثاني اوكسيد الكاربون $CO_2$ 0.023%، وغازات اخرى 0.884%، ويعتقد العلماء ان هذا الغلاف تكون نتيجة لتصاعد المحتويات الغازية لمادة الشهب المكونة للسديم فضلا عن اجتذاب بعض المحتويات الغازية الثقيلة نحو الارض بفعل الجاذبية . ويمكن تقسيم الغلاف الجوي للأرض الى عدة نطق مرتبة من الاسفل الى الاعلى :-

1- التروبوسفير Troposphere: يعد الجز الاسفل من الغلاف الغازي ويرتفع بمعدل 10كم وفيه تهب الرياح وتتساقط الامطار ويقتصر وجود السحب في هذا النطاق.

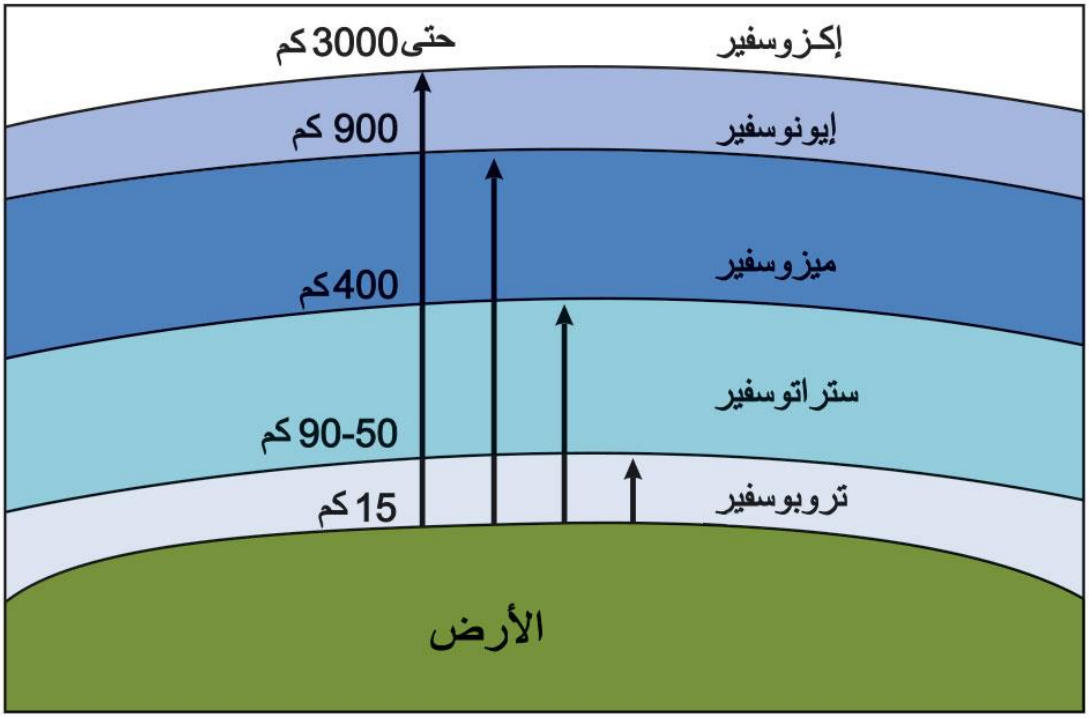
2- الستراتوسفير Stratosphere: يمتد هذا النطاق من ارتفاع 10 كم – 50كم ولا يحتوي على سحب وتنشأ فيه العواصف والزوابع وبالتالي يؤثر على نطاق التروبوسفير.

3- الميزوسفير Mesosphere: يبدأ من ارتفاع 50كم وتنخفض في هذا النطاق درجة الحرارة بالارتفاع بسبب خلوها من غاز الاوزون اذ تبلغ في الجزء السفلي من هذا النطاق الى اكثر من (0°م) فيما تنخفض الى (−90° م) .

4- الثرموسفير Thermosphere: يطلق على هذا النطاق الغلاف الحراري ويمتد على ارتفاع بين (80 – 600) كم وتبلغ درجة الحرارة فيه 1000°م وتحتوي على جزيئات الغاز المشحونة (الايونات) لذا يطلق عليها طبقة الايونو سفير Ionosphere وفي هذا النطاق تنعكس موجات الراديو.

5- الاكسوسفير Exosphere : يمثل النطاق الخارجي للغلاف الجوي ،اذ يتضاءل الغلاف الجوي للأرض تدريجيا الى ان يصل الى الفضاء الخارجي الخالي من الغازات .

وهناك غلافا غنيا بغاز الاوزون (Ozone $O_3$) يمتد بين الاجزاء العلوية للستراتوسفير والاجزاء السفلى للميزوسفير . ويتكون الاوزن نتيجة تأثير الموجات فوق البنفسجية Ultra Violet Waves ولطبقة الاوزون اثر مهم في الحفاظ على الحياة فوق سطح الارض خصوصا على اليابس كونها تحجب الموجات فوق البنفسجية القصيرة القاتلة للكائنات الحية، اما مياه البحار تستطيع حجب تلك الموجات. ويعتقد العلماء ان عدم وجود حياة على اليابس قبل الدور السيلوري هو عدم تكون كمية كافية من الاوكسجين في الغلاف الغازي للأرض لبناء طبقة وقائية من الاوزون تحجب الاشعة فوق البنفسجية.




**شكل(7) طبقات الغلاف الغازي**

**ثانيا: الغلاف المائي Hydrosphere:**

يشمل هذا الغلاف المحيطات والبحار والبحيرات والانهار والمياه الجوفية فضلا عن كتل الجليد القارية، ويغطي 72% من الغلاف الصخري .ويحتوي المحيط على 3% من الغازات الذائبة منها النتروجين والاوكسجين الى جانب غازات اخرى بكميات قليلة كما يحتوي على نسبة من الاملاح المذابة وتكون 3.5% من وزن مياه المحيطات والبحار معتدلة

الملوحة وهكذا تزداد او تقل النسبة ومن الملفت للنظر ان المتبقي الصلب عند تبخر ماء البحر يحتوي دائما نسبا ثابتة من الاملاح الاساسية كما في الجدول الاتي:-

| نوع الملح | كلوريد الصوديوم NaCl | كلوريد المغنسيوم MgCl | كبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ | كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ | كبريتات البوتاسيوم $KSO_4$ | كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ | بروميد المغنسيوم MgBr | املاح اخرى | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| النسبة% | 77.7 | 10.8 | 4.7 | 3.6 | 2.4 | 0.34 | 0.21 | 0.2 | 100 |

**جدول (3) نسب الاملاح المذابة في مياه البحر**

**ثالثا: الاغلفة الصلبة للكرة الارضية**

1-**القشرة الارضية Earth Crust:** يمثل الغلاف الصلب العلوي للأرض (Lithosphere). وتقسم الى طبقتين :-

أ-**طبقة السيال Sail:** هي الطبقة السطحية للقشرة الارضية وتتكون من صخور كرانيتية فاتحة اللون تتركب اساسا من سليكات الالمنيوم لذا سميت بالسيال ، يبلغ متوسط كثافتها 2.80 غم/سم$^3$ ويتراوح سمكها بين 15 – 2كم وتكون رقيقة السمك اسفل البحار والمحيطات بل وتكاد ان تكون معدومة في قاع المحيط الهادي ويزداد سمكها في قارات اليابس.

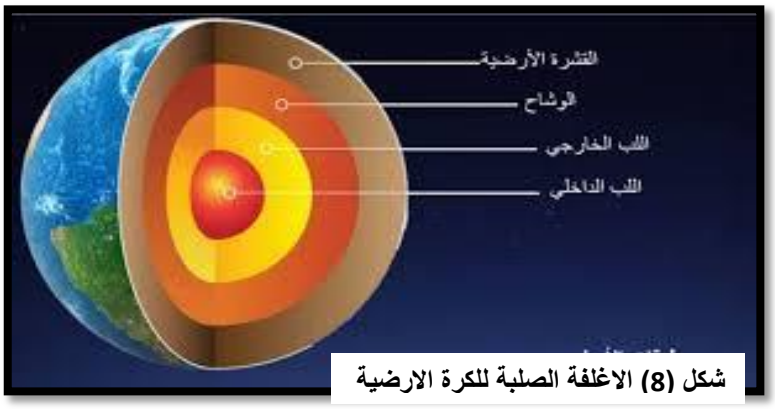
**ب-طبقة السيما Sima:** تقع اسفل السيال تتكون من صخور ذات كثافة اعلى من طبقة السيال 3.1 غم/سم$^3$ وتتركب من سليكات المغنسيوم وتسمى ايضا بالطبقة البازلتية Basaltic ويتراوح سمكها بين 25 – 20 كم .ويفصل انقطاع موهو Mohorovicic Discontinuity طبقتي السيال والسيما عن غلاف الجبة بعمق يتراوح بين 48 -35 كم.

2- **باطن الارض (Asthenosphere)** ويتكون من جزأين هما:-

أ-**غلاف الجبة (الوشاح) Mantle:** يمتد من 100- 2883 كم وتتكون من مادة صخرية صلبة تشبه في تركيبها صخور البريدوتيت وهي تشبه تركيب بعض صخور النيازك الحجرية التي لا تحتوي حبيبات كروية وكثافتها 3.2 .

**يفصل حد جوتنبرج بين اسفل غلاف الوشاح والجزء العلوي من اللب الخارجي وتقدر درجة الحرارة في هذا النطاق 3700ْم.**

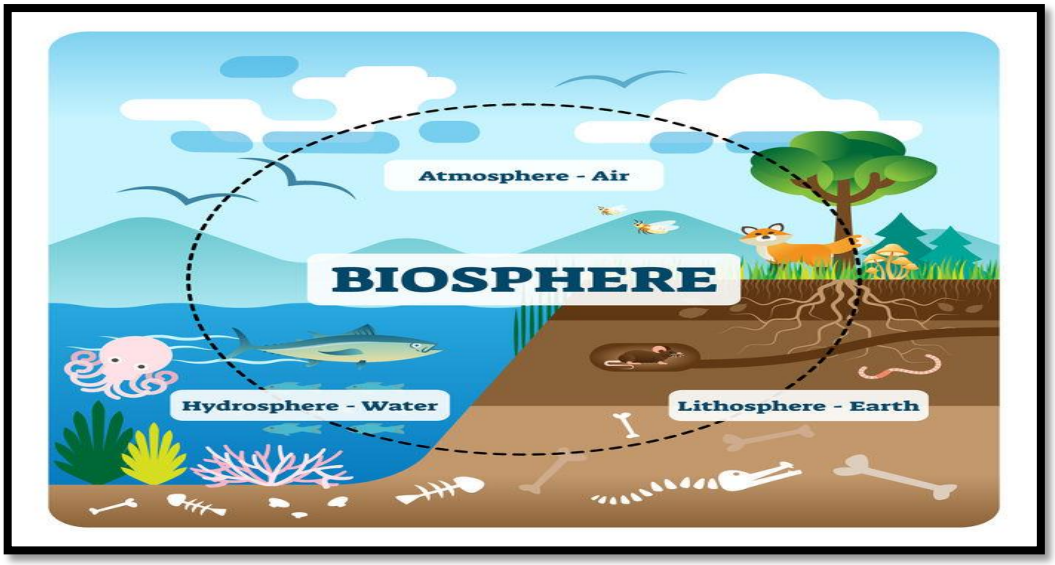
**ب-جوف الارض Centrosphere او لب الارض Core** ويلي غلاف الجبة ويمتد من عمق 2883 الى مركز الكرة الارضية . ويكون الجز الخارجي (النواة الخارجية) للب سائل اي صهير Magmaوالجزء الداخلي (النواة الداخلية) يكون صلب وكلاهما يتألف اساسا من الحديد Fe والنيكل Ni لذا يطلق على اللب احيانا طبقة النيف Nife وتبلغ كثافة اللب بشكل عام 12وهي بقد كثافة النيازك الحديدية ، ويظن العلماء ان المجال المغناطيسي للأرض ناتج عن تيارات في اللب الخارجي للأرض، يلاحظ الشكل (8).




**شكل (8) الاغلفة الصلبة للكرة الارضية**

**رابعا: الغلاف الحيوي Biosphere:**

هو ذلك النطاق من الارض الذي يشمل معظم الغلاف المائي والغلاف الجوي ،وكذلك جزءا صغيرا من القشرة الارضية الذي تستطيع الحياة ان تنتشر فيه . وبالتالي نجده متداخل مع الاغلفة الارضية الثلاث الانفة الذكر ، ويتضمن هذا النطاق جميع الكائنات الحية سواء كانت نباتية ام حيوانية. تكمن الاهمية الجيومورفولوجية للغلاف الحيوي في التأثيرات والتفاعلات البايولوجية المختلفة للكائنات الحية من نبات وحيوان على صخور القشرة الارضية.

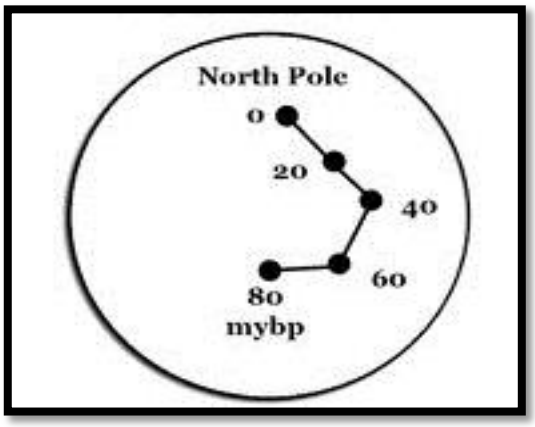



شكل (10) الغلاف الحيوي.

**المغناطيسية الارضية Earth Magnetism**

تنشأ المغناطيسية الارضية من تيارات كهربائية شديدة تسري في اللب الخارجي السائل للأرض التي تتكون من حديد منصهر شديد التوصيل ، ينشا عنها مجال مغناطيسي يعمل بدوره على توليد تيار كهربائي وتعمل بدورها على نشأة مجال مغناطيسي طبقا لقانون "أمبير" فتغير مجال مغناطيسي يحدث مجالا مغناطيسيا حسب قانون (فاراداي)، كما تؤثر المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية وتنتج قوة "لورنتس" التي تؤثر على الشحنات التي تسري في تيارات كهربائية . لقد حدثت انقلابات للمجال المغناطيسي للأرض عبر عدة عصور قديمة .اذ بينت الدراسات الحديثة بان القطب

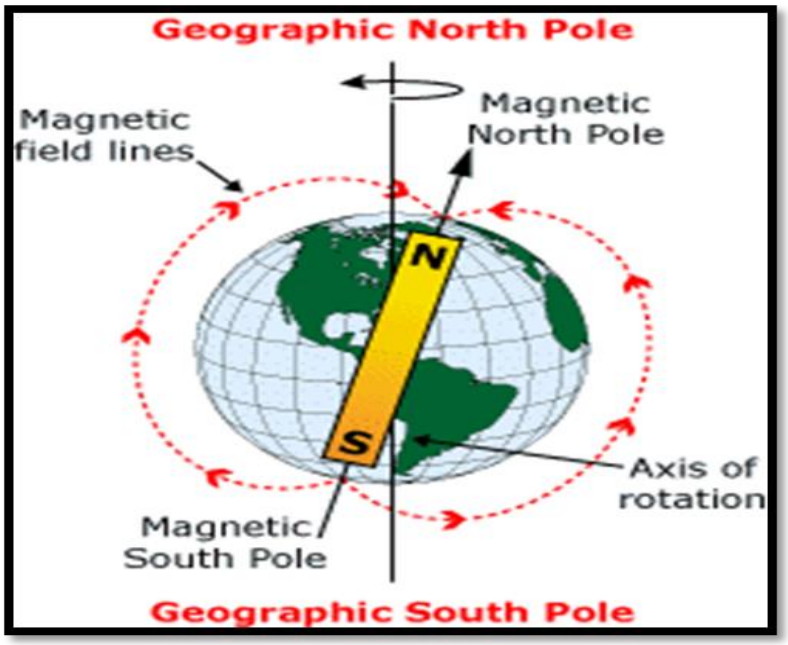
الشمالي المغناطيسي الحالي بمكان القطب الجنوبي المغناطيسي و القطب الجنوبي المغناطيسي الحالي حل بمكان القطب الشمالي المغناطيسي الا ان المحور بقى في مكانه دون تغيير ويطلق على هذه الظاهرة "تجوال الاقطاب Earth's Apparent Polar Wander" ومن تلك الانقلابات ذلك الذي حدث قبل 780000سنه ،وقد امكن التوصل الى مثل هذه التغيرات من صخور البازلت التي احتفظت ببعض اثار المغناطيسية في القطبين اثناء تحولها الى الحالة الصلبة، (يلاحظ شكل 11 ).




**شكل 11 يلاحظ تجوال القطب المغناطيسي الشمالي قبل 80مليون سنة وصولا الى موقعه الحالي**

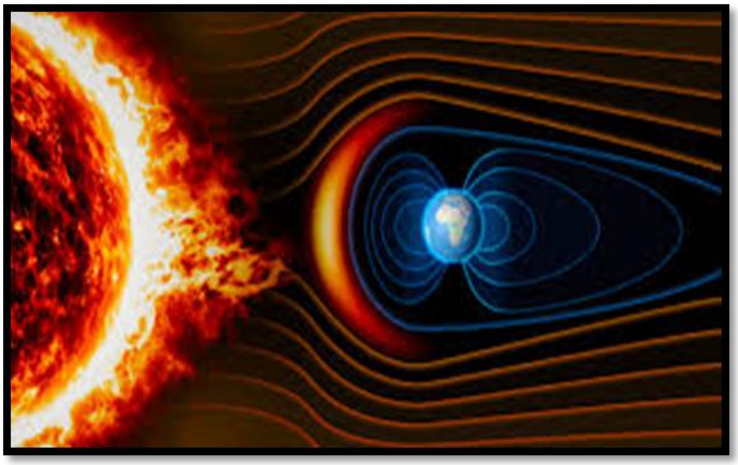
**المجال المغناطيسي الارضي**

ان المجال المغناطيسي الارضي يشبه قضيبا مغناطيسيا يقع في مركز الارض ،ويقع محور هذا القضيب الوهمي بشكل يطابق المحور الجغرافي الحالي للأرض .ويقع القطب المغناطيسي الشمالي والقطب المغناطيسي الجنوبي في النقاط التي يظهر فيها خط امتداد المحور المغناطيسي من سطح الارض (يلاحظ شكل 12)، ويلاحظ ان المحور المغناطيسي للارض يشكل زاوية مقدارها 20° بالنسبة للمحور الجغرافي، ونتيجة لذلك فان الاقطاب المغناطيسية لا تتطابق مع الاقطاب الجغرافية. وينشأ المجال المغناطيسي للأرض من النواة الداخلية للأرض.




**شكل -12- مواقع الاقطاب المغناطيسية والاقطاب الجغرافية**

ولعل من ابرز فوائد المغناطيسية الارضية هي العمل على وجود مجال مغناطيسي للأرض يعمل على حماية الكائنات الحية التي تعيش عليها من الرياح الشمسية التي تهب باتجاه الارض والمحملة بالجسيمات الضارة ،وعند اقتراب تلك الجسيمات نحو الارض يزيحها المجال المغناطيسي بعيدا الى الفضاء الخارجي، (يلاحظ شكل 13) .



**شكل -13- المجال المغناطيسي للأرض وهو يحمي الكرة الارضية من العواصف الشمسية**

اما الاضواء القطبية "الشفق القطبي" هي ابرز الظواهر البصرية للمظاهر المغناطيسية اذ تظهر في سماء القطب الشمالي والقطب الجنوبي للأرض كضوء طبيعي متموج خلاب بألوان متغيرة . سبب ظهور تلك الاضواء في تلك الاماكن هو اصطدام جسيمات مشحونة عالية السرعة قادمة من الشمس بذرات الهواء في طبقات الجو العليا .تأتي لك الجسيمات المشحونة من رياح شمسية اذ يوجهها المجال المغناطيسي للأرض ويبعدها عن دخول جو الارض وفي نفس الوقت يوجه بعضا منها فيسقط في مناطق القطبين بعيدا عن الاماكن المأهولة على الارض (يلاحظ شكل 14).وتسمى المنطقة التي تظهر فيها الاضواء القطبية "أورورا" Aurora وتمتد عبر حيز يبعد نحو 10°الى20° عن القطب المغناطيسي للأرض.

**شكل-14- الشفق القطبي الذي يظهر بالوان زاهية في سماء المناطق القطبية .**

**الزمن الجيولوجي :**

ان دراسة اشكال سطح الارض تتطلب معرفة الازمنة الجيولوجية السابقة ، اذ ان العامل والعملية الجيومورفولوجية لا يتمكن من انجاز دوره الا في مدى زمني طويل يسمى بالزمن الجيولوجي. وعادة ما يتعدى عمر هذا المقياس عمر الانسان الى حد كبير. لذا يجب اخذ عامل الزمن بعين الاعتبار في تطور الاشكال الارضية . وبذلك فأن المقياس الزمني هنا يختلف عن المقياس المتبع في دراسة الاحداث البشرية . وعلى الرغم من ان بعض العمليات الجيومورفولوجية تحدث بصورة سريعة وفجائية مثل البراكين والهزات الارضية الا ان هذا شذوذ وليس قاعدة ، لأن معظم مظاهر واشكال سطح الارض تتشكل بطريقة بطيئة وبمرور حقب جيولوجية بحيث لا يتمكن الانسان من ان يلاحظ التغيرات التي تحدث خلالها.

يقدر علماء الجيولوجيا عمر الارض عندما اصبحت كوكبا صلبا له باطن وقشرة بحوالي 3000 مليون سنه ،وان حوالي 85% من هذه المادة يكاد يكون غامضا ولا يعرف عنه سوى النزر القليل من المعلومات . على رغم وفرة المعلومات عن الارض في الفترة الاخيرة من تاريخها وهي المدة التي تبلغ 500 مليون سنه ، كما ان معظم مظاهر سطح الارض ترجع الى هذه الفترة المتأخرة من تاريخ الارض . وفي ضوء ذلك تم تقسيم تاريخ تطور الارض الى دهور والتي تقسم الى حقب ، والحقب تقسم الى ازمنة ، والازمنة تقسم الى عصور وتقسم العصور الى فترات وتظهر في جداول تسمى بالعمود الجيولوجي . وكما يظهر في الشكل 15 ادناه:

جدول الأزمنة والعصور الجيولوجية

| الزمن | | العصر | العهد | فترة كل عصر (سنة) | العمر مليون سنة | الحياة المميزة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| زمن الحياة الحديثة (الكانيوزوى) Cenozoic | القسم الرابع Quaternary الزمن الثالث Tertiary | الهولوسين | Holocene | 10.000 | 2 | عصر الجليد في أوروبا |
| | | البليستوسين | Pleistocene | 2000000 | 5 | عصر الإنسان الحجري |
| | | البليوسين | Pliocene | 3000000 | 23 | بدء ظهور الإنسان على الأرض |
| | | الميوسين | Miocene | 18000000 | 38 | الثدييات الكبرى – حركة الالتواءات الألبية |
| | | الاوليجوسين | Oligocene | 15000000 | 54 | بدء ظهور الحياة الحديثة |
| | | الايوسين | Eocene | 16000000 | 56 | استمرار وجود الثعابين والسحالي المختلفة |
| | | البالويسين | Paleocene | 11000000 | | |
| زمن الحياة الوسطى (الميزوزوى) Mesozoic | | الكرتياسي(العصر الطباشيري) Cretaceous | 71مليون | 136 | | صخور الطباشير عصور الزواحف بدء ظهور أنواع الحياة الوسطى (زواحف عملاقة) |
| | | الجوراسي | Jurassic | 54مليون | 19 | |
| | | الترياسي | Triassuc | 35مليون | 225 | |
| زمن الحياة القديمة ( الزمن الأول ) البالوزرى Paleozoic | | البرمي | | 55 مليون | 280 | ظهور الزواحف وانتشار الأنواع القديمة عصر الفحم الحجري عصر الأسماك بدء ظهور الأسماك ظهور الأنواع اللافقارية |
| | | الفحمي (كربوني) | | 65مليون | 245 | |
| | | الديفوني | | 50مليون | 395 | |
| | | السيلوري | | 35مليون | 430 | |
| | | الاوردرفيشي | | 70مليون | | |
| | | الكامبري | | 70مليون | 570 | |
| زمن ما قبل الكامبري Precambrian الزمن الآركي Archaegoic (الابتدائي ) | | | | مليون سنه | بليون سنه | معظم الصخور نارية أو متحولة وخالية من الحفريات |
| | | ما قبل الكامبرى الأعلى | | 0.4 -0.3 | 1.0 -0.9 | |
| | | ما قبل الكامبرى الأوسط | | 0.8 -0.6 | 1.8 -1.5 | |
| | | ما قبل الكامبرى الأسفل | | 1.0 -0.9 | 2.8 -2.4 | |
| | | أقدم عمر للصخور | | | 4.1 -3.5 | |
| | | اكتمال الإرسال على الأرض | | | 4.7 -4.6 | |
| | | عمر الأرض | | | 18 -17 | |

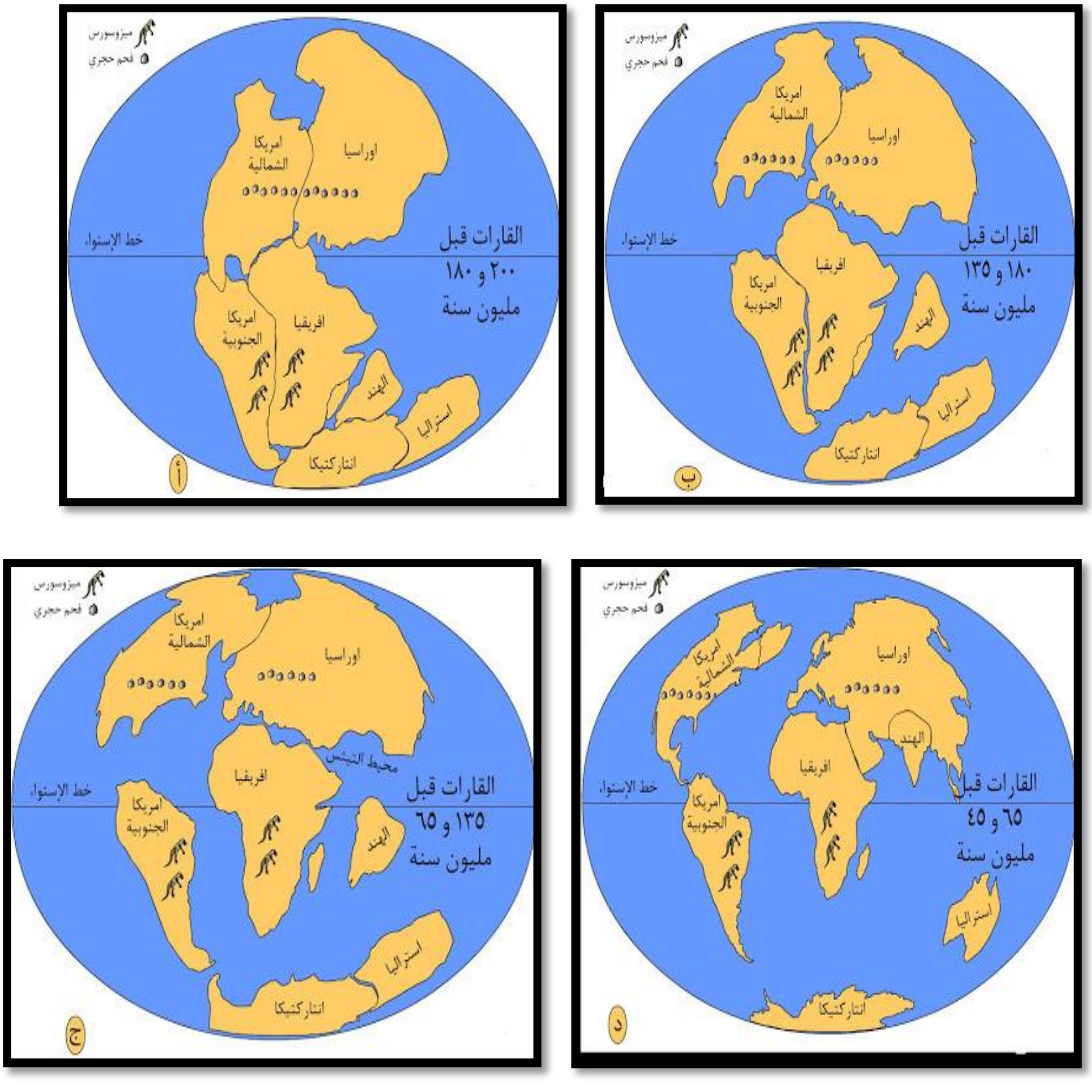
شكل 15 العمود الجيولوجي

**النظريات التي تفسر نشوء اليابس والماء.**

**اولا: نظرية زحزحة القارات Continental Drift Theory**

أعتقد فكنر Wegner ان اليابسة كانت كتلة واحدة متراصة تمثل قارة عظيمة اسماها القارة الام أو قارة بنجايا Pengaea يحيط بها محيط عظيم اسماه بانثالاسا Panthalasa، وقبل 200 مليون سنه تفككت تلك الكتلة الى كتلتين سميت الشمالية منها بقارة لوراشيا Laurasia وسميت الجنوبية بقارة جندوانا لاند Gondwanaland ثم بدأت هذه الكتلة بالتحرك وانشطرت الى اجزاء اخرى اصغر وتزحزحت الى المواقع التي تشغلها حاليا. واعتقد فكنر بان قارتي أمريكا وافريقيا بدأتا بالانفصال قبل حوالي 70مليون سنة مما ادى الى ظهور المحيط الاطلسي . لقد ارجع فكنر عملية الزحزحة الى القوة الطاردة المركزية التي تتفاوت في اماكن مختلفة من الكرة الارضية ، اذ تكون سرعة دوران الارض حول نفسها في الاستواء اسرع من بقية اجزائها وبالتالي تكون القوة الطاردة المركزية في اعلى درجاتها مما ادى الى انبعاج الارض

وتكدس اليابسة حول خط الاستواء .في حين تقل سرعة الدوران كلما اتجهنا باتجاه القطبين وبالتالي ليس هناك ما يدعوا استقرار كتل اليابس اذا ما جذبتها قوى اخرى وسميت هذه الظاهرة بالنزوح او الهروب نحو القطب .




شكل 16 تطور القارات بحسب نظرية فكنر

ودعم فكنر نظريته من خلال ادلة وشواهد وتتمثل بما يلي:-

1- تطابق السواحل : اذ يظهر تشابها كبيرا في الشكل والتراكيب والطباقية للقارات .

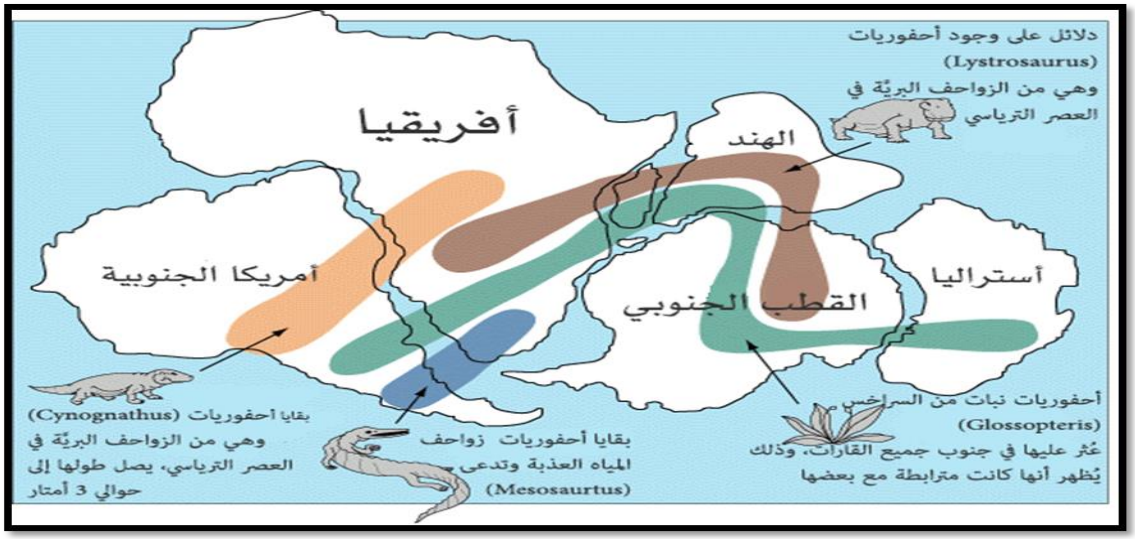
2- أحزمة السلاسل الجبلية وتوزيعها : اذ تظهر الاحزمة الجبلية غير موزعة بشكل منتظم على سطح الارض، وعلل ذلك بأن تكون الجبال في غرب الامريكيتين هو نتيجة لمقاومة السيما لحركة الكتل التي فوقها عندما تتزحزح مما ادى الى تكدس المادة امامها وبالتالي تكونت الانتفاخات الجبلية، أما بالنسبة للجبال الموازية لخط الاستواء كجبال النظام الالبي في اوراسيا تكونت نتيجة لنزوح الكتل من جهة القطب الشمالي او الجنوبي اذ اقتربت مع بعضها وضغطت على الطبقات الرسوبية الموجودة في بحر تيثس القديم.

3- تشابه المتحجرات الموجودة في الحافات القارية ومنها الزواحف السابحة من نوع Mesosaurus وهي نوع من الزواحف الصغيرة عاشت اواخر الحقب القديم اي قبل 270 مليون سنه ووجدت فقط شرق امريكا الجنوبية وغرب افريقيا وكذلك احفوريات السراخس Glossopteris التي عثر عليها في جميع الاجزاء الجنوبية للقارات (يلاحظ شكل 17) .

- 4- القياسات الجيوديسية* والجيوفيزيائية التي اظهرت ان كرينلاند قد تحركت باتجاه الغرب وانفصلت عن اوربا.

5- تشابه وحدات الصخور القديمة في افريقيا مرورا بالمحيط الاطلسي وامريكا الشمالية واذا ما اعيد جمع القارتين مع بعضهما فأن خطوط هذه الوحدات تلتصق مع بعضها.

**6**- الظروف المناخية: توصل فكنر بعد دراسته للمناخ القديم الذي كان سائدا في عصور جيولوجية مختلفة وذلك من خلال دراسة توزيع نوعية الصخور الرسوبية تم التوصل الى تحديد مواقع الاقطاب ودوائر الاستواء في العصور الماضية . وتأكد من فكرة الازاحة الجنوبية للمركز الرئيسي لترسبات التيلايت Tillites واستدل منها على ان القطب قد زحف في هذا الاتجاه ، كما اكتشفت في كرينلاند بعض الشعاب المرجانية المتحجرة متداخلة في اغلب الاحيان مع الصخور الرسوبية علما انها تنتشر في المياه الحارة حاليا .




**شكل (17) يوضح الاماكن التي كانت تنتشر فيها مجموعة من الكائنات الحية في عصور جيولوجية قديمة ويلاحظ انها متحجراتها تنتشر اليوم في اكثر من قارة مما يدل على ان القارات متصلة مع بعضها.**

### ثانيا: نظرية تكتونية الصفائح (الالواح) Plates Tectonic:

نسبت لكلا من ليبكون وماكنزي ومورغان وباركر Lepichon, Meckenzie, Morgan and Parker بين سنتي 1967- 1968 ،وتنص النظرية على ان القشرة السطحية للأرض والى عمق يصل الى 100كم تتكون من ستة صفائح رئيسة والبعض يراها عشرة صفائح رئيسة فضلا عن الصفائح الصغيرة او الثانوية (جدول4)، تتضمن هذه الالواح قشرة الارض المكونة من مواد السيال والسيما اللذان يؤلفان الغلاف الصخري ،اذ يسمى الغلاف العلوي للوشاح (الجبة) باسم الاسثينوسفير Asthenosphere الذي يتراوح سمكه 100- 200 كم ويتكون من مواد لينة Plastic ويطفو فوقها الغلاف الصخري، شكل 18.

| الصفائح الرئيسة | الصفائح الثانوية |
|---|---|
| صفيحة الهادي Pacific Plate | صفيحة الفلبينPhilippine Plate |
| صفيحة اوراسياEurasian Plate | الصفيحة العربيةArabian Plate |
| صفيحة امريكا الشمالية North American Plate | صفيحة الكاريبيCaribbean Plate |
| صفيحة امريكا الجنوبية South American Plate | صفيحة نازكاNazca Plate |
| صفيحة افريقيا African Plate | صفيحة القوقازCocas Plate |
| صفيحة استراليا Australian Plate | صفيحة الهندIndian Plate |
| صفيحة القارة القطبية الجنوبيةAntarctic Plate | صفائح اخرى لم تحدد بعد |

جدول –4– الصفائح الرئيسة والثانوية

شكل(18) الصفائح التكتونية القارية والمحيطية

هنالك دورة عامة للصفائح التكتونية اذ تنزلق الصفائح او تزحف فوق الاستينوسفير وبالتالي تنزلق وتتصادم ويعلو بعضها الآخر ، واذا ما كانت حركة احدى الصفائح بالنسبة للصفيحة الاخرى المجاورة لها جانبية فأنهما تنزلقان على امتداد انكسارات مستعرضة Transverse Faults ويعد انكسار سان اندرياس San Andereas في ولاية كاليفورنيا خير مثال لتحرك صفيحتين متلاصقتين بشكل افقي على امتداد الانكسار، الشكل (19 ) . اما اذا كان التصادم بسيط وحركته بطيئة فأن ذلك يؤدي الى التواء القشرة وثنيها وبناء السلاسل الجبلية فوق سطح الارض.

أما اذا تصادمت الصفيحتين وادى ذلك الى انزلاق احداهما اسفل الاخرى ،فأن الصفيحة التي تكون في الاسفل تغوص في مادة الوشاح ،وهذا ما يحدث على امتداد الخنادق المحيطية مثل خندق اليابان ،وبعد ان تنفصل الصفيحتان فأن

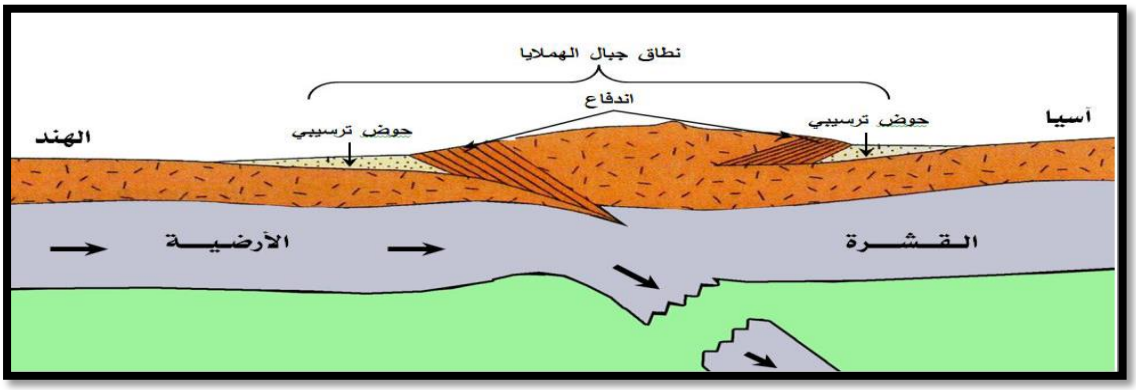
شكل(19)صورة جوية لصدع سان اندرياس

مادة الصهير (الماكما) الموجودة في نطاق الوشاح تنبثق وتخرج من خلال شق الانفصال فيما بين الصفيحتين وتتدفق على الجانبين وهذا ما يحدث على أمتداد سلسلة او حافة وسط المحيط الاطلسي Mid Atlantic Ridge وهي سلسلة جبال مرتفعة في قاع المحيط وفي منتصفه وتمتد بطوله وترتفع حوالي ثلاثة كيلومترات عن قاع المحيط ويصل عرضها إلى أكثر من 2000 كم. كما يوجد الوادي المتصدع ( Rift Valley) نتيجة تأثير قوى شد أفقية عمودية على محور الحيد التي تتسبب في حدوث الزلازل عن مركز الحيد وبطوله. اذ تتكون هذه السلسلة من صخور حديثة بردت وتصلبت من مواد الوشاح المنصهرة. أن الحدود التي تفصل ما بين الصفائح تكون على ثلاثة انواع:-

**1 – حدود بناءة Constrictive Margin:** هي حدود تبتعد فيها الالواح عن بعضها البعض (حدود متباعدة Divergent Margins ) وتنبثق على طول هذه الحدود المادة الصخرية من الوشاح لتكوين قيعان المحيطات .

**2- الحدود الهدامة Destructive Margins أو حدود التقارب Convergent Margins:** ينزلق في هذه الحدود لوح تحت اللوح الاخر ،ثم يصل اللوح المنزلق الى الوشاح ليذوب في الاعماق وبهذه الطريقة تتهدم المادة الصخرية المكونة للقشرة ومن اشهر هذه الحدود منطقة جبال الهملايا التي ارتفعت بسبب تصادم كتلة الهند بكتلة اسيا اثناء عصر المايوسين .

3- **الحدود المحافظة Conservative:** هي تنزلق فيها الالواح بعضها نحو بعض افقيا في اتجاهين متضادين ،ولايوجد على طول هذه الحدود اية حركة للمادة الصخرية من اعلى الى اسفل أو من اسفل الى اعلى لذا سميت بالحدود المحافظة ،وتتكون هذه الحدود من صدوع ذات انتشار شاسع وانزلاق مضربي وتسمى بالصدوع المحوله Transform Faults.

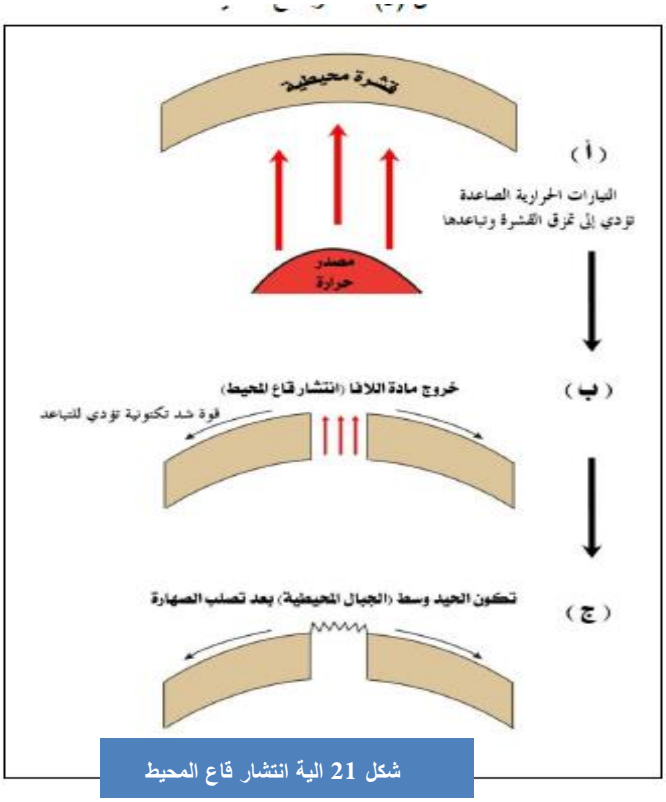



شكل ( ) التصادم بين لوحين قاريين وتكوين الجبال الالتوائية

**ثالثا : نظرية انتشار القيعان البحرية Sea Floor Spreading Theory**

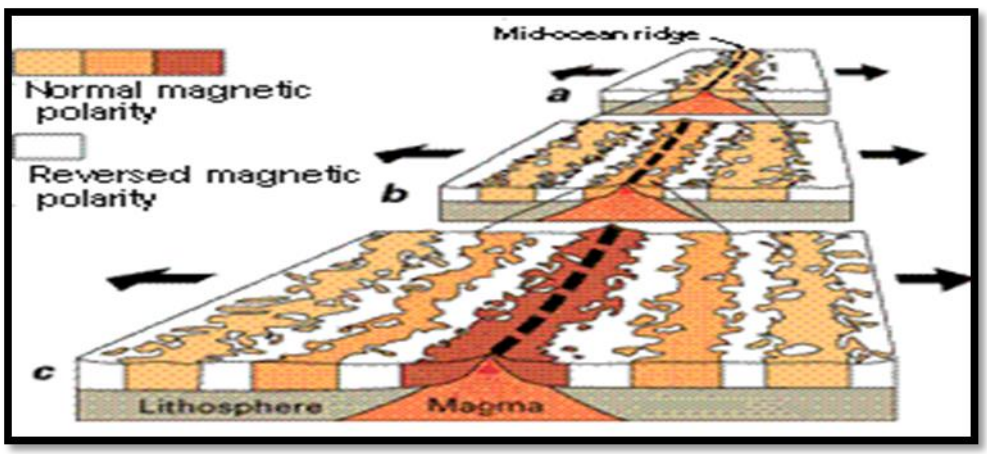
يرجع الاصل في ابتكار هذه النظرية الى كلا من هاري هيس H.Hess ودايت R.S.Diet في عامي 1961و 1962.وتعتمد هذه النظرية على فكرة تيارات الحمل Convection Currents في الوشاح اذ افترض هيس أن قاع المحيط يتكون من السربنتينيت Serpertinite المشتق من البيريدوتيت Peridotite الذي يتكون منه وشاح الارض. ويمثل حيد منتصف المحيط مكان نشأة جزء جديد من قاع المحيط كونه مكان ارتفاع تيارات الحمل للأعلى حاملة معها مادة جديدة من الوشاح الى قاع المحيط . وينتشر قاع المحيط الجديد انتشارا جانبيا على ناحيتي حيد المحيط نتيجة اضاقة جزء جديد من القشرة المحيطية على ناحيتي الحيد. وتمثل الخنادق المحيطية اماكن هبوط تيارات الحمل للأسفل

حاملة معها جزء من قاع المحيط. أما القارات او الكتل القارية يتم حملها فوق الوشاح المتحرك بفعل تيارات الحمل واثناء نزول القشرة المحيطية الى الوشاح مع تيارات الحمل النازلة للأسفل عند الخنادق المحيطية اذ يتم لصق جزء من رسوبيات قاع المحيط الى حافة القارة اذ يتم تحطيم وتشويه هذه الرسوبيات تكتونيا وتحولها. ونظرا لصعود تيارات الحمل للأعلى عند الحيد فأن ذلك يؤدي الى زيادة كمية السريان الحراري في ذلك المكان، يلاحظ شكل 21.




شكل 21 الية انتشار قاع المحيط

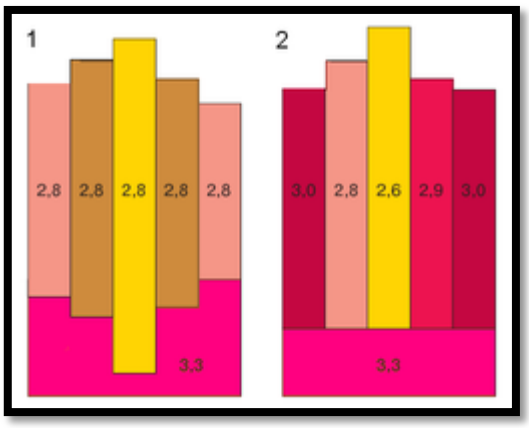
المعدل الذي تتحرك به تيارات الحمل اي معدل انتشار قاع المحيط يتراوح ما بين ( 1 – 2 ) سم في السنة ، وهذا يعني ان قاع المحيط يستبدل كليا من (200–300) مليون سنه ، لذلك تعد القشرة المحيطية احدث من القشرة القارية المتواجدة منذ بلايين السنيين. كما وجد ان قاع المحيط في الساحل الغربي من امريكا الشمالية يظهر احزمة ذات خواص مغناطيسية ،اذ اظهر مخطط المغناطيسية وجود اجسام مغناطيسية ممتدة بأتجاه (شمال – جنوب) واخرى بأتجاه (جنوب – شمال ) بصورة متعاقبة وغير مرتبطة بأي مظهر تركيبي .



**شكل(22)أشرطة الانقلابات المغناطيسية على جانبي الحواجز الوسط محيطية**

## رابعا: نظرية توازن القشرة الارضية Theory of Isostasy

يرجع هذا التعبير للعالم الامريكي دتونDutton عام 1889م ويعود مصطلح Isostastos الى الكلمة اليونانية القديمة ومعناها حالة توازن اوثبات ، اذ يشير دتون الى حالة التوازن بين القارات وما يتمثل فوقها من هضاب وجبال عالية وما بين ما يقع تحت القشرة الارضية من مواد باطنية .اي ان هنالك حالة من التوازن بين مستوى سطح السيما الاكثر كثافة ووزن السيال الاقل كثافة ، اذ ان كل نقص في احداهما لا بد ان يعوضه زيادة في الآخر ، وبمعنى اخر ان هنالك وجود حالة توازن بين الجبال العالية وقيعان المحيطات ، اذ يرى دتون ان مواد القشرة الارضية تختلف في الكثافة والوزن لذلك يوجد مستوى للتوازن يبقى على أعماق متشابهة من سطح الارض ويمتد على طول استقامة اسفل التكوينات السيالية.




**شكل ( 23) يوضح توازن مكونات القشرة الارضية**

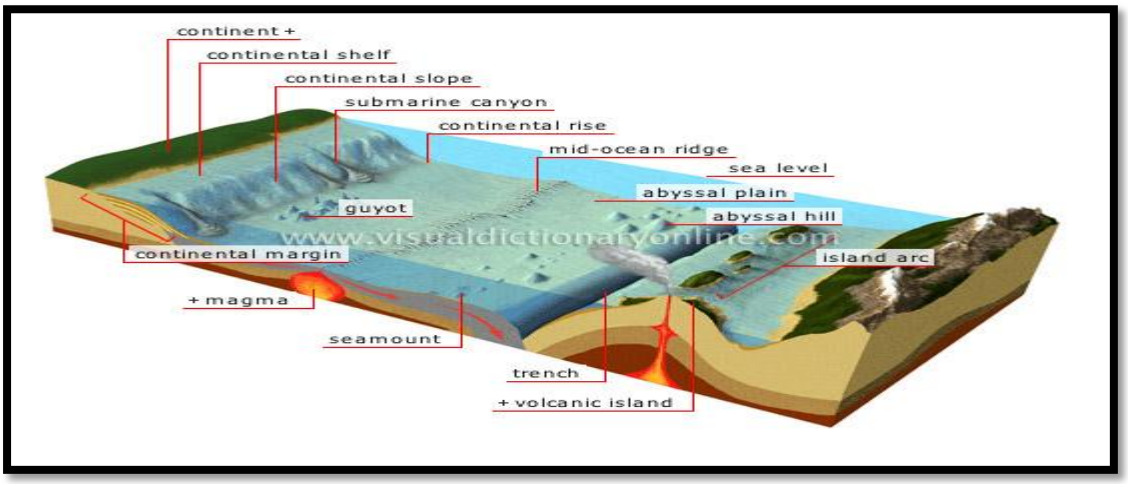
## المعالم التضاريسية لأحواض المحيطات

يعد المحيط الاطلسي الشمالي بمثابة العامل المشترك للصفات المميزة لأحواض المحيطات .اذ يمتد الرصيف القاري على طول الحافة الشرقية لقارة أمريكا الشمالية ويمثل سهلا منبسطا قليل الانحدار يتراوح عرضه بين 75 – 100 قدم ويصل الى عمق 600 قدم. والرصيف القاري هو جزء من اليابس الاصلي تغطيه المياه . ويبدأ المنحدر القاري بصورة فجائية من الحافة الخارجية للرصيف القاري، ويكون اتجاه الانحدار نحو قاع المحيط على عمق يصل الى 12000 قدم ، ويتخلل المنحدر القاري بعض الخوانق البحرية Submarine Canyons التي يعود اصلها للتعرية النهرية ويطلق عليها تسمية تيارات العكورة Turbidity Currents اذ تتكون نتيجة لوجود دوامات مائية تعمل على تعكير هدؤ حركة الرواسب الناعمة في رؤوس الخوانق وتسير هذه المجاري بصورة سريعة على المنحدر القاري، لأن كثافتها اكثر من كثافة مياه البحر وتتوقف هذه التيارات حالما تنتشر على قاع البحر.

تنتشر الرواسب على شكل طبقات واسعة تراكمت خلال ملايين السنين بحيث تعمل على طمر التجعدات والصفات التضاريسية الاخرى الموجودة في قاع المحيط بحيث تشكل سهولا واسعة مستوية يطلق عليها سهوا القيعان المحيطية Abyssal Plains وعلى هذا الاساس يتميز حوض المحيط الاطلسي الشمالي الواسع بتقعر مستو يغطي مساحات واسعة على عمق يقارب 18000 قدم.

يرتفع من قاع المحيط الاطلسي فجأة سلاسل جبلية يطلق عليها اسم جبال القيعان البحرية Seamounts وتمتد وسط المحيط ويطلق عليها حافة أو حيد الاطلسي الوسطى وهي تضاهي سلسلة جبال الروكي من حيث الحجم والتضاريس ، الا انها غاطسة تحت الماء كليا عدا بعض قممها التي تظهر فوق سطح الماء و تتمثل بالجزر مثل جزر الآزور وايسلندا ..الخ وهي متصلة بالسلاسل المحيطية الاخرى في الاطلسي الجنوبي والهندي وشرق الهادي والمحيطات القطبية.

وتمثل الخوانق البحرية Trenches أحدى الصفات الاخرى التي تلاحظ في قاع المحيط وهي منخفضات طويلة وضيقة تصل قيعانها الى عمق يتراوح ما بين 24000 – 30000 قدم أو اكثر . ويعتقد ان هذه الخوانق نمثل مناطق تعرضت الى الالتواء نحو الاسفل اثناء الحركات الارضية الحديثة التي ادت الى تكوين الجبال في قشرة الارض كما ان تراكم الرواسب فيها كان بطيئا بحيث انها لم تمتلئ بعد.




**شكل –24– المعالم التضاريسية لأحواض المحيطات**

**التضاريس**

يؤلف كلا من الغلاف والمحيطات غلافا تاما يحيط بالكرة الارضية التي تتفلطح قليلا عند دائرة الاستواء وتتبعج عند القطبين ، وتقسم تضاريس الغلاف الصخري الى ثلاث مجموعات او رتب او درجات وهي:–

- تضاريس الدرجة الاولى First Order وتشمل القارات واحواض المحيطات.
- تضاريس الدرجة الثانية Second Order وتشمل الجبال والهضاب والسهول ، ونطلق عليه الاقاليم الجيومورفولوجية الكبرى.
- تضاريس الدرجة الثالثة Third Order تشمل التلال والوديان .....الخ ، وتوجد هذه التضاريس فوق تضاريس الدرجة الثانية

**الاقاليم الجيومورفولوجية الكبرى**

**أولا: الجبال Mountains**

هي الاراضي التي ترتفع عن مستوى سطح البحر بمقدار 2000قدم أي 609.7 م ،اما الاراضي التي يكون ارتفاعها اقل من هذا المنسوب تسمى تلالا، ويظهر الجبل على شكل هرمي . وتقسم الجبال الى ثلاثة أنواع :–

**أ- الجبال والسلاسل الالتوائية Uplifted Mountains:**

وهي اقدم انواع الجبال الموجودة على سطح الارض ،اذ نشأت بفعل حركات الالتواء التي تعرضت لها القشرة الارضية على مر الحقب والازمنة الجيولوجية المختلفة وتسمى تلك الحركات بالحركات البانية للجبال (الاوروجينية) Orogenesis Movements. اذ ان الصخور المكونة للجبال الالتوائية تكونت في أحواض بحرية تكتونية عظمى وتميزت تلك الصخور بعظم سمكها ، ثم تعرضت بعد ذلك لعمليات رفع تكتونية ادت الى نشأة الطبقات الصخرية والتوائها . ومن ابرز الحركات الالتوائية والتي على اثرها تكونت الجبال الالتوائية هي:-

**1- الحركة الكالديونية :**

وهي أقدم حركة أرضية أصابت قشرة الارض بعد عصر الكمبري وتقسم الى دورين رئيسيين هما الدور التاكوني Taconic وحدث خلال العصر السيلوري ، والدور الاحدث هو الدور الكاليدوني وحدث في فترتين متباعدتين ،أي ان هذه الحركة حدثت ما بين العصرين السيلوري والديفوني ، وتتمثل في قارة أوربا في مرتفعات القسم الشمالي الغربي من أسكتلندا الذي يطلق عليه كاليدونيا ومرتفعات شبه جزيرة اسكندنافيه ومرتفعات فوجت لاند Voegtland في مقاطعة ثورنجن Thuringen في المانيا ومرتفعات البرنس الفرنسية وفي بعض مرتفعات شبه جزيرة ايبيريا. أما في أفريقيا تتمثل بالالتواءات الصحراوية في الجزء الجنوبي من الصحراء الكبرى. وفي امريكا الشمالية تتمثل بمرتفعات تاكونيTaconic Mountains وتمتد من فرجينيا الى نيوانكلاند . فيما تظهر الالتواءات الكاليدونية في قارة امريكا الجنوبية متاخمة لشرق الكتلة البرازيلية ، كما تظهر في القارة من الساوفرانسيسكو الى سييرات البامباس شمال غرب الارجنتين.

**2- الحركة الهرسينية (الامويركية ، الفارسكية):** نشأت الادوار الهرسينية في عدة ادوار امتدت خلال العصرين الفحمي والبرمي .كما ان بدايات هذه الحركة تمثل نهاية النشاط التكتوني الكاليدوني ونهايات هذه الحركة تمثلت بمقدمات الحركة الالبية. وتتمثل بجبال الفوج والغابة السوداء وجبال السوديت ومرتفعات الهارتز وثورنجرفالد في المانيا وجبال الدونتيز واورال في روسيا. أما في قارة اسيا تتمثل بمرتفعات التاي ،سايان، بيكال ،خنجان، تيان شان ، فرغانه، الآي، نان شان ، تسن لنج شان في الصين وسلسلة تشوجوكو في اليابان. كما نجد المرتفعات الهرسينية القديمة في مرتفعات استراليا الشرقية. فيما تظهر اثار الحركة الهرسينية في قارة امريكا الشمالية في شرق القارة على طول الولايات الشرقية وتتمثل بمرتفعات ايواشيتا وابوك لو ويست في ولايتي اركنساس واوكلاهوما فضلا عن جبال الابلاش.

**3- الحركة الالبية:** هي احدث الحركات الالتوائية التي اصابت قشرة الارض ولاتزال مرتفعاتها شامخة لم تؤثر فيها عوامل التعرية الا قليلا لحداثة عمرها النسبي. وميز ستيليH.Stille بين التواءات البية قديمة ووسيطة وحديثة . القديمة وحدثت قبل الزمن الثالث ، والوسيطة حدثت في العصور الاولى للزمن الثالث، فيما حدثت الالتواءات الالبية الحديثة في اواخر الزمن الثالث ،وتتمثل الجبال الالبية في اوربا بمجموعتين هما:-

- المجموعة الشمالية الالبيةAlpieds: تتمثل بجبال السيرانيفاذا (جنوب شرق شبه جزيرة ايبيريا) ،كانتبيريان، البرانس ،سلاسل الالب جنوب شرق فرنسا وفي سويسرا والنمسا والقوس الجبلي الكرباتي الترنسفالي وجبال البلقان.

- المجموعة الجنوربية (الديناريةDinarides) تشمل جبال الابناين ، الالب الدينارية وجبال بندوس في اليونان. وتنحصر بين المجموعتين كتل هرسينية مثل هضبة الميزتا وهضبة رودوب .

أما في قارة اسيا تمتد الالتواءات الالبية من تركيا حتى جزر سوندا Sunda Islands في اندنوسيا، ويشمل هذا النطاق مرتفعات القوقاز ، سلاسل التركستان،كوين لن، يونان، انام، طوروس، زاجروس، عمان، الهملايا والقوس الجبلي الذي يمتد من الهملايا الى جزر سوندا.

في قارة امريكا الشمالية تظهر في غرب القارة تقطعها السلاسل الجبلية بشكل طولي باتجاه شمالي – جنوبي بموازاة السواحل الغربية للمحيط الهادي، وتقسم تلك المرتفعات الى السلاسل الساحلية الباسفيكية والسيرانيفاذا ثم جبال الروكي. وفي امريكا الجنوبية تظهر سلسلة جبال الاندیز في غرب القارة اذ تمتد حتى اقليم جراهام لاند في القارة القطبية الجنوبية (انتاركيتكاAntarctica).

**ب- الجبال الانكسارية Faulted Mountains**

تكونت الجبال الانكسارية نتيجة حركات التصدع التي تتعرض لها القشرة الارضية ،وميز الباحثون بين نوعين من الحافات الصخرية تمثلت بالسلاسل الجبلية الانكسارية هي:-

**١ – الحافات الصدعية Fault Scarp:** يقصد بها تلك الجبال والحافات الصخرية التي نتجت بفعل الانكسارات ونشأت على طول اسطح الانكسارات .

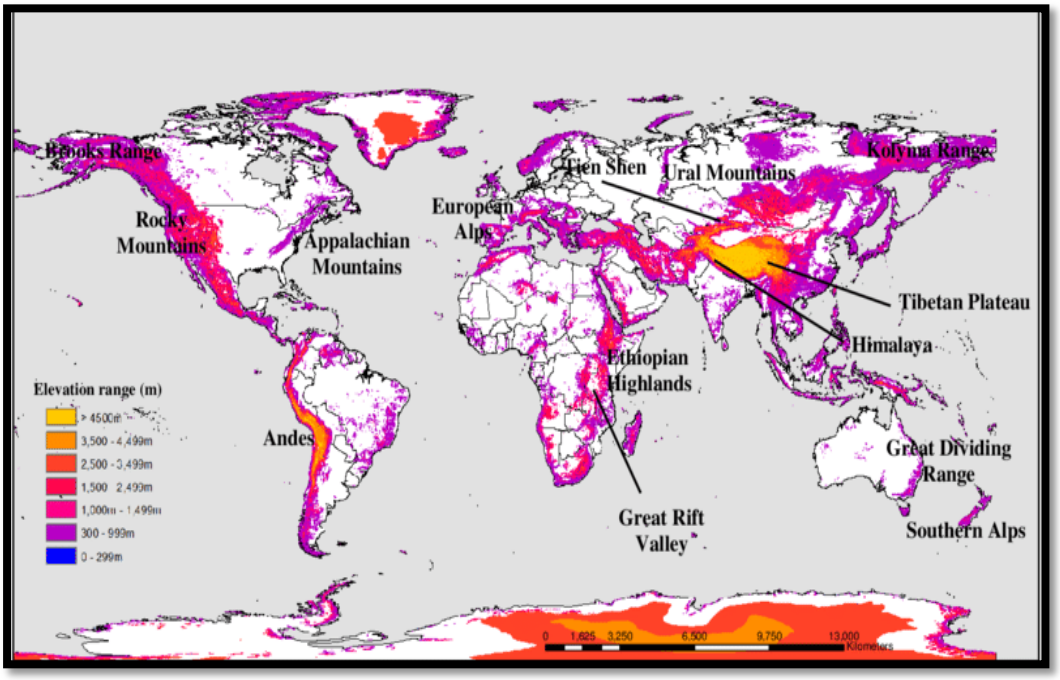
**٢- حافات اسطح الصدوع Fault Line Scarp :** ويقصد بها تلك الجبال والحافات الصخرية التي نتجت اساسا بفعل عوامل التعرية والتجوية على طول أسطح الانكسارات أو بجوارها .

ابرز الامثلة على هذا النوع من الجبال هي السلاسل والحافات الجبلية الانكسارية في الحوض العظيم في الولايات المتحدة الامريكية المتمثلة بأجزاء من سلاسل جبال سيرانيفاذا وسلاسل ستينز. كما تمتد على جانبي الاخدود الانكساري العظيم اذ ترتفع الجبال الانكسارية القافزة في السودان ومصر واليمن وعسير والحجاز ومدين وفلسطين والاردن ولبنان وسوريا.

**ب- الجبال البركانية Volcanic Mountains**

تتألف الجبال البركانية من المخروطات البركانية Volcanic Cones اذ يرتبط التوزيع الجغرافي لها بمناطق الضعف الجيولوجي كما هو الحال في المناطق الجبلية الالتوائية الميوسينية ، وفي مناطق التقاء صخور السيال القارية بصخور السيما المحيطية (خط الاندسايتAndesite Line)، كما هو الحال على طول هوامش المحيط الهادي ،اذ يتمثل اعظم نطاق للجبال المخروطية على طول سواحل المحيط الهادي يعرف باسم حلقة النار Range of Fire وتتوزع تلك الجبال في اجزاء متفرقة من مرتفعات الاندیز في امريكا الجنوبية وسيراماديرا الغربية في امريكا الوسطى ومرتفعات الكاسكيد غرب الولايات المتحدة الامريكية، وفي مرتفعات كولمبيا البريطانيه في كندا.

أما في الجانب الغربي للمحيط الهادي تظهر بعض المخروطات الجبلية البركانية في شبه جزيرة كمشتكا ،جزر كوريل ،جزر اليابان، جزر نيوزلندا .كما تظهر الجبال البركانية في مناطق اخرى خارج هذا النطاق ،اذ تظهر في جزر الهاواي ،جزيرة مدغشقر، هضبة البحيرات الاستوائية، براكين البحر المتوسط، براكين البحر الكاريبي وبراكين ايسلندا.




**خريطة ( 1) التوزيع الجغرافي لجبال في العالم**

**ثانيا : الهضاب Plateaus:-**

هي ارض مرتفعة واسعة المساحة نسبيا تمتاز باستواء سطحها ،فيما تكون جوانبها شديدة الانحدار وقد يشقها نهر أو تتخللها سلسلة جبلية كما هو الحال في الهضبة الاسبانية. وعندما تكون الهضبة مكونة من طبقات رسوبية تمتاز بانتشار الوديان الاخدودية في ربوعها، وبمرور الزمن تصبح مقطعة على هيئة موائد هضبية . وتقسم الهضاب الى عدة انواع:-

أ- **الهضاب البركانية Volcanic Plateaus**: تتألف من مصهورات ومواد لافيه من باطن الارض ،ويعزى سبب ظهورها على شكل غطاءات لافيه هضبية عظمى الى خروج اللافا واندفاعها من باطن الارض خلال فتحات وشقوق كثيرة وفوهات متعددة، ومن ثم لا تتجمع اللافا من فوهة واحدة لتكون ظاهرة البراكين بل تسيل اللافا فوق سطح الارض وتتجه من المنحدرات العليا الى المناطق السفلى وتغطي الارض بطبقة سميكة من الطفوح البركانية. ومن ابرز الهضاب البركانية هي هضبة كولمبيا البريطانية في كندا، هضاب جزيرة ايسلندا ،الهضاب البركانية العظيمة الامتداد في حوض كولمبيا شمال غرب الولايات المتحدة الامريكية، القسم الشمالي الغربي من هضبة الدكن في شبه القارة الهندية ،هضبة داركنزبيرج جنوب افريقيا، هضبة برانا جنوب البرازيل، هضبة اثيوبيا، هضاب اليمن، الهضاب البركانية في ارغواي والارجنتين وهضبة حوران في سوريا، يلاحظ الشكل (25).

**شكل -25- هضبة باجيريتو Pajarito Plateau في ولاية نيومكسيكو New Mexico الامريكية.**

ب- **الهضاب الصدعيةFault Plateaus:** ينشأ هذا النوع من الهضاب اساسا بفعل الصدوع ، ويمكن تقسيم هذا النوع الى ثلاثة اقسام تبعا لاختلاف حجم الهضاب وطبيعة الصدوع التي تشكلها:-

**1-الهضاب الصدعية القارية عظيمة الحجم Fault Masses:** تشمل الهضاب القارية التي انفصلت عن بعضها البعض خلال عصور جيولوجية ما بسبب زحزحة القارات وتتسم تلك الهضاب بسعة مساحتها وترامي اطرافها وابرز تلك الهضاب وسيبيريا ،شبه الجزيرة العربية، هضبة شرق البرازيل،هضبة غرب استراليا. ونظرا لنشأة تلك الهضاب من كتل قارية قديمة جيولوجيا تعرضت لفعل عوامل التعرية المختلفة خلال التاريخ الجيولوجي الطويل وبالتالي تميزت باستواء سطحها وقلة درجة تضرسها.

**2-الهضاب الصدعية المتوسطة الحجم Massif:** تعرض هذا النوع من الهضاب الى حركات تكتونية عنيفة ورافق ذلك حركات تصدع شديدة مما ادى الى تقسيم طبقاتها وزحزحتها افقيا وعموديا ،فضلا عن تعرض بعض اجزائها لطغيان البحر المجاور خلال عصور جيولوجية متباينة ،ثم انحسر البحر عصور جيولوجية لاحقة بسبب تعرضها مرة اخرى الى حدوث حركة رفع تكتونية صاحبها حركات تصدع وبالتالي فأن التاريخ الجيولوجي لهذا النوع من الهضاب أتسم بالتعقيد،كما يتميز هذا النوع من الهضاب بأن تكون ذات اجزاء مرتفعة بالنسبة لمستواها العام. وتعد هضبة الميزتا الاسبانية وهضاب بريتاني في فرنسا وهضبة البيدمونت شرق امريكا الشمالية من ابرز الامثلة على هذا النوع.

**3-الهضاب الصدعية المرفوعة (الظهور الصدعية)Horsts:** تتصف هذه الهضاب بأنها ذات صخور صلبة استطاعت ان تقاوم الهبوط الذي تعرضت له المناطق التي تجاورها. ونتيجة لتعرضها لصدوع مركبة متجاورة ومتوازية يؤدي ذلك الى رمي اجزاء من الكتل الصخرية الى الاعلى وظهورها على شكل هضاب صدعية أعظم منسوبا مما تجاوره من اراضي تعرف باسم الظهور الصدعية. أما اذا كانت رمية الكتل الصخرية الى الاسفل تظهر على شكل احواض منخفضة المنسوب تعرف بالأغوار الصدعية Grabens واطلق جونسون على هاتين الظاهرتين مصطلح الكتل الاخدودية Rift Blocks ومن امثله هذا النوع من الهضاب هضاب شرق افريقيا وهضاب حوض الآردين وهضاب القسم الاوسط من ولاية تكساس في الولايات المتحدة الامريكية.

**ثالثا: السهول Plains:**

السهل هو مساحة واسعة من الاراضي المنبسطة أو المتموجة تموجا خفيفا عادتا ما يكون ارتفاعها يسيرا، اذ لا يزيد معدل درجة انحدارها عن **5°** ،لذا تتكون فوق الاراضي التي تتألف من صخور أفقية الميل وتشغل مساحات شاسعة من سطح الارض، ويلاحظ انه في كثير من سهول الجهات المعتدلة ان النبات الطبيعي مؤلف من الحشائش وهكذا سميت السهول بحسب نوع العشب الذي ينمو فيها وموقعه مثل سهول البراري وسهول البمباس وسهول الاسنبس (السهوب) . وتقسم السهول بشكل عام الى ثلاثة انواع:-

**1-السهول الساحلية Coastal Plains:** هي النطاقات الساحلية المندفعة حديثا والمغطاة بطبقات الصخور الرسوبية المستلقية فوق صخور اقدم من القارات.وترجع نشأة هذا النوع من السهول الى اثر فعل كل من الامواج والتيارات البحرية والمد والجزر،وعمليات تذبذب مستوى سطح البحر خلال العصور الجيولوجية المختلفة في صخور اليابس المتاخمة لسطح البحر. أن عملية تكوين السهول التحاتية البحرية التي تتراجع عندها الجروف البحرية التي تمتد بجوارها وتتألف من صخور لينة. ومن ابرز الامثلة على السهول الساحلية تتمثل بالسهل الساحلي للولايات المتحدة الامريكية الذي يتراوح عرضه بين (100-300) ميل وتمتد على مسافة 3000ميل على طول سواحل المحيط الاطلسي وسواحل خليج المكسيك. كما يعد الجزء الجنوبي الشرقي من انكلترا سهلا ساحليا في مرحلة النضج.

**2-السهول الفيضيةAlluvial Plains:** تتكون السهول الفيضية على جانبي الانهار خاصة اجزائها الوسطى و السفلى وتتكون هذه السهول نتيجة غمرها بالمياه في اوقات الفيضان ،اذ تترسب عليه كميات كبيرة من المواد المفتتة التي يحملها النهر وتتكون من الرمل والغرين والطين وبعض الحصى والجلاميد . ومن ابرز المظاهر التضاريسية فوق السهول الفيضية هي البحيرات المتقطعة Ox Bow والضفاف الطبيعية Natural Levees التي تتألف من المواد الطينية اللزجة. ومن امثلة ذلك السهل الفيضي العراقي الذي بناه كلا من نهري دجلة والفرات والسهل الفيضي لنهر النيل وغيرها من السهول التي شيدتها الانهار.

**-3السهول الجبلية** : ينشأ هذا النوع من السهول نتيجة تراجع الحافات الصخرية الى الخلف بسبب تعرية الرياح الشديدة في المناطق الجاف وشبه الجافة ، وبفعل التعرية الجليدية في المناطق الجليدية وشبه الجليدية اذ يؤدي ذلك الى تكوين سهول تحاتية مستوية السطح. وتوجد على شكل أراضي منخفضة على طول الوديان أو عند قاعدة الجبال ، كسهول ساحلية ، وهضاب أو مرتفعاتuplands . في الوادي ، يكون السهل محاطًا من الجانبين ، ولكن في حالات أخرى قد يتم تحديد السهل بواسطة سلسلة مكتملة أو متجزأة من التلال أو الجبال أو المنحدرات.

شكل (26 ) احد السهول الجبلية في ولاية يوتا الامريكية

## مكونات القشرة الارضية

### التركيب الكيميائي للقشرة الارضية

تتركب القشرة الارضية من مواد مختلفة يمكن تقسيمها الى قسمين اساسين هما المواد العضوية التي تتمثل ببقايا النبات او الحيوان كأجزاء النبات والهياكل العظمية للحيوانات والمحار والقواقع. اما المواد غير العضوية تتمثل بالمعادن والصخور. وتمتاز القشرة الارضية بالاختلاف في التركيب المعدني والكيمياوي. ان اساس مكونات القشرة الارضية هو ذرات من العناصر الكيمياوية امكن التعرف على 118 عنصرا ، الا ان توزيعها على القشرة الارضية ليس متجانسا ، اذ تؤلف ثمان عناصر فقط تكون اكثر من 98.5% من وزن القشرة الارضية، كما مبين في الجدول ( 5 ). فالقشرة مكونة تقريبا من ذرات اوكسجين متراصة وبينها موزعة ذرات العناصر الاخرى . ولا يوجد الاوكسجين حرا في الطبيعة بل متحدا كيمياويا مع غيره من العناصر مكونا مركبات كيميائية هي اكاسيد العناصر.

| العنصر | الرمز الكيميائي | النسبة المئوية للوزن % | النسبة المئوية للحجم % | النسبة المئوية للذرات % |
|---|---|---|---|---|
| اوكسجين | O | 46.60 | 93.8 | 60.5 |
| سيليكون | Si | 27.7 | 0.9 | 20.5 |
| المنيوم | Al | 8.1 | 0.8 | 6.2 |
| حديد | Fe | 5 | 0.5 | 1.9 |
| كالسيوم | Ca | 3.6 | 1 | 1.9 |
| صوديوم | Na | 2.8 | 1.2 | 2.5 |
| بوتاسيوم | K | 2.6 | 1.5 | 1.8 |
| مغنسيوم | Mg | 2.1 | 0.3 | 1.4 |
| بقية العناصر | ----- | 1.5 | --- | 3.3 |

جدول(5 ) نسب العناصر الرئيسة المكونة للقشرة الارضية

ولما كان عنصر السليكون يشكل المرتبة الثانية بنسبة وجوده في صخور القشرة الارضية لذا نجد ان اوكسيد السليكون $SiO_2$ اكثر المركبات تواجدا في القشرة الارضية (يلاحظ جدول ٤). وعادة يتحد اكثر من عنصر

فلزي مع اوكسيد السليكون مكونا مواد سيلكاتية مثل سيلكات الالمنيوم والبوتاسيوم ($KAlSi_3O_8$) وسيلكات المغنسيوم ($MgSiO_3$) وهذه المواد السيلكاتية الطبيعية هي ما نسميه بالمعادن وهي التي تدخل في تكوين الصخور المختلفة للقشرة الارضية.

اما العناصر التي تلي العناصر الرئيسة اهمها تيتانيوم بنسبة 0.44% و الهيدروجين 0.14الفسفور 0.12 والمنغنيز 0.1 % والفلور 0.08 %والكبريت 0.005%والكلور0.004 % والكربون 0.003%. فضلا عن الذهب والبلاتين والانتيمون والزئبق والفضة والعناصر المشعة بعضها فلزي واخر غير فلزي تكون نادرة الانتشار ،لذا يعطى تركيزها بالغرام لكل طن او بالجزء بالمليون ppm وتوجد في صورة معادن مختلفة في تركيبها الكيميائي مثل الكبريتيدات Sulphidesاو الاكاسيد Oxides او الكربونات Carbonates او في صورة عنصرية Natives مكونا ما يعرف بالرواسب المعدنية الاقتصادية.

| الاكاسيد | النسبة المئوية % |
|---|---|
| اوكسيد السليكون | 59.17 |
| اوكسيد الالمنيوم | 15.22 |
| اوكسيد الحديد | 6.86 |
| اوكسيد الكالسيوم | 5.10 |
| اوكسيد الصوديوم | 3.71 |
| اوكسيد البوتاسيوم | 3.11 |
| اوكسيد المغنسيوم | 3.45 |
| اوكسيد التيتانيوم | 1.03 |
| الماء | 1.30 |

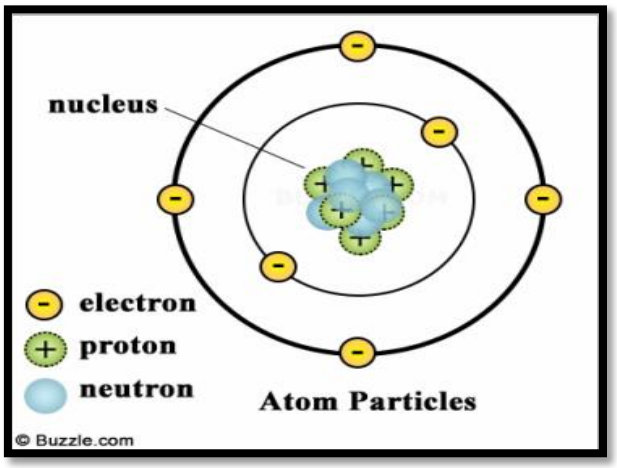
**جدول(6) متوسط التركيب الكيميائي للقشرة الارضية معبرا عنها بأكاسيد العناصر**

**ويعرف العنصر Element بانه المادة التي لا يمكن تجزئتها الى مواد اخرى بالطرق الكيميائية العادية وتتكون العناصر من ذرات.**

الذرة Atom هي اصغر جزء في العنصر يحتفظ بكل صفات هذا العنصر، لذا تتصف ذرات العنصر الواحد بنفس الصفات. وتتألف الذرة من ثلاثة مكونات هي البروتون $^{+}$ **p** وهو جسم ثقيل نسبيا ذو شحنة موجبة ، والنيترون $^{\pm}$**n** وهو جسم ثقيل متعادل الشحنة ، ويشكل كلا من النيترون والبروتون نواة العنصر .

اما الالكترون $^{-}$**e** هو جسم خفيف جدا وله شحنة سالبة وتدور الالكترونات في مدارات او اغلفة حول النواة. لذا تتمركز كتلة الذرة في نواتها (يلاحظ شكل 27)،. الجدير بالذكر ان الغلاف الخارجي للذرات هو اما يخسرها او يكسبها الكترونات لأجل الوصول الى سعة كاملة للغلاف الخارجي فتصبح اما موجبة او سالبة الشحنة ،وتسمى الذرة المشحونة أيون **Ion** او تتشارك مع الذرات المجاورة في عدد الالكترونات.

ان معظم العناصر ترتبط مع بعضها البعض وتكون مركبات كيميائية ،اذ يتحد عنصرا او اكثر لتكوين مركب كيميائي ،وتتم هذه الرابطة الكيميائية بشكل عام بطريقتين هما الرابطة الايونية والرابطة التساهمية.




**شكل-27- الذرة ومكوناتها**

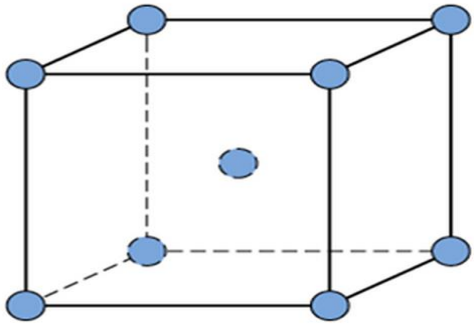
## اولا: البلورات Crystals

البلورات اجسام صلبة محاطة بأوجه مستويه ومتجانسة ولكن ليست متساوية بالخصائص في جميع الاتجاهات ولها اشكال هندسية منتظمة . وتختلف البلورات عن بعضها البعض بدرجات تماثلها بحسب عناصر التماثل التي تتضمن :-

- **مستوى التماثل Plane of Symmetry:** وهو مستوى يقطع البلورة الى نصفين متساويين متماثلين.
- **محور تماثل الدوران Axis of Symmetry:** هو خط وهمي يمر في مركز البلورة واذا ما اديرت حوله تتكرر الاوجه المحيطة 2 ،3 ، 4 او 6 مرات في الدورة الواحدة فنقول ان المحور ثنائي ،ثلاثي ، رباعي او سداسي التماثل . التماثل الخماسي واكثر من السداسي غير موجود وغير ممكن.
- **مركز التماثل Center of Symmetry:** يكون للبلورة مركز تماثل اذا تصورنا ان خطا وهميا يمكن ان يمر من نقطة على سطح البلورة الى مركزها ويقطع على نفس البعد من المركز في الجهة الاخرى من السطح مساوية للنقطة الاولى .فتكون الاوجه والزوايا في الجهات المتقابلة بالنسبة للمركز متساوية.

ويمكن تصنيف البلورات على اساس درجات التماثل الى سبعة انظمة بلورية Crystal Systems تضم 32 فصيلة .في كل نظام عدة فصائل تختلف فيما بينها بدرجة تماثلها لكنها تحتوي على درجة دنيا من التماثل تدل على هذا النظام. والفصيلة التي تضم ذات اكبر درجة تماثل للنظام تسمى فصيلة كاملة. وفيما يلي نستعرض الانظمة البلورية:-

**1-النظام المكعب Cubic System:** يضم خمس فصائل وتضم جميع البلورات التي لها اربعة محاور ثلاثية التماثل.



شكل-28- بلورة معدن التنكستن

**2-النظام الرباعي Tetragonal System** : يضم سبع فصائل وتضم جميع البلورات التي لها محور واحد رباعي التماثل.

**3-النظام السداسي Hexagonal System**: يضم سبع فصائل وتضم جميع البلورات التي لها محور سداسي متماثل.

**4-النظام الثلاثي Trigonal System**: يضم خمس فصائل وتضم جميع البلورات التي لها محور واحد ثلاثي التماثل.

**5-النظام المعيني القائم Orthorhombic System**: يضم ثلاث فصائل وتضم جميع البلورات التي لها محاور ثنائية التماثل.

**6-النظام احادي الميل Monoclinic System**: يضم ثلاث فصائل وتضم جميع البلورات التي لها محور واحد ثنائي التماثل.

**7-النظام ثلاثي الميل Triclinic System**: يضم فصيلتين لا يوجد لها محاور تماثل.

ولوصف اوجه البلورات المختلفة وتعيين موقعها في الفراغ نحدد تقاطع هذه الاوجه او امتداداتها مع ثلاثة او اربعة خطوط متقاطعة في نقطة واحدة في مركز البلورة تسمى محاور بلورية.

## ثانيا: المعادن Minerals

المعدن هو مادة طبيعية صلبة متجانسة التركيب يتميز بان له بناء ذري داخلي منتظم وتركيب كيمياوي مميز.
ويختص علم المعادن Mineralogy بدراسة تلك المواد المتجانسة التي توجد في الطبيعة من جميع النواحي.
وليكون معدنا في المفهوم الجيولوجي للمصطلح بشكل جوهري يجب توفر خمسة شروط هي :

أ-**يجب ان يكون صلبا** : الثلج (الماء المتجمد) يعد معدنا ، بينما لا يعد الماء السائل وبخار الماء من المعادن.

ب-**يجب ان يتكون بشكل طبيعي**.: تتكون المعادن بفعل العمليات الطبيعية والجيولوجية وليس مختبريا .

ت-**يجب ان يكون غير عضوي**: الاجسام الصلبة غير العضوية كما هو الحال في ملح الطعام (الهاليت) التي توجد بشكل طبيعي على سطح الارض تعد من المعادن بينما لا يعد السكر معدنا رغم كونه مشابه له.

ث-**يجب ان يكون له تركيب كيميائي محدد**: معظم المعادن مركبات كيميائية لها صيغتها الكيميائية المحددة ،فمثلا يتكون معدن البايريت $FeS_2$ من ذرة حديد واحدة **Fe** وذرتين من الكبريت **S**.

**ج-يجب ان يكون متبلورا:** للمعادن تركيب بلوري منتظم والمعادن بشكل عام هي مواد متبلورة وهذا يعني ان ذراتها وتبت بطريقة منتظمة ومتكررة ،وينعكس هذا الترتيب المنتظم للذرات مكونا ما يسمى البلورة .

وتتكون المعادن في الطبيعة بأحدي الطرق التالية :-

**اولا: تكوين المعادن من الصهارة**

الصهارة او الماكما Magma هي سائل صخري منصهر ذي درجة حرارة عالية جدا .ويوجد اسفل القشرة الارضية على اعماق كبيرة تحت ضغط كبير. وعندما تظهر الصهارة فوق سطح الارض من خلال الشقوق الصخرية او البراكين فانه يسمى بالحمم او اللافا Lava. وغالبية المعادن المكونة للقشرة الارضية قد تكونت نتيجة تصلب الصهارة او اللافا. وتتوقف المعادن الناتجة على التركيب الكيمياوي الاصلي للصهارة. وقد وجد بان ثمانية عناصر فقط تمثل 99% من مجموع العناصر الموجودة في الصهارة هي الاوكسجين والسيلكون والالمنيوم والحديد والمغنسيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم. وتوجد العناصر الشائعة الثمانية توجد في صور مركبات سيلكاتية او اكاسيد او كبريتيدات .ومن امثلة هذه المعادن الماجنتايت Magnetite ($Fe_3O_4$) والكروميت Chromite ($Fe\ Cr_2\ O_4$) والليمنايت Ilmentite ($Fe\ Ti\ O_3$) وغيرها من رواسب الخامات Ore Deposits.

**ثانيا: تكوين المعادن من المحاليل**

تتبلور المعادن من المحاليل الصهارية او السطحية بالطرق التالية :-

1-انخفاض درجة حرارة المحلول وضغطه :. وقسمت الرواسب المائية الحارة الى ثلاثة اقسام على اساس درجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه والعمق الذي تكونت فيه وكما يلي:-

أ-رواسب عالية الحرارة Hypothermal Deposits: تترسب في محاليل ذات درجة حرارة تتراوح بين (300-500 °م) وتحت ضغط كبير في اعماق بعيدة من سطح الارض ومن معادن هذه الرواسب الولفراميت $WO_4$ Welframite المكون من الحديد والمنغنيز (Fe ,Mn) ومعدن الكاسيتريت $SnO_2$ Cassiterite.

ب-رواسب متوسطة الحرارة Mesothermal Deposits : تنتج من محاليل تتراوح درجة حرارتها بين (200-300°م) وتوجد على عمق متوسط من سطح الارض ومن امثلة هذه الرواسب هي معادن سفاليريت (Zn S) Sphalerite والجالينا Galena (PbS) والكالسيت Calcite ($CaCO_3$) والباريت Barite ($BaSO_4$).

ت-رواسب منخفضة الحرارة Epithermal Deposits: تنتج من محاليل تتراوح درجة حرارتها بين (50-200°م) وضغط اقل وتوجد على عمق قريب من سطح الارض ومن امثلة هذه الرواسب هي معادن الفلوريت Fluorite ($Ca\ F_2$) والكوارتز Quartz ($SiO_2$) والاوبال Opal ($SiO_2$).

2- تبخر السائل المذيب: هي احدى الطرق لتكوين المعادن من المياه السطحية ،فالمعروف ان مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة تحتوي على املاح كثيرة مذابة وعند ارتفاع درجات الحرارة تتبخر تلك المياه وتبدأ

تلك الاملاح بالتبلور على هيئة معادن . واخر المعادن المتبلورة هي الاملاح سريعة الذوبان مثل كلوريد الصوديوم (معدن الهاليت) NaCl .

3-تبخر الغاز المساعد على الاذابة: تحتوي المياه الجوفية على كميات من ثاني اوكسيد الكاربون $CO_2$ مذابا فيها وذلك نتيجة لذوبان هذا الغاز في مياه الامطار تتحول هذه المياه الى حامض الكاربونيك المخفف $HCO_3$ له القدرة على اذابة الصخور الجيرية التي تمر عليها او تتسرب خلالها مكونة بيكاربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)$ القابلة للذوبان في الماء وهذا المركب الاخير غير مستقر كيمياويا حيث يكون له القدرة على فقدان غاز ثاني اوكسيد الكاربون ليتحول مرة ثانية الى الكربونات الاصلية التي تترسب في الحال لعدم ذوبانها في الحال .

4-تفاعل المحاليل مع المواد الصلبة : عندما تتخلل المحاليل المختلفة سواء كانت صهارية او سطحية او جوفية فانها قد تتفاعل مع الصخور والمواد الصلبة التي تقابلها مكونة معادن جديدة. وتعرف هذه العملية بالاحلال Replacement او التحول السائلي Metasomatism .وفي هذه العملية يذيب المحلول المعدن الذي يصادفه ويرسب مكانه في نفس الوقت معدنا اخر. ومن ابرز الامثلة لعملية الاحلال هي تكون ما يسمى بالاخشاب المتحجرة Petrified Wood التي تكونت نتيجة احلال المحاليل المشبعة بالسليكا $SiO_2$ للخلايا المختلفة المكونة للخشب الاصلي وتتم هذه العملية ببطء شديد اذ يحتفظ الخشب بشكله ومظهره بعد تمام عملية الاحلال.

5-تفاعل متبادل بين المحاليل : عند تحرك المحاليل السطحية او الصهارية قد يتقابل محلولان او اكثر وينتج عن تفاعلهما بعض المعادن المميزة ، ومن امثلة ذلك التفاعل المتبادل هو تكون معدن الباريت عند مرور محلول مشبع بالكبريتات مع محاليل تحتوي على كربونات الباريوم .

6-تأثير الكائنات الحية على المحاليل : تتميز بعض الكائنات الحية النباتية او الحيوانية بأن لها القدرة على استخلاص المركبات المعينة الذائبة في المحاليل . ومن ابرز امثلة ذلك هو ما تقوم به الكائنات البحرية مثل الرخويات والمرجان من استخلاص كربونات الكالسيوم الموجود في مياه البحار والمحيطات . وتفرزها في صورة هياكل لحماية اجسامها مثل الاصداف والقواقع والاشواك .

## ثالثا: تكوين المعادن من الغازات

بعد ان يتبلور الجزء الاكبر من الصهارة في صورة معادن سيلكاتية مكونة للصخور المختلفة وكذلك بانفصال المعادن الفلزية الثقيلة. وبعد ان تترسب المحاليل المائية الحرارية في صورة رواسب مختلفة الحرارة يصبح السائل الصهاري غنيا بالغازات والمواد الطيارة Volatiles وهذه الغازات تحاول الهروب من الصهارة تحت اي ظروف مناسبة ،مثل انخفاض الضغط عندما تصادف فواصل او كسور او مسام في الصخور. وبعد انفصالها وهروبها فأنها قد تتفاعل مع بعضها البعض او مع الصخور المحيطة مكونة معادن جديدة .ومن هذه الغازات والمواد الطيارة بخار الماء والكلور والبورون والكبريت. ويسمى تفاعل هذه الغازات مع الصخور المحيطة باسم التحول الغازي Pneumatolysis ومن امثله المعادن التي تتكون بهذه الطريقة معدن الكاستيريت .ونتيجة لهذا التفاعل قد تتأثر الصخور الجيرية المجاورة بحامض الهيدروفلوريك الناتج HF مكونة معدن الفلوريت .

## رابعا: تكوين المعادن من مواد صلبة

بعد تكون الفصخور المختلفة قد تتعرض لبعض العوامل المختلفة مثل ازدياد درجة الحرارة او الضغط او التفاعلات الكيمياوية للمحاليل النشطة .وهذه العوامل تعمل على تحويل المعادن المكونة للصخور الاصلية في صورة معادن جديدة تكون ثابتة تحت هذه الظروف . وتسمى هذه التغيرات التي تطرا على الصخور والمعادن الاصلية بأسم التحول Metamorphism والصخور الناتجة تعرف بالصخور المتحولة .ومن امثلة المعادن التي تتكون بطريقة تحول الصخور معادن الجرافيت Graphite والجرانيت Granit.

## الخواص الفيزيائية للمعادن

1-الشكل البلوري crystal Form: يمكن ان تتكون في احوال التبلور المناسبة بلورات كاملة الشكل ،.

2-البريق Luster: تنقسم جميع المعادن من حيث خاصية البريق الى مجموعتين الاولى المعادن ذات البريق الفلزي Metallic، ومن امثلتها المعادن العنصرية كالذهب والفضة. اما المجموعة الثانية تشمل المعادن ذات البريق اللافلزي Nonmetallic ويتخذ عدة اشكال فقد يكون البريق ماسيا وابرزها الماس، او زجاجيا Vitreous كالكلسايت والهاليت ، او بريق لؤلؤي Pearly كبريق معدني المايكا والتلك ، او بريق حريري Silky كالجبس ، و البريق الدهني Greasy ويظهر كأن المعدن مغطى بطبقة رقيقة من الدهن وهي ميزة يتصف بها مكسر الكوارتز والكبريت العنصري.

3-**الشفافية Diaphaneity**: تقسم المعادن الى ثلاثة أقسام نسبة الى شفافيتها. :معادن ينفذ من خلالها الضوء ومن امثلتها البلور الصخري والايسلندسبار Iselandspar و. معادن ينفذ منها الضوء جزئيا مثل معدن الجبس والاوبال و. معادن لا ينفذ منها الضوء و تسمىopaque مثل الفلسبار ومعادن الكاربونات .

4-**اللون Colour**: يعزى لون أي معدن إلى مقدرة ذلك المعدن على امتصاص بعض مكونات الضوء الأبيض العادي وتشتيت البعض الآخر . فمعدن الكبريت مثلاً يبدو أصفر اللون لأنه يعكس الأشعة الصفراء من مجموعة الألوان المكونة للضوء الأبيض. واللون نوعان : اللون الأساسى مثل (اللون الاحمر للنحاس والاخضر للملاكيت و الأصفر للذهب). واللون المتغير مثل الكوارتز مثلاً يكون عديم اللون ويكون أيضا لونه بنفسجياً )عند احتوائه على آثار من التيتانيوم.Ti .

5-الصلابة Hardness: تتحدد الصلابة النسبية للمعادن باستخدام مقياس اقترحه العالم النمساوي فردريك موهس ويتراوح بين (1 و 10) ، اذ يمثل الرقم 1 معدن التلك Talc وهو اقل المعادن صلابة اذ يمكن خدشه بالأظفر وتخدشه جميع المعادن ولا يخدشها ، فيما يتمثل الرقم 10 بالمعدن الاكثر صلابة وهو الماس Diamond اذ يخدش جميع المعادن ولا يخدش (يلاحظ جدول ) .

جدول ( ) مقياس صلابة موهس للمعادن

| الصلابة النسبية | المعدن | الملاحظات | صلابة المواد الشائعة |
|---|---|---|---|
| 1 | **التلك** | اكثر المعادن طراوة يستخدم في عمل المساحيق. | الكرافيت رصاص الاقلام (1-2) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | **الجص** | يستخدم في عمل الواح الجدران | ظفر الاصبع (2.5)<br>عملة نحاسية (3)<br>حد سكين ، زجاج (6)<br>مبرد فولاذي (6.5). |
| 3 | **كالسيت** | المعدن الرئيس في صخر الرخام | |
| 4 | **فلوريت** | يستخدم في الزجاج والطلاء، ويعدن من اجل الفلور. | |
| 5 | **اباتيت** | طلاء الاسنان. | |
| 6 | **اورثوكليس** | معدن شائع مكون للصخور | |
| 7 | **كوارتز** | الارجواني حجر كريم | |
| 8 | **توباز** | حجر كريم عندما يكون شفافا | |
| 9 | **كورندم** | حجر الياقوت | |
| 10 | **الماس** | اقسى معدن معروف احجاره الكريمة شديدة اللمعان . | |

6-المخدش Streak: المخدش عبارة عن لون مسحوق(بودرة) المعدن الذي يمكن الحصول عليه عن طريق حك المعدن بقطعة فخار . المعادن ذات البريق الفلزي لها عادة مخدش لونه داكن ( قاتم ) أما المعادن ذات البريق اللافلزي مخدش لونه فاتح أو ابيض ..

7-التشقق او الانفصام Cleavage: هو ميول المعدن بأن ينكسر بشكل متكرر على امتداد أسطح مستوية .هذا يعكس التركيب الداخلي المتكرر للذرات والايونات . وقد يكون انفصام كامل او يكون الانفصام متوسط او جيد.

8-المكسر Fracture: هو شكل السطح الذي ينتج عن كسر المعدن في مستوى غير مستوى الانفصام والطريقة التي ينكسر فيها المعدن تساعد كثيرا في التعرف على المعدن. وتتباين اشكال المكسر في مختلف المعادن فهناك المكسر المحاري Conchoidal ومعادن ذات مكسر مستوي Even ومعادن ذات مكسر خشن Uneven.

9-الكثافة Density: هي وزن حجوم المعدن ويوجد تفاوت في كثافة المعادن المختلفة مما يساعد على تمييزها فمثلا كثافة الذهب تبلغ 19.3غم/سم$^3$ والهاليت 2.2 غم /سم$^3$.

10-الانكسار المزدوج Double Refraction: عنما يمر الضوء داخل البلورة ينقسم الى شعاعين .لذلك نرى الاشياء مزدوجة خلف كثير من البلورات كثل بلورة الكالسايت .

11-التفاعل مع الحوامض: بعض المعادن مثل الكالسايت تتفاعل بشدة مع حامض الهيدروكلوريك المخفف. وهناك معادن اخرى كالدولومايت تتفاعل معه فقط عندما تكون على شكل مسحوق، ومعادن اخرى لا تتفاعل معه ،لذا يمكن تمييز بعض المعادن خصوصا الكاربونات بهذا الحامض.

12-الخواص الحواسية Sense Properties:تعتمد هذه الخواص على بعض الحواس العادية مثل اللمس Feel والمذاق Taste والرائحة Odor ، وتساعد هذه الخواص في التعرف على الكثير من المعادن .

13-الخواص الحرارية Thermal Properties: من اهم الخواص الحرارية للمعادن هي القابلية على الانصهار Fusibility التي تساعد في التعرف على بعض المعادن خاصة النقية منها ، اذ تنصهر بعض المعادن بسهولة في لهب شمعة او في لهب مصباح بنزن او قد لا تنصهر بالمرة فمثلا ينصهر الذهب بدرجة حرارة 1062م° والبلاتين 1755م°.

## تصنيف المعادن

| الطائفة | المجموعة | اهم المعادن وتركيبها الكيمياوي |
|---|---|---|
| ١- المعادن العنصرية | أ- معادن عنصرية فلزية<br>ب- معادن اشباه الفلزات<br>ت- معادن اللافلزات | الذهب، الفضة ، النحاس ، البلاتين.<br>الزرنيخ – البزموث.<br>الكبريت – الالماس – الجرافيت. |
| ٢- معادن الكبريتيدات والاملاح الكبريتية | أ- المعادن الكبريتيدية | ارجنتيت $Ag_2S$- كالسكوسيت $Cu_2S$ – بورنيت $Cu_5FeS_4$- جالينا PbS – سفاليريت ZnS- مركزيت $FeS_2$- أرسينوبيريت FeAS- موليدنيت $MoS_2$- سنبار HgS- ريالجار AsS- اوربمنت $As_2S_3$- ستبنيت $Sb_2S_3$- كالكوبيريت $CuFeS_2$ ـبيرروتيت FeS- كوفيلليت CuS- بيريت . |
| | ب-معادن الاملاح الكبريتية | تتراهيدريت $Cu_{12}SbS_{13}$- تنانتيت $Cu_{12}As_4S_{13}$ |
| ٣-معادن الاكاسيد | أ-اكاسيد فلزات لا مائية | كوبريت $Cu_2O$- المينيت $FeTiO_3$- بيريكليز MgO-روتيل $TiO_2$-زنكيت ZnO-بيرولوسيت $MnO_2$-كوراندوم $Al_2O_7$- كاسيتريت $SnO_2$- هيماتيت $Fe_2O_3$- يورانيتيت $UO_2$- كوارتز $SiO_2$ – سبيبسل $MgAl_2O_4$- ماجنيتيت $Fe_3O_4$- كروميت $FeCr_2O_4$ |
| | ب-أكاسيد فلزات مائية | جوتيت $HFeO_2$- مانجانيت $MnO(OH)$ – ليبروكروسيت $Feo(OH)$ اوبال $SiO_2.nH_2O$ |
| ٤-معادن الهاليدات | | هاليت NaCl- فلوريت $CaF_2$- كريوليت $NaAlF_6$ – أتاكاميت $Cu_2(OH)_8Cl$ |
| ٥- معادن الكربونات | أ- الكربونات | كالسيت $CaCo_3$ـ رودوكروزيت $MnCO_3$- |

| | | |
|---|---|---|
| والنيترات والبورات | | ماجنزيت $MgCo_3$- سيديريت $FeCo_3$ – اراجونيت $CaCo_3$ـ سترونشانيت $SrCo_3$- ويذيريت $BaCo_3$- ملاكيت $Cu_2Co_3(OH)_2$ – ازوريت $Cu_3Co_3(OH)_2$ |
| | ب- النيترات | نتر بوتاسي $KNO_3$ – نتر صودي $NaNo_3$ |
| | ت- البورات | كولمانيت $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ –كيرنت $Na_2.B_4O_7.4H_2O$ –بوراكس $Na_2.B_4O_7.10H_2O$ |
| ٦- الكبريتيات- الكرومات –المولبيدات - التنجستنات | أ- الكبريتات | ١-كبريتات لا مائيه Anhydrous Sulphates:- انهيدرايت $CaSo_4$-باريت $BaSo_4$ـ انجلزيت $PbSo_4$- سيلستيت $SrSo_4$. ٢- كبريتات مائيه Hydrous Sulphates:- جبس $CaSo_4.2H_2O$ – أبسوميت $MgSO_4.7H_2o$ – ملانتريت $FeSo_4.7H_2O$- كالكانتيت $CuSO_4.5H_2O$. |
| | ب- الكرومات | كروكويزيت $PbCrO_4$ |
| | ت- المولبيدات | وليفنيت $Pb\ MO_4$ |
| | ث- التنجستنات | ولفراميت $WO_4$- شيليت $CaWO_4$. |
| ٧-الوسفات – الزرنيخات – الفاندات | أ- الفوسفات | آباتيت $Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$- مونازيت $(Ce,La,\ Th)PO_4$ |
| | ب- الزرنيخات | ميمتيت $Pb_5Cl(A_5O_4)_8$ |
| | ت- الفاندات | فنادينت $Pb_5Cl(A_5O_4)_3$- كارنونيت $K_2(UO_2)(VO_4).3H_2O$ |
| ٨- السيلكات | أ- النيزوسيلكات | اوليفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$- الزركون$ZrSiO_4$ – توباز $Al_2(\ SiO_4)\ (F,OH)_2$ |
| | ب- السورد سيلكات | هيمومورفيت $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2H_2O$ ابيدوت $Ca_2(Al,Fe)Al_2O(SiO_4)(Si_2O_7)OH$ |
| | ت- السيلكوسيلكات | |
| | ث- الآينو سيلكات | |

| | | |
|---|---|---|
| | **ج- الفيللوسيلكات** | |

## الصخور Rocks

تعد الصخور من المكونات الرئيسة للقشرة الارضية الى جانب المعادن ، والصخر هو مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو خليط من عدة معادن ،ويعد الوحدة الاساسية في بناء الارض وان المعدن هو وحدة الصخر. ويطلق على العلم الذي يهتم بالصخور من حيث نشأتها وتكوينها وخواصها بعلم الصخور Petrology.

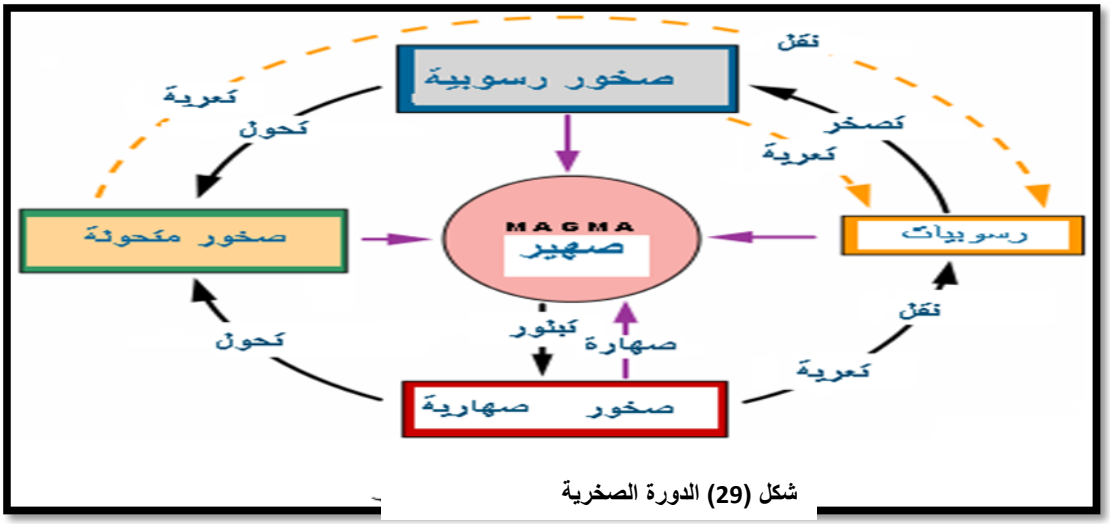
**الدورة الصخرية**

أصل صخور القشرة الارضية المصهوران النارية ، عندما تتعرض الصهارة الى عملية التبريد سواء على سطح الارض او في باطنها ينتج عن ذلك تكوين الصخور النارية وتعد صخورا اولية.وعند ظهور تلك الصخور فوق سطح الارض فانها تتعرض الى عمليات التجوية والتعرية والنقل، ثم تترسب المواد المفتتة وحطام الصخور على شكل طبقات مترسبة تسمى بالصخور الرسوبية وتعد صخورا ثانوية . وعند تعرض الصخور النارية والصخور الرسوبية لعمليات الضغط والحرارة الشديدين يتغير معالمهما وتتحول الى الصخور المتحولة . وتتكرر هذه الدورة عدة مرات الى مالا نهاية.

**أنواع الصخور**

اولا: الصخور النارية Igneous Rocks:

يطلق عليها الصخور الاولية Primary Rocks لأنها اول الصخور التي تكونت على سطح الارض وتصلدت من الصهارة لذا يطلق عليه ايضا الصخور المتبلورة Crystalline لأنها تتكون نتيجة تبلور الصهارة في هيئة معادن وبلورات مميزة.




**شكل (29) الدورة الصخرية**

## خواص الصخور النارية

يمكن وصف الصخور النارية على اساس الخواص التالية:-

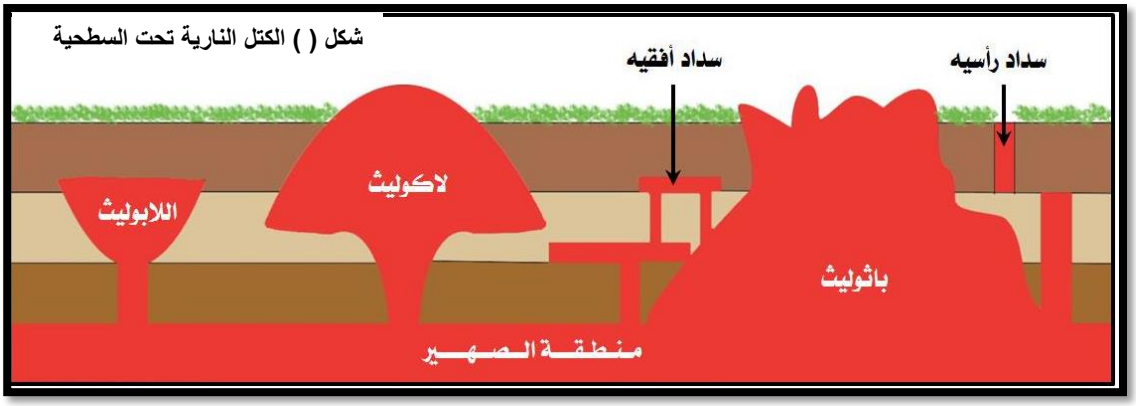
1-التواجد في الطبيعة :

أ- الصخور الجوفية Plutonic Rocks (صخورالاعماق): توجد على اعماق كبيرة من سطح الارض ، بلوراتها كبيرة الحجم ومتساوية النمو والترتيب نتيجة لتعرضها التبريد البطيء والضغط المستقر، ومن

امثلتها صخور الكرنيتGraniteوالديوريتDioriteالجابروGabbro. وتوجد على هيئة كتل كبيرة تسمى Batholith وتشكل اجزاء من سلاسل الجبال الكبرى مثل جبال الالب والروكي.

ب- الصخور تحت السطحية Hypabyssal Rocks: توجد على اعماق من سطح الارض وتتكون نتيجة تداخل الصهارة Magma بين طبقات الصخور الاخرى، بلوراتها متوسطة الحجم ومن امثلتها البورفيرتPorphyriteوالفلسيتFelsiteوالدوليريتDolerite . توجد هذه الصخور على هيئة قواطع Dikesتصلبت من الصهارة بين الصخور بشكل عمودي او مائل .

ت- الصخور البركانية Volcanic Rocks: هي الصخور التي تصلبت فوق سطح الارض نتيجة تدفق الحمم Lava اما من خلال البراكين او من الشقوق والفواصل ،وتكون بلوراتها مجهرية او عديمة التبلور لتعرض الصهيرة الى عملية التبريد المفاجئ وهذا ما يسمى بالزجاج الصخري ، ومن امثلتها صخور البازلتBasaltوالابسيديانObsidanوالريوليتRhyoliteوالاندزيتAndesite.




2-النسيج Texture: يقصد بالنسيج الصخري طبيعة وشكل وحجم مكوناته المعدنية وكيفية ترتيب هذه المكونات داخل الصخر. ويتوقف نسيج الصخور النارية على سرعة تبريد الصهارة ويمكن تميز الانسجة التالية:-

أ- نسيج خشن الحبيبات: يمكن رؤية حبيبات وبلورات الصخر بالعين المجردة لتعرض الصخر الى التبريد البطيء .

ب- نسيج دقيق الحبيبات: لايمكن رؤية حبيباته وبلوراته بالعين المجردة، لذا يطلق على الصخر مجهري التبلور بسبب تعرض الصخر للبرودة السريعة.

ت- النسيج الزجاجي: يطلق على مجموعة الصخور عديمة التبلور تشبه الاسطح الزجاجية بسبب تعرض الصخور الى التبريد المفاجيء.

ث- النسيج البورفيري: يطلق على نسيج الصخور التي تتكون من بعض البلورات المعدنية الكبيرة البارزة المبعثرة في وسط بلورات دقيقة التحبب او زجاجية.

ج- النسيج الفقاعي: يوجد في الصخور والطفوح البركانية الناتج عن تمدد الغازات في الطفح البركاني وهروبها منه تاركة فراغات تسمى بالفقاقيع.

3-بنية الصخور النارية :وتكون متعددة الاشكال في الصخور النارية وتتمثل بالاتي:-

- البنية الانسيابية Flow Structure: تنتج عن تحرك الصهارة اللزجة على سطح الارض ثم تتبلور المعادن في صورة انسيابية مرتبة ومتوازية لبعضها في اتجاه التحرك.

- البنية الوسادية Pillow Structure: تنتج بعد تبرد الحمم وتتصلب على هيئة وسائد متراكمة متجمعة فوق بعضها البعض.
- البنية العمدانية Columnar Structure: وهذا الشكل من البنية يحدث ايضا بعد تصلب الحمم في شكل اعمدة رأسية متلاصقة ذات مقطع سداسي منتظم يشبه خلايا النحل.
- البنية الحبلية Ropy Structure: عندما تتصلب الحمم قد يكون الصخر البركاني الناتج متموجا على شكل حبال.
- قد توجد الصخور البركانية في صورة قطع فتاتية مكسرة ذات احجام مختلفة تتروح بين تراب ناعم Dust الى كتل كروية او بيضاوية الشكل تسمى القنابل البركانية Volcanic bombs او قطع صغيرة تسمى لابيلايLapilli.

4-التركيب المعدني : تنقسم المعادن المكونة للصخور النارية الى:-

أ- معادن اساسية: توجد بكميات كبيرة منها معادن الفلسبار والبيروكسين والامفيبول والمايكا والفلسباثويد والاوليفين والكوارتز.

ب- معادن أضافية: توجد بكميات صغيرة وتتمثل بمعادن الماجنتيت والبيريت والاباتيت والاويلمنيت والزركون والروتيل والسفن.

- 5- التركيب الكيميائي للصخور :أ- صخور حامضية تزيد فيها نسبة السيلكا اذ تتراوح بين – 80%) (65 ،وتقل فيها نسبة الحديد والمغنيسيوم.
- ب- صخور متوسطة: نسبة السليكا تتروح بين (52-65%) ونسبة الحديد والمغنيسيوم متوسطة.
- ت- صخور قاعدية: نسبة السليكا فيها اقل من 52% ونسبة الحديد والمغنسيوم عاليةز

6-اللون:يختلف لون الصخر تبعا للتركيب الكيميائي والمعدني، ويمكن تمييز ثلاثة انواع من الصخور النارية :-

أ- صخور فاتحة اللون (حامضية) تمتاز بوجود معادن الكوارتز والفلسبارات.

ب- صخور متوسطة اللون (متوسطة).

ت- صخور قاتمة اللون (قاعدية) تتميز بكثرة المعادن الحديدوماغنيسية مثل الاوليفين والهورنبلند.

**وصف بعض الصخور النارية:-**

**الجرانيت Granite:** هو صخر ناري جوفي حامضي يتكون من معادن الكوارتز بنسبة 31%والفلسبار البوتاسي52%والمايكا12% واحيانا يوجد الهورنبلند بدل المايكا ، ويكون لونه احمر او وردي تبعا للون معدن الفلسبار، كما يوصف الجرانيت تبعا لدرجة تبلوره فقد يكون خشنا اذا كانت بلوراته اكبر من 2ملم واذا اقل يكون دقيق الحبيبات.

**الجابروGabbro:** صخر ناري جوفي قاعدي ،لا تزيد نسبة السليكا فيه عن 50% لذا لا يحتوي على معدن الكوارتز ولكن تزيد فيه معادن الحديدوماغنيسية ، لونه داكن ،وذو نسيج خشن منتظم.

**البازلت Basalt**: صخر بركاني سطحي اسود اللون ولكنه يكتسب اللون البني نتيجة تعرضه للجو وهو اكثر انواع الصخور البركانية انتشارا وهو يشبه صخور الجابرو في تركيبها المعدني ويتكون البازلت اساسا من البلاجيوكليز والاوجيت والاوليفين ، ويتكون من نسيج بلوري مجهري أو يكون نسيجه زجاجيا بسبب تعرضه للتبريد المفاجئ.

شكل (30 ) صخر الجابرو

شكل ( 31) صخر

شكل ( 32) صخر البازلت

## ثانيا: الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks:

يطلق عليها ايضا بالصخور الثانوية Secondary Rocks وذلك لنشأتها الثانوية اذ تتكون من تفتت وتحلل صخور سابقة بفعل العوامل الجوية المختلفة ،والراسب Sediment هو تلك المادة المفككة التي تتكون تحت الظروف السطحية من الضغط ودرجة الحرارة بواسطة العوامل السطحية مثل الرياح والانهار والثلاجات والكائنات الحية. يتحول الراسب الى صخر رسوبي بواسطة تماسكه وضغطه في هيئة حجر رملي او طفل .....الخ. وتوجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على هيئة طبقات متوازية نتيجة للترتيب المنتظم لها وكل طبقة تمتاز بلونها وسمكها ومعادنها واحتوائها على بقايا الكائنات الحية (الحفريات )وهذا ما يميزها عن الصخور النارية والمتحولة ،كما تحتوي على معادن لاتوجد في النوعين الاخرين من الصخور مثل الفوسفات والفحم والهاليت والنفط وغيرها. وتغطي الصخور الرسوبية ثلاثة ارباع سطح الارض.

### العمليات الرسوبية

يمر الصخر الرسوبي بأربعة مراحل هي:-

1-التجوية Weathering: وتشمل جميع العمليات التي تؤدي الى تفتت الصخر وتحلله سواء كان ناري او متحول او رسوبي قديم عن طريق عمليات التجوية الميكانيكية والتجوية الكيميائية والتجوية الحياتية.

2-لنقل Transport: يتم نقل نواتج عمليات التجوية بواسطة الرياح او المياه الجارية او الجليد بعيدا عن مصدرها الى اماكن الترسيب، وتنقل تلك المواد اما بصورة ذائبة او غروية او صلبة تنقل بادحرجة او القفز .

3-الترسيب Deposition: تترسب المواد المنقولة باحدى العمليات التالية:-

- ترسيب ميكانيكي : Mechanical Depositionيتم فيه ترسيب المواد الصلبة نتيجة بعض التغيرات الميكانيكية في عامل النقل مثل انخفاض سرعة التيار المائي أو الرياح او وجود عائق أو منعطفات او تغير

مجرى الماء وزيادة حمولة النهر وتسمى الرواسب التي تتكون بهذه الطريقة بالرواسب الميكانيكية او الرواسب الفتاتية Clastics مثل الحصى والرمل والطين والغرين.

- ترسيب كيميائي: Chemical Depositionتترسب المواد المنقولة في حالة سائلة اوفي حالة غروية بواسطة بعض الطرق الكيميائية المختلفة التي قد تنتج من تفاعلات بين المحاليل المختلفة المنقولة او من تفاعل بين المحاليل المنقولة والغازات، او هروب بعض المكونات من هذه المحاليل.

- ترسيب عضوي Organic Deposition: تقوم بعض الكائنات الحية بدور هام في عملية الترسيب فالكائنات الحية تبنى اجسامها وهياكلها الموجودة في المياه ، وبعد موتها تدفن هذه الهياكل وتتجمع على هيئة رواسب عضوية، كما ان بعض النباتات والاشجار تكون الفحم نتيجة لتحللها الكيمياوي بعد الدفن. ومن امثلة ذلك ما تقوم المحاريات والمرجان باستغلال كاربونات الكالسيوم في مياه البحر لتكون اصدافها وهياكلها ، وبعد هلاك هذه الكائنات وتراكم هياكلها ينتج من ذلك الصخور الجيرية.وبنفس الطريقة فأن هياكل الاسماك تكون صخور الفوسفات.

4 – عمليات التغير بعد الترسيب Digenesis: هي تلك العمليات التي تؤثر في الرواسب أثناء وبعد ترسيبها ولكن قبل تصلبها .تتم هذه العمليات تحت الظروف السطحية العادية اذ تقوم بتغيير نسيج الراسب او تركيبه او مكوناته المعدنية ، ومن اهم هذه العمليات :-

أ- التملط او اللصق Cementation: هو ترسيب مادة لاصقة بين الحبيبات المكونة للراسب. فيتحول راسب الرمل الى حجر رملي بواسطة التحام حبيباته بمواد غرينية مثل الكالسيت واكاسيد الحديد.

ب- التضاغط (الرص)Compaction: هو ضغط وتماسك الحبيبات وتقاربها جنبا الى جنب مثل ضغط راسب الطمي فيصبح صخر الطفل.

ت- أعادة التبلور Recrystallization: يتم بتكوين بلورات معدنية جديدة متماسكة لنفس الراسب بدون تغيير في التركيب الكيمياوي مثل اعادة تبلور الراسب الجيري الدقيق الحبيبات الى صخر جيري ذو حبيبات خشنة.

ث- الاحلال Replacement: يتن بإحلال كيميائي (استبدال) للمادة المترسبة بمادة اخرى جديدة مثل احلال الحجر الجيري وتحوله الى صخر الولومايت.

ج- الذوبان Solution: من الممكن اذابة الرواسب طبيعيا ،فعند تساقط مياه الامطار المحملة بثاني اوكسيد الكاربون يتكون حامض خفيف وهذا الحامض يذيب بعض محتويات الصخر الجيري.

**أماكن الترسيب:-**

تتم عملية الترسيب اما في البحر وتسمى الرواسب الناتجة رواسب بحرية أو على القارات وتسمى الرواسب القارية.

1-الرواسب البحرية Marine Deposits: تعد احواض المحيطات والبحار هي المكان الذي تترسب فيه المواد المفتتة الناتجة من تآكل الصخور بواسطة عمليات التعرية المختلفة والذي تنقل اليه بواسطة الانهار في معظم الحالات. معظم هذه الرواسب تترسب في المنطقة الشاطئية وهي المنطقة التي تقع تحت تأثير فعل الامواج والمد والجزر ، وكذلك في منطقة المياه الضحلة وهي المنطقة التي تمتد بعد المنطقة الشاطئية حيث يبلغ العمق حوالي 100قامة بحرية اي 200م.

2- **الرواسب القارية Continental Deposits:** وهي الرواسب التي تتكون على اسطح القارات سواء كانت رواسب هوائية مثل الكثبان الرملية ورواسب التالوسTalus ، والرواسب النهرية مثل رواسب الحصى والرمل والطين والغرين ، ورواسب السيول التي تكون على هيئة نصف دائرة او مثلث او دلتا ، فضلا عن رواسب الثلاجات أو الانهر الجليدية Glaciers.

## صفات الصخور الرسوبية :

1. تتميز بالمسامية وإن كانت متباينة بين نوع صخري وآخر فبعضها ذات مسامية عالية والأخرى ذات مسامية واطئة والمسامية تحدد صفة النفاذية ولهاتين الصفتين دور مهم في رسم الخصائص الهايدروجيولوجية للصخور الرسوبية.
2. تكون على شكل طبقات (Strata) وكل طبقة تعكس خصائص جيولوجية وصخارية وحياتية تميزها عن الطبقة التي في الأسفل والتي تليها. ويكون تتابعها يتفق مع ترتيب العصور التي تكونت خلالها من الأقدم نحو الأحدث وأحياناً تؤدي عمليات التعرية إلى اختلاف هذا التتابع.
3. تحتوي على حفريات (Fossils) وهي ضرورية جداً في دراسة الصخور الرسوبية ومعرفة تطورها.
4. تحتوي على خامات معدنية كالنفط والفحم والفوسفات والكبريت وغيرها وتكون غنية بمياهها الجوفية.
5. تستجيب جميعها للعمليات الجيومورفية وان تباينت فيما بينها من حيث درجة الاستجابة.
6. توجد بشكل تراكيب (Structure) متنوعة مثل التراكيب المحدبة أو المقعرة والقبابية.

## نسيج الصخور الرسوبية

الرواسب والصخور الرسوبية تتكون من الحبيبات الفتاتية أو البلورات ووصف هذه الوحدات يعرف بأسم النسيج. ويشتمل الوصف على المعالم الخارجية على الحبيبة، شكلها، حجمها، علاقة الحبيبات ببعضها.

1-المعالم الخارجية للحبيبة : بعض الحبيبات تكون لامعة ملساء ولكن البعض الآخر قد يظهر عليها الكثير من الخدوش والحفر.

2-شكل الحبيبات: يوصف شكل الحبيبة تبعا لخاصيتين هما درجة الاستدارة وبعضها ذات شكل زاوي وبعضها الاخر ليس له جوانب. وخاصية تكور الحبيبة ،اذ قد تكون كروية او اسطوانية او منضدية او موسية الشكل.

3-حجم الحبيبات: تتنوع الصخور الرسوبية في حجم حبيباتها من جلاميد نصف قطرها اكبر من 256ملم الى صلصال ناعم.

**الجدول (2) مقياس وينتوورث لاحجام الرواسب**

| الحجم / ملم | نوع الرواسب |
|---|---|
| أكثر من 256 | جلاميد كبيرة Boulders |
| 256 – 64 | جلاميد Cobbles |
| 64 – 4 | حصى Pebbles |
| 2 – 4 | حصى صغيرة (حبيبات) Granules |
| 16/1 – 2 | رمل Sand |
| 256/1 – 16/1 | غرين Silt } غبار Dust |
| أقل من 256/1 | طين Clay } غبار Dust |

4- علاقة الحبيبات الى بعضها: قد تكون الحبيبات في الراسب او الصخر ذات ترتيب معين وقد لا يكون هنالك اي ترتيب لها. هذا الوضع له علاقة بعمليات الترسيب والتغيرات التي تحدث بعد الترسيب،

**التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية**

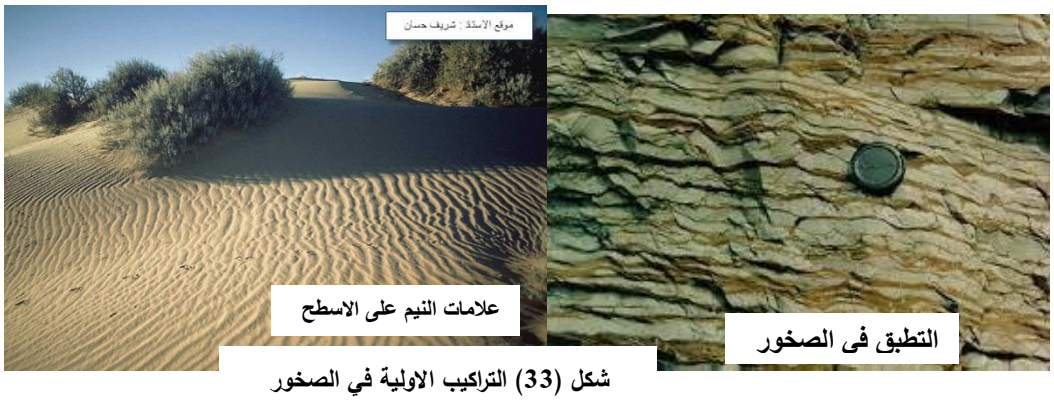
1- **الطباقية** : توجد الصخور الرسوبية على هيئة طبقات متعاقبة بعضها فوق البعض الآخر، ويختلف سمك الطبقات من طبقة عظيمة السمك يزيد سمكها على مئات الامتار الى اخرى رقيقة السمك لايتعدى سمكها بضعة سنتمترات تسمى صفائح.

2- الطبقة الكاذبة أو المتقاطعة: في هذا النوع تتكون الطبقة الواحدة من عدة طبقات او صفائح رقيقة السمك تختلف في وضعها عن الوضع العام للطبقة بسبب تعرضها لتيارات مائية او هوائية مختلفة الشدة والاتجاه.

3- **علامات النيم Ripple Marks**: هي تموجات منتظمة الشكل تشاهد فوق أسطح الصخور الرسوبية، ويمكن ملاحظتها على اسطح الترسيب الحالية على الشواطئ وتسمى نيم الامواج ، ويمكن ملاحظتها على المسطحات الرملية الصحراوية وتسمى نيم الرياح.

**4-التشققات الطينية اوالشمسية Mud or Sun – Cracks**: عندما تتعرض اسطح الطبقات الطينية للأشعة الشمسية القوية، سرعان ما تتبخر المياه وتقل الرطوبة في هذه الرواسب وينجم عن ذلك جفاف الطين وانكماشه وتشققه.

**5-طابع المطر Rain Prints**: وتتكون بعد سقوط الامطار بشدة فوق الصخور الرسوبية قد تحفر الصخور بثقوب مميزة. وعند جفاف الصخر قد تحفظ هذه الثقوب عن طريق ملئها بالرمال والاحتفاظ بشكلها لمدة طويلة.




**شكل (33) التراكيب الاولية في الصخور**

## تصنيف الصخور الرسوبية:-

**اولا: الصخور الرسوبية الميكانيكية أو الفتاتية:** تتكون هذه الصخور من قطع فتاتية من صخور سابقة ثم تنقل هذه المفتتات بواسطة عوامل النقل المختلفة الى ان تتجمع في النهاية وتتماسك وتتلاحم اجزاءها. وتتم عمليات النقل والترسيب ميكانيكيا بواسطة الرياح أو الانهار أو الثلاجات . ومن أمثلتها الحجر الرملي والطين والكونجلومرات والبريشا.

- **الكونجلومرات (الرصيص) Conglomerate:** تتكون هذه الصخور من مفتتات صخرية تتميز بأنها مستديرة الشكل ،يتراوح حجم حبيباتها بين قطع كبيرة (ذات قطر 10 سم) الى قطع صغيرة (2ملم). وتعزى استدارة هذه الحبيبات الصخرية الى انتقالها بواسطة الرياح أو الانهار الى مسافات بعيده عن مصدرها مما يؤدي الى تهذيبها واستدارتها وتتماسك هذه الحبيبات بمواد لاحمة مختلفة مثل السليكا أو اكاسيد الحديد أو كربونات الكالسيوم..

- **الحجر الرملي Sandstone:** تطلق كلمة رمل Sand على الرواسب الفتاتية الغير متماسكة التي تتراوح حجم حبيباتها بين 16/1 – 2 ملم ويصنف عادة الى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق. بعد تماسك هذه الرمال يتكون الحجر الرملي أو تتلاحم الحبيبات بمواد سليكية أو حديدية أو كاربونية أو مواد طينية. لذا يسمى بالحجر الرملي الحديدي Ferruginous Sandstone او حجر رملي جيري Calcareous

sandstone او حجر رملي طيني Argillaceous Sandstone واهم المعادن المكونة لحبيبات الحجر الرملي هو معدن الكوارتز واذا احتوى على كمية كبيرة من معادن الفلسبار فان يعرف باسم اركوز Arkose.

- **الصخور الطينية Argillaceous Rocks:** تتكون هذه الصخور من حبيبات دقيقة يقل قطرها عن 16/1ملم وتتماسك هذه الحبيبات الدقيقة نتيجة لفقدان جزء من محتوياتها المائية لمجرد وقوع اي ضغط عليها الناتج عن نقل الرواسب التي تعلوها ومن اهم الصخور الطينية هي الصلصال Clay يتكون من حبيبات دقيقة يقل حجمها عن 256/1ملم ويحتوي على نسبة كبيرة من الماء في تركيبه الكيمياوي. والحجر الطيني Mudstoneوينتج من تحول الطين الى حجر طيني عندما يفقد الجزء الاكبر من محتوياته المائية نتيجة للجفاف او زيادة الضغط الواقع عليه. وكذلك الطفل Shaleالناتج عن تصلب الحجر الطيني على هيئة طبقات رقيقة أو صفائح لانضغاط الطين قبل جفافه بواسطة ترسب طبقات صخرية اخرى فوقه، لذا يسمى بالطين الصفحي.

-

شكل (34 ) صخر البريشا

شكل (35 ) الحجر الرملي

شكل(36 ) حجر الصلصال

شكل(37 ) الحجر الطيني

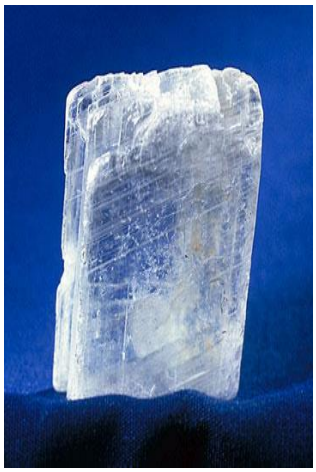
شكل ( 38 ) حجر الطفل

**ثانيا: الصخور الرسوبية الكيمياوية Chemical Sedimentary Rocks:** تتكون هذه الصخور من محاليل تحتوي على مواد مذابة نتيجة التفاعلات الكيميائية أو تبخرها عند بلوغ درجة التشبع مثل الحجر الجيري والملح والجبس والدولومايت والصوان والاعمدة الصاعدة والنازلة ورواسب الترافرتين .

- الجبس والانهدرايتGypsum and Anhydrite: يتكون الجبس كيمياويا بعد تبخر مياه البحر الضحلة والبحيرات الشاطئية وكبريتات الكالسيوم واول الاملاح التي تترسب من هذه المياه (اقل الاملاح ذوبانا) وتحت ظروف مؤاتية تتكون طبقات سميكة من الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)ويصاحبه في ذلك الملح

والرواسب الملحية الاخرى وكذلك الجير والطفل . ويلي الجبس في التكوين معدن الانهدرايت $CaSO_4$ مكونا طبقات مشابهة وغالبا ما يوجد المعدنان متصاحبين مع الرواسب الملحية الاخرى.

- الملح الصخري Rock Salt : يتكون بعد عملية الترسيب من مياه البحار الضحلة والبحيرات الساحلية التي تتعرض اسطحها بشدة لفعل التبخر المستمر، والملح يلي الجبس والانهدرايت في عملية التبلور.
- الدولومايتDolomite: صخور رسوبية تتكون من معدن الدولوميت($CaMg(CO_3)_2$) الذي يتكون نتيجة تفاعل المحاليل البحرية أو الارضية الغنية بالمغنسيوم مع صخور الحجر الجيري .
- الصوان والشيرتFlint and Chert: صخور كيمياوية سليكية$SiO_2$ تتكون من حبيبات مجهرية أو مفتتة ، والصوان ذو لون قاتم يتكون من خليط من السليكا المتبلورة وغير المتبلورة، ويوجد على هيئة درنات او عقد مختلفة الحجم او في صور طبقات رقيقة بين الصخور الرسوبية . اما الشيرت يتكون من الصخور السليكية غير النقية التي تحتوي على نسب عالية من الجير.



**شكل (39 ) الجبس**

**شكل ( 40 ) الدولومايت**

**شكل ( 41) الملح الصخري.**

**شكل ( 42 ) صخر الصوان**

**شكل ( 43) صخر الشيرت.**

**ثالثا: الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks:** تتألف هذه الصخور من مركبات معدنية مصدرها بقايا الحيوانات والنباتات المختلفة ،مثل الهياكل العظمية والمحارات والاصداف وكذلك اوراق النباتات وجذوع الاشجار وغصونها. وجميع هذه البقايا تتحول الى صخور رسوبية عضوية بعد دفنها بين طبقات الصخور الاخرى مثل الفحم والفوسفات والحجر الجيري والطباشير.

- **الحجر الجيري العضوي Organic Limestone:** يرجع تكوينها الى قدرة بعض الحيوانات والنباتات على استخلاص كربونات الكالسيوم من مياه البحر لتبني اجزاؤها الصلبة منه ،وعند موتها تتحلل اجسامها الرخوة وتبقى

اجزائها الصلبة للتراكم على قاع البحر مكونة رواسب جيرية تتراكم شيئا فشيئا وبمرور الزمن تتضغط وتتحول الى صخور جيرية واسعة الانتشار .

- **الطباشير Chalk:** يتكون من ذرات دقيقة من طين جيري غني بالمحارات الحيوانية البحرية الدقيقة وحيدة الخلية . وعادة يكون هذا الصخر ناصع البياض ولقلة صلابته يترك اثرا ابيض عند ملامسته.
- **صخور الفوسفات Phosphate:** يتكون اساسا من فوسفات الكالسيوم مع مواد اخرى، ويرجع تكوين هذا الصخر الى ان بعض الحيوانات تستعين في بناء اصدافها وهيكلها باستخلاص فوسفات الكالسيوم من مياه البحر. وعندما تتراكم بقايا هذه الحيوانات على قاع البحر تكون رواسب فوسفاتية.
- **الفحم الحجري والرواسب الفحمية Coal:** تشمل جميع الرواسب القديمة والحديثة ذات الاصل العضوي واهم مكوناتها مواد كربونية. وكل هذه الصخور تتكون من نباتات في درجات مختلفة من التحلل ومن امثلتها :

* البيت Peat وهي مواد بنية مفككة بنية اللون تكدست في المستنقعات بالمناطق المعتدلة والباردة وتندر الى الاستوائية ونسبة الكاربون بها 60% .

*اما اللكنايتLignite هو رواسب نباتية مثل البيت غير انها اكثر صلابة وتحتوي على نسبة اعلى من الكاربون تتراوح بين 55 – 75%ويترواح لونها بين البني والاسود.

*كذلك الفحم الحجري (الانثراسايت) Coal هو صخر اسود لامع يتكون من كتلة مضغوطة ذات طبقات مختلفة النسيج من مواد نباتية متحللة متعددة الانواع تتراوح نسبة الكاربون فيه 75 – 90% يمتاز بأنه يحترق بسهولة فيعطي لهبا صافيا.

اللكنايت

## ثالثا: الصخور المتحولة Metamorphic Rocks:

هي الصخور التي تحولت عن حالتها الاصلية الاولية (نارية أو رسوبية) الى حالة اخرى جديدة وقد يكون هذا التغير الذي طرأ على الصخر تغيرا في الخواص الكيمياوية أو الفيزياوية أو المعدنية . وتقسم عمليات التحول الى ثلاثة اقسام هي :-

1-التحول الحراري Thermal Metamorphism: تتم من خلاله عملية التحول الصخري بفعل الحرارة الشديدة للمواد المنصهرة في باطن الارض وانسيابها الى اعلى . ويطلق ايضا عليه مصطلح التحول التماسي Contact Metamorphism.

2-التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism: تتم من خلاله عملية التحول الصخري بفعل الضغط الشديد الواقع فوق الصخور وينتج عن ذلك تغير عام في النسيج الصخري، ومما يؤدي الى هذا التحول تحركات القشرة الارضية التي تسبب انثناء الصخور وتكسرها.

3-التحول الاقليمي Regional Metamorphism: ينتج هذا النوع من التحول من الحركات التكتونية والتقلصات الباطنية في باطن الارض وتعرض صخور القشرة الارضية لحرارة وضغط شديدين.

نسيج الصخور المتحولة: تتميز الصخور المتحولة بنسيجها الخاص تبعا لعمليات التحول السائدة والتي ادت الى تغيير معالم الصخر الاصلي ومن اهم هذه الانسجة ما يلي:-

أ- نسيج صخري غير ورقي : ينتج هذا النسيج عادة متن التحول الحراري وحبيباته غير منتظمة الترتيب.

ب- نسيج صخري ورقي: تترتب حبيبات الصخر في هذا النسيج نتيجة عمليات التحول ترتيبا خاصا على شكل خطوط طويلة رقيقة متوازية متجاورة تمتد في اتجاه عام مع اتجاهات التشقق الصخري.

### تصنيف الصخور المتحولة:-

1-صخور **متحولة بالحرارة ومنها صخور الكوارتزيت والرخام والهورنفلس** .

- **الكوارتز** : ناتج عن تحول صخر الحجر الرملي نتيجة لعوامل التحول الحراري ويتكون من حبيبات الكوارتز التي اعيد تبلورها مرة ثانية اثناء عملية تحول الصخر الاصلي.

**2-صخور متحولة ديناميكيا مثل السليت والفيلليت .**

- **الاردواز(السليت)Slate:** صخور حبيباتها دقيقة لاترى بالعين المجردة وهي صخور صلبة كثيفة والوانها متعددة اسود رمادي احمر اخضر...الخ ،وهو ناتج من تحول الصخر الطيني بفعل عاملي الحرارة والضغط الشديدين.

**3-صخور متحولة أقليميا مثل صخور الشيست والنيس.**

- **النيسGneiss:** ناتج عن تحول الصخور الرسوبية او النارية تحت عوامل الحرارة والضغط الشديدين وله نسيج بلوري واضح .

شكل ( ) صخر الكوارتزيت

شكل ( ) الاردواز

شكل ( ) صخر النيس

**<u>الفصل الثالث : الحركات الارضية واثرها في تشكيل سطح الارض</u>**

<u>اولا: مصادر الطاقة المؤثرة في تكوين سطح الارض</u>

هنالك العديد من القوى وهي بمثابة مصادر للطاقة التي تحرك العمليات الجيومومورفولوجية والتي ينتج عنها تكوين اشكال سطح الارض وتتمثل ب :-

<u>1- الطاقة الشمسية Solar Energy</u>:

يعد الاشعاع الشمسي من مصادر الطاقة الرئيسة لحرارة سطح الارض والغلاف الغازي المحيط بها ،وعلى الرغم من الطاقة الهائلة المنبعثة من الشمس تساوي 10 كالوري /سم$^2$/ثا والذي يدعى بالثابت الشمسي Solar Constant الا ان الارض لا تستلم الا جزء ضئيل منه يقدر ب 0.30 – 0.35 /سم$^2$/ دقيقه ويختلف هذا المقدار من مكان لآخر على سطح الارض تبعا لاختلاف عمليات الامتصاص والانعكاس الارضي للأشعة الشمسية وحالة الغلاف الغازي المحيط بالأرض ولاختلاف زاوية سقوط الاشعة الشمسية وعلى هذا الاساس نجد اختلافا في توزيع درجات الحرارة بين الاستواء والقطبين ،وكمية ونوعية الطاقة الشمسية التي تستلمها او التي استلمتها الارض عبر العصور الجيولوجية وكانت سببا لحدوث التقلبات المناخية

. اما من الناحية الجيومورفولوجية فأن الطاقة الحرارية للشمس المسببة لاختلاف الطقس والمناخ لفترات قصيرة ام طويلة تؤدي الى اختلاف الغطاء النباتي وعمليات تكوين التربة والنظام المائي ،وهي جميعا تتفاعل مع الغلاف الصخري للقشرة الارضية وتؤثر فيه من حيث تباين نوع وسرعة عمليات التجوية والتعرية واختلاف اشكال سطح الارض وتباين تطورها من مكان لآخر ومن وقت لآخر.

**2- طاقة حرارة باطن الارض Geothermal Energy:**

تتولد من باطن الارض طاقة حرارية مصدرها:-

أ- النشاط الاشعاعي للنظائر المشعة وتحطمها ، ومن اهمها $U^{235}$, $U^{238}$, $K^{40}$, $Th^{232}$ الموجودة في الصخور النارية المتوسطة القاعدية والصخور الكرانيتية للقشرة الارضية للقارات وتوفر ثلثي الطاقة الحرارية المنبعثة الى سطح الارض والثلث الباقي مصدره طبقة الجبة .

ب- الطاقة الحرارية الناجمة عن عمليات الاحتكاك وتحطم صخور القشرة الارضية الناجمة عن المد الارضي.

ت- الطاقة المنبعثة عن دوران الارض حول نفسها وحول الشمس .

اما تأثير ذلك جيومورفولوجيا يتضح من خلال:-

1- انتقال الحرارة من باطن الارض يمارس دورا في تحديد الاشكال الطبوغرافية للكرة الارضية، فانتقال الحرارة يعد الطاقة المحركة لعملية الرفع العمودي تحت سطح الارض مسببة عمليات الرفع التكتوني وبناء السلاسل الجبلية الرئيسة واعادة توزيع الكتل الصخرية المختلفة وتحدد مقدار قوى المقاومة ،كما تتحكم في حجم الاحواض المحيطية وتحديد مستوى سطح البحر.

2- تعد الحرارة الباطنية هي المسؤولة عن صفة اللدونة لباطن الارض وهي المسؤولة عن النشاط التكتوني للقشرة الارضية.

3- ان الطاقة الحرارية الباطنية تتبدد عند وصولها سطح الارض دون ان يعيقها جسم باستثناء الغطاءات الجليدية في الجهات المعتدلة والقطبية ،اذ تستهلك حرارة باطن الارض في المناطق القطبية في اذابة الجليد عند قاعدته وموضع اتصاله بسطح الارض ويتحول الى ماء يساعد على انزلاق الجليد وحدوث التعرية الجليدية.

**3- الجاذبية الارضية Gravity:**

هي احدى القوى الطبيعية المؤثرة على جميع الاجسام وهي احدى خواص المواد فالأجسام يجذب بعضها بعضا . وتمثل قوى الجذب محصلة ثلاثة قوى مجتمعة هي:-

أ- قوى الجذب بين الارض والاجسام الاخرى على سطحها وتؤثر عموديا وبزاوية قائمة من مستوى سطح البحر.

ب- قوى جذب كلا من الشمس والقمر للارض وهي ضئيلة تقدر ب 0.00001% من الجاذبية الارضية.

ت- القوى الطاردة عن المركز والناتجة عن دوران الارض حول نفسها وحول الشمس وتشكل 0.4% من الجاذبية الا رضية.

وعلى هذا الاساس فان الجاذبية بين جسمين تمثل قوة فعل ورد فعل بينهما ، وان كل جسم يسلط قوة باتجاه الجسم الآخر تتناسب مع حجم كتلتيهما وباتجاه معاكس يزداد مع قصر المسافة بينهما.

**اما من حيث علاقة الجاذبية بالعمليات الجيومورفولوجية تتجلى بالآتي:-**

1 – تسلط الجاذبية قوى على مواد سطح الارض مسببة تعجيل حركة المواد التي تمتلك كتلة سواء كانت مياه جارية او مفتتات ترابية او صخور تغطي سطح الارض.

2- مقدار قوة الجذب ليس ثابتا على سطح الارض بل هناك فرق ضئيل بين الاستواء والقطبين يبلغ 0.5% وذلك لأن الارض اهليجية وليست تامة التكور. وتكون الجاذبية في القطبين اكثر من الاستواء لكون المناطق القطبية اقرب الى مركز الارض وبذلك يقل تأثير القوى الطاردة المركزية ويزداد فعل الجاذبية الارضية.

3-تختلف الجاذبية الارضية بمقدار الارتفاع عن سطح البحر اذ تتناقص قوى الجاذبية بمقدار 1 غال كلما ارتفعنا 3000 م عن مستوى سطح البحر ،وبالتالي يبلغ الفرق في مقدار الجاذبية بين اعلى قمة جبلية ومستوى سطح البحر 0.3%.

4- ان قوى جذب الشمس والقمر للارض رغم ضالته الا انه له تأثير مهم في تغير مستوى سطح البحر وارتفاع منسوب الماء وانخفاضه بالمد والجزر الذي يبلغ مداه بين 0- 15م وتزود المياه بطاقة اضافية تتوزع عموديا وافقيا على امتداد سواحل البحار والمحيطات وتسهم في التعرية الشاطئية لسواحل القارات.

**ثانيا: مفهوم الحركات الارضية وانواعها**

الحركات الارضية هي القوى التي تنشأ في باطن الارض وتؤثر في تشكيل القشرة الارضية ، وقد تكون تلك الحركات ناتجة بفعل عمليات باطنية سريعة مثل الزلازل والبراكين والنافورات الحارة ، او قد تكون بطيئة لا يظهر اثرها الا بعد الملايين من السنين ومن امثلتها

أ-الحركات البانية للقارات Epeirorogenic Movements: وهي حركات رأسية تتحرك نتيجتها القارات الى اعلى او الى اسفل مما يؤدي الى تكوين قارات جديدة ولا يصاحبها اي تصدع او طيات .

ب- الحركات البانية للجبال Orogenic Movements: حركات افقية تعمل على تجعد الصخور ورفعها الى اعلى بهيئة جبال كما ينتج عن هذه الحركات بعض البنيات التركيبية مثل الطيات والصدوع والفواصل.

**1- الحركات الباطنية السريعة وتتمثل ب :-**

**1-1: النشاط الزلزالي والاشكال الارضية المرتبطة به:**

الزلازل Earthquackes: هزات ارضية تحدث في مناطق معينة من القشرة الارضية بسبب انتقال الموجات الزلزالية Seismic Waves في الصخور، ويعتقد العلماء ان السبب المباشر في حدوث الزلازل هو تعرض الصخور لانكسار مفاجئ بسبب تعرضها للضغط او الشد او الازدواج الشديد الذي يوصلها الى حد من الاجهاد يتسبب في انها تنفعل وتتشوه بالكسر. ويسجل الزلزال عن طريق جهاز السيزموغراف Seismograph

**الموجات الزلزالية Seismic Waves: وتقسم الى ثلاثة انواع هي :-**

1- **الموجات التضاغطية Compressional Waves(الاولية)** :يرمز لها بالحرف Pتشبه الموجات الصوتية وتكون سريعة الانتشار وهي اولى الموجات التي تصل سطح الارض وتسجلها اجهزة الرصد ولها القدرة على اختراق الاجسام الصلبة كالكرانيت والسائلة كالماكما ممثلة بنبضات متتالية من الضغط والتخلخل في اتجاه انتشار الموجة وتبلغ سرعتها 1.5-8 كم/ثا.

2- **الموجات الموجات المستعرضة Transverse Wavesاو الثانوية S** : تشبه الموجات الكهرومغناطيسية ، والاهتزاز الذي تسببه يكون عموديا على اتجاه انتشارها الاولية بالوصول الى سطح الارض واقل سرعة منها ولا تنتقل في الاوساط السائلة ،وتتسبب بتحريك الارض عموديا وافقيا ولها دور كبير في تدمير المنشات .

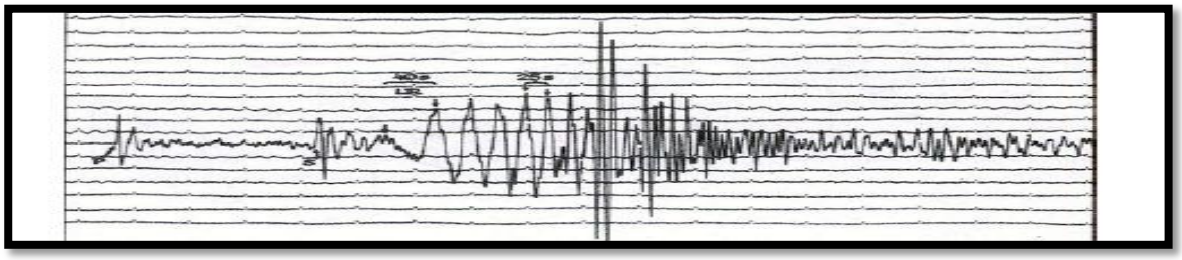
3- الامواج السطحيةL وهي على نوعين: أ- موجات لاف (:(Love Waves) تقتصر موجات لاف على سطح القشرة الأرضية فقط؛ فهي أسرع الموجات السطحية، وتتحرك جزيئاتها على سطح الأرض بحركة أفقية جنبًا إلى جنب.

ب- موجات رايلي (Rayleigh waves).ينتشر هذا النوع من الموجات بتذبذب جزيئات الوسط بشكل إهليجي متراجع وذلك في مستوى رأسي موازٍ لاتجاه انتشار الموجه، وتنتشر موجات رايلي بسرعة أقل قليلًا من سرعة

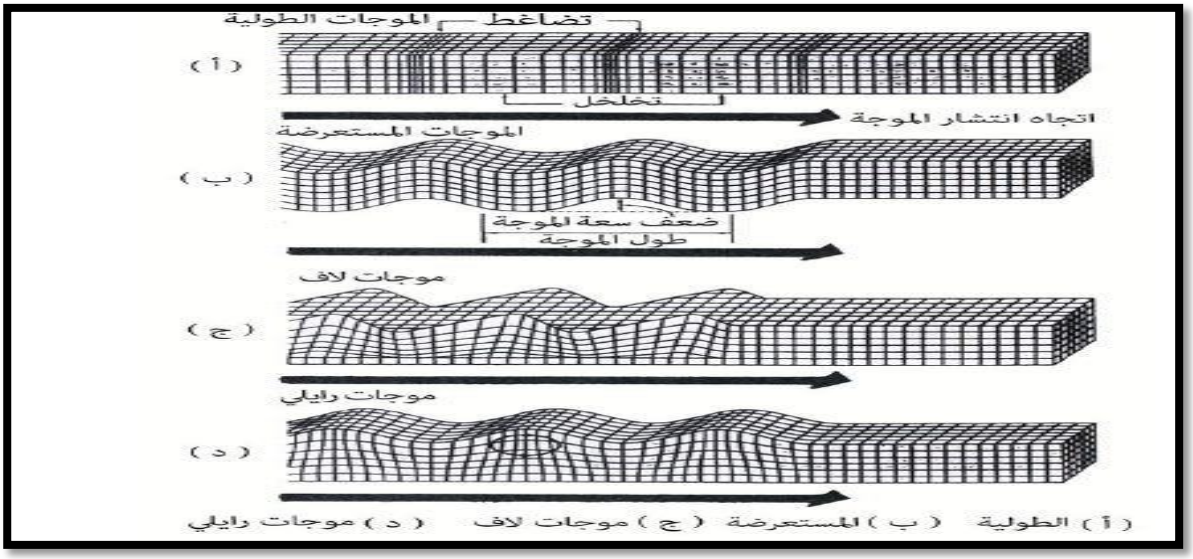
موجات لاف حيث أنَّ سرعتها تساوي تقريبًا 0.92 من سرعة موجات لاف؛ ومن ثَمَّ فإنَّها تتبعها مِن حيثُ زمن الوصول إلى المواقع المختلفة، وتقوم بتحريك سطح الأرض إلى أسفل وإلى أعلى.

- السبب الرئيسي في الكوارث والتدمير الذي تسببه الزلازل هي الموجات السطحية بشكل عام وموجات رايلي بشكل خاص.

شكل (30) انواع الموجات الصوتية كما تظهر على جهاز السيزموغراف.



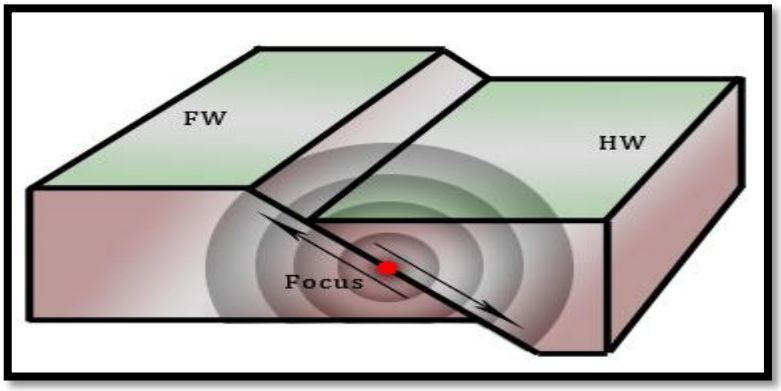
شكل (31) طريقة تذبذب جزيئات سطح الارض مع اتجاه انتشار الموجات الزلزالية




**<u>المركز السطحي والمركز الداخلي للزلزال</u>**

المنطقة التي يحدث فيها الزلزال في باطن الارض يطلق عليه المركز الداخلي للزلزال Hypocenter او بؤرة الزلزال وعلى اساسه تصنف الزلازل الى عادية ويقع مركزها على عمق 50 كم من سطح الارض ومتوسطة 250 50 –كم وعميقة 250– 750كم. ويطلق على المنطقة التي تقع عموديا عليها فوق سطح الارض المركز السطحي للزلازل Epicenter. كلما كانا قريبين من بعضهما يكون الزلزال اشد والعكس يحدث كلما كانا ابعد.

ويلزم لرصد المركز الداخلي لزلزال وعمقه تسجيل ثلاث محطات رصد (يلاحظ الشكل 32) . وتقاس شدة الزلزال بوحدات مقياس ريختر Richter Magnitude وهو مقياس لوغارتيمي كما في جدول (3) .




**شكل (32) تحديد موقع مركز الزلزال وعمقه باستعمال تسجيلات ثلاث محطات**

**انواع الزلازل:**

**1**- الزلازل التكتونية : تحدث في المناطق التي تتعرض بشكل مستمر الى التصدع وهذا النوع من الزلازل هو الاكثر شيوعا ، ويتركز على طبقة السيال على اعماق تصل الى 70 كم.

2- الزلازل البلوتونية : يحدث على اعماق سحيقة في باطن الارض اذ سجلت زلازل على عمق 800كم في بحر اخوتسك شرق اسيا. وتحدث هذه الزلازل نتيجة لتحركات في قشرة الارض وما تحتها ، اي نتيجة ضغوط فجائية في القشرة ينجم عنها تصدع وانكسار كما حدث في زلزال سان فرانسيسكو عام 1906 التي يمر بها صدع ساتن اندرياس اذ حدثت حركة فجائية على طول مسافة على خط الانكسار بلغت 430 كم وسبب زلزالا عنيفا جدا ادى الى وقوع خسائر بشرية ومادية فادحة.

**جدول (3) : وصف شدة وقوة الزلزال حسب مقياس ريختر**

| الشدة | الوصف | القوة (مقياس ريختر) |
|---|---|---|
| 1 | ضمن حدود أجهزة القياس، تتحسسها أجهزة السيسموغراف فقط | - |
| 2 (ضعيفة) | لا يكاد يحس بها | 3.5 |
| 3 (قليلة) | يشعر بها أناس قليلون | 4.2 |
| 4 (معتدلة) | يحس بها المشاة | 4.3 |
| 5 (قوية بعض الشيء) | يستيقظ بعض الناس | 4.8 |
| 6 (قوية) | تترنح الأشجار وتسقط الأشياء | 4.8 – 5.4 |
| 7 (قوية جداً) | إنذار عام - تتشقق الجدران | 5.5 – 6.1 |
| 8 (هدامة) | تتأثر السيارات المتحركة | 6.2 – 6.8 |
| 9 (مخربة) | تسقط بعض البيوت وتتشقق الأرض | 6.9 |
| 10 (كارثية) | تتفتح الأرض وتحدث انهيارات | 7 – 7.3 |
| 11 (كارثية للغاية) | تبقى بعض البنايات | 7.4- 8.1 |
| 12 (مفجعة) | دمار تام | 8.1 - (أقصى درجة 8.9) |

3 -**الزلازل المستحثة:** هو الزلزال الذي يحدث بسبب التدخل البشري المباشر؛ نتيجة للتأثيرات الإنسانية على سطح الأرض، وخصوصاً عند القيام بتجارب للانفجارات النووية، أو القيام بحفر الآبار العميقة او انشاء السدود والخزانات واقامة المدن الميتروبوليتانية ، وتؤثر هذه الزلازل على مناطق حدوثها، وقد يمتد تأثيرها لباقي الأماكن المحيطة فيها. ومثال ذلك حدوث زلزال مدينة أورفيل في كاليفورنيا سنة 1975 بعد سبعة سنوات من تشييد اكبر سد في الولايات المتحدة الامريكية ادى الى قتل 12 نسمه .

4- الزلازل البركانية : يرتبط حدوثها بالنشاط البركاني وهي ذات تأثير محلي محدود، يقتصر على المنطقة التي يحدث فيها البركان .

**الاثار الجيومورفولوجية للزلازل :**

1- تشقق الارض وتفتتها : اذ يؤدي الزلزال الى تشقق طبقات القشرة الارضية وتفتتها وقد تهبط بعض المناطق وترتفع غيرها فاذا كانت المنطقة الهابطة قريبة من البحر قد يؤدي الى غمرها بمياه البحر كما حدث للجزء الكبير لمدينة بورت رويال في جامايكا عام 1964 الذي غمرته المياه.

2- تموج وازاحة سطح الارض: يمكن ان يحدث من حركة الصخور على طول الصدع وبشكل عمودي اذ ترتفع كتلة ويقابلها هبوط اخرى ،او تتحرك الصخور على جانبي الصدع وبالتالي وبالتالي تنزلق احداها فوق الاخرى وكلا الحركتين سواء كانت عمودية او افقية تتسبب في الاهتزاز.

3 – الانهيارات والفيضانات وانبثاق العيون المائية : عند حدوث زلزال في مناطق جبلية تنهار طبقات من التربة او طبقات الصخور او الجليد وكذلك تدمر السدود والخزانات مما يؤدي الى دفن المستوطنات او اغراقها ، ففي عام 1949 ادى زلزال الى انهيارات ارضية في الاكوادور الى دفن العديد من القرى ، كما تسبب زلزال 1926 في حلوان بمصر بحفر ادى الى انبثاق عين كبريتيه.

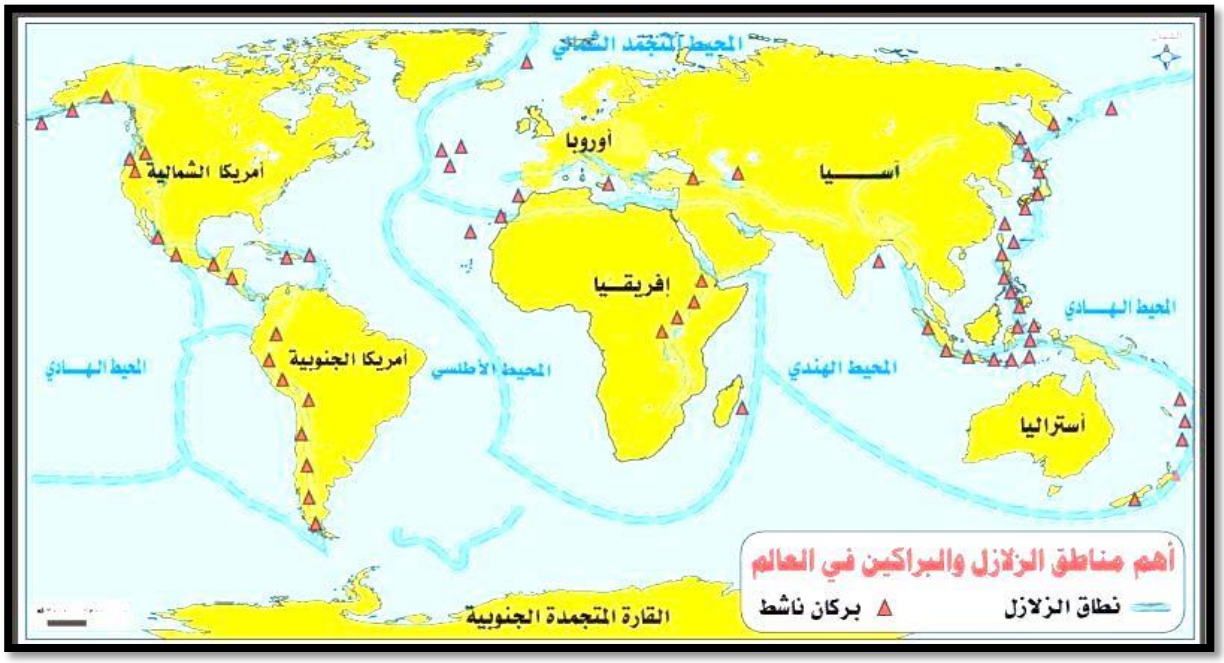
**<u>التوزيع الجغرافي للزلازل في العالم</u>**

وتتركز الزلازل في نطاقين رئيسيين هما:-

1- نطاق المحيط الهادي (حلقة النار): وهو اعظم نطاق زلزالي وبركاني في نفس الوقت ويحيط بكل السواحل الشرقية والغربية للمحيط الهادي ،اذ تتركز فيه 68% من الزلازل التي تحدث في العالم وهذا النطاق يتماشى تقريبا مع الحدود الفاصلة بين القارات والمحيطات اذ تلتقي صخور السيال والسيما كما ان هذا النطاق تقع فيه اهم مناطق الالتواءات في العالم.

2- نطاق البحر المتوسط : وي تتركز فيه 21% من الزلازل ويمتد بين المحيطين الهادي والاطلسي اذ يبدأ من جزر آزور في المحيط الاطلسي ثم يعبر البحر المتوسط ويمر بتركيا وايران والقوقاز والهملايا وبورما واندنوسيا وغينيا الجديدة وهنا يلتقي مع نطاق الهادي . ويتفرع من هذا النطاق نطاق صغير نشط هو نطاق البحر الاحمر ويمتد الى شرق افريقيا وجنوب شبه الجزيرة العربية ، والفرع الاخر يشمل مناطق اسيا الوسطى وجبال التاي وبايكال وآسام . ويرتبط حدوث الزلازل في هذا النطاق الى وجود المناطق الالبية الالتوائية في اوربا واسيا الغير مستقرة جيولوجيا.

**خريطة (١) التوزيع الجغرافي لمناطق الزلازل والبراكين في العالم**




**التسونامي Tsunami:**

هي امواج بحرية تحدث بسبب الحركة المفاجئة لقاع البحر الى الاعلى او الى الاسفل عند حدوث الزلازل البحرية تتولد امواج بحرية وضخمة ، والزلزال الذي يسبب التوسانمي يبلغ عادة $8^{\circ}$ على مقياس ريختر . يبلغ طول موجة تسونامي 160كم وتتحرك بسرعة 725كم/ساعة ويتراوح ارتفاعها عند منطقة حدوث الزلزال 0.6–2 م في حين يتراوح ارتفاعها بين 15–30 م لذا تندفع فوق المناطق الساحلية وتدمر جميع مظاهر الحياة والعمران في المناطق التي تغمرها كما حدث ذلك تسونامي توهوكو في اليابان 2011 بلغ $8.9^{\circ}$ على مقياس ريختر نجم عنه أكثر من ألف قتيل ومفقود وتدمير مطار سنداي في اليابان وتسجيل أعلى نسبة من الخسائر في الممتلكات وتدمير للبنيه التحتية وفي المحطات النفطية والمحطات النووية وتوقفها عن العمل وكالة الطاقة .

صورة(1) توضح ارتفاع موجة تسونامي توهوكو في اليابان بتاريخ2011/5/11 عند بلوغها الساحل

**1–2– النشاط البركاني والاشكال الارضية الناتجة عنه:**

البركان Volcano: البراكين هي فتحات في القشرة الارضية تخرج منها مختلف انواع المقذوفات البركانية مثل الحمم والغازات والمواد الصخرية الصلبة. وتعد الثورة البركانية واحدة من بين اكثر الظواهر الطبيعية عنفا ورعبا للإنسان.

**اجزاءالبركان:**

1- فوهة البركان Crater: يختلف حجم الفوهة البركانية من فوهات صغيرة لا يزيد قطرها عن عدة امتار الى كبيرة يزيد قطرها عن عشرات الامتار ولها جدرن حائطية عالية وتسمى في هذه الحالة كالديرا Caldera، وقد يحتوي البركان على فوهات جانبية.

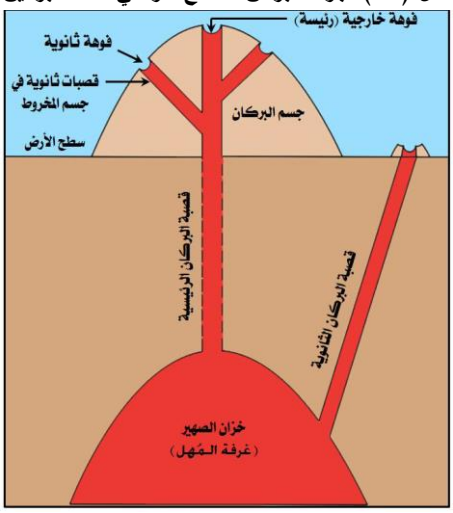
2- القصبة Neck: و تشبه الانبوب وتصل بين مصدر الصهيرة البركانية اللافا Lava وهي الماكما Magma في باطن الارض والفوهة وتنتقل المصهورات من خلالها.

3- المخروط البركاني Volcanic Cone: عند وصول المصهورات البركانية الى سطح الارض تتجمع على هيئة مخروط بركاني ويختلف شكل المخروط تبعا لطبيعة التركيب الكيميائي لمواد اللافا كما يختلف حجمه تبعا لطبيعة التركيب الكيميائي للمواد المنبثقة من البركان.

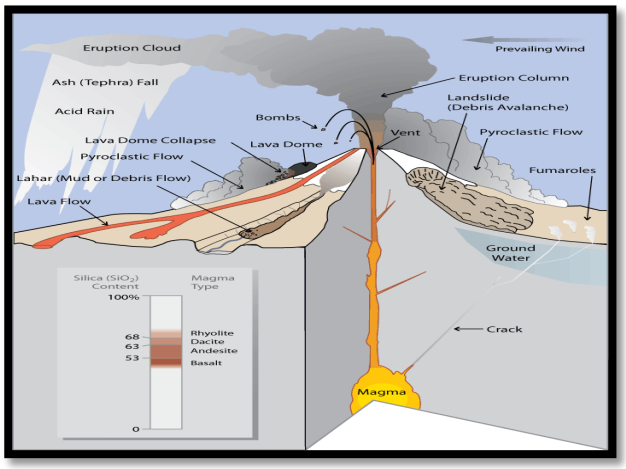
**انواع المقذوفات البركانية**

تتعدد المقذوفات البركانية اذ يكون بعضها صلبا والآخر سائلا فضلا عن المقذوفات الغازية كما في الشكل (34) وهي:- 1- **المقذوفات الصلبة والمقذوفات البركانية الحطامية Pyroclastic:** عندما تبثق المصهورات اللافية عبر قصبة البركان تعمل على تحطيم صخور القشرة الارضية في فوهة البركان وتتطاير المفتتات الصخرية بعد تشكيلها بالمواد اللافية الى الاعلى وتتساقط على مسافات مختلفة من الفوهة تبعا لاختلاف حجمها واختلاف قوة الدفع التي تعرضت لها. وتقسم تلك المقذوفات الى القنابل البركانية وتبلغ اقطارها اكثر من 32ملم وتتكون نتيجة تصلب اللافا قرب سطح الارض. الجمر واللاب وهي مواد بركانية فتاتية تتراوح احجامها بين 32-40 ملم .الرماد البركاني وهو مواد دقيقة تتراوح اقطارها بين ½- 4 ملم وتنقله الرياح لمسافات بعيدة جدا كما حدث في 2010/4/14عند انبثاق بركان في ايسلندا تسبب بخروج سحابة كثيفة من الرماد البركاني غطت معظم اجزاء اوربا.

**شكل (33) اجزاء البركان لمقطع عرضي لأحد البراكين**




**شكل (35) انواع المقذوفات البركانية وفعاليتها في المناطق المحيطة بالبركان**




2- **المقذوفات الصهارية Lava:** اللافا او الحمم او الطفوح البركانية هي مصهورات بركانية تنبثق من فوهة البركان وتنساب فوق سطح الارض مكونة مخروطات وهضاب بركانية .

3- **الغازات البركانية Volcanic Gases:** يصاحب خروج المقذوفات الصلبة والسائلة كميات كبيرة من بخار الماء والغازات تقدر بنحو 5% من مجموع المقذوفات البركانية يشكل بخار الماء 60-90% من هذه الغازات وما تبقى غازات اخرى اهمها $CO_2$ وغاز $HSO_4$و $N_2$و $HNO_3$ وتتراوح درجة حرارة تلك الغازات 100-500 م° وتأخذ بالتكاثف على هيئة سحب سوداء متوهجة بسبب احتكاك ذرات الرمل ببعضها البعض مما يؤدي الى تساقط امطار حامضية تحدث انسيابات طينية على منحدرات المخروط.

**التوزيع الجغرافي للبراكين:**

يتركز غالبية البراكين النشطة والهادئة في الوقت الحاضر ضمن حلقة النار (يلاحظ خريطة ١) اذ تتركز في هذا النطاق 75% من البراكين في العالم 14% منها في اندنوسيا . ويوجد نطاق اخر للبراكين النشطة يتمثل في اقليم البحر المتوسط وشمال اسيا الصغرى وبجوار البحر الاحمر ووسط افريقيا. الجدير بالذكر ان 17% من البراكين النشطة في العالم تقع ضمن احواض المحيطات .

**الاشكال البركانية السطحية**

ت- 1- الهضاب البركانية Volcanic Plateaus: تم شرحها سابقا في موضوع التضاريس .

ث- 2- الكالديرا Caldera: هي منخفضات على هيئة احواض مستديرة تشبه في شكلها فوهة البركان ،واحيانا تكون الكالديرا مليئة بالماء مثل كريترليك في الولايات المتحدة الامريكية .

3- القباب اللزجة Plug Domes: تتصف اللافا بشدة اللزوجة عندما تكون حامضية وبالتالي يصعب انسيابها او زحفها نحو المنحدرات السفلى تحت اقدام المخروط البركاني بل تلتصق على الاسطح المجاورة للفوهة ،وباستمرار خروج هذا النوع من اللافا فانه يتجمع على شكل قباب لافية.

4- الهياكل البركانية Volcanic Skeletons: عندما تخمد الثورات البركانية تتعرض المخاريط البركانية للتعرية لمدة طويلة من الزمن تتهاوى جدران الفوهة اما تسقط في فرن الماكما او تنزلق على السفوح الجانبية للمخروط . وتبقى قمة صغيرة حادة تتمثل بعنق البركان (القصبة) .

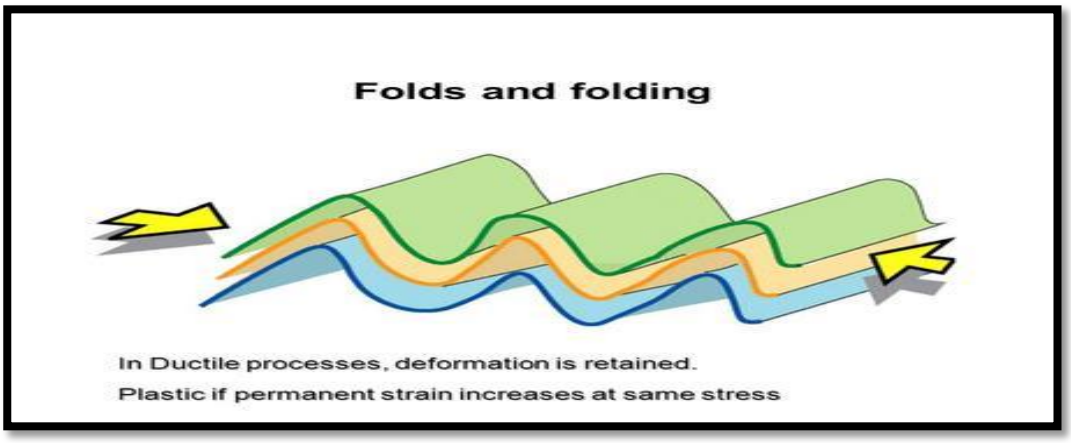
## الاشكال الارضية المرتبطة بالحركات الارضية (الاشكال التركيبية )

**الجيومورفولوجيا التركيبية Structural Geomorphology**

يبحث هذا الفرع من الجيومورفولوجيا في اشكال وتراكيب صخور القشرة الارضية وترتيبها ،وما يطرأ عليها من تغيرات نتيجة عدم استقرار باطن الارض. ومثال ذلك لو نظرنا الى احدى المناطق الجبلية سنجد الطبقات المكونة لها تأخذ اشكالا مختلفة ، منها ما يأخذ الوضع الافقي المتوازي لبعضها البعض، ومنها ما يظهر على شكل طبقات متجعدة او متصدعة او منفصلة . وعليه يمكن ان نميز بين نوعين من التراكيب هما:-

1-**البنيات الاولية:** وهي اشكال وتراكيب التي تأخذها الصخور نتيجة الظروف الطبيعية التي تكونت تحتها هذه الظروف. اذ تم شرح ذلك سابقا في موضوع الصخور باشكال تواجدها بالطبيعة.

2- **النيات الثانوية** : وهي الاشكال التي تظهر في الصخور عامة ، والصخور الرسوبية بشكل خاص في زمن لاحق بعد ترسيبها وتكوينها ،وذلك نتيجة تعرضها للحركات الارضية المختلفة. اذ تتعرض الصخور بعد تكونها لتأثير عدة قوى تغير من وضعها الأصلي ، وعلى سبيل المثال فإن الوضع الأصلي للصخور الرسوبية هو الوضع الأفقي إلا أنه يحدث أن تتعرض هذه الصخور لقوى ضغط أو شد ينتج عنه إنثناءات وتجعدات تعرف بالطيات Folds أو شقوق تعرف بالفواصل Joints أو تفلق وتكسر فيها تعرف بالصدوع. Faults ويمكن تقسيم البنيات الثانوية الى اربعة اقسام هي:-




**شكل ( )الطيات وعملية الطي**

اولا: **الطيات Folds**: الطيات او الثنيات هي تجعدات او تموجات في الصخور الرسوبية خاصة نتيجة تشوهها بواسطة ضغط جانبي شديد. وتسمى التموجات المقوسة الى اعلى بالثنية او الطية المحدبة Anticline، بينما تسمى التموجات المقوسة الى اسفل بالثنية او الطية المقعرة Syncline. ويختلف امتداد الطيات من بضعة سنتمترات الى عشرات الكيلومترات، وقد يكون انحنائها كبيرا او قد تكون قريبة من الوضع الافقي.

**عناصر الطية:**

1-**جناحا الطية Limbs (L)**: هما الجانبان اللذان يحددان الطية ويكونانها ،وميل الجانبين قد يكون متساو او مختلف.

2-**قمة الطية Crest (A)**: هو اعلى جزء في الطية المحدبة ،ويطلق عليه ايضا هامة الطية وللقمة زاوية تسمى زاوية القمة.

3-**المستوى المحوري**: هو المستوى الذي يقسم الطية الى قسمين وقد يكون رأسيا او مائلا او افقيا.

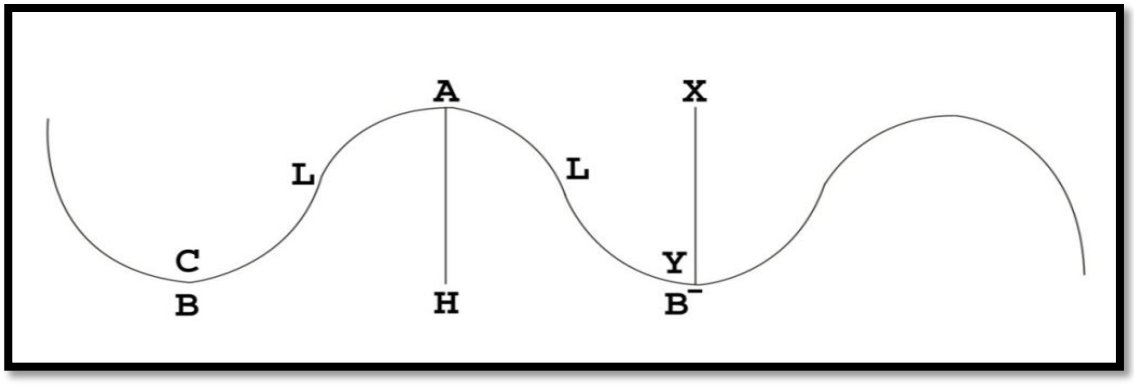
**4- قاع الطية Trough**: هو اسفل جزء في الطية المحدبة ولها زاوية تسمى بزاوية القاع.

5-**محور الطية** Fold Axis (X –Y): هو المحور الوهمي الناتج عن تقاطع المستوى المحوري مع اسطح الطبقات ،وقد يكون هذا المحور افقيا او مائلا.

6- عرض الطية $B - B^{-}$: المسافة بين الطبقات الملتوية في اتجاه الميل ويتفاوت عرض الطية وطولها تبعا لشدة عمليات الطي.

7-غاطس الطية Plunging Fold: تلاشي الطية ، انتهاء الطية.

8-طول الطية : المسافة الافقية بين قمتين متتاليتين.

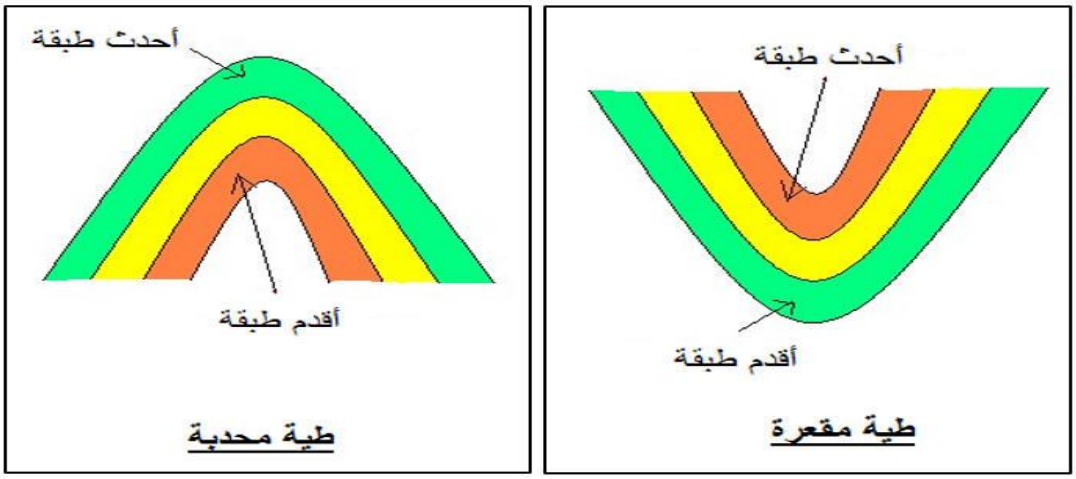


شكل ( ) عناصر الطية

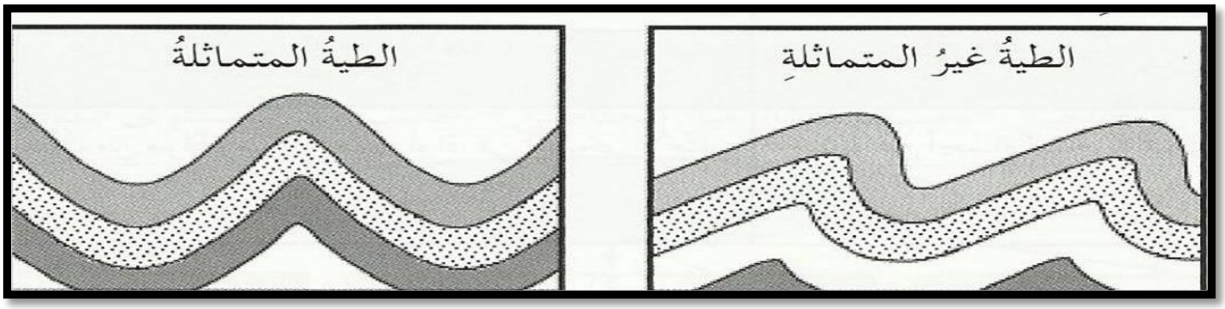
**انواع الطيات**

1-**الطية المحدبة:** هي الطية ذات القمة ،ويميل جناحاها بعيدا الى اسفل وفي اتجاهين محتلفين ، وعند تعرض الطية المحدبة الى التعرية تكون الطبقات الاقدم في مركزها.

2-**الطية المقعرة:** هي الطية ذات القاع والتي يتجه جناحاها بعيدا الى اعلى ويميلان باتجاه احدهما للاخر وعند تعرض الطية المقعرة للتعرية تكون احدث الطبقات في مركزها.

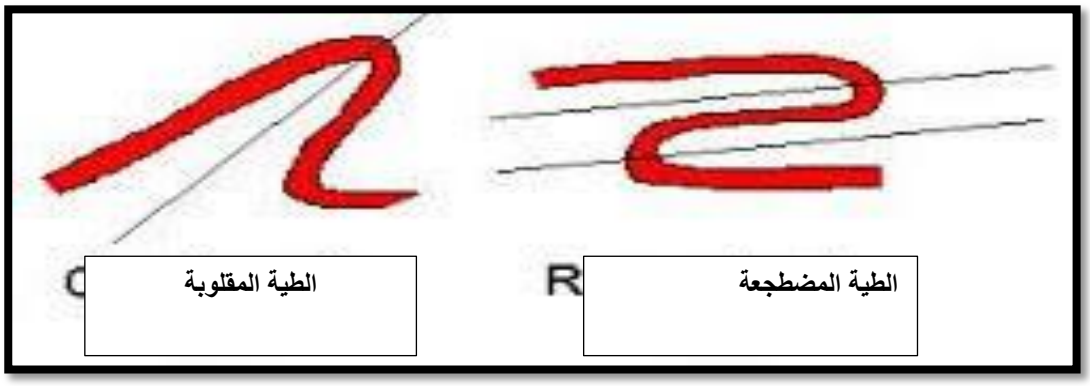



3-**الطيات المتماثلة والطيات غير المتماثلة:** الطيات المتماثلة هي الطيات المحدبة او المقعرة التي يقسمها المحور الرأسي الى قسمين متماثلين. أما الطيات غير المتماثلة هي طيات محدبة او مقعرة يقسمها المستوى المحوري الى قسمين غير متساويين وغير متماثلين وجناحا الطية مختلفان في درجة الميل.




4-**الطية المقلوبة: Overturned Fold**

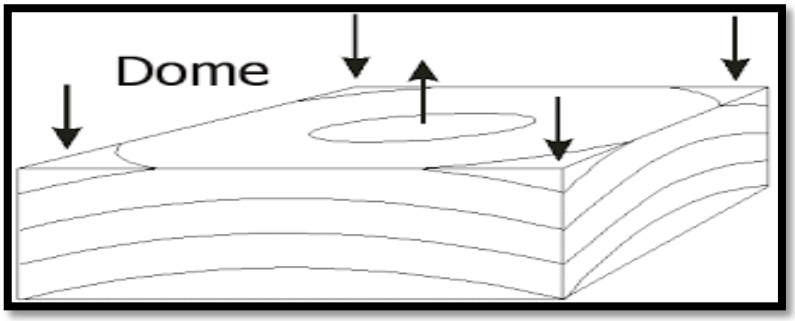
هى تلك التى يزيد فيها مقدار عدم التماثل حتى يزيد الميل فى أحد جناحيها على 90° ، وفى هذه الحالة يكون المستوى المحورى مائلا عن المستوى الرأسى بدرجة كبيرة وتكون الطبقات المكونة لأحد الجناحين مقلوبة.



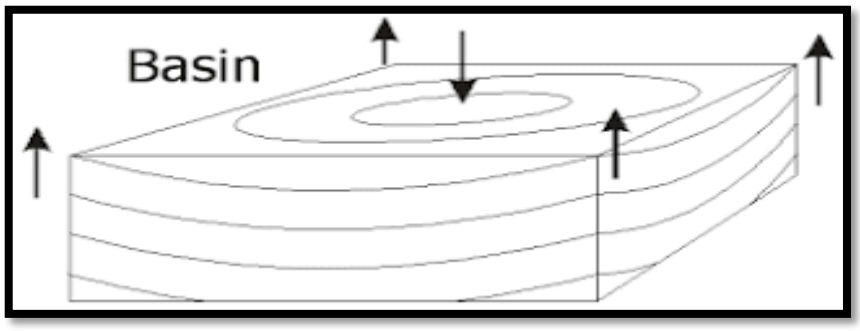

**5-الطية المضطجعة: Recumbent Fold**

وهذا تمثل أقصى حالات الانقلاب فى الطيات عندما يكون جناحا الطية مائلين فى نفس الإتجاه ، والمستوى المحورى فى وضع أفقى أو قريب من الأفقى حتى أن جناحى الطية يكونان تقريبا متوزايين واحد منها فوق الآخر.

**6-القبة: Dome** :وهذا التركيب تميل فيه الطبقات من جميع الإتجاهات بعيدا عن نقطة متوسطة تسمى مركز القبة.

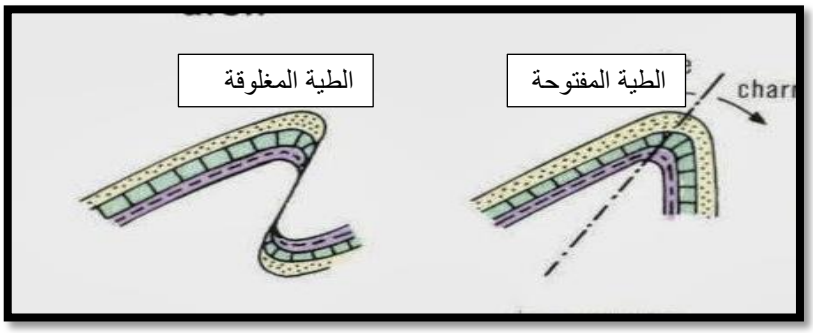



**7-الحوض: Basin** :وهى الطية التى تميل فيها الطبقات إلى الداخل فى جميع الإتجاهات نحو نقطة متوسطة تسمى مركز الحوض ، وهى عكس القبة.




8-**الطية المغلوقة والطية المفتوحة:** الطية المغلوقة او المضغوطة هي تلك الطية التي تعرضت الى ضغط كبير ادى الى انسياب مكونات الطبقات الاكثر مرونة كالطفل Shale بحيث تشوهت الطبقات وذلك نتيجة لتحول مناطق من الطبقات الى اجزاء سميكة وتحول مناطق اخرى الى اجزاء دقيقة.

أما الطية المفتوحة هي تلك الطية التي لم تتعرض الطبقات فيها الى ضغط كبير لذا فأن طبقاتها لم تشوه وهناك تجانس عام في سمك الطبقات المطوية.




9-**الطية الغاطسة والطية غير الغاطسة:** الطية الغاطسة، يكون محور الطية مائلا عن المستوى الافقي في اتجاه واحد او قد يكون مائلا عن مستوى الافق في اتجاهين متضادين وعندها تسمى بالطبقة الغاطسة المزدوجة. الطية الغير غاطسة ، يكون فيها محور الطية افقيا.

10-**الطيات الزاوية** :تلك الطيات التي تكون قمتها او قاعدتها على هيئة حافات او زوايا حادة.

11-**الطيات المروحية:** طيات تشبه قمتها او قاعدتها المروحة ويكون طرفا الطية مقلوبان.

12-الطيات المركبة :هي طيات واسعة الامتداد تحتوي في داخلها على طيات صغيرة ،فاذا كانت طية محدبة تحتوي على طيات محدبة صغيرة تسمى طية محدبة مركبة. واذا كانت طية مقعرة كبيرة تحتوي على طيات مقعرة صغيرة تسمى طية مقعرة مركبة. هذه الطيات المركبة ذات اتساع عظيم وامتداد اقليمي يسمى بالتحدبات الكبرى او التقعرات الكبرى.

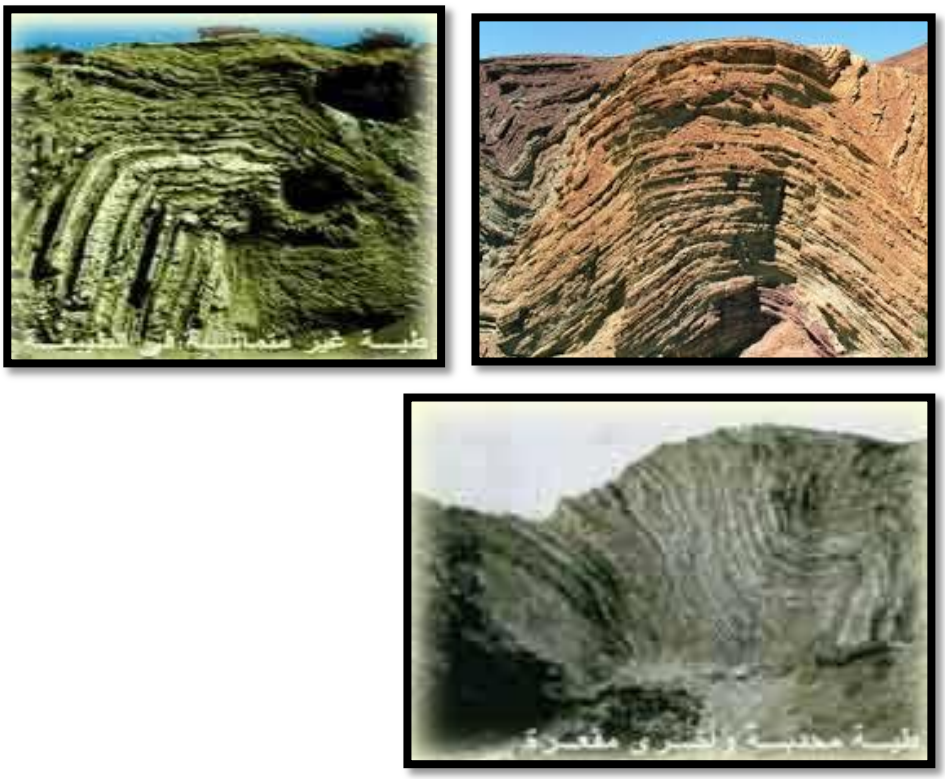
**الاهمية الاقتصادية للطيات:**

-**1-الطية المحدبة و القباب** : تعتبر اهم المصائد النفطية ، حيث يتجمع في قمة الطية كما في حقل برقان النفـ**طي**

-**2-الطية المقعرة و الاحواض** : خزانات للمياة الجوفية ، كما في حقل الروضتين

-**3-الطية المقعرة** : تجميع الرواسب و خامات الفوسفات

-**4-القبة الملحية : تستخرج منها الرواسب المعدنية كالجبس و الانهيدرايت و الملح .**



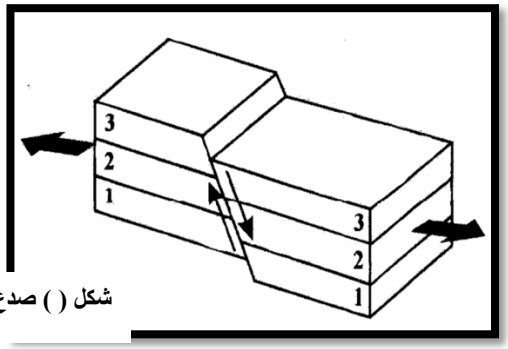
**صور لنماذج من الطيات في الطبيعة.**

**ثانيا: الصدوع** Faults

الصدع كسر أو فاصل فى مجموعة من الصخور يصاحبه انزلاق أو حركة للصخور على جانب واحد منه على الأقل . بحيث تزاح الصخور فى ذلك الجانب بالنسبة لنظائرها فى جانب الآخر من الصدع . ويتراوح مقدار الإزاحة أو الحركة فى تكون الصدوع من بضعة سنتيمترات إلى مئات الأمتار وتحدث الحركة الناشئة من تكون الصدوع فجأة أحيانا وعلى فترات متلاحقة ، وأحيانا تحدث فى بطء شديد يحدث لا يشعر بها الإنسان . وتعتبر الحركات المفاجئة نتيجة تكون الصدوع من الأسباب الرئيسية فى حدوث الزلازل أما الحركات البطيئة فتكون عادة على نطاق واسع وتستغرق أزمانا طويلة وتعد من العوامل الهامة فى تكوين الصدوع الكبيرة وتشويه القشرة الأرضية. وتوجد الصدوع على أنواع كثيرة تتوقف على نوع الحركة المحدثة لها إذا ما كانت شداً أو ضغطا ، وعلى علاقة اتجاه الصدوع أو مضربة باتجاه الطبقات.

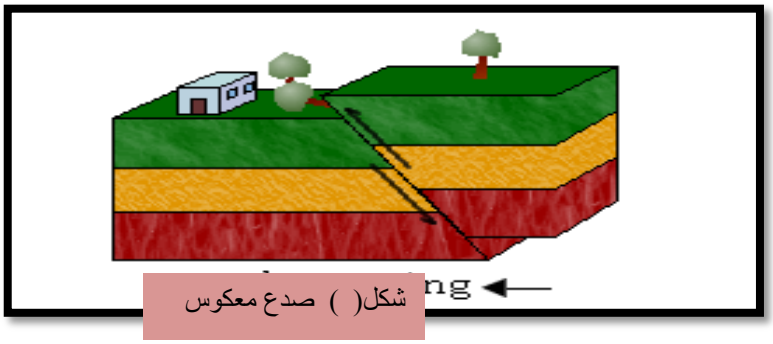
**انواع الصدوع :**

- **1الصدع العادى-: Normal Fault** :وتكون فيه الرميه فى اتجاه ميل الصدع . وهو ينتج من حركات الشد والانزلاق ، وينتج عنها ازدياد طول المسافة الأفقية التى كانت تغطيها الطبقات أصلا . وتنشأ هذه الزيادة من أن الحائط العلوى ينزلق إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى.




شكل ( ) صدع عادي

2-**الصدع المعكوس:- Reverse or Thrust fault** : تكون الرمية فى اتجاه مضاد لميل الصدع وهو ينتج من الحركات الضغط الجانبى . وفى هذا النوع من الصدوع يتحرك الحائط العلوى إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى.



شكل( ) صدع معكوس

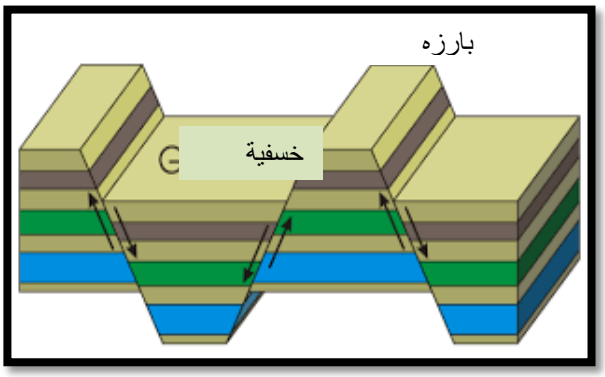
**3-الصدوع المدرجة:- Step Faults**

وهى مجموعات متوازية متدرجة من الصدوع تشبه السلم أو الدرج وتكون رمياتها فى اتجاه واحد.

4-**الصدوع البارزة:- Horst Faults** :وهذه مجموعات من الصدوع ترمى جزء منها في اتجاه ويرمى الجزء الأكبر في الاتجاه وترمى الجزء الأكبر فى الاتجاه المضاد فتتكون بذلك كتلة عالية من الطبقات على جانبيها كتل من نفس الطبقات على مستوى أقل.

5-**الصدوع الخسيفة: Graben Faults** (الحوضية او الاخدودية)-وهذه مجموعات من الصدوع ترمى

مجموعة منها في الاتجاه وترمى المجموعة الأخرى في نفس الاتجاه فيتسبب عن ذلك خفض الكتل الوسطى من الطبقات إلى أسفل بالنسبة للكتل الجانبية. مثل البحر الاحمر.وكلا النوعين البارزة او الحوضية تنتج بسبب وجود صدعين متوازيين يشتركان في رمية واحدة.




**الصدوع البارزة والخسفية**

**عناصر الصدع (العناصر الهندسية للصدع):**

1- سطح الصدع: هو السطح الذي انزلقت عليه الطبقات .

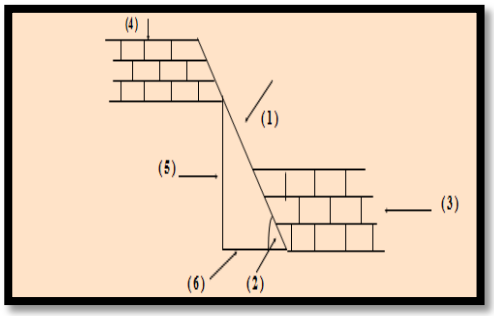
2- ميل الصدع: مقدار الزاوية المحصورة بين سطح الصدع والمستوى الافقي.

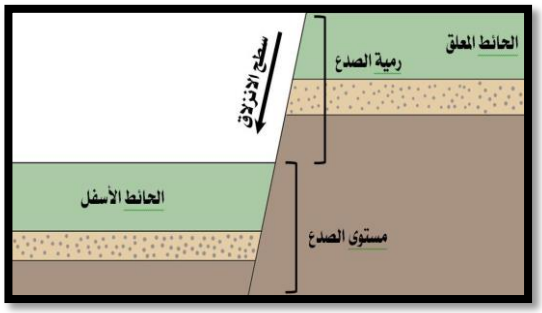
3- الحائط المعلق: كتلة الصخور التي تعلو سطح الصدع مباشرة.

4- الحائط السفلي: كتلة الصخور التي تقع اسفل سطح الصدع مباشرة.

5- مرمى الصدع : مقدار الازاحة الرأسية للطبقات الصخرية .

6- الازاحة الجانبية: مقدار الازاحة الافقية للطبقات الصخرية ، يلاحظ الشكل ( )




**الاهمية الاقتصادية للصدوع**

- تكون الفوالق أحيانا محابس أو مصائد نفطية. وذلك حينما تقابل الطبقات المسامية الحاوية للنفط طبقة أخرى غير منفذة نتيجة لحدوث الفالق.
- للفوالق أهمية كبيرة في تكوين بعض الخزانات الصخرية للمياه الأرضية.
- تعمل الفوالق كمجرى للمحاليل المعدنية لتصل إلى الأماكن التي تترسب فيها. وقد تترسب بعض المعادن الاقتصادية في الشق الرئيسي للفالق.

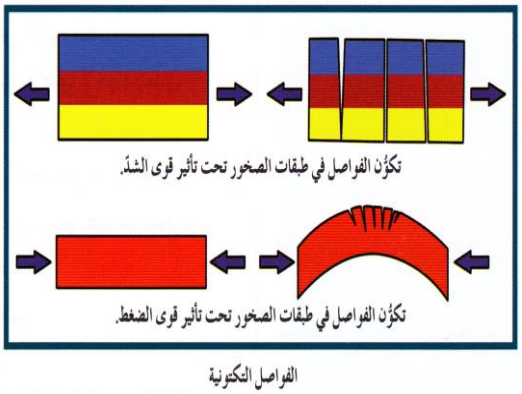
**ثالثاً : الفواصل** Joints

هى شقوق تكونت فى الصخور دون أن يحدث نتيجة لتكونها أى انزلاق أو حركة على جانبى الشق ، ولا يخلو تقريبا أى صخر متصلب من هذه الشقوق ، وهى تتراوح فى الاتساع من شقوق قد لا ترى إلا بالعدسة إلى تصاعدت هائلة ذات امتداد كبير وقد تتسع مثل هذه الفواصل اتساعا كبيرا نتيجة الإذابة أو عوامل التعرية الأخرى ، وتوجد الفواصل فى الصخور عادة على هيئة مجموعات، كل مجموعة تشمل فواصل من نوع واحد، أى لها نفس الميل والاتجاه. تكون الفواصل في الصخور الرسوبية قد تكون موازية لميل الطبقات وتسمى حينئذ فواصل الميل. او عمودية على الميل تسمى فواصل المضرب ، وقد تكون مائلة. اما في الصخور النارية اما ان تكون موازية لخطوط الانسياب للصخر ،او متعامدة على خطوط الانسياب وتسمى فواصل قاطعة ، او توجد بهيئة فواصل طولية.

**انواع الفواصل**

1-فواصل الشد وفواصل الضغط: وتنشأ نتيجة قوى الشد او الضغط التي تتعرض لها الصخور.

2-فواصل القص: تنشأ نتيجة قوى القص، اي تتحرك الصخور على جانبي الشق تكاد تكون موازية لنفس اتجاه الشق.



شكل ( ) فواصل الشد وفواصل القص . صوره ( ) تبين الفواصل فوق الصخور

**رابعا :عدم التوافق Unconformity:**

حسب قانون تعاقب الطبقات الذي ينص على ان [ الطبقات السفلى هي الاقدم في العمر تتلوها الى اعلى طبقات احدث منها عمرا ،او تكون اعلى الطبقات هي احدثها ترسبا ،في حال عدم تعرض التتابع الى حركات ارضية قوية يكون نتيجتها اختلال هذا النظام].

الا انه قد يضطرب هذا التتابع المتوافق بحيث يؤدي الى توقف عملية الترسيب ويصاحبه ضياع جزء من هذا التتابع، لذا يوصف بانه غير متوافق. ويعرف **عدم التوافق** بانه سطح فاصل بين مجموعتين من الطبقات مختلفتين في العمر ،ويمثل هذا السطح فترة زمنية معينة انقطع فيها الترسيب لذلك يسمى هذا السطح بسطح التحات،حيث تنشط خلال فترة تكوينه عمليتي التجوية والتعرية ، وفي اغلب الاحيان يمكن تمييز طبقة رقيقة من الحصى والكونجلومرات على هذا السطح ويسمى بالكونجلومرات القاعدي.

ويتكون عدم التوافق بالطريقة التالية :-

1- تترسب مجموعة من الصخور في هيئة طبقات متوازية.

2- تتعرض هذه المجموعة الى قوى ارضية مختلفة مما يؤدي الى تشكيلها في هيئة طيات مختلفة ،وقد تكون هذه القوى عنيفة بحيث ترفعها عن مستوى سطح الترسيب.

3- بعد ظهور هذه الطبقات الى سطح الارض تنشط عوامل التعرية القوية مدة معينة قد تطول او تقصر وبذلك يتكون سطح التحات.

4-تتعرض تلك المجموعة مرة اخرى لحركات ارضية سفلية تؤدي الى هبوطها تحت سطح البحر ،وبذلك يصبح سطح التحات حوضا للترسيب ويتم ترسيب اخر فوقه مكونا مجموعة اخرى من الطبقات الافقية المتوازية.

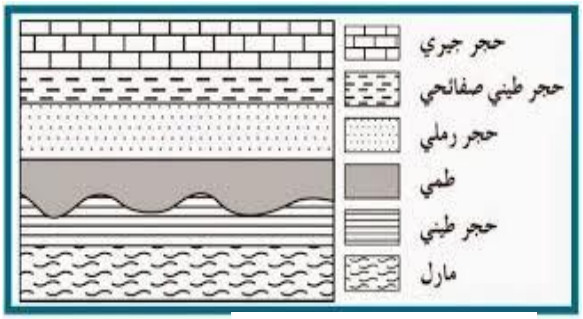
**انواع عدم التوافق:**

**1-عدم التوافق الزاوي** : تتكون المجموعة السفلى والمجموعة العليا من طبقات تختلف فيما بينها في مقدار واتجاه الميل.

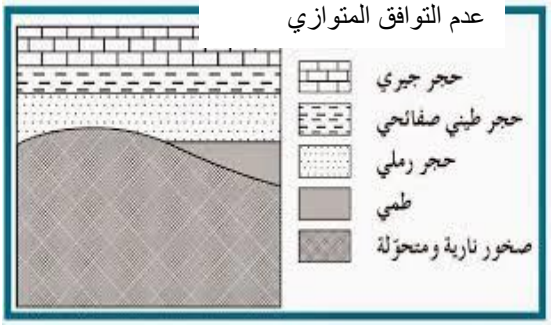
2-**عدم التوافق المتوازي او شبه التوافق:** تكون المجموعة السفلى والمجموعة متوازيتين ويفصل بينهما سطح طبقي مواز لهما ايضا يمثل فترة انقطاع الترسيب يتكون من الكونجلومرات.

**3-التخالف:** : تكون المجموعة السفلى والمجموعة متوازيتين ويفصل بينهما سطح طبقي غير مستوي ذو تضاريس واضحة.

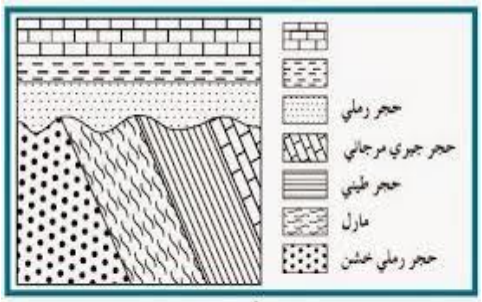
**4-التباين (اللاتوافق):** يتكون من مجموعة سفلى من الصخور النارية او المتحولة (غير طبقية) ومجموعة من الصخور الرسوبية (طبقية) وينتج هذا النوع من تعرية الصخور غير الطبقية لفترة زمنية معينة.




عدم التوافق المتوازي




عدم التوافق تباين



شكل 65
عدم توافق زاوي

صورة توضح " عدم التوافق الزاوي "١
A Photo Showing The Geo-Structure "Angular Un conformity"

**الفصل الرابع العمليات الجيبومورفولوجية السطحية (الخارجية ) (المورفومناخيه)**

**عمليات التجوية والاشكال الارضية الناتجة عنها**

**مفهوم التجوية :Weathering**

هي العملية التي تقوم بتحطيم الصخور وانحلالها وهي موجودة في مواقعها الطبيعية الاصلية. ولا تتعرض جزيئات الصخور الناتجة عن هذه العملية لأكثر من عملية ازاحة بسيطة جدا من امكانها كالتي تنتج من ةعملية التفكك نفسها . وتتحطم بموجب عمليات التجوية مكونات القشرة الارضية فوق او على مقربة من سطح الارض او يحصل تغيير على تركيبها الكيمياوي.

**العوامل المتحكمة في نشاط التجوية:-**

**1- نوعية الصخور:** اذ تختلف الصخور كثيرا تبعا لدرجة صلابتها ويرجع ذلك الى التباين في مكوناتها المعدنية وطبيعة المواد اللاصقة لذراتها ودرجة تضاغطها. اذ تؤدي المفاصل الى زيادة المساحة السطحية من الصخور والتي سوف تتعرض لعمليات التعرية المختلفة. اذ يتركز الماء المحمل بالاحماض الى الصخور من خلال المفاصل الموجودة فيها، ومثال ذلك ان السبب في تكوين الاشكال الكارستية في الصخور الجيرية يعود الى نظام الفواصل Joints الجيد الموجود فيها. كما تساعد الفواصل في عملية تعاقب الانجماد والذوبان اذ يتغلغل الجليد خلالها، وكذلك تعتمد عملية التقشر كليا على وجود الفواصل الافقية الامتداد في الصخور.

2- المناخ :

للمناخ اثر كبير في عملية التجوية حيث يعتمد كثير منها وبشكل تام على وجحود ظروف مناخية معينة. اذ يتركز الصقيع في المناطق التي يتعاقب فيها حدوث الانجماد والذوبان فيها. فيما تكون التجوية الناتجة عن التباين الحراري مهمة جدا في الاقاليم ذات المديات الحرارية اليومية والسنوية الكبيرة . بينما يشتد نشاط التجوية الكيميائية في المناخ الحار اذ تزيد سرعة التفاعل الكيميائي بمقدار الضعف مع كل ارتفاع قدره 10°م في الحرارة. وتتعاظم فعالية التجوية الكيميائية اكثر في المناخات الرطبة وذلك لكون الكاء ضروري في عمليات التحلل المائي والترطيب والتكربن بصورة خاصة.

**3- التضاريس:**

تؤثر التضاريس في عملية التجوية من خلال تاثيرها على نوعية المناخ الذي يسود فوقها. اذ تختلف السفوح الجبلية فيما بينها في درجة ارتفاعها وكذلك مقدار تعرضعها لأشعة الشمس ودرجة مواجهتها للرياح الرطبة. وتؤدي كل هذه الاختلافات الى ظهور انماط متنوعة من المناخ تؤدي الى زيادة في تأثير انواع خاصة من التجوية.

كما تختلف التضاريس في درجة انحدار سفوحها ويؤثر ذلك بدوره على سرعة ونوعية عملية التجوية الموجودة عليها. اذ تزداد حدة التجوية الميكانيكية على السفوح الشديدة الانحدار والتي يمكن ان يحصل فيها ظواهر مثل الانزلاق الارضي وزحف التربة وغيرها، بحيث تبقى تلك السفوح عارية مكن التربة وتكون صخورها معرضة لعمليات التجوية الميكانيكية مثل اثر الصقيع والتمدد والتقلص الناتج عن تباين درجات الحرارة. وتزداد سرعة جريان المياه السطحية فوق السفوح الامر الذي يزيد حتى من عملية تجوية تلك السفوح تجوية كيمياوية.

**انواع التجوية**

**اولا: التجوية الميكانيكية (الفيزيائية) Mechanical Weathering**

هي عملية تفتيت الصخور الى قطع صغيرة نتيجة اجهاد فيزيائي دون تغيير تكوينها المعدني او الكيميائي . ومن اهم عمليات التجوية الميكانيكية ب :-

**١- التجمد الصقيعي Ice Wedging:**

عندما يتجمد الماء يكبر حجمه حوالي 9% تحوي كل الصخور تقريبا فراغات وشقوق وكسور ذات احجام مختلفة وعندما تتخللها المياه وتتجمد ويكبر حجمها تؤثر على الصخور المحيطة بإجهاد قدره 110 كغم/سم$^2$ .تكرار الاذابة والانجماد يحطم الصخور ويفصل اجزائها عن بعضها البعض ، وتنشط هذه العملية في العروض العليا .

**٢- ازالة الحمل Unloading**

الصخور التي تكونت في اعماق كبيرة داخل الارض تحت ضغوط عالية جدا وتؤثر من جميع الجهات وتساوي وزن الاف الامتار من الصخور التي تعلوها ،تجنح هذه الصخور الى التمدد ،اذا زال الغطاء الصخري نتيجة التعرية وزالت بذلك الضغوط المحيطة . حينئذ يبدأ الضغط الداخلي في التأثير ،ويسبب تمدد الصخور وتكوين تصدعات كبيرة ومتوازية وموازية لسطح الارض . تسمى هذه العملية ،تصفيح الصخور Sheeting of Rocks، وعندما تنفصل هذه الشرائح نتكلم عن تقشر الصخور Exfoliation .

**٣- التجوية الميكانيكية بسبب التباين الحراري**

هذا التغير يسبب تمدد وتقلص الصخور . تكرار هذه العملية يؤدي الى تفتت الصخور على السطح ، حصوصا ان معظم الصخور مكونة من معادن مختلفة ، ذات معاملات تمدد مختلفة . يسود هذا النوع من التجوية في المناطق الحارة الجافة بسبب المدى الحراري اليومي والفصلي الكبيران فضلا عن تكشف الصخور على السطح .

**٤- التبلور الملحي**

توجد املاح كثيرة ذائبة بكميات كبيرة او قليلة في المياه الجوفية التي تتخلل شقوق وفراغات الصخور وتصعد في قنواتها الشعيرية. عندما يتبخر الماء تتبلور الاملاح مما يسبب ضغوطا على حبيبات وجدران الصخور تسمى ضغوط التبلور. تكرر الاذابة والتبلور يمكن ان يؤدي الى تفتيت الصخور .

**٥- تأثير الكائنات الحية**

تحفر انواع كثيرة من الكائنات الحية في التربة والصخور الصلبة وتساعد على تفكيكها وتحطيمها وتحضيرها لعوامل التجوية الاخرى. ومن هذه الكائنات الحية ديدان التربة والقوارض والحيوانات التي تحفر لها جحور والنياتات التي تتوغل جذورها في شقوق الصخور والتي تسرع من عملية تجويتها فضلا عن دور الانسان .

**ثانيا: عمليات التجوية الكيميائية :-**

التجوية الكيميائية Chemical Weathering هي تحلل الصخور واذابتها جزئيا او كليا ، بتواجد مادة او اكثر من المواد النشطة كيميائيا الموجودة في الطبيعة ، ومن اهم هذه المواد الماء وبخاره وثاني اوكسيد الكاربون والاوكسجين وحامض الكبريتيك وحوامض عضوية وغاز الامونيا وغيرها. وهذه المواد تحدث تغييرا في البناء البلوري للمعادن . ومن عميات التجوية الكيميائية هي :-

١- **التحلل المائي Hydrolysis:** هو تفاعل المعادن المختلفة مع الماء الذي يتحلل بنسبة بسيطة جدا في الطبيعة الى ايونات الهيدروجين $H^+$ والهيدروكسيد $OH^-$ وبالتالي يكون غير فعال ، لكن تزداد فعاليته بشكل كبير جدا اذا اصبح على سبيل المثال حامضيا بتواجد ثاني اوكسيد الكاربون الذي تذيبه مياه الامطار من الغلاف الجوي ومن الجزء العلوي للتربة خلال تخللها لها مما يسبب زيادة تركيز ايونات الهيدروجين .

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + (HCO_3)^-$$

ايونات الهيدروجين فعالة جدا في تحليل السليكات التي هي اكثر المعادن انتشارا في القشرة الارضية. فهي تحل محل البوتاسيوم او الصوديوم او الكالسيوم في الفلسبار وبالتالي تهدم بناءه البلوري ثم تتحد مع سيليكات الالمنيوم لتكون معادن طينية وحوامض سيليكسية ومركبات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم .

٢- **التكربن Carbonation:** غاز ثاني اوكسيد الكاربون الموجود في التربة والهواء يذوب في الماء مكونا حامض الكربونيك $H_2CO_3$ الذي يتفاعل مع كاربونات واكاسيد عناصر مختلفة اهمها الكالسيوم Ca والمغنسيوم Mg والصوديوم Na والبوتاسيوم K مكونا كربونات او بيكاربونات قابلة للذوبان في الماء . من اهم هذه التفاعلات تلك مع كربونات الكالسيوم المكون الاساسي للصخور الجيرية التي تغطي مساحات شاسعة من سطح الارض .

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

يتكون تنيجة هذا التفاعل بيكاربونات الكالسيوم التي تكون قابلة للذوبان في الماء وتنقلها المياه الجوفية على شكل محلول . المياه المحملة بثاني اوكسيد الكاربون $CO_2$ تتخلل الصخور الجيرية على امتداد الفواصل والفوالق على

السطح وداخل الارض وتذيبها مكونة فيها فراغات وممرات وكهوف وحفر بالوعية على السطح مما يعطي المناطق الجيرية طابعا تضاريسيا خاصا يطلق عليها الكارست Karst.

**٣- التأكسد Oxidation:** هو اتحاد الاوكسجين الموجود بكميات كبيرة في الغلاف الجوي مع العناصر والمعادن المختلفة ،وتتم عملية التأكسد بتواجد الماء وتكون اسرع واكثر فعالية في المناخات الرطبة الحارة . ففي المناطق الاستوائية تتكون من السليكات المختلفة اكاسيد الحديد التي تتواجد بكثرة في التربة الحمراء (Laterite) كما يكون اكاسيد الالمنيوم الموجودة في البوكسايت Bauxite في التربة الصفراء – البيضاء. ومن اكثر عمليات التأكسد في الطبيعة هي تأكسد والمعادن الحديدية ، وينتج عمليا التأكسد اكاسيد وهيدروكسيدات الحديد بدرجات مختلفة ممن التأكسد ذات الالوان المختلفة من اسود واصفر وبني واحمر. ومن الامثلة على التأكسد تأكسد البايرايت الذي يتفاعل مع الاوكسجين مكونا كبريتات الحديد الثنائي وكبريت .

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

الكبريتات تذوب في الماء ،والكبريت يتحد مع الاوكسجين مكونا ثاني اوكسيد الكبريت الذي يكون مع الماء حامض الكبريتيك مكونا كبريتات قابلة للذوبان في الماء . ومن الممكن ان يكون البايرايت مع الاوكسجين والماء هيدروكسيد الحديد وثاني اوكسيد الكبريت .

$$4FeS_2 + 2O_2 + 2H_2O \rightarrow Fe_2O_3 .2H_2O + 8SO_2$$

**كما ان السيليكات الحديدية تتأكسد مكونة اكاسيد الحديد**

$$2FeSiO_4 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 2SiO_2$$

**٤- الذوبان Solution** : الماء مذيب جيد للمعادن بسبب قطبية جزيئاته ، فذرتا الهيدروجين الصغيرتان مرتبتان من جهة واحدة من ذرة الاوكسجين الكبيرة ،لذا فأن جزيء الاوكسجين كالمغناطيس الصغير شحنته من جهة ذرتي الهيدروجين موجبة ومن الجهة المقابلة سالبة وهذا يعطي جزيئات الماء القدرة على رابطة الايونات في المعادن المختلفة ، اذ يذيب الاملاح كملح الطعام والجبس وغيرها ، مياه الانهار تذيب وتنقل سنويا حوالي 4 مليون طن من المعادن من اليابسة الى البحار والمحيطات ، كما ان الاحماض العضوية التي تتكون في الطبيعة تذيب معادن مختلفة لا يذيبها الماء النقي.

**الاشكال الارضية الناتجة عن التجوية:**

التجوية الفيزيائية تحطم الصخور فتسهل بذلك الطريق امام التجوية الكيميائية التي تذيبها جزئيا او كليا حسب مكوناتها المعدنية كما في الجدول الاتي :

| المعدن | الناتج المتبقي | الناتج الذائب |
|---|---|---|
| كوارتز | حبيبات كوارتز | سيليكا |
| فلسبار | معادن طينيه | سيليكا $K^+$, $Na^+$, $Ca^{+2}$ |
| بايوتايت | معادن طينيه، اكاسيد وهيدروكسات الحديد | سيليكا $K^+$, $Mg^{+2}$ |
| أمفيبول | معادن طينيه، اكاسيد وهيدروكسات الحديد | سيليكا $Na^+$, $K^+$, $Mg^{+2}$, $Ca^{++}$ |
| بايروكسين | معادن طينيه، اكاسيد وهيدروكسات الحديد | سليكا $Ca^{+2}$, $Fe^{+2}$, $Mg^{+2}$ |
| أوليفين | معادن طينيه، اكاسيد وهيدروكسات الحديد | سيليكا $Fe^{+2}$, $Mg^{+2}$ |

| | | |
|---|---|---|
| **جارنيت** | **حبيبات جارنت** | |
| **تلك** | **تلك Talc** | |
| **بايرايت** | **اكاسيد وهيدروكسيدات الحديد** | |
| **كالسايت** | – | $Ca^{+2,}\ (HCO_3)^-$ |

**ومن اهم نواتج التجوية هي :-**

أ- ان تجوية معظم الصخور النارية هي معادن طينية وكميات قليلة او كثيرة من السيليكا والكوارتز ومن اكاسيد وهيدروكسيدات الحديد.

ب- يلاحظ في تكشفات الصخور النارية اشكال كروية الشكل متقشرة تكونت نتيجة التجوية نسميها التجوية الكروية Spheroidal Weathering يمكن تفسير تكوينها بان الصخور مقطعة بأنظمة شقوق الى كتل صخرية ، تتجوى زوايا ونهايات حواف هذه الكتل اسرع من جوانبها مما يسبب تكوين كتل صخرية كروية الشكل. ثم تتأثر هذه الكتل الصخرية الكروية بنفس المقدار والى عمق محدود بالتجوية الكيميائية ،ينتج عنها تكوين معادن طينية ، تسبب انتفاخ الجزء المتأثر بالتجوية وانفصاله على شكل قشرات. ولا شك ان التمدد والتقلص الناتج عن تغير درجات الحرارة اليومي يؤثر في تكوينها .

ت- تكوين الحطام والفتات الصخري Regolith في المناطق ذات الانحدارات الكبيرة ،اذ تتساقط القطع الصخرية بسبب التجوية الفيزيائية وتتراكم عند قاعدة الجبال مكونة طبقات من الركام الصخري Talus. وهناك نوعان من الفتات والحطام الصخري ، اذا بقى في مكانه نطلق عليه الفتات الصخري المتبقي Residual Regolith ،اما اذا نقل وترسب في اماكن اخرى نسميه فتات صخري منقول Transported Regolith.

ث- يتكون من الفتات الصخري المتبقي والمنقول تدريجيا التربة Soilالقادرة على انبات النبات .

**<u>التربة Soil</u>**

هي مواد طبيعية مفككة موجودة على سطح القشرة الارضية تحوي كائنات حية ولها القدرة على انبات النبات ،تكونت التربة خلال فترة زمنية طويلة نسبيا نتيجة تداخل وتفاعل الغلاف الجوي مع الغلاف الصخري والحيوي. وتتكون التربة من اربع مكونات رئيسية ( حبيبات معدنية ، مواد عضوية ، ماء ،هواء). نسب هذه المواد في الترب مختلفة لكن الحبيبات المعدنية (مفصولات التربة) تكون الجزء الاكبر ،والماء والهواء يكونان حوالي نصف حجم التربة ،اما المواد العضوية تصل نسبة حجمها الى اكثر من 5%.

المواد المعدنية تتكون من الرمل والغرين والطين بنسب متفاوتة ،اذا كانت نسب هذه المواد متساوية وتحوي كمية جيدة من المواد العضوية تسمى تربة طفالية (Loam) وهي تربة خصبة . الرمل يساعد على ان تبقى التربة مفككة وذات تهوية جيدة وتسمح بتصريف جيد للماء ، والطين يحتفظ بالماء للتربة . فضلا عن ذلك تحتوي التربة مواد غروانية Colloids التي لها اهمية كبيرة في نمو النبات وتتكون من مواد طينية او دبالية او الاثنين معا وهي دقيقة جدا 0.00024 ملم ولها نشاط كيميائي واسع وقدرة كبيرة على التبادل الايوني فهي تجذب الايونات الموجبة (كاتيونات) والكاتيونات اما قاعدية واهمها $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$, $K^+$, $Na^+$ او حامضية وهي بشكل رئيسي $H^+$, $Al^{+3}$

*حموضة أو قلوية الترب مهمة جدا لأن النباتات المختلفة تتفاوت تفاوتا كبيرا في قلوية او حامضية الترب التي تنمو وتزدهر عليها.

**يقسم مقد التربة** SOIL PROFILE الى افاق او انطقة Horizonsولكل نطاق تكوين ولون ونسيج وخصائص يمتاز بها . ومعظم الترب لها ثلاثة انطقة رئيسة هي (A, B , C) وبعضها لها افق عضوي يرمز له (O) ، وفيما يلي وصفا لتلك الافاق:-

**الافق O** : ويطلق عليه الطبقة الدبالية * او العضوية والناتجة من تحلل البقايا النباتية كالاوراق ، وهذا الافق يكون رقيق جدا في بعض الترب وفي اخرى أو ان بعضها تخلو من هذا الافق يكون سميك وبشكل عام لا يتعدى سمكه 2 سم .

**الافق A:** يطلق عليه (التربة العليا Top Soil) ويتكون من مواد معدنية ناتجة اساسا من المادة الام والمختلطة بالمادة العضوية. وهو نطاق جيد لنمو النبات والكائنات الحية.

**الافق E:** في هذا الافق يغسل الطين والمعادن والمادة العضوية اذ تترشح الى الافق B فيما يتركز في الافق E الرمل والغرين وجزيئات من الكوارتز او المعادن التي تقاوم الارتشاح. هذا الافق يكون مفقودا في بعض الترب لكنه غالبا ما يوجد في الترب القديمة وترب الغابات. ويطلق على النطاقين Aو E نطاق الارتشاح او الغسل Zone of Leaching

**الافق B:** يطلق عليه ( التربة السفلى Sub Soil) يكون غني بالمعادن التي تم غسلها وترشحت الى الاسفل من الافق Eاو A وتجمعت في هذا النطاق لذا يطلق عليه نطاق التجمع Zone of Accumulation. ان تراكم الطين في هذا النطاق في المناخات الرطبة قد يكون طبقة كثيفة جدا تسمى **صمان** Hardpan وهي تتكون من الطين والسيليكا واكاسيد الحديد. يقابلها في المناخات الجافة تسمى **الكلتش** Caliche وهي طبقة جيرية تتكون في هذا النطاق نتيجة صعود المياه المحملة بالكربونات من اسفل في القنوات الشعيرية وتبخرها قرب السطح.

**الافق C:** ويطلق عليه المادة الام Parent Material والمتمثلة برواسب سطح الارض التي تكونت منها التربة والناتجة اساسا بفعل عملية تجوية صخور الاساس .

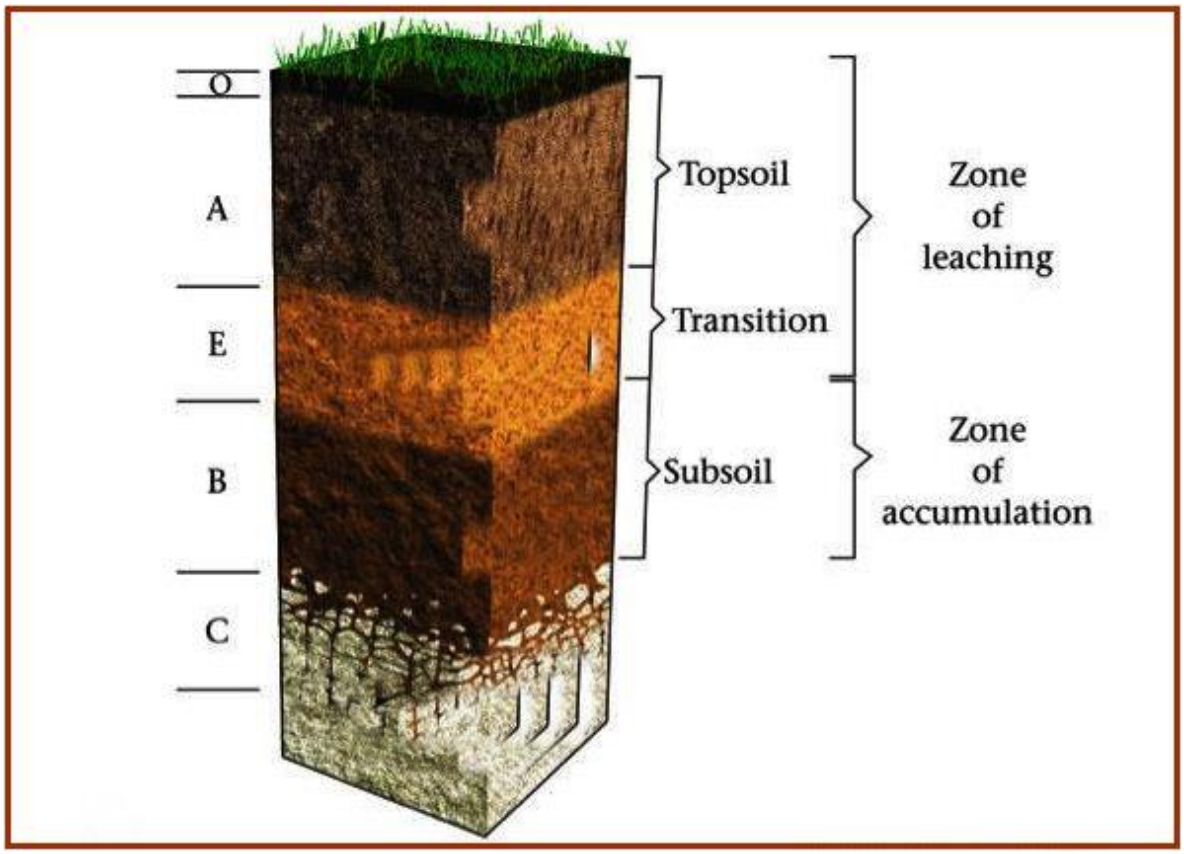
**الافق R:** او صخور الاساس Bedrock وهي كتلة من الصخور مثل الكرانيت او البازلت او الكوارتز او الحجر الجير او الحجر الرملي .والتي تقع عدة أقدام تحت السطح.

*الدبال Humus : مادة غروية ناتجة عن التحولات البطيئة التي تطرأ على البقايا العضوية والنباتية المتراكمة على سطح التربة او الموجودة في داخلها تحت تأثير الكائنات المجهرية الدقيقة.

**عوامل تكوين التربة:**

تتكون التربة نتيجة تفاعل وتداخل الاغلفة الثلاثة الصخري والجوي والحيوي خلال فترة طويلة نسبيا. ومن اهم العوامل التي تكون التربة هي :-

**شكل ( ) مقد للتربة تظهر فيه افاق التربة**




١-**المادة الام** : هي المواد الاصلية التي تتكون عليها التربة والتي يمكن ان تكون صخورا او فتاتا صخريا منقولا. سرعة تأثر هذه المواد بعوامل التجوية يؤثر على سرعة تكوين التربة. كما ان تكوين المواد الام المعدني له تاثير على التكوين المعدني للتربة وبالذات الترب حديثة التكوين ، مثلا يتكون من الصخور الكرانيتية **تربة رملية طينية خشنة** تحوي في بداية تكوينها على نسبة عالية من حبيبات الفلسبار التي تتحول تدريجيا الى معادن طينية اذ تزداد نسبة الطين مع الزمن ، لكن التربة تبقى رملية لأن الكوارتز لا يتاثر سريعا بعوامل التجوية . اما على الصخور البازلتية تتكون **تربة طينية دقيقة الحبيبات** وفي البداية حبيبات من المعادن المكونة للبازلت التي تتحول مع استمرار تأثير عوامل التجوية الى معادن طينية اي في النهاية تتكون من البازلت تربة طينية لا تحوي على رمل .

٢-**المناخ:** للمناخ اهمية كبيرة جدا في تكوين التربة اذ ان للعناصر المناخية كالامطار ودرجات الحرارة وكذلك التغيرات الفصلية لها تأثيرات مباشرة في تكوين مباشرة في تكوين التربة من المناخ يتحدد نوع التجوية السائد ومدى تأثيرها وعمقها ، اي سمك التربة وخصوبتها . وعلى تتكون في الانطقة المناخية انواع مختلفة من الترب وان كانت حتى من نفس نوع الصخور ، مثلا تتكون من صخور الكرانيت في النطاقات المدارية التربة الحمراء Laterite وعلى نفس الصخور ولكن في النطاقات ذات المناخ المعتدل تتكون التربة الرمادية وفي السهوب Steppe تتكون الترب السوداء Chernozem وفي الوقت نفسه تتكون ترب متشابهة على صخور مختلفة فتربة السهوب الروسية السوداء تكونت من صخور مختلفة كالكرانيت والبازلت واللوس والطين.

٣-**الكائنات الحية:** تعيش الكائنات الحية حيوانات ونباتات على سطح التربة وداخلها وبقاياها تكون المادة العضوية في التربة . وحسب عوامل البيئة المختلفة تحوي التربة نسبة قليلة أو كبيرة من المواد العضوية تصل

الى 5% من حجم التربة ، وتكون بقايا النباتات الجزء الأكبر منها. تعيش حيوانات وكائنات مجهرية مختلفة على بقايا النباتات المتحللة. تحلل النباتات والحيوانات ينتج عنه احماضا عضوية ودبال .هذه المواد تسارع في عملية التجوية وتزيد من خصوبة التربة ، وتساعد على ابقاء الرطوبة فيها.

٤-**الانحدار**: كلما زاد الانحدار كلما زاد التحات والتعرية وللانحدار ايضا تأثير على كمية المياه الموجودة في التربة وهي بشكل عام قليلة تجري بأتجاه الانحدار وقد تكون غير كافية لنمو النباتات . ونتيجة عملية التحات على المنحدرات لا تتكون تربة سميكة عليها، واذا كان الانحدار شديد لا يبقى الفتات الصخري عليه وبالتالي لا تتكون تربة نهائيا.

٥-**الزمن**: التربة نطاق ديناميكي يتغير باستمرار مع الوقت. في بداية تكوينها تشبه التربة في تركيبها المعدني الصخور الام ، ثم تتغير تدريجيا نتيجة غسل الحبيبات الدقيقة من جزئها العلوي وتحريكها الى جزئها السفلي بواسطة مياه الامطار، واذابة جزئية لمكوناتها المعدنية فتصبح تدريجيا اكثر نضوجا وانطقتها اكثر وضوحا، وتبتعد تدريجيا في تركيبها المعدني عن الصخور الام.

**تصنيف الترب**

تختلف الترب عن بعضها البعض من حيث صفاتها الفيزيائية والكيميائية والعضوية. وهذه تتأثر بشكل رئيسي بالعوامل اعلاه مثل الصخور الام والمناخ .....الخ . وعلى هذا الاساس تم اجراء عدة تصانيف للترب ، ومن هذه التصانيف التصنيف الذي اعتمد على تصنيف الترب حسب الانطقة المناخية وكما يلي:

١-**البيدوكال Pedocal**: تربة جيرية قاعدية غنية بايون الكالسيوم وتنتشر في المناخات الجافة التي تتصف بقلة الترشح وقلة الدبال ، وبسبب قلة التساقط وزيادة التبخر تتم حركة المياه بالخاصية الشعرية الى اعلى وتبخرها بالقرب من السطح مما يتسبب ترسيب الجير في التربة.

٢-**البيدالفير Pedalfer**: تمتاز هذه التربة بتراكم اكاسيد الحديد والطين الغني بالالمنيوم في نطاق B وتنتشر في النطاقات الرطبة اذ تزداد كمية الامطار والارتشاح ، اما الجير والمواد القابلة للذوبان فتغسل تماما من التربة وبالتالي تكون ترب حامضية.

٣-**اللاتريت Laterite**: تربة حمراء منتشرة في المناخات المدارية حيث ارتفاع درجات الحرارة وغزارة الامطار لذا تنشط التجوية الكيميائية ، وتغسل من الترب الجير وحتى السيليكا وتبقى فقط اكاسيد الحديد والالمنيوم ، ويمكن ان يتواجد الهيمتايت في هذه التربة بتركيز كبير بحيث يمكن اعتبارها خام حديد ،لكن عادة لا يستخرج الحديد من هذه التربة ،اما اذا كانت نسبة الحديد قليلة والالمنيوم كبيرة فيتكون البوكسايت $Al_2O_3.H_2O$ خام الالمنيوم الرئيسي.

٤-**التربة الحمراء او التيرا روزا Terra Rossa** : تكونت على الصخور الجيرية الصلبة وهي غنية بالطين اذ تصل نسبته الى 90% وتصل نسبة الحديد الى 10%. وسبب اللون الاحمر في هذه الترب هو وجود نسبة قليلة من الهيمتايت المبثوث. تكونت هذه التربة في مناخ تحت مداري رطب خلال مدة طويلة وتوجد في بلدان البحر المتوسط.

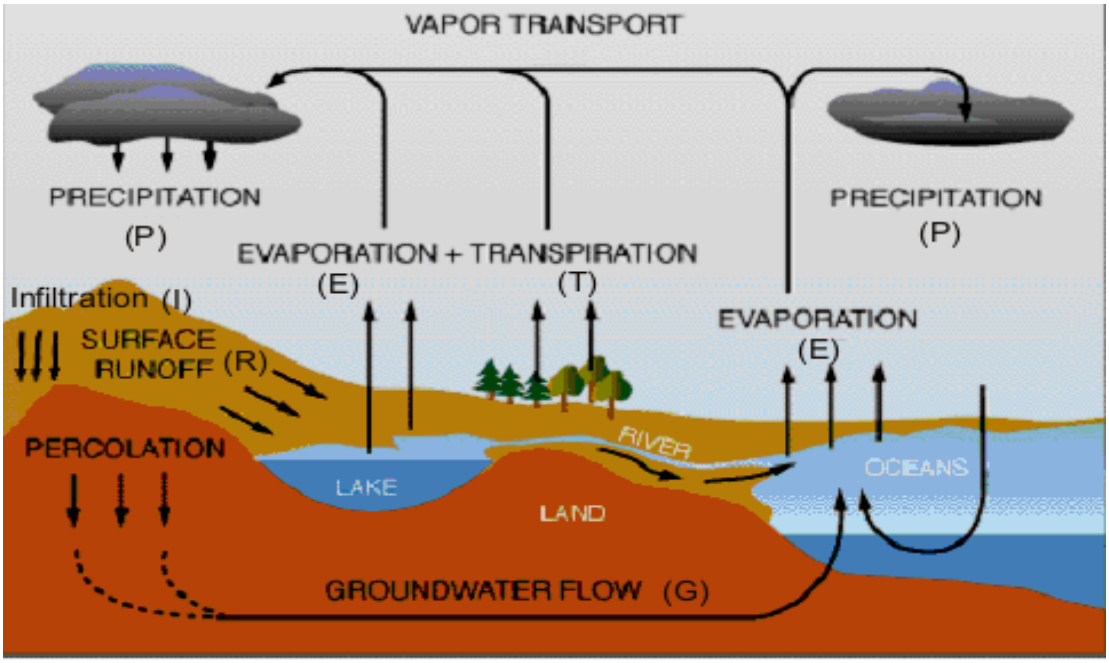
٥-**التربة البنية او تيرا فوسكا Terra Fusca**: تربة بنية تكونت على الصخور الجيرية والدولومايت والجبس وهي حامضية غنية بالطين الذي تصل نسبته اكثر من 50% وهي كثيفة ولدنة ولونها بني محمر تكونت في مناخ دافئ رطب. وهي موجودة ايضا في بلدان البحر المتوسط.

وبشكل عام تقسم الترب الى نوعين رئيسيين هما الترب المحلية Residual Soil وهي تلك الترب التي تكونت من تجوية الصخور التي تقع اسفلها والترب اعلاه تتمثل في هذا النوع . اما النوع الاخر هو الترب المنقولة Transported Soil ويقصد بها الترب التي تم نقلها من اماكن نشؤها الى اماكن اخرى بعيدة عن مكان النشؤ بواسطة الانهار كما هو الحال في ترب السهل الفيضي العراقي التي تكونت نتيجة تراكم الرواسب التي تم نقلها بوسطة نهري دجلة والفرات بعد تكرار فيضانهما ، او عن طريق الرياح كما هو الحال بالنسبة ترب اللويس .

**الانهار ودورها في تشكيل سطح الارض**

**مصادر المياه:**

تعد مياه الامطار والثلوج الدافئة المصادر المباشرة لمياه الانهار ، اذ يترشح قسم من مياه الامطار والثلوج داخل التكوينات الصخرية ويتحرك خلالها ثم يخرج بعضه ثانية بشكل عيون او ينابيع او بصورة رشح اذ تقوم المياه بتغذية الانهار ثانية وتتغذى كثير من الانهار من خلال البحيرات التي تتبع منها او تمر فيها وتزود تلك البحيرات بمياه الامطار او بالثلوج الذائبة. تعد الميه التي تجري في الانهار جزءا مهما في من دورة المياه في الطبيعة والتي تتم عن طريق ثلاثة عمليات هي : يحدث **التبخر** في المرحلة الاولى ويحدث **التساقط** في المرحلة الثانية **وينقل الماء** في المرحلة الثالثة نحو المحيط الذي قد جاء منه اصلا. **ويجري** قسم من هذه المياه التي سقطت فوق اليابسة على السطح، و**يترشح** قسم اخر في التربة ، ويمتص قسم اخر من قبل النباتات التي تعيده بدورها الى الغلاف الجوي ثانية عن طريق عملية **النتح** .




شكل ( ) يوضح دورة المياه في الطبيعة

**العوامل المؤثرة في الجريان**

١-**المناخ:** يتمثل بغزارة التساقط المطري التي تزيد منم نسبة الجريان السطحي ، وزيادة نسبة الرطوبة النسبية في الهواء يزيد من كمية المياه السطحية الجارية اذ تقل الضائعات المائية عن طريق التبخر – نتح ، كما ان درجات الحرارة الواطئة تعمل على زيادة كمية المياه الجارية اذ تقل الضائعات المائية عن طريق تبخر –نتح عكس درجات الحرارة العالية التي تزيد من الضائعات المائية عن طريق التبخر–نتح . وبشكل غير مباشر تؤثر الظروف المناخية على الجريان السطحي من خلال كثافة النبات الطبيعي كونه انعكاس لخصائص المناخ لأي

اقليم ، فزيادة كثافة الغطاء النباتي تعيق الجريان فوق السطح وبالتالي تقلل من سرعته مما يتيح لها الفرصة للنفاذ من خلال التربة والصخور وكذلك عن طريق التبخر–نتح .

٢–**الوضعية الجيولوجية:** تزداد كمية المياه السطحية الجارية عندما تجري فو ق تكوينات صخرية قليلة المسامية مثل الطين وصخور الطفل فضلا عن قلة وجود الشقوق والفواصل ، بينما تقل كمية الجريان السطحي في حالة وجود تكوينات صخرية مسامية كالصخور الطباشيرية ووجود الفواصل اذ يضيع قسم كبير من مياه الامطار والثلوج وتترشح الى المياه الباطنية.

٣–**التضاريس:** كلما زادت درجة الانحدار كلما تعاظمت سرعة الجريان السطحي اذ لا تعطى فرصة للصخور والتربة والغطاء النباتي ولعملية التبخر على اخذ كمية كبيرة من تلك المياه. ويحصل العكس تماما عند تكون درجة الانحدار للسطح قليلة.

**خصائص العمليات الجيومورفولوجية النهرية:–**

اولا: **خصائص عملية التعرية النهرية والعوامل المؤثرة بها**

كما نعلم ان الانهار هي العامل الاساس في تعرية وتشكيل سطح الارض ،اذ تسطيع مياه الانهار ان تجرف مجاريها بسهولة اذ كانت مكونة من تكوينات صخرية هشة ، كما ان المياه المتدفقة والمحملة برواسب خشنة و فتات صخري تستطع ان تقوم بحت الصخور الصلبة . وعن طريق عملية التحات يمكن للنهر ان يوسع مجراه عن طريق النحت الجانبي باستمرار ويعمق مجراه باستمرار عن طريق النحت الرأسي وكذلك يقوم بتشكيل المنطقة المحيطة به. ويمكن تمييز ثلاثة انواع من التحات النهري :–

١–**العمل الهيدروليكي** : هو قدرة الماء على رفع وتحريك الرواسب الخشنة والفتات الصخري المنقول ، وكذلك ان للحركة الاضطرابية للمياه المتدفقة والتي غالبا ما تكون على هيئة دوامات لها القدرة على تفتت الصخور خصوصا اذا كانت شقوق وكسور تخترق هذه الصخور وتستطع ان ترفع القطع الصخرية ان ترفع الفتات الصخري وتنقله.

٢–**الاذابة:** للمياه الجارية القابلية على اذابة انواع مختلفة من الصخور، منها التكوينات الجيرية تدريجيا على سبيل المثال اذا كانت موجودة على امتداد المجرى ، سواء كان الجير على هيئة صخور او كمادة اسمنتية تربط حبيبات الرمل في الصخور الرملية مما يجعل تلك الحبيبات مفككة وسهلة النقل.

٣– **الحت** : الرواسب الخشنة وفتات الصخور المتحرك على قاع النهر يصطدم مع بعضه البعض وكذلك مع الصخور المنكشفة على امتداد القاع والجوانب وتحتك بها مما يؤدي الى حتها وصقلها ، وكلما كانت المفتتات والرواسب كبيرة يكون فعل التعرية اكبر . وعلى اثر ذلك يمكن ان ينتج عن ذلك ان تتكون اشكال حتيه مختلفة على امتداد المجرى **كالحفر الوعائية** وهي منخفضات نهرية دائرية الشكل تتكون نتيجة تحات صخور المجرى وخصوصا في الاماكن التي تكثر فيها الشقوق والفواصل المتقاطعة والمتقاربة من بعضها البعض او تكون هشة بالنسبة لمحيطها، وذلك عن طريق حركة المياه الدوامية التي غالبا ما تكون محملة بفتات صخري تتحرك حركة دوامية في منخفض وبالتالي تحت بعضها البعض وعلى جوانب المنخفض وتصبح تدريجيا مستديرة.

**ثانيا: خصائص عملية النقل النهري والعوامل المؤثرة فيه**

تتدرج الحمولة النهرية المنقولة من مواد دقيقة جدا ذائبة لا يمكن رؤيتها الى رواسب ناعمة وخشنة وقطع صخرية ، وتنقل هذه الحمولة بأشكال مختلفة فالقطع الصخرية تنقل اما بالدحرجة او الدفع على امتداد المجرى اما الرواسب الخشنة تنقل بالقفز في حين تنقل الرواسب الناعمة بالتعلق فضلا الرواسب المذابة . مما تجدر الاشارة

اليه ان الجزء الاكبر من الحمولة النهرية ينقل بالتعلق وبالإذابة. تقاس قوة النهر على حمل حمولته على معيارين هما القدرة والطاقة . **قدرة النهر Stream Competence** هي قدرة المجرى النهري على نقل اكبر قطعة صخرية يمكنه نقلها وذلك له علاقة بالسرعة (سرعة الجريان). وتعتمد سرعة النهر Velocity على درجة انحدار الوادي وكذلك على مقدار الاحتكاك بقاع وجوانب المجرى النهري وكذلك على كمية الماء ومقدار الحمولة التي ينقلها النهر نفسه . اذ يؤدي الاحتكاك بين الماء المتحرك وجوانب المجرى النهري الى تخفيض سرعة الجريان في النهر ويزداد ذلك مع زيادة حالة عدم الانتظام لسطوح قيعان وجوانب المجاري النهرية . كما ان السرعة تزداد مع زيادة كمية التصريف وتقل مع قلة كمية التصريف اذ ان هنالك علاقة بين سرعة الجريان وكمية التصريف بحسب المعادلة التالية

**Q= A.V**

اذ ان Q =كمية التصريف ، A = مساحة المقطع العرضي للنهر (م) ، V = معدل سرعة الجريان م/ثا. **اما طاقة النهر** هي اكبر حمولة يمكن للنهر ان يحملها وهي تزيد مع زيادة كمية الصرف.

**انواع الحمولة النهرية:**

أ-**الحمولة الذائبة** Solution Loads: تكون هذه الحمولة على شكل ايونات مذابة تتمثل بالكاربونات $CO_3^-$ والكبريتات $SO_3^-$ والكلوريدات والاكاسيد وغيرها، وتأتي هذه الحمولة عن طريق الماء الباطني من خلال الصخور والتربة التي تعرضت للتجوية واذابة الصخور الجيرية ويقاس تركيز تلك المواد المذابة بوحدة (جزء بالمليون ppm) أو (ملي مكافئ لتر epm ) وتقدر كمية المواد المذابة التي تنقلها الانهار من اليابسة الى البحر ب 5 بليون طن سنويا.

ب-**الحمولة العالقة** Suspended Loads: تتألف من ذرات الطين والغرين الناعمة جدا وتبقى هذه المواد عالقة في المياه حتى تتوقف حركة الجريان ،ويعتمد هذا النوع من الحمولة على سرعة النهر وطبيعة الامطار وحجم ذرات التربة ومقدار الغطاء النباتي وبالاخص الحشائش ، وتساعد حالة الاضطراب الناتجة عن حركة الماء في النهر على حمل كميات من مواد ذات ذرات اكبر حجما .

ت-**حمولة القاع** Bed Loads : تشمل المواد ذات الذرات الخشنة والتي لا يستطيع النهر نقلها بالتعلق لذا يقوم بدحرجتها ودفعها على طول قاع النهر وتتألف هذه الحمولة من الصخور الصغيرة والحصى وذرات الرمال الخشنة ، وتنقل تلك المواد بثلاثة طرق هي القفز Leaping الانزلاق Sliding والدحرجة Rolling .

**ثالثا: خصائص عملية الارساب النهري والعوامل المؤثرة فيه**

عندما تقل سرعة النهر ومن ثم قدرته على حمل الرواسب ، يقوم بترسيب جزء من حمولته وتسمى هذه الرواسب الطمى النهري Alluvial Deposits او Alluviumاذ تترسب الحمولة القاعية بشكل مستمر او وقتي على امتداد مجرى النهر ثم تنقل من جديد . وتتكرر العملية في دورات من التحات والترسيب مكونة حواجز نهرية ورواسب على جانبي المجرى تسمى السهل الفيضي . وتترسب في النهاية حمولة النهر الغير ذائبة عند نهاية النهر او بالقرب من نهايته مكونة دلتا او مروحة من الطمي.

**خصائص المقطع النهري وفق مفهوم وليم موريس ديفز للدورة الجيومورفولوجية للأنهار**

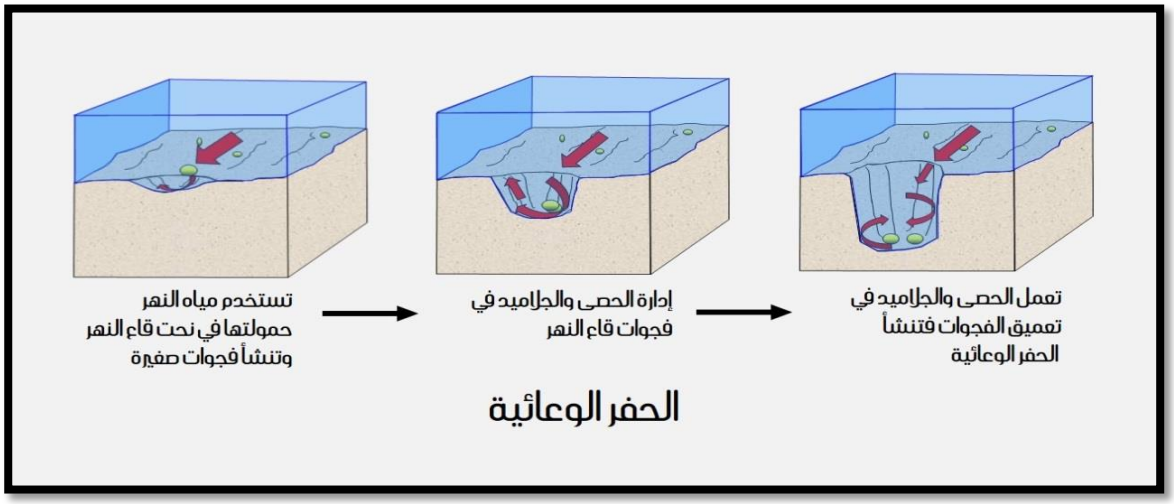
يمر سطح الارض من خلال دورته التحاتية اي من بداية رفعه الى جبال وحتى تعريته الى مستوى سطح البحر بمراحل تعرية تعكس أطوار تحاتية محددة ولكل من هذه الادوار صفاته المميزة . لقد ميز وليم موريس ديفيز Davis بين ثلاثة اطوار تحاتية مستمرة، اي لا يوجد فاصل او انقطاع بينها وهي طور الصبى وطور النضج

وطور الشيخوخة . وخلال مرور الانهار بهذه الاطوار تطور مجاريها فهي تعمقها (Dawn Cutting) ولكن لا يمكن ان تعمقها أعمق من **منسوب القاعدة Base Level** ويقصد به هو الامتداد الوهمي لمنسوب سطح البحر الذي يساوي (0m) تحت سطح الارض اذ تعمل جميع الانهار التي تصب في البحر جاهدة لتبلغ هذا المنسوب حتى تصل الى مرحلة التعادل وهذا نطلق عليه مستوى القاعدة العام. وهناك مستوى القاعدة المحلي ويحدث عندما يصب النهر في بحيرة أو بحر داخلي وعليه فأن النهر يحاول ان يصل الى مستوى القاعدة المحلي الذي يكون اعلى من مستوى سطح البحر او اقل من مستوى سطح البحر. وتكون المجاري في البداية غير منحدرة Ungraded يوجد فيها مسارع وشلالات ،ثم تدريجيا تصبح منحدرة Graded بشكل تدريجي ، كما توسع الانهار مجاريها تدريجيا ومعها سهولها الفيضية وحسب حجم هذه الانهر ، كما ان الانهر تتراجع بمجاريها الى الخلف Head ward Erosion حتى خط تقسيم المياه ويمكن في بعض الحالات ان تتخطى خط تقسيم المياه الى حوض تصريف الانهر المجاورة وهذا ما يطلق عليه بالأسر النهري Stream Capture وبالتالي يأخذ النهر المتعدي مياه من حوض النهر المجاور مما يسبب تغيرات في عمليات التعرية والنقل والترسيب وفي صفات مجاري النهرين. وفيما يلي مراحل تطور النهر (الدورة الجيومورفولوجية للنهر):-

**اولا:مرحلة الشباب:** توجد هذه المرحلة في الاجزاء العليا من النهر وبالذات الجزء القريب من المنابع ، وهنا تنشط عملية النحت الرأسي على حساب عملية النحت الجانبي وهذا يرجع الى سرعة تدفق مياه النهر في هذا الجزء ويكون المجاري مستقيمة وعميقة وضيقة وجوانبها شديدة الانحدار على شكل حرف **V** . ومن اهم الاشكال التي تتشكل في هذه المرحلة هي :-

**شكل ( ) شلالات نيكارا –كندا**

**شكل ( ) الجنادل ، وهي اي عائق صخري صلب في قاع المجرى**




**شكل ( ) الحفر وعائية وطريقة تكوينها**

**ثانيا: مرحلة النضج:** يتحول الاقليم بمرور الزمن من مرحلة الشباب الى مرحلة النضج اذ يتطور نظام التصريف تطور جيدا ويصبح فيه ما يعرف بأسم نظام التصريف المتكامل Integrated اذ تقوم انهار كبيرة قليلة بتصريف مياه الاقليم بدلا من وجود عدد كبير من الانهار الصغيرة . وتستطع بعض الانهار ان تصل الى مستوى قاعدة التعرية ولو لأجزاء معينة منها وتكونت لهذه الانهار بعض الروافد واختفت البحيرات والمستنقعات بصورة واسعة وكذلك الحال بالنسبة الى المساقط المائية اذ تختفي بدورها هي الاخرى. وتتسع وديان الانهار وتضيق مناطق تقسيم المياه بين الاحواض النهرية المختلفة بسبب تراجع الانهار الى الوراء من جراء النحت التراجعي. ويقل ارتفاع التلال والسلاسل الجبلية في الاقليم وتقل درجة الانحدار بصورة عامة. ويمكن القول ان التضرس يكون على اشد درجاته في هذه المرحلة من دورة التعرية . ويمكن ان نتحقق من وصول منطقة جبلية معينة الى مرحلة النضج عندما نجد ان المساحة التي تحتلها الوديان النهرية مشابهة لمساحة التلال والسلاسل الجبلية. وبشكل عام هنا يتراجع الحت الرأسي وتنشط عملية الحت الجانبي ويأخذ المجرى شكل حرف U ويبدأ النهر بتكوين سهول فيضية .

**ثالثا:** مرحلة الشيخوخة: في هذه المرحلة تجري الانهار في اراض منبسطة قليلة الانحدار مما يتسبب في بطء الجريان وهنا تنشط عملية النحت الجانبي وتنعدم عملية النحت الرأسي وعليه يصبح المجرى واسعا وقليل العمق ، كما تقل قدرته على نقل الرواسب وبهذا تنشط عملية الترسيب النهري، وبذلك يتخذ شكل الافعى Snake River اي تكثر فيه الالتواءات .وبهذا تكون الانهار اكملت انشاء سهولها الفيضية ، وتضيق مناطق تقسيم المياه بين الاحواض النهرية وتزال مناطق تقسيم المياه بفعل التعرية النهرية وتنخفض كل التضاريس تقريبا ويميل السطح

الى الاستواء .وتبقى بعض الكتل الصخرية مرتفعة عن المستوى العام للسطح اما بسبب درجة صلابتها العالية نسبيا او لأنها بعيدة عن متناول الانهار ويطلق على تلك الكتل بالانسلبرج Incelberg واحيانا تسمى المونادنوك Monadnock.

**رابعا: اعادة الشباب :** يمكن لعمل النهر ان ينقطع في اي مرحلة من مراحل الدورة الجيومورفولوجية ويعود ثانية لتعميق واديه يطلق عليه حينئذ ان النهر في حالة اعادة الشباب (التصابي) Rejuvenation ويحدث التصابي بسبب الهبوط المستمر في مستوى سطح البحر او الانخفاض في مصبات الانهار، او بسبب الحركات المحلية الصاعدة .

**<u>الاشكال الارضية الناتجة عن العمليات الجيومورفولوجية النهرية:-</u>**

**١-الخوانق النهرية والوديان العميقة Canyons and Gorges:** هي وديان نهرية ذات جوانب شديدة الانحدار وعميقة وضيقة ، وعلى اثر التعرية النهرية تقوم الانهار في هذه المرحلة بتعميق مجاريها بسرعة اكبر من عملية توسيع الجوانب بسبب قوة عملية النحت الرأسي كما ان الصخور تكون صلبة ومقاومة لعمليات التعرية النهرية الامر الذي لا يجعل من الوديان العميقة والاخاديد ان تتباعد بعضها عن البعض . ويساعد وجود مناطق الضعف المختلفة مثل الفواصل والانكسارات على زيادة سرعة عملية تعميق الوادي النهري كما ويساعد تراجع الشلالات السريع الى توضيح عملية تعميق النهر لواديه. وتوجد في مرحلة الشباب.

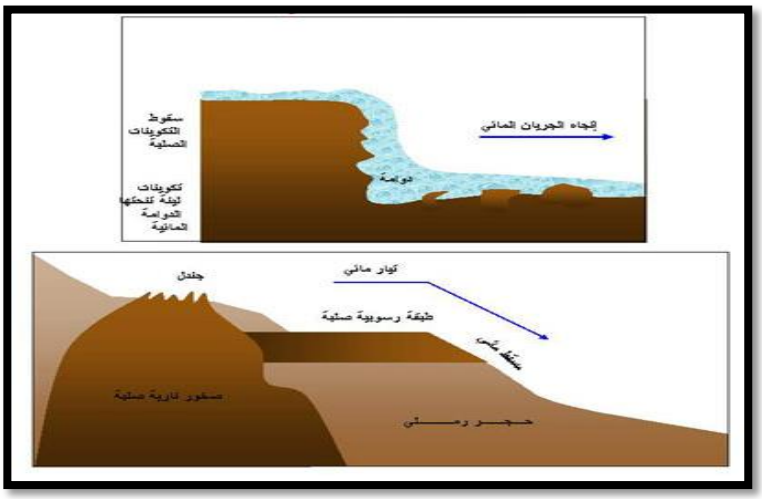
**شكل ( ) خانق** نهر كولورادو

**٢-الشلالات والجنادل Waterfalls and Rapids :**تتكون الشلالات او المساقط المائية نتيجة الى وجود هبوط مفاجيء في مجرى النهر. وتوجد الشلالات في كل القارات وخاصة داخل الاقاليم الجبلية والهضبية منها. اما **الجنادل** فانها توجد عادة الى الاعلى او الى الاسفل من مواقع الشلالات في الانهار ويمكن للجنادل ان توجد لوحدها احيانا . وتوجد في مرحلة الشباب. ويرجع سبب تكوين الشلالات الى:-

أ-الاختلاف في درجة صلابة الصخور التي يقوم النهر بتعميق واديه خلالها مما يسبب اختلاف في مستوى القاعدة وبذلك يقسم ذلك التكوين الصخري عملية تعميق النهر لواديه بشكل مفاجئ مكونا المسقط المائي او الشلال كما هو الحال في شلالات نيكارا بين الولايات المتحدة وكندا.

ب-الانخفاض الذي يطرأ على مصب النهر نتيجة حدوث عملية نحت عمودية سريعة للنهر نتيجة اعادة الشباب، او بسبب حدوث الاسر النهري بسبب اختلاف مستويات المجاري المأسورة والآسرة ،وكذلك بسبب التعرية الجليدية

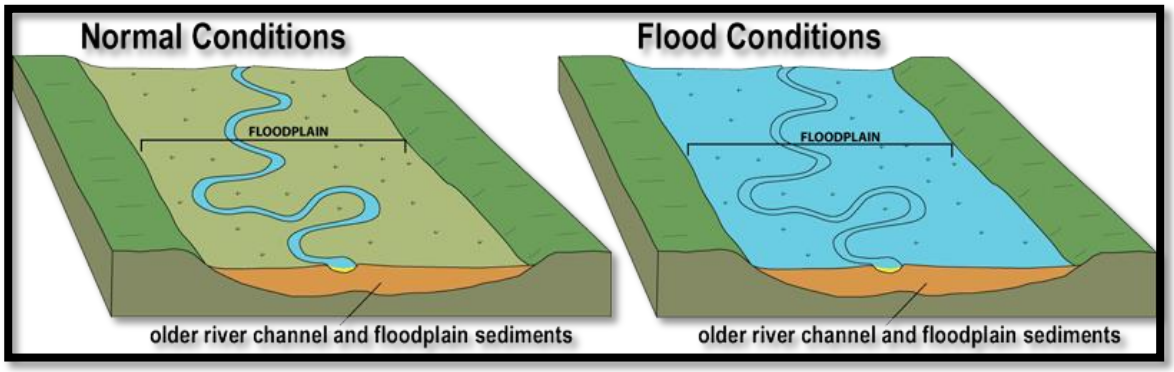
نتيجة لتراجع الثلاجات ، كما ان هنالك دور كبير للنحت الذي تقوم به الامواج البحرية بعمل الاجراف المرتفعة، اضافة الى ان بعض حالات الانكسار والالتواء يمكن ان تخفض من الاقسام السفلى لبعض الانهار مما يؤدي الى تكوين المساقط المائية.




**شكل ( ) يوضح تكوين الشلالات والجنادل**

٣-**الحفر الوعائية Potholes**: توجد عند مقدمات المساقط المائية اذ يؤدي تساقط الماء بقوة الى تكوين حركة دائرية تقوم بوساطة ما تحمله من رمال وحصى وقطع من الصخور بنحت القاع النهر الصلب وتكوين هذه الحفر، وتتكون بشكل اسرع في الصخور الهشة مثل الطفل من الصخور الصلبة كالكرانيت والبازلت والكوارتز ،ويمكن ان تتطور تلك الحفر جراء تراجع الشلال الى برك غاطسة. وتوجد في مرحلة الشباب.

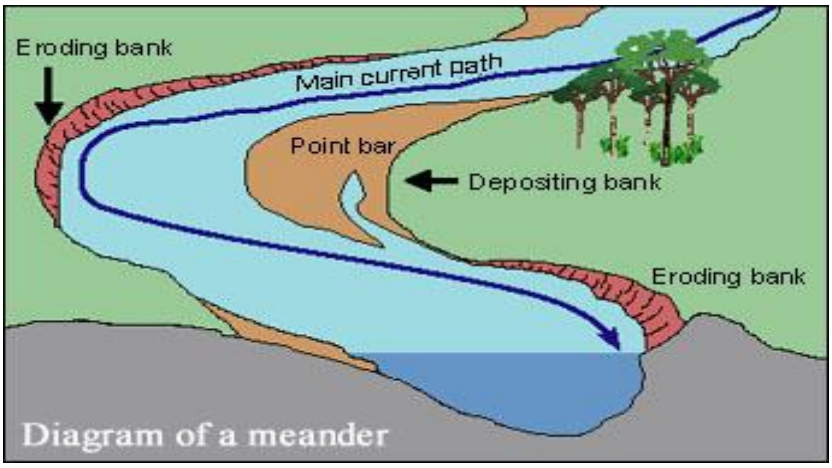
٤-**السهل الفيضي Flood Plain**: هو شريط عريض من الرواسب على امتداد جانبي المجرى يتكون من رواسب الرمل والحصى والغرين والطين التي ترسبت على جانبي المجرى نتيجة الاتساع الجانبي للالتواءات وحركتها باتجاه المصب ويكون مستو او مائل قليلا. وتكون السهل الفيضي جراء تكرار فيضان النهر .




شكل ( ) السهل الفيضي

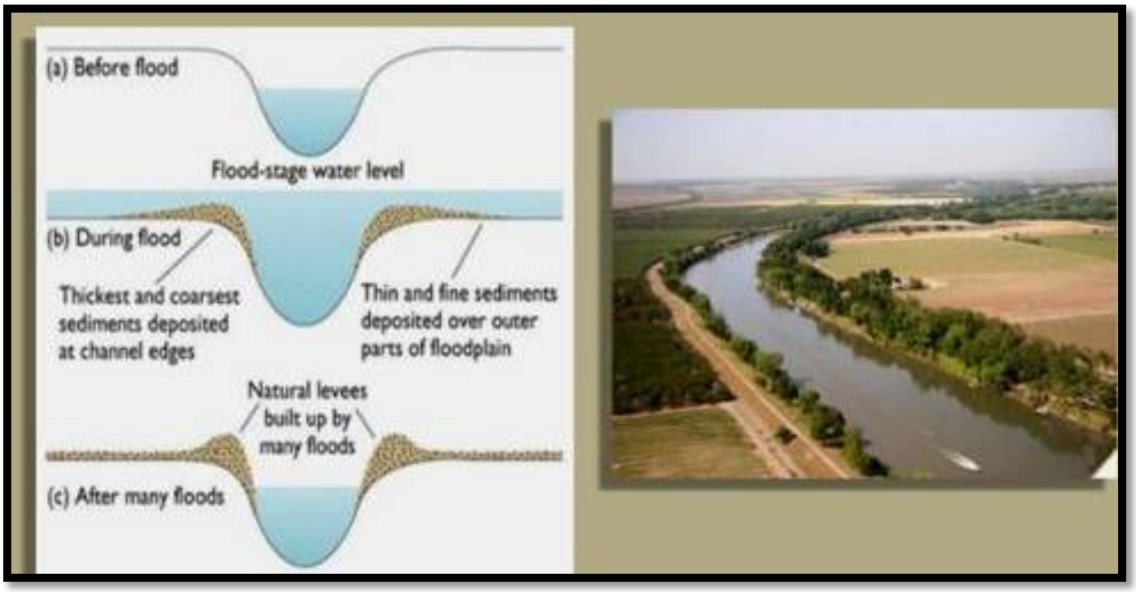
٥-**الحواجز(الالسن) النهرية Stream Bars**: هي تجمعات رسوبية تتألف من الرمل والحصى في وسط المجرى أو على امتداد ضفتيه وتتكون هذه الحواجز عندما تقل كمية صرف النهر او سرعته فلا يستطيع كل الحمولة بل تترسب الحبيبات الكبيرة اولا ثم الصغيرة بينها وامامها باتجاه المصب مكونة تلالا قد تتكشف على السطح في حال هبط منسوب النهر. وفي حال تكوين حواجز كثيرة يمكن ان يفقد النهر مجراه الرئيسي ويصبح متفرعا الى عدة مجاري تتفرع تارة وتلتقي تارة اخرى ويطلق على النهر في هذه الحالة النهر المظفور او المجدول

Braided Channels. كما نجد هذه الحواجز في الجوانب المحدبة للالتواءات النهرية اذ تنشط عملية الترسيب في هذا الجزء وتكون هذه الحواجز على شكل امتدادات قوسية وتسمى الحواجز الرأسية Point Bars.




شكل ( ) الحواجز الرملية

٦-**السدود الطبيعية (الاكتاف) Natural Levees**: يقوم النهر بأنشاء سدود طموية عندما يجري فوق سهله الفيضي في مرحلتي النضج والشيخوخة . وتمتد بموازة مجرى النهر وتكون جهاتها القريبة من النهر اكثر ارتفاعا وتنحدر تدريجيا كلما ابتعدنا عن النهر ويصل اتساعها الى 1.5م او اكثر . ويرجع سبب ارتفاعها الكبير قرب المجرى الى حالة الترسيب الفجائي بالاخص الرواسب الخشنة التي تنقلها الانهار عندما تطغى فوق ضفافها . ويرتبط وجود السدود الطبيعية مع الانهار التي تكثر فيها الالتواءات وتنعدم في حالة الانهار المظفورة.




شكل ( ) اكتاف النهر

٧-**الالتواءات النهرية(المنعطفات ) Meanders**: هي تقوسات تحدث في مجرى النهر في مرحلة الشيخوخة اذ تتكون عندما تنخفض سرعة جريان النهر الى درجة يتحول فيها نشاط النهر من الحت السفلي الى الحت الجانبي اذ تؤثر اقل العوائق واضعفها على جريان النهر. ويربط بعض الباحثين بين سبب حدوث الالتواء وطبيعة ونوعية المواد المكونة لقيعان المجاري النهرية اذ يؤدي وجود مواد رسوبية دقيقة مثل ذرات الطين والغرين وبعض المواد الناعمة الى جعل المجرى يميل الى التعرج والالتواء ،ثم تتطور الالتواءات النهرية من جراء مواجهة الضفة المقعرة

من النهر الى تياره بصورة مستمرة اذ تستمر عملية التعرية عليها ويحدث الترسيب على الجهة المعاكسة (المحدبة) بسبب الحركة الحلزونية للتيار . وتنتج الحركة الحلزونية للتيار عندما يغير النهر اتجاهه داخل المنعطف مما يتسبب عن ذلك تولد قوة طرد مركزية في الانحناء تسبب هذه الحركة. وتتطور تلك الالتواءات الى البحيرات القوسية Ox Bow عندما يتم نحر المنعطف من قبل المجرى مما يؤدي الى عزل المنعطف الى خارج المجرى .

٨-**الضفاف النهرية Banks** : تؤلف ضفتي النهر مجرى النهر اذ تجري بينهما المياه وعندما يصل النهر الى مرحلة الشيخوخة فأن الضفاف تتسم بالحركة الجانبية Lateral Migration اي تحدث عمليتي الهدم والبناء لكلا الضفتين لخلق حالة من التوازن بين ضفتي النهر فيما يتعلق بعمليتي الهدم والبناء.

شكل ( ) ضفاف النهر

٩-**دلتاوات البثوق** Emanation of Splay: يقصد به المواد المنسابة على السهل الفيضي من خلال المناطق المنخفضة والمحصورة عند حدوث بثوق في الضفاف الطبيعية للنهر. اذ تتعرض الضفاف الطبيعية للقطع من حين لآخر في اوقات الفيضانات مما يحدث شقوق فيها فيندفع منها الماء والرسوبيات الى السهل

الفيضي ،وبأنخفاض منسوب مياه الفيضان تغلق هذه الشقوق بالرواسب وعادة ما تبلغ الى الارتفاع الطبيعي للكتف الذي تعرض للقطع.

**١٠-الدلتا Delta:** الدلتاوات مناطق رسوبية طموية تقع عند مصبات الانهار محاطة بتفرعات النهر التي تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو المكان الذي ينتهي فيه النهر. واطلق عليها دلتا كونها تشبه الحرف الاغريق دلتا Δ ، ولكي تتكون دلتا يجب ان تكون هناك كمية من الرواسب تتجمع امام مصب النهر اكبر من الكمية التي تزيلها التيارات المائية والامواج . يتوقف تيار النهر عند وصوله نحو جسم مائي مستقر او قليل الحركات كأن يكون بحيرة او بحرا او محيط مما يؤدي الى القائه للقسم الاعظم من ارساباته وبسرعة . وتقسم الدلتاوات الى عدة انواع:-

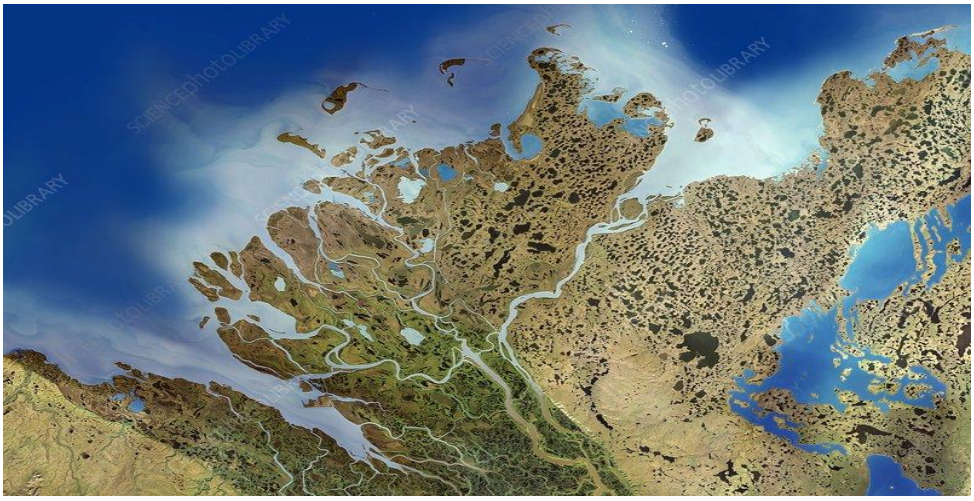
**١٠-الدلتا Delta:** الدلتاوات مناطق رسوبية طموية تقع عند مصبات الانهار محاطة بتفرعات النهر التي تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو المكان الذي ينتهي فيه النهر. واطلق عليها دلتا كونها تشبه الحرف الاغريق دلتا Δ ، ولكي تتكون دلتا يجب ان تكون هناك كمية من الرواسب تتجمع امام مصب النهر اكبر من الكمية التي تزيلها التيارات المائية والامواج . يتوقف تيار النهر عند وصوله نحو جسم مائي مستقر او قليل الحركات كأن يكون بحيرة او بحرا او محيط مما يؤدي الى القائه للقسم الاعظم من ارساباته وبسرعة . وتقسم الدلتاوات الى عدة انواع:-

**الدلتا**

**أ-الدلتاوات المقوسة** : معظم دلتاوات العالم من هذا النوع ينشأ هذا النوع من انهار لها فروع عديدة كدلتا نهر النيل والراين والهوانجو والنيجر والسند والكنج والايراوادي والميكونك والدانوب ...الخ . تتصف بان اشكالها بسيطة ومحدبة باتجاه البحر تشبه المروحة اليدوية.

**دلتا نهر النيجر**

ب–**دلتاوات المصبات** Estuarine: ترسب الانهار التي تنتهي في مصبات تتعرض الى ظاهرة الانغمار الى حد الان حمولتها بشكل طولي ضيق يتفق وشكل المصب نفسه .وتتكون هذه الدلتاوات من حواجز رسوبية غارقة او تتكون من سهل فيضي تغطيه المستنقعات ،كما في دلتا نهري مكنزي وهدسون.



دلتا نهر مكنزي

ت– **دلتاوات رجل الطير** Birds Foot: تتكون في الانهار التي تنقل كميات كبيرة من رواسب ذوات ذرات ناعمة اضافة الى كميات كبيرة من المواد الجيرية الذائبة كما في نهر المسيسبي.

**دلتا نهر المسيسبي**

ث–**الدلتاوات القرنية** Cuspate: يكون شكلها الخارجي مدبب يشبه الاسنان ومن امثلتها دلتا نهر بو ونهر التيبر في ايطاليا.

**دلتا نهر بو**

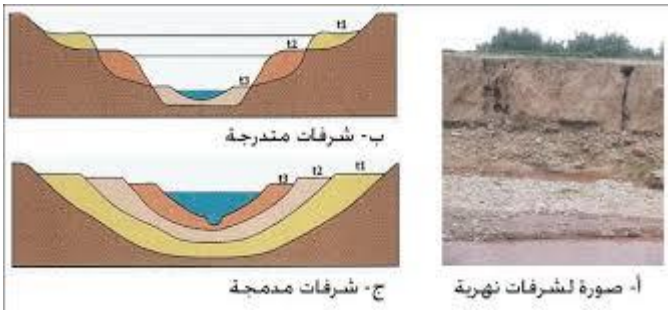
ج–**الدالات المروحية** Alluvial Fans: تعرف احيانا بالسهول المروحية او بأسم المراوح الطينية او الغرينية . وتنشأ في مناطق الانتقال بين المناطق ذات الانحدار الشديد كالسلاسل الجبلية والتلال العالية والهضاب وبين الجهات المنخفضة المجاورة لها التي تتميز بقلة درجة انحدارها كالسهول او بطون الاودية في المناخات الجافة او شبه الجافة التي تجري فيها الانهار الوقتية.

دلتا (مروحة) غرينية .

١١–**السهول التحاتية في** موقع مرتفع عن مستوى قاعدة التعرية . وهو من الاشكال الجيومورفولوجية التي ترافق مرحلة اعادة الشباب .

١٢-**الالتواءات النهرية الغائرة او العميقة:** اذ تقوم الانهار بتعميق وديانها في الالتواءات النهرية نفسها محولة اياها الى خوانق عميقة. وهو من الاشكال الجيومورفولوجية التي ترافق مرحلة اعادة الشباب .

١٣-**المصاطب النهرية** River Terraces: تتكون نتيجة لتعرض الرواسب الطموية فوق قيعان الوديان النهرية الى الازالة بواسطة التعرية اللاحقة ،اذ تقوم الانهار بالنحت العمودي فوق سهولها الفيضية مكونة سهولا فيضية اخرى تقع في مستوى اخفض من مستويات السهل الفيضي السابق وتضل بقايا ذلك المستوى السابق للسهل الفيضي السابق شاخصة على شكل زوج من المدرجات النهرية . وهو من الاشكال الجيومورفولوجية التي ترافق مرحلة اعادة الشباب .




١٤-**الوديان النهرية المعلقة** : وتوجد فوق السلاسل الجبلية الانكسارية. وهو من الاشكال الجيومورفولوجية التي ترافق مرحلة اعادة الشباب .

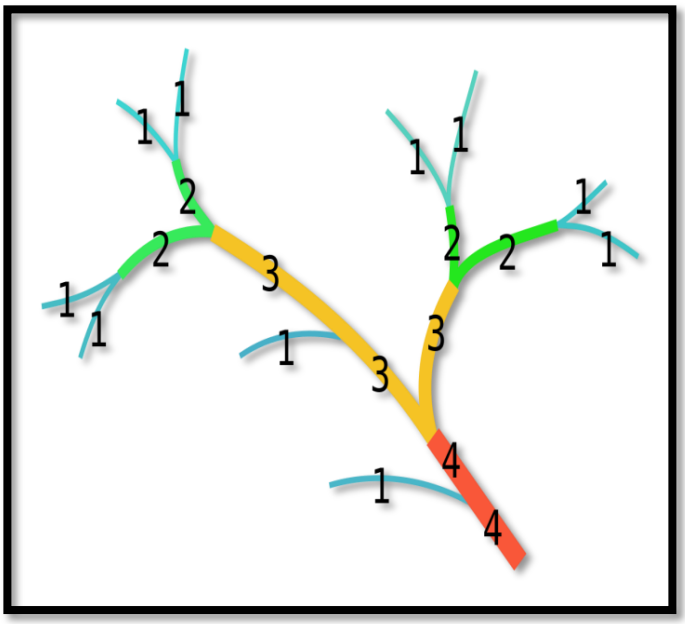
**تصنيف الانهار**

**اولا: تصنيف الانهار حسب مراتبها River Orders:** جرت عدة محاولات لتصنيف الانهار تبعا لمراتبها من تصنيف هورتون وستريلر وشريف وشايدكر ،ويعد الدليل الذي وضعه هورتون اكثر تلك المحاولات بساطة اذ قام بتصنيف الانهار الى مراتب وكالاتي:-

١- **انهار المرتبة الاولى:** وهي الانهار التي ليست لها رافد.

٢- **انهار المرتبة الثانية:** وهي الانهار التي تصب فيها انهار المرتبة الاولى.

٣- **انهار المرتبة الثالثة:** وهي الانهار التي تصب فيها انهار المرتبة **الثانية** . وهكذا لبقية المراتب التي تأتي بشكل متسلسل.




**شكل ( ) المراتب النهرية**

**ثانيا: تصنيف الانهار حسب نظمها :**

١-**الانهار ذات النظام البسيط:** ترتفع مناسيب النهر وتزداد كمية التصريف مرة واحدة في السنة خلال ذروة المطر او عند ذوبان الثلج في منطقة التغذية ثم تنخفض المناسيب في موسم الصيهود كما هو الحال لنهري دجلة والفرات.

٢-الانهار ذات النظام المزدوج: يظهر في الانهار التي ترتفع مناسيبها مرتان في السنة اي المناطق فيها ذروتان للمطر كما هو الحال في انهار الاقاليم الاستوائية ،وتنخفض المناسيب بين القمتين، وكذلك عند اذابة الثلوج في بداية الفصل الحار كما هو الحال بالنسبة للأنهار التي تنبع من جبال الالب.

٣-النظام المركب:يضم هذا النوع الانهار التي تكون احواضها ذات مساحات كبيرة يمكن ان تضم انواعا متباينة من الاقاليم المناخية او يشتمل على تضاريس متنوعة كما في انهار المسيسبي والدانوب.

**ثالثا: تصنيف الانهار حسب انماط تصريفها Drainage Pattern:** تأخذ شبكة التصريف النهري لأية منطقة شكلا خاصا يعرف بنمط التصريف وهو الوضع الذي تبدو فيه مجاري ووديان الانهار عندما ترسم على خريطة تلك المنطقة، وهذا ناتج من العلاقة بين نمط المناخ السائد وطبيعة التضاريس ونوعية وبنية الصخور. وتقسم الانماط النهرية الى:-

١-**نمط التصريف الشجري Dendrite:** ويرتبط بالمناطق ذات الصخور المتجانسة أفقية الامتداد أو مائلة بشكل بسيط وتضاريس واطئة قد تكون سهل أو هضبة.

٢-**نمط التصريف المستطيل (المتعامد) Rectangular:** يوجد في التكوينات الصخرية التي تتصف بكثرة الفواصل وبذلك تحاول الانهار ان تثبت امتداداتها فوق الفواصل وهذا ينعكس على شكل التصريف اذ تلتقي الانهار مع بعضها بزاوية قائمة تقريبا.

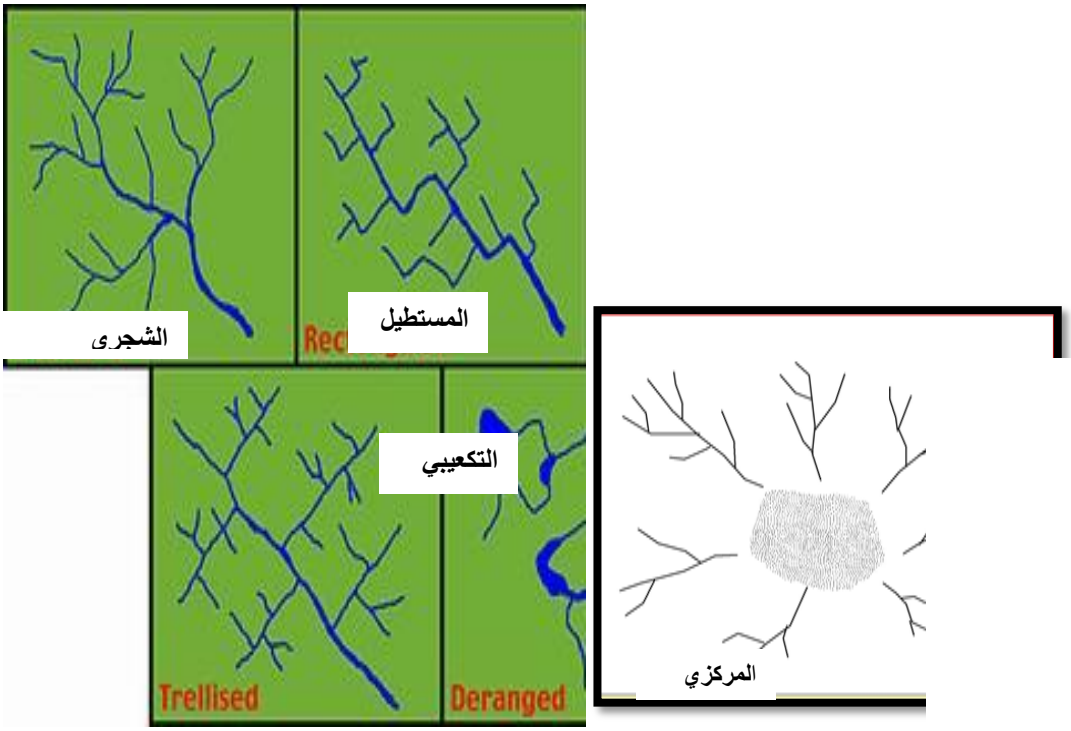
٣-**نمط التصريف التكعيبي Trellis:** يتمثل هذا النمط فوق المناطق ذات البنيات الالتوائية التي تكون في مرحلة النضج من الدورة الجيومورفولوجية اذ تثبت الوديان التهرية الرئيسة فوق المناطق الصخرية اللينة تتصل بها روافد عدة بشكل متعامد ومتوافق مع اتجاه الميل الاصلي للصخور.

**٤-نمط التصريف المدور Annular:** يرتبط فوق الجهات ذات البنيات القبابية في مرحلة النضج من الدورة الجيومورفولوجية ،اذ تتعاقب الطبقات الصخرية التي تكون مختلفة في درجة الصلابة وتحيط كلها بالمركز الذي يتكون من صخور نارية متبلورة، اذ تثبت الانهار الرئيسة وديانها فوق مناطق الصخور اللينة الدائرية الامتداد وتلتقي بها روافد تتبع من الحافات المرتفعة التي تمثل الصخور الاكثر صلابة.

**٥-نمط التصريف الشعاعي Radial:** يتمثل هذا النمط فوق انواع مختلفة من التضاريس اذ يظهر فوق المخاريط البركانية وفوق القباب التي تكون من مرحلة الشباب وكذلك على الدلتاوات المروحية وتتباعد خطوط التصريف عن بعضها كلما ابتعدنا عن نقطة مركزية مرتفعة.

**رابعا: تصنيف الانهار حسب نشأتها:** يعتمد هذا التصنيف على طبيعة العلاقة بين الانهار وميل الطبقات الصخرية التي تجري عليها وتقسم الى:-

١-**الانهار التابعة Consequent River:** وهي الانهار التي تتبع في جريانها الميل الاصلي للصخور في الاقليم ومعظم الانهار هي من هذا النوع .




٢-**الانهار التالية Subsequent River:** يطلق عليها انهار المضارب لأن امتدادها العام يكون مع اتجاه المضارب الصخرية.

***المضربStrike:** يطلق هذا المصطلح عندما تكون الصخور ليست افقية في امتدادها ويسمى بخط الظهور التي تبتعد بها الطبقات الصخرية المائلة عن مستوى سطح البحر ويكون اتجاه المضرب غالبا معاكسا لاتجاه الميل ويقاس بواسطة بوصلة خاصة.

٣-**الانهار العكسية Ob sequent River:** هي الاتهار التي تجري في اتجاه معاكس لاتجاه ميل الطبقات الصخرية الموجودة في الاقليم وتتصف وديانها بانها قصيرة وذات انحدار شديد وليست عميقة.

٤-**الانهار الحديثة Re sequent River:** هي الانهار التي تجري مع اتجاه ميل الطبقات الصخرية التي نشأت بعد نشؤ الانهار التابعة.

٥-**الانهار العشوائية:** وهي الانهار التي تجري في كل اتجاه وتصريفها يكون شجري.

**<u>التحويرات التي تتعرض لها الانهار</u>**

١-**الاسر النهري Stream Capture:** تحدث هذه الظاهرة عندما يقوم احد الانهار بالاستيلاء على جزء او جميع منابع نهر اخر موسعا بذلك مساحة حوضه على حساب حوض ذلك النهر. وتحدث هذه الظاهرة بسبب:-

أ-زيادة الانحدار بالنسبة لاحد الانهار الاخرى يعقبه زيادة سرعة في جريان ذلك وبالتالي زيادة تعميق واديه وبالتالي تتصرف المياه فيه من النهر الواقع اعلى الحافة.

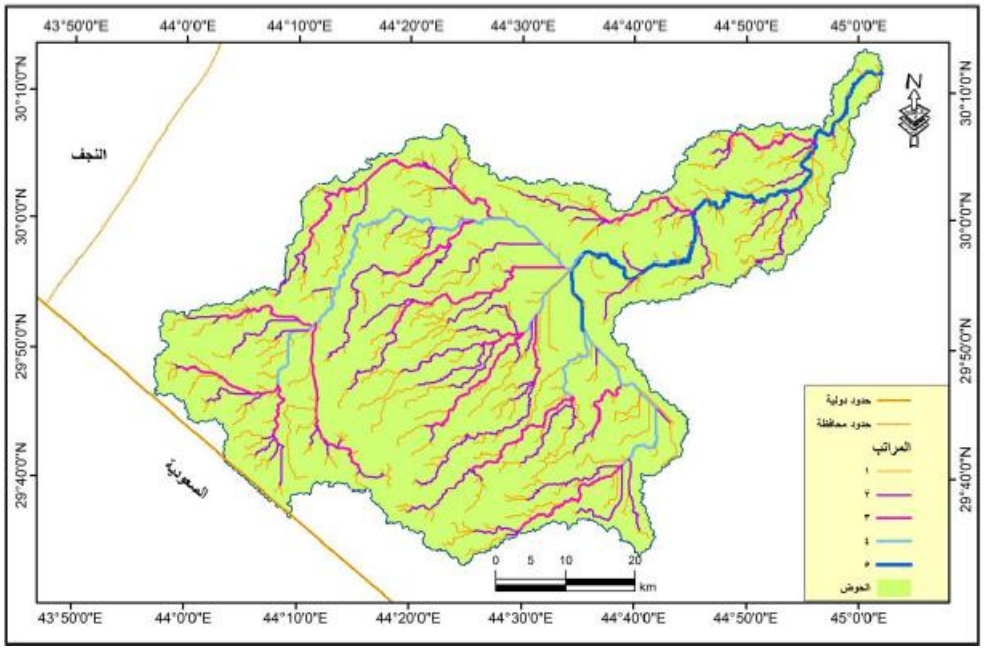
ب-تكون التكوينات الصخرية التي يجري عليها احد الانهار اقل مقاومة لعملية التعرية النهرية اما لكونها صخور هشة او مناطق ضعف مثل الانكسارات والفواصل مما يزيد من عملية النحت الرأسي للنهر وتراجعه نحو الخلف.

ت-تستلم بعض الانهار كميات اكبر من غيرها بسبب التساقط او بسبب التغذية التي تردها من المياه الباطنية وبذلك تزداد عملية النحت التراجعي لذلك النهر.

ث-توسيع وتغير مواقع الالتواءات النهرية الامر الذي يؤدي الى اتصال مجاري احد الانهار بمجرى نهر اخر.

٢-**الانهار والوديان الغارقة:** تعد من اكثر انواع المصبات شيوعا اذ يؤدي غرق تلك الوديان الى توغل الماء خلالها وبقاءه محصورا بين جوانب الوادي النهري، وتوجد هذه الظاهرة في العروض المعتدلة بسبب زيادة التصريف المائي وقلة كمية الرواسب ومثال ذلك نهر هدسن الذي تعرض لعملية غرق لمسافة ٢٤٠كم وخلجان تشزبك بسبب تعرض هذه المنطقة الى عملية هبوط للمناطق الساحلية مما ادى الى توغل مياه المحيط باتجاه المجاري النهرية التي تصب فيه واغراقها، وكذلك الحال بالنسبة للفيوردات بتأثير التعرية الجليدية.

٣-**الانهار المحجوزة:** تحتجز مياه الكثير من المجاري النهرية الموجودة في الاقاليم الجبلية بواسطة الانزلاقات الارضية التي تؤدي الى تكوين سداد تحصر المياه خلفها بشكل بحيرات كما هو الحال لنهر النيل في منطقة السدود جنوب السودان بسبب تراكم النباتات داخل مجراه.




**شكل ( ) شبكة الصرف والمراتب النهرية في حوض وادي العكراوي في بادية محافظة المثنى**

**:العمليات الجيومورفولوجية الريحية والاشكال الارضية الناتجة عنها**

تتمثل العمليات الجيومورفولوجية الريحية بالتعرية الريحيه والنقل والارساب الريحي والتي تسود في المناطق الصحراوية الجافة ، اذ تضافرت مجموعة من العوامل لفعالية تلك العمليات تمثلت بقلة التسلقط المطري الذي لا يزيد عن ١٠٠ملم سنويا وما ترتب عى ذلك ندرة الغطاء النباتي او انعدامه وبالتالي سيادة الجفاف بشكل عام ، وجميع ذلك يؤثر في تفكك مكونات التربة وسرعة تعرية الصخور في المناطق الصحراوية الحارة الجافة.

**خصائص عملية التعرية الريحية والاشكال الارضية الناتجة عنها**

تتم التعرية الريحية بطريقتين هما:

**اولا–التذرية الريحية (التفريغ الهوائي) Deflation:** وهي عملية التقاط وحمل الحبيبات الجافة الناشئة عن التوجيه بفعل الرياح والتي تتراوح احجامها من الرمال الخشنة الى الاتربة الدقيقة وتتراجع هذه العملية عندما تزداد الرطوبة او يتواجد الغطاء النباتي او ظهور بعض الطبقات الصخرية ،وان الرياح باستطاعتها نقل الغبار والرمال فقط وتترك المواد الاكبر حجما كالحصى وبمرور الزمن تؤدي الى تكوين ما يسمى بالسطوح الصخرية Stone Pavement وهي سطوح تتكون من بقايا صخرية حادة او مدورة كالحصى مثلا وتكونت جراء تذرية الرواسب الدقيقة كالرمل والغرين والطين وتترك الذرات الخشنة مما يساعد بمرور الزمن ان تظهر المفتتات الصخرية على السطح ،

١ــ الصحاري الصخرية وتعرف عادة بأسم صحاري الحمادة Hamada وتتألف هذه الصحاري من سطوح صخرية تنكشف فيها الصخور الاصلية عادة مع وجود بعض البقع التي تغطيها الحصى والرمال .
٢ــ الصحاري الحجرية Stony Deserts وتغطي سطوحها الحجارةالمحطمة والحصى المتنوع وتسمى عادة بصحاري الرق Reg في الجزائر والسرير في ليبيا وجمهورية مصر العربية .
٣ــ الصحاري الرملية وتعرف عادة بصحاري العرق . Erg (٢).

شكل ( ) الصحاري الصخرية ( الحمادة )–السلمان

شكل ( )الصحاري الحجرية (السرير)–السلمان

. كما ينتج عن عملية التذرية ظاهرة الاحواض المفرغة Deflation Basins لذلك تبدو عادية او تغطيها رمال تصل اعماقها الى عدة امتار وسعتها تصل الى 1كم ، كما يطلق عليها منخفضات التفريغ ومن اهم تلك المنخفضات هو **منخفض القطارة** الذي يبلغ طوله 298كم اذ قامت الرياح بتعريته الى ان وصلت به الى مستوى الماء الجوفي وتحول فيما بعد الى مستنقع ملحي.

**ثاينا-عملية البري (التآكل) Abrasion:** تتم هذه العملية عند ارتطام الحبيبات المحمولة بواسطة الرياح بالسطوح الصخرية مما يتسبب في صقلها وبمرور الزمن تتآكل وتتكون لها اوجه صغيرة وعند اتساع هذه الاوجه تؤشر حفر وخدش على سطح الكتل الصخرية. ومن ابرز الاشكال الجيومورفولوجية الناتجة بفعل عملية البري هي:-

١-**الوجه ريحيات Ventifacts:** هي حصى او قطع صخرية صغيرة تعرضت الى عملية البري بذرات الرمل الخشنة لفترة طويلة مما يؤدي الى صقل احد جوانبها المتعامد مع اتجاه الرياح ،وعندما يتغير وضع الحصوة او القطعة الصخرية لأي سبب كان او تغير اتجاه الرياح وبالتالي يتكون نتيجة الرياح المحملة بالرمال ومن خلال عملية البري ان يصقل هذا الوجه ايضا وهكذا يتحول الصخر او الحصوة الى اشكال مثلثة او رباعية او خماسية .....الخ.

٢-**الموائد الصحراوية (قصور البنات) Mesa:** عندما توجد كتل صخرية تتكون من تعاقب طبقات هشة مع طبقات صلبة ،تعمل الرياح ومن خلال عملية البري بنحت الاجزاء الهشة التي تقع اسفل الكتلة الصخرية بينما تبقى الاجزاء العلوية الصلبة دون تغيير .

شكل ( ) احدى الموائد الصخرية – الشيحيات – السلمان

٣-**الجبال المنعزلة Inselberge** : عندما تنحت الرياح الاجزاء الهشة للتكوينات الصخرية في الصحاري تقوم بخفضها ولا يبقى منها سوى الكتل الصخرية الصلبة مكونة الجبال المنفردة او المنعزلة والتي تكون قممها مستديرة ومنبسطة وجوانبها شديدة الانحدار وتكون مقوسة من الاسفل ، وهي شائعة في صحراء كلهاري وصحراء ليبيا وشبه الجزيرة العربية.

٤-**الشواهد الصخرية Butte**: تتكون نتيجة نحت الاجزاء اللينة السفلى وتبقى فقط الاجزاء العلوية الصلبة وبالتالي تبقى كتلة صلبة منفصلة مسطحة ترتكز على صخر لين اسفلها ،وتبرز عادة فوق السطح العام بنحو 30م.

**صورة () احد البيوت في منطقة خويمة –السلمان**

٥-**الزيوجين والياردنج Yardang:** يتكون الزيوجين في المناطق التي تتألف من طبقات صخرية افقية صلبة متعاقبة فوق اخرى لينة وينتج عن احتكاك الرياح في الصخور السفلى اللينة تكوين تجاويف جانبية عظمى في الصخور وباستمرار تآكل الصخور اللينة تبقى اجزاء من الصخور الصلبة العلوية على شكل راس المطرقة ويتراوح ارتفاع الغطاءات الصلبة بين 50-150قدم فوق منسوب الارض المجاورة. اما الياردنج يظهر في المناطق الجافة اذ توجد صخور صلبة ممتدة موازية لصخور لينة بوضع رأسي وبذلك تبدو الصخور الصلبة على شكل حافات شامخة ترتفع لنحو 20م بعدما تم نحت الصخور اللينة وباتت تشبه الاضلاع.

٦-**الثقوب او كهوف الرياح Wind Caves:** وينتج هذا الشكل نتيجة تباين التركيب الصخري في الطبقات التي تتعرض لفعل احتكاك الرياح المحملة بالرمال فلا يتساوى مدى فعل الرياح على طول كل جزء من اسطح الصخور ،بل تتجوف وتتعمق الاجزاء الرخوة اللينة من الصخور وتبدو على شكل حفر او ثقوب جوفية في الصخور بينما تبقى اجزاء الصخر على شكل فواصل واعمدة تفصل بين هذه التجاويف.

شكل ( ) ثقوب (كهوف) الرياح – وادي الكصير –السلمان

**خصائص عملية النقل بالرياح**

تستطع الرياح ان تنقل حمولتها بثلاث طرق هي:-

١-**عن طريق القفز Saltation:** اذ تتحرك معظم الحبيبات بهذه الطريقة فوق سطح الارض وتعتمد استمرارية عملية القفز على سرعة الرياح اي انها تتطلب سرعة لا تقل عن 16كم/ساعه ،ولكن حتى اشد الرياح لا يمكنها حمل ذرات الرمل اكثر من بضعة امتار فوق سطح الارض بهذه الطريقة لان الذرات تتصادم مع بعضها البعض اثناء حملها وعلى اثر ذلك تعمل على خفض طاقة الرياح وبالتالي ترسبها. ويمكن ان تتسبب الرياح المستمرة والقوية في تحريك غيوم منخفضة مؤلفة من الرمال القافزة فوق مستوى سطح الارض تعرف بالعواصف الرملية Sand Storm التي تكون محدودة الارتفاع.

٢-**الحمولة العالقة Suspended Load**: تتألف الحمولة العالقة في الرياح اساسا من جزيئات الطمى والصلصال التي تبلغ اقطارها اقل من 0.06 ملم وهي اخف من ذرات الرمل. وذرات الطمى والصلصال هي الاخرى تواجه الرياح صعوبة في نقلها كون هذه الذرات تمتص كميات من الرطوبة والمياه مما يجعلها اكثر تماسكا فضلا عن طريقة رصها المتقاربة ، ولغرض تحريكها يتطلب ذلك زخم معين من تيارات هوائية قوية . وعندما تحمل هذه الذرات الناعمة والعالقة في الهواء سوف تبقى معلقة في الجو لعدة ساعات او ايام واحيانا لعدة اسابيع.

٣-**الزحف Creep**: يتم نقل الرواسب بهذه الطريقة بنسبة 25% ويشمل ذلك الرواسب التي تتراوح احجامها بين 0.5-2ملم (رمل خشن Coarse Sand) وتزحف الرمال على السطح اما عن طريق تدحرجها او نتيجة تصادمها مع حبيبات الرمل المتساقطة على السطح . وبشكل عام تصنف الحمولة الريحية الى صنفين هما **الغبار** ويتمثل بجميع الرواسب التي تقل اقطار ذراتها عن 0.06 ملم ، **والرمال** التي تزيد اقطار ذراتها عن ذلك.

**الارساب الريحي والاشكال الناتجة عنه**

يحدث الارساب الريحي في اي مكان تضعف فيه قدرة الرياح على النقل وتتمثل ابرز مظاهره بما يلي :-

١-**تراكم الغبار وتكوين اللويس Loess**: هو الطمى غير الطباقي اذ تختلط معه رمال دقيقة وصلصال بحيث تتراوح الوان هذه التربة من اللون القهوائي الاحمر الى الاصفر الرمادي المصحوبة ببعض المعادن مثل الكوارتز والفلسبار والكاربونات. وحبيباتها غير مستديرة وغير مرصوصة بصورة منتظمة لذا تتصف بمساميتها العالية . وترب اللويس التي تم نقلها بواسطة الرياح هي في الاساس تكونت في المناطق المتاخمة للجليد والذي تأثرت به بشكل غير مباشر وهذه التربة تتصف بكونها خصبة. وتنتشر في شرق اسيا خصوصا في الصين وفي اوربا تنتشر على شكل شريط يمتد من ساحل بريتاني عبر حوض باريس وجنوب بلجيكا الى وسط وجنوب المانيا ثم سيليزيا وبوهيميا وجنوب المجر ورومانيا الى جنوب روسيا ،وفي امريكا الشمالية نجدها في ولايات الينوي وأيوا ونبراسكا وكنساس وميسوري.

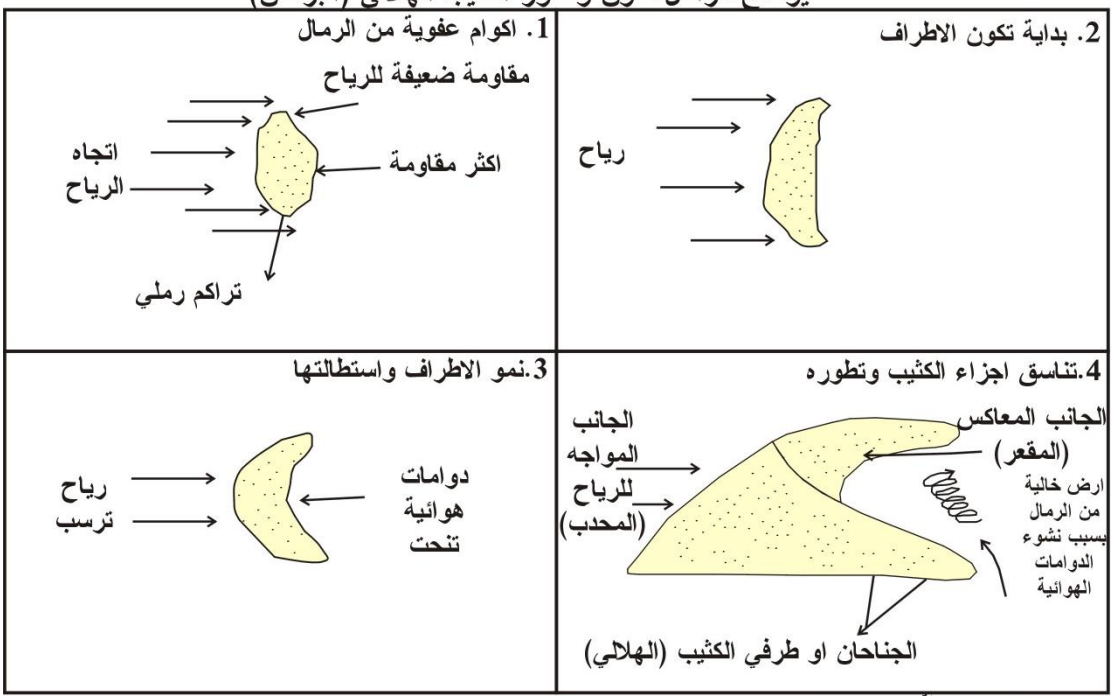
٢-**الكثبان الرملية Sand dune**: هي الظاهرة الاكثر انتشارا او شيوعا من بقية الترسبات الرملية في المناطق الجافة .**والكثيب الرملي** هو رمال متحركة ليست لها علاقة بشكل الارض او المصدات الثابتة الموضوعة في مسار هبوب الرياح. يتكون الكثيب الرملي من سطح مواجه الرياح يكون متدرج الانحدار ويكون مع الارض بزاوية $10^{\circ} - 15^{\circ}$ ،والقمة هي اعلى جزء من الكثيب الرملي ،وسفح يقع في ظل الرياح ويكون شديد الانحدار ويكون مع الارض زاوية تتراوح بين $20^{\circ} - 35^{\circ}$ ، ويتراوح ارتفاع الكثبان الرملية بين 3-100 م وتتكون على شكل مجموعات تاخذ مسافات متساوية بين كثيب واخر ونادرا ما نجد كثيبا منفردا. وتتحرك الرمال باتجاه قمة الكثيب التي تعتمد اساسا على سرعة الرياح، وحجم الذرات الرملية المنقولة ، ودرجة تصنيفها ، فضلا عن عوامل اخرى .ثم تبدأ بالهبوط على الوجه الاخر المعروف بجهة الانزلاق امام الكثيب باتجاه حركة الرياح لذلك ينتقل الكثيب المهاجر من مكان الى اخر ،وتقدر المسافة التي ينتقل فيها الكثيب سنويا 50 م.

اشكال الكثبان الرملية

١-**كثبان الساحل Beach Dune**: وهي روابي مختلفة الحجوم تجاور السواحل وتغطي النباتات القسم الداخلي منها.

٢-**البرخان** Barchans Dune: هو كثيب ذو شكل هلالي تتجه حافتيه باتجاه هبوب الرياح ويتكون في الصحاري ذات السطح الصلب المنبسط وتكون الرياح ثابتة الاتجاه وكمية محددة من الرمال يتراوح ارتفاعها بين 1- 30 قدم .

**يوضح مراحل تكون وتطور الكثيب الهلالي (البرخان)**




كثيب هلالي في قضاء الخضر

٣-**الكثبان المستعرضة** Transverse dune: هي الكثبان التي تكون بشكل حواجز متعرجة وعرضية على اتجاه الرياح وتوجد في المناطق ذات الرمال الكثيرة وقلة الكثافة النباتية وتتدرج في بعض المناطق نحو شكل البرخان.

٤-**الكثبان بشكل حرف U** U- shaped dune (القطع المكافئ): وتتخذ شكلا معاكسا للكثبان الهلالية اذ تكون فتحتها بالاتجاه الذي تهب منه الرياح وتتكون بعضها نتيجة لتجمع الرمال على الجانب المعاكس لهبوب الرياح والحافات الجانبية لكثبان قديمة معرضة الى عملية نقل قوية.

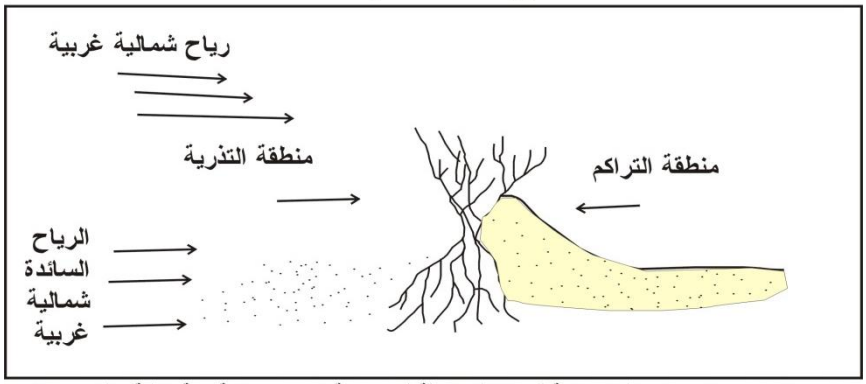
٥-**الكثبان الطولية** Longitudinal dune: كثيب طويل مستقيم بشكل حاجز موازي لحركة اتجاه الرياح يصل ارتفاعه الى 100م وطوله 100 كم ويوجد في الصحاري قليلة الرمال ورياحها قوية متغيرة الاتجاه ولكنها عموما باتجاه واحد.

**شكل ( ) حزام الكثبان الطولية الممتد بالتوازي مع ايمن نهر العطشان في مدخل المملحة- قضاء السماوة**

٦- **الكثبان النباك (Shrub-Coppice Dunes):.**

وهي تجمع من الرمال المتراكمة حول النباتات او الشجيرات الصحراوية، تعمل هذه النباتات بوصفها كحاجز يعترض حركة الرياح المحملة بالمفتتات الرسوبية فتؤدي الى ترسيب حمولتها حول هذه الشجيرات او النباتات مكونة شكلاً مثلثاً يشير رأسه الى اتجاه منصرف الرياح، والشكل (٢-٤) يوضح تكوين كثبان النبكة.

شكل ( ) يوضح كيفية تكرين كثبان النباك في قضاء السلمان




**صورة () كثبان النباك الناتجة عن ترسيب الريح في مصب وادي الكصير -السلمان.**

**العمل الجيومورفولوجي للمياه الجوفية والاشكال الارضية الناتجة عنها**

**المياه الجوفية Ground Water** هي المياه الموجودة تحت سطح الارض والمخزونة في مسام الصخور المختلفة دون سطح اليابس وتسمى المياه الباطنية او المياه التحت الارضية او الجوفية.

**مصادر المياه الجوفية**

تتعدد مصادر المياه الجوية وعلى اثر ذلك يمكن تصنيف المياه الجوفية بحسب مصادرها

١-ميا ه جوفية عذبة : مصدرها مياه الامطار الساقطة او مياه الثلوج المذابة التي تعرف باسم المياه الجوية.

٢-مياه جوفية عذبة او معدنية: قد تختزن بالطبقات الصخرية المسامية تبعا لتجمع بعض المياه الساخنة المنبثقة اثناء حدوث الثورانات البركانية وتعرف بمياه الصهير Magmatic Water.

٣-مياه جوفية مالحة: وهي المياه الجوفية المتسربة من البحار والمحيطات الى اليابس المجاور تبعا لميل الطبقات الصخرية بعكس اتجاه انحدار الشاطئ وتعرف بالمياه المحيطية او البحرية.

٤-مياه جوفية عذبة او مالحة: ترجع نشأتها باختزانها بالصخور الرسوبية اثناء عملية تكوين الصخور نفسها وتسمى بالمياه المتخلفة.

٥-مياه جوفية عذبة قد تتسرب من مياه المجاري النهرية خصوصا اذا كانت تجري فوق صخور عظيمة المسامية ومنفذة للمياه.

وبشكل عام توجد المياه الجوفية في صخور لها مسامية ونفاذية عاليتان وتعرف تلك الصخور بالصخور الخازنة .اما التركيب العام المكون من هذه الصخور الخازنة والذي يحتوي على كمية محدودة من المياه الجوفية يطلق عليه **مكمن المياه الجوفية** Ground Water Reservoir.

**حركة المياه الجوفية**

المياه الجوفية دائمة الحركة والانتشار في صخور القشرة الارضية ، وتتجه في كثير من الاحيان ناحية البحر ،ولكن قد يتغير اتجاهها نتيجة تأثير الميل العام للطبقات والبنيات الجيولوجية المختلفة كالطيات والصدوع والفواصل فضلا عن بعض صفات الصخور الحاملة للمياه . وتتوقف حركة المياه الجوفية وانتشارها في الصخور على عوامل عدة اهمها:-

١-**مسامية الصخور** : الصخور المسامية هي التي تحتوي على فراغات وفجوات بين حبيباتها ويعبر عن مسامية الصخور بالنسبة المئوية لحجم الفراغات الى الحجم الكلي للصخر. مسامية الصخر $\frac{\text{حجم الفراغات الموجود في الصخر}}{\text{الحجم الكلي للصخر}}$ *100 . وتعتمد مسامية الصخور على عوامل عدة : **(جدول ص ٣٦٤)**

أ-**درجة فرز حجم الحبيبات:** كلما كانت احجام الحبيبات المكونة للصخر جيدة الفرز تكون حبيباته متقاربة في الحجم ويكون اكثر مسامية من الصخر رديء الفرز الذي تكون حبيباته متباينة الحجم اذ تقوم الحبيبات الصغيرة بملئ الفراغات البينية الموجودة بين الحبيبات الكبيرة.

ب-**شكل الحبيبات:** الحبيبات المكونة للصخر الكاملة الاستدارة اكثر مسامية من الحبيبات ذات الزوايا، لان الزوايا الحادة في الحبيبات تتداخل في بعضها البعض مما يقلل من مسامية الصخر،.

ت-**طريقة رص الحبيبات:** اذا كانت طريقة رص الحبيبات مكعبية تسمى مفتوحة تحتوي على مسامية 47%، اما الرص المعيني او المغلق يحتوي على مسامية 36% ،وتعتمد طريقة الرص على مقدار الضغط الذي تعرضت له الصخور بعد ترسيبها.

ث-درجة تماسك الصخر: اذا كانت الحبيبات متماسكة مع بعضها البعض نتيجة ترسيب بعض المواد اللاحمة مثل اكاسيد الحديد او السيلكا او غيرها من المواد مما يقلل من مسامية الصخر.

٢-**نفاذية الصخور Permeability:** هي قدرة الصخور على امرار الماء بين حبيباتها والسرعة التي يجري بها الماء في المسام وتقل النفاذية بصغر الحبيبات ومن امثلة الصخور المسامية النفاذة الحجر الرملي ،اما الصخور المسامية غير النفاذة مثل الطين والطفل . وتحسب سرعة نفاذية الماء الجوفي حسب قانون دراسي $V = \frac{Kh}{l}$ . حيث V=سرعة الماء الجوفي م /يوم ، K= معامل النفاذية ، h= فرق الضغط بين نقطتي التحرك ، l = المسافة بين نقطتي التحرك. (جدول ص٣٦٦)ت

٣-**درجة حرارة المياه الجوفية:** كلما زادت درجة حرارة المياه الجوفية كلما زادت حركتها وانتشارها.

٤-**الانحدار الهيدروليكي (فرق علو الضغط):** هو الفرق في الارتفاع بين السطح الهيدروستاتيكي (مستوى الماء الجوفي) وبين السطح المائل للصخور (في حالة الطبقات المائلة) ويتوقف الانحدار الهيدروليكي على سرعة تحرك الماء.

**انطقه وجود المياه الجوفية**

١-**نطاق التهوية Zone of Aeration** او منطقة عدم التشبع (نطاق الماء الجوفي الجائم): اذ تحتوي الرسوبيات في هذا النطاق كمية قليلة من الماء المختلط بالهواء ، ويضم هذا النطاق ثلاثة انطقة ثانوية تتمثل بنطاق رطوبة التربة الذي يتصف بكونه دائم الرطوبة نتيجة تبلله بمياه الامطار ولا يوجد هذا النطاق في المناخات الجافة ، ونطاق متوسط تزداد فيه الرطوبة في النطاقات الرطبة وجاف في المناطق الجافه، ونطاق تركيز الماء المتصاعد نتيجة للخاصية الشعرية ويكون هذا النطاق فوق مستوى الماء الجوفي مباشرة.

٢-**نطاق التشبع الدائم Zone of Saturation:** هو المنطقة التي يوجد فيها الماء الجوفي الذي يملأ تماما الفجوات في الصخور النفاذة ، ويمكن تمييز نطاقين في المناطق التي تتسم بتغيرات موسمية واضحة في كمية المياه المتساقطة عليها ضمن هذا النطاق هما نطاق التشبع الموسمي ويمكن ملاحظة ان الابار المحفورة خلال هذا النطاق والتي لا تصل الى النطاق الاسفل تجف بصورة موسمية ، ونطاق التشبع الدائم تكون الابار المحفورة دائما مملؤة بالماء.

**مكامن المياه الجوفية :**

١-**مكمن الماء الجوفي الحر:** ينتشر في المناطق الغزيرة الامطار او المناطق التي تزود المياه الجوفية من خلال تسرب مياه الانهار.

٢-**مكمن الماء الجوفي الجاثم:** ينتشر في نطاق التهوية في مستويات اعلى من مستوى الماء الجوفي.

٣-**مكمن الماء الجوفي المحصور:** وهي مكامن تتكون من طبقات نفاذة محددة من اسفلها ومن اعلاها بطبقات غير نفاذة.

٤-مكمن الماء الجوفي الحفري (غير المتجدد): وتقع على اعماق كبيرة بضعة مئات الامتار والمياه في هذا المكمن تراكمت عبر العصور الجيولوجية المختلفة.

**العمل الجيومورفولوجي للمياه الجوفية**

ويتجلى من خلال :-

**اولا: النشاط الكيميائي للمياه الجوفية** : ويتم من خلال:-

١-**الذوبان Solution:** تذيب المياه الجوفية الكثير من المعادن والصخور لا سيما اذا كانت تحتوي على $CO_2$ وتستمد المياه الجوفية حمولتها اما من الرواسب السطحية كالتربة او من الصخور تحت التربة لا سيما الصخور الجيرية والدولمايتية . وينتج عن العمل الاذابي للمياه الجوفية الاشكال التالية:-

أ-**خطوط الذوبان Stylolite's:** هي خطوط متعرجة تظهر داخل صخور الكاربونات لا سيما في المناطق التي تنعم بأمطار غزيرة واحيانا تكون هذه الخطوط شديدة التعرج.

ب-**احواض الذوبان او البالوعات Sinks** وتنشا في صخور الكاربونات لا سيما تلك التي تحتوي على فواصل كثيرة، اذ تقوم المياه بتوسيع تلك الفواصل وتتخذ شكلا يشبه القمع ثم تتحول الى كهوف او مغارات تحت سطح الارض وعندما تتسع تلك الكهوف قد يؤدي الامر في النهاية الى انهيار اسقفها التي لم تذوب بعد وتتكون حينئذ احواض الذوبان.

٢-**الاحلال Replacement:** هو ترسيب احدى المواد المعدنية التي تحملها المياه الجوفية محل المادة العضوية التي تتكون منها البقايا النباتية او الحيوانية المدفونة في الرسوبيات او محل بعض المواد المعدنية المكونة لصخر معين. ومن ابرز الامثلة على ذلك تحويل بقايا الاشجار في الازمنة الجيولوجية الغابرة الى مادة السليكا وعندما تتخلل المياه الجوفية السيليكية الصخور مدة طويلة مما يؤدي الى ازالة لمادة الخشبية وترسب بدلا عنها السليكا فتتحول هذه البقايا الى اخشاب متحجرة.

٣-**الترسيب:** تسمى المياه الجوفية مشبعة عندما تكون قد اذابت من الصخور كل ما يمكنها حمله من معادن ذائبة ويسبب في هذه الحالة اي تغير بسيط في ظروفها الفيزيائية او الكيميائية ترسب بعض حمولتها . ويحدد الترسيب في المياه الجوفية نتيجة لفقدان غاز ثاني اوكسيد الكاربون الذي يرسب كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم وانخفاض درجة الحرارة وبالتالي تترسب المركبات التي تزيد درجة ذوبانها في المياه الدافئة، والتبخر الذي يؤدي الى ترسيب كل المواد الموجودة في المحلول، والتفاعل المتبادل بين محاليل تحتوي على مواد وايونات تكون رواسب عند اقترابها بعضها ببعض.

**ثانيا: النشاط الميكانيكي للمياه الجوفية**

وياتي بالاهمية بعد النشاط الكيميائي للمياه الجوفية وتتجلى صوره في ان المياه الجوفية تساعد على تسهيل فعل الجاذبية بعكس الانحدارات اذ ان المواد الصخرية المبللة تكتسب زاوية استقرار اقل من زاوية استقرار المواد الجافة .فضلا عن فعل المياه الجوفية في احداث الانهيارات الارضية عندما توجد بعض الطبقات المسامية كالحجر الرملي مرتكزة على سطح منحدر ثم تتشبع بالمياه الجوفية شيئا فشيئا فتنزلق على السطح نتيجة التزايد المستمر في وزنها مما يساعد حدوث الانهيارات ان تكون هذه الصخور مرتكزة في الاصل على صخور طينية ،اذ ان الطين عندما يبتل يعمل كسطح زلق يسهل عملية الانزلاق.

**الاشكال الناتجة عن عمل المياه الجوفية**

**١- العيون المائية:**

**٢- الينابيع المائية Springs:** تتكون عند**ما** تنبثق المياه الجوفية من الطبقات الحاوية للمياه او من خزاناتها الجوفية انبثاقا طبيعيا دون تدخل الانسان . وهناك عدة انواع من الينابيع هي:

أ-ينابيع الوديان : تظهر عندما يتقابل مستوى الماء الجوفي مع سطح الارض في الوديان ويكون موسميا نتيجة ارتفاع منسوب المياه الجوفية بزيادة الامطار .

**ب**-ينابيع الطبقات : تظهر اذا اعترضت المياه الجوفية طبقة غير مسامية وغير منفذة كالطين تبرز عند سطح الارض وبهذه الحالة تخرج المياه على شكل ينبوع او عدة ينابيع في المستوى الذي تلتقي فيه الطبقة المنفذة الحاملة للماء والطبقة غير المنفذة.

**ت**-ينابيع القواطع :تظهر نتيجة لاعتراض القواطع النارية سريان المياه الجوفية اذ يعمل القاطع كسد غير منفذ، وتتحرك المياه الجوفية في موازاته الى اعلى في هيئة ينبوع.

**ث**-ينابيع الصدوع: عندما تتسبب الصدوع في وجود طبقة غير منفذة للمياه امام الطبقة الحاملة للمياه الجوفية فان ذلك يؤدي الى تدفق المياه من مستوى الصدع .

**٣- النافورات الحارة Geysers:** تندفع المياه الحارة من الشقوق الأرضية في بعض المناطق على فترات متقطعة أو باستمرار، وغالبًا ما تحتوي هذه المياه الحارة على أملاح ومواد ذائبة مثل أملاح الكبريت. وتنشأ هذه النافورات الحارة نتيجة لتسرب المياه إلى أعماق بعيدة في جوف الأرض حيث تكون درجة الحرارة مرتفعة. وتندفع المياه الجوفية الساخنة بسبب الضغط الذي ينشأ نتيجة الغازات وبخار الماء عبر الشقوق إلى أعلى سطح الأرض بحيث يصل ارتفاعها أحيانًا إلى أكثر من ٨٠ مترًا. وتشتهر أيسلنده بوجود نحو مائة نافورة حارة تستغل مياهها في تدفئة المنازل عن طريق أنابيب وفي أغراض شتى. ومن أشهر نافورات أيسلندا نافورة "غيزر" geyser بالقرب من بركان هكلا Heckla .

٤-الاشكال الكارستية: وهي اشكال ناتجة بفعل المياه الجوفية واطلق عليها تسمية كارست Karst نسبة الى اقليم كارست في جمهورية يوغسلافيا السابقة اذ تنتشر هذه الاشكال الجيومورفولوجية في هذا الاقليم وقد استمد الباحثون منها هذه التسمية. واهم العوامل التي تساعد على تكوين الكارست هي عظم سمك الطبقات الجيرية او الجيرية المغنيسية او الدولومايت ، وعظم مسامية الصخور واتساع الفراغات بين حبيباتها، اضافة الى تأثر الصخور بفعل الشقوق والفواصل والفوالق التي سرعان ما تتسع فتحاتها بفعل التجوية الكيميائية. وابرزتلك الاشكال هي:-

أ- **البالوعات (الحفر الغائرة) Sink:** تم شرحها بالفقرة( اولا ب) وهي بشكل عام تقسم الى نوعين هما **بالوعات الاذابة** :وتسمى كذلك البالوعات المستديرة Doline وتتكون نتيجة الحفر ببطء تبعا لفعل عمليات تحلل الصخور السفلية واتساع فتحات الشقوق الصخرية مما ينجم عن هبوط الطبقة العليا من السطح وتبدو على شكل منخفض شبه مروحي. **والبالوعات الانهيارية Collapse** تحدث نتيجة انهيار الصخور الجيرية السطحية وقد تلتحم بالوعتان مع بعضهما لتعرضهما للانهيار ومن ثم تتكون بالبالوعات المركبة. اما اذا كانت عمليات الهبوط شديدة وتحدث بشكل مستمر تتكون الاودية الطولية الجيرية.

- **التقطيع الجيري Bogas:** عندما تتسرب مياه الامطار الى جوف الصخور الجيرية السميكة ينجم عن ذلك حدوث عمليات تحلل وذوبان لمقدار كبير من المواد الجيرية ،وتساعد هذه العملية على توالي فتحات الشقوق والفواصل اذا انتشرت في الاقاليم الجيرية مما يؤدي الى شدة التضرس تبعا لتقطع الكتل الصخرية بواسطة الفتحات الواسعة للشقوق.

- **المجاري الغائرة:** وهي ناتجة من البالوعات والاودية الجيرية فعندما تغور مياه نهر صغير في احدى البالوعات قد يظهر جزء منها فوق السطح بينما يختفي الجزء الاخر تحت السطح الا انه قد يظهر فوق السطح مرة اخرى اذا كان قريب الى مستوى سطح الارض وتتكون بهذه الطريقة المجاري الغائرة او المفقودة ، اما **الاودية العمياء** يقصد بها تلك المجاري السطحية التي تجف مياهها تبعا لتغلغلها في جوف الصخر وتحولها الى مجاري جوفية.

- **الكهوف:** هي ممرات طبيعية عظيمة الاتساع تمتد تحت سطح الارض في جوف الصخور الجيرية العظيمة السمك وقد تمتد هذه الكهوف في جوف الصخور الجيرية على شكل فجوات او فتحات ذات امتداد افقي او عمودي ، ومن العوامل التي تساعد على نشأة الكهوف هي تركيب صخور المنطقة من صخور جيرية عظيمة السمك تتميز بنقائها وتجانسها ، وسهولة تحلل معادن الصخر بفعل الاذابة. ومن اهم الاشكال الموجودة داخل الكهوف هي **ممرات الكهوف:** تكون على نوعين فهناك ممرات تتبع الشقوق وممرات تتبع الحدود الفاصلة بين الطبقات. ورواسب الغرين الجيري ومن اهمها رواسب النترات متمثلة برواسب نترات الصوديوم والبوتاسيوم بكميات كبيرة في ارضية الكهف وجوانبه .**و الاعمدة الصاعدة Stalagmitesوالنازلة Stalactite:** عندما تتسرب المياه المشبعة بالجير من اسقف الكهوف تفقد عادة جزءا كبيرا من غاز ثاني اوكسيد الكاربون لذا تبقى كربونات الجير على هيئة بلورات تتزايد حجما بالتدريج الى ان تكون عمودا من اعلى الى اسفل يسمى العمود النازل ، وتبعا لسقوط المياه المشبعة بالجير فوق ارضية الكهف ثم تتبخر المياه وبالتالي تتجمع كربونات الكالسيوم على شكل اعمدة جيرية تغرس قاعدتها في ارضية الكهف بينما يشير طرفها العلوي صوب سقف الكهف يطلق عليها الاعمدة الصاعدة. فضلا عن **المياه الجيرية (الترافرتين) Travertine** وهي مياه مشبعة بالرواسب والتكوينات الجيرية وتشغل اجزاءا واسعة من ارضية الكهف وتختلف المياه الجيرية بحسب التكوينات والشوائب المختلطة بها فاذا زادت فيها نسبة اوكسيد الحديد يكون لون الارسابات الجيرية حمراء او صفراء اللون، اما اذا ارتفعت نسبة المنغنيز يكون لونها اسود غامق .