# مقرر

# الجيولوجيا العامة BGS114 (G)

## الفرقة الاولي برنامج التعليم الاعدادي والثانوي

## شعبة علوم بيولوجية


**د. محمود علي جاب الله**

**مدرس الجيوفيزياء**

**قسم الجيولوجيا - كلية العلوم – جامعة جنوب الوادي**


**2025-2024**

**المحتوي**

**الفصل الاول**


**1.1- مقدمة .....2**

**1.2 اهمية علم الجيولوجيا .....2**

**1.3 مجال وتقسيمات علم الجيولوجيا.....3**

**1.3- أصل الارض (النظريات المفسرة لنشأة الارض).....11**


**الفصل الثاني**


**2.1 التركيب البنائي للكرة الارضية (التركيب الداخلي للارض).....17**

**2.2 – الاقسام الرئيسية للارض (اغلفة الارض).....21**

**2.3 نظرية الايزوستاسي .....26**

**2.4 نظرية الانجراف القاري .....28**

**2.5 نظرية تكتونية الالواح.....37**


**الفصل الثالث**


**3.1- العوامل الداخلية المؤثرة في الشقرة الارضية (البراكين) .....47**

**3.2- العوامل الداخلية المؤثرة في القشرة الارضية (الزلازل).....58**

**3.3 – العوامل الخارجية المؤثرة في القشر الارضية..... 66**


**الفصل الرابع**


**4.1- البنيات والتراكيب التكتونية.....88**


**الفصل الخامس**


**5.1- الخرائط الطبوغرافية.....100**

**15- المراجع.....121**

# الفصل الأول
# مقدمة في علم الجيولوجيا
# نشأة الارض

## 1.1- مقدمة

علم الجيولوجيا هو العلم الذي يبحث في أصل الارض وعلاقتها بالكون , ومكوناتها, وشكلها , وتاريخها , العوامل, والحوادث , والتغيرات التي عاثرت نشأتها ولعبت دورا اساسيا في تشكلها بالصورة الحالية.

الجيولوجيا هي كلمة معربة من المصطلح الاغريقي Geology والتي يشير فيها المقطع Geo الي "جيو" وتعني الارض بينما يشير المقطع logy الي "لوجيا" وتعني العلم

وقد اختص علم الجيولوجيا من البداية بدراسة المواد الصلبة غير العضوية والطبيعية, وهذه المواد تشكل القشرة الارضية وهو ذلك الغلاف الصلب الذي نعيش عليه ولا يتجاوز سمكه بضع كيلومترات . وقد اقتصر علم الجيولوجيا على دراسة الجزء العلوي من هذه القشرة الارضية. وركز بداية على دراسة مكونات القشرة الارضية وتراكيبها الجيولوجية. وفيما بعد تبين ان فهم تطور هذه التراكيب الجيولوجية مرتبط بامرين هما أ- فهم تطور الكائنات الحية علي سطح الارض من خلال دراسة الاحافير (الحفريات) , ب- فهم العمليات ( خارجية وداخلية) التي تساعد على تشكيل التراكيب الجيولوجية.

## 1.2- اهمية دراسة الجيولوجيا

- البحث عن مصادر الطاقة كالبترول .....
- البحث والتنقيب عن الخامات المعدنية المختلفة كالذهب ..
- البحث عن مصادر المياه الجوفية (استكشاف خزانات المياه الجوفية كمصدر للري والشرب)...
- تحديد مدي صلاحية المواقع المختارة لانشاء المشاريع الهندسية العملاقة كالجسور .....
- تحديد اماكن المواد الاولية اللازمة للبناء مثل الرمل والحصي والحجر الجيري والرخام
- تحديد اماكن تواجد المواد الداخلة في الصناعات الكيميائية التي تدخل في صناعة بعض العقاقير والادوية والاسمدة كالكبريت والكالسيوم والصوديوم وغيرها ....

- دراسة الكوارث الطبيعية ومعرفة اسبابها وطرق الوقاية منها وكيفية الحد من اثارها السلبية ....

## 1.3- مجال وتقسيمات علم الجيولوجيا

أ – الجيولوجيا الفيزيائية ( الطبيعية )

يهتم هذا القسم بدراسة طبيعة وخواص وتوزيع المواد المكونة للارض – والطرق التي ساعدت على تكوين تلك المواد واسلوب تغيرها وطرق نقلها وكذلك العوامل الجيولوجية التي تسبب تغير سطح الارض

ب – الجيولوجيا التاريخية

يشمل هذه العلم دراسة أصل الارض وما عليها من كائنات وتطورها كما يشمل على التغيرات التي طرأت على سطح الارض من ناحية توزيع المياه واليابسة منذ نشأت الارض منذ ما يقرب من 4.6 بليون سنة وحتى الان.

فروع الجيولوجيا

مع تقدم البحث في علوم عامة تعمق العلماء في دراسة الجيولوجيا . وبدأ يضيق الاختصاص في نواحي معينة منه, وكانت من نتيجة ذلك ان تفرعت الجيولوجيا الي فروع مختلفة حيث يهتم كل فرغ بدراسات مختلفة عن الافرع الاخري. ومنها

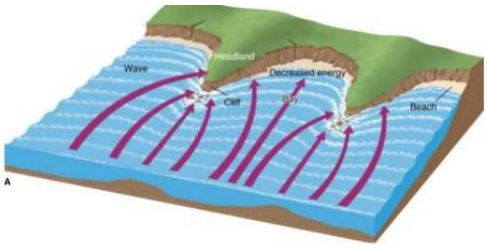
الجيولوجيا الكونية

هو العلم الذي يهتم بدراسة التسلسل الزمني للكون ودراسة أصل الكون ومكوناته, وكيف تشكل وكيف تطور, وديناميكية اتساعه وما هو مستقبله , وتختص الجيولوجيا الكونية باصل الارض وعلاقتها بالاجرام السماوية وطبيعة تكوين هذه الاجرام ومقارنة ذلك بطبيعة تكوين الارض.

شكل 1 يوضح الاجرام السماوية

علم الجيولوجيا الطبيعية

العلم الذي يهتم بدراسة العوامل الطبيعية التي اثرت وما زالت تؤثر في القشرة الارضية , والتي شكلت ولا زالت تؤثر في تشكل تضاريس الكتلة الصلبة للارض حتى اصبحت ما هي عليه الان وما يمكن ان تؤول اليه في المستقبل. دراسة العوامل الخارجية والداخلية التي تؤدي الي تكوين الظواهر الطبيعية الجيولوجية.



قوس تكون نتيجة اختراق الأمواج لرؤوس بحرية

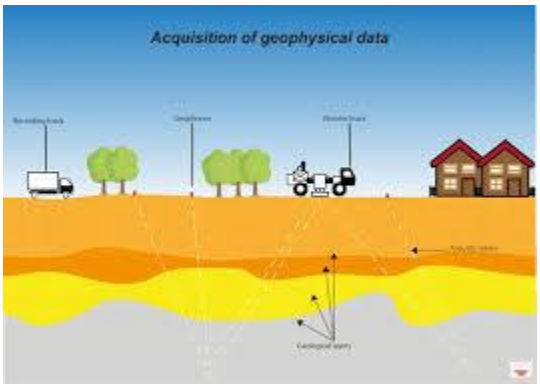
شكل 2 اشكال مختلفة لبعض الظواهر الجيولوجية

علم الجيوكيمياء

دراسة العناصر الكيميائية المكونة للارض وتوزيعها وكيفية هجرتها الي اماكن جديدة وكذلك التأثيرات الكيميائية للمياه والغلاف الجوي .

علم الجيوفيزياء

يشمل تطبيق النظريات الفيزيائية والرياضية في دراسة باطن الارض – معناطيسية




شكل 3 مسح  جيوفيزيائي

علم البلورات

دراسة الشكل الخارجي للبلورات- التنظيم الذري الداخلي لبلورات المعادن ويمكن اعتباره جزء من علم المعادن.

شكل 4 انظمة بلورية

علم المعادن

يهتم دراسة المعادن المختلفة من حيث التركيب الكيميائي – الخواص الطبيعية والكيميائية لها وظروف تكوينها وتقسيمها

شكل 5 امثلة لبعض المعادن

علم الصخور

دراسة الصخور والتي هي تجمعات معدنية مختلفة لذلك يهتم هذا العلم بدراسة التركيب المعدني والكيميائي للصخور المختلفة وخواصها وعلاقتها ببعضها والتغيرات التي تحدث لها بمرور الوقت واصل تكوينها والظروف التي تتحكم فيها

شكل 6 امثلة لبعض الصخور

علم الطبقات

دراسة طبقات الصخور الرسوبية وتتابعاتها وتصنيفها وتاريخ وظروف تكوينها ومضاهاة هذه الصخور

شكل 7 يوضح الطبقات الرسوبية

علم الحفريات

دراسة بقايا الكائنات الحية القديمة في مختلف العصور الجيولوجية القديمة سواء كانت حيوانية او نباتية وبناء على ذلك يقسم ذلك العلم الي علم الحفريات الحيوانية وعلم الحفريات النباتية – دراسة البيئات القديمة والمناخ

شكل 8 مثال لاحد لحفريات

علم الرسوبيات

دراسة العوامل المسببة للصخور الرسوبية من ضمنها منشأ الصخور ونقلها وترسيب المواد المكونة لها وتغيرها اثناء وبعد ترسيبها وحين تصلبها

شكل 9 يوضح تكون الصخور الرسوبية

علم جيولوجيا المياه

ينقسم الي قسمين علم المياه السطحية وعلم المياه الجوفية فيدرس الاول كمية الامطار وتوزيعها ومياه الانهار والمحيطات  اما الاخر فيختص بالمياه الجوفة الموجودة تحت سطح الارض ويهتم بدراسة خزانات المياه الجوفية من حيث طرق اكتشافها وتقييمها بغرض الاستفادة منها

شكل 10 دورة المياه

علم الجيومورفولوجيا

دراسة الشكل العام للارض وتضاريسها من ناحية منشأها وتطورها

شكل 11 شكل جيومورفولي

علم الجيولوجيا التركيبية

دراسة شكل وتنظيم البنية الداخلية للصخور وتشوها – تعتم على العمل الميداني لها اهمية في جيولوجيا المياه والنفط

شكل 12 تراكيب جيولوجية محتلفة

علم الجيولوجيا الهندسية

استخدام المعلومات الجيولوجية لتقييم مدي صلاحية الموقع بغرض اقامة المشاريع الهندسية عليها كاقامة المدن

شكل 13 مشروع هندسي

علم جيولوجيا التعدين

استخدام وتطبيق المعلومات الجيولوجية في استخراج الخامات الاقتصادية

شكل 14 منجم ذهب

علم جيولوجيا البترول

دراسة الطرق المحتلفة للبحث والتنقيب على البترول

شكل 15 طرق استخراج البترول

علم الجيولوجيا الاقتصادية

دراسة طرق استكشاف المعادن والخامات ذات الاهمية وتقييمها ومعالجتها ويمكن اعتبار جيولوجيا المياه والبترول جزء منها

شكل 16 خامات اقتصادية

## 1.3- أصل الارض وعمرها (النظريات المفسرة لنشأة الارض)

من التساؤلات المهمة التي شغلت الاذهان هو السؤال لمتعلق بأصل الكون وقد ظهرت الكثير من الافكار والاراء بعضها يعد اساطير والبعض الاخر أصبح افكار غير واقعية وبعضها نظريات مقبولة.

النظرية الحديثة التي تفسر أصل الكون والتي لاقت رواجا كبيرا بين العلماء هي نظرية الانفجار الكبير او العظيم وهي التي تفسر أصل المجموعة الشمسية والنظرية السيديمية تعد جزءا منها.

يعد الانفجار العظيم حادث كوني وقع قبل 15 بليون سنة عندما كان الكون كله مضغوطا في جزئ ذري بشكل نقطة واحدة أطلق عليها العلماء اسم الذرة البدائية اي ان الكون كان عبارة عن طاقة خالصة.

وتفترض النظرية انه قبل 15 بليون سنة وقع انفجارا هائلا في ذرة بدائية كانت تحتوي مجموع المادة والطاقة وفي اللحظات الاولي للانفجار ارتفعت درجة الحرارة بشكل هائل حيث خلقت فيها اجزاء الذرات ومن هذه الاجزاء خلقت الذرات مثل الهليوم والهيدروجين , ومن هذه الذرات تألف الغبار الكوني الذي نشأت منه المجرات فيما بعد ثم تكونت النجوم والكواكب ولازالت تتكون , وفي غضون ذلك لا زال الكون في حالة تمدد وتوسع

منذ بداية الانفجار بدأ الكون في التوسع وقد طرح العلماء ثلاث احتمالات لطبيعة توسع الكون ( نماذج) وهي

1- نموذج الكون المفتوح : يتوقع فيه العلماء انه الكون سيستمر في التوسع الي مالانهاية وذلك بافتراض استمرار قوة الدفع للخارج بمعدل أقوي من قوي الجاذبية التي تشد الكون للداخل في اتجاه مركزه .

2- نموذج الكون المغلق : ويتوقع فيه العلماء ان الكون ستتباطئ سرعة توسعه مع الزمن حيث تشير الحسابات الرياضية ان معدل تمدد الكون في بدايته كان اعلي من معدلاته الحالية , ومع تباطئ سرعة توسع الكون تتغلب قوي الجاذبية على قوة الدفع نحو الخارج فتندفع المجرات للداخل نحو مركز الكون بسرعة متزايدة فيبدأ الكون بالانكماش والتكدس في ذاته وتتجمع كل صور المادة والطاقة المنتشرة في ارجاء الكون حتى تتكدس ويعود الكون الي حالته الاولي (وضعه الاصلي ) وتسمي هذه العملية بعملية الانسحاق.

3- نموذج الكون المتذبذب : يتوقع فيه العلماء ان الكون سوف يبقي متذبذب بين الانسحاق والانفجار اى بين الانكماش والتمدد في دورات متتابعة، ولكنها غير متشايهة وكل مرحلة تبدأ بالتكدس على الذات ثم الانفجاروالتمدد ثم التكدس مرة اخري وهكذا.

هناك عدة نظريات او فرضيات اعطت تفسير عن نشأة الأرض ولكن لم تحظي هذه النظريات بقبول تام

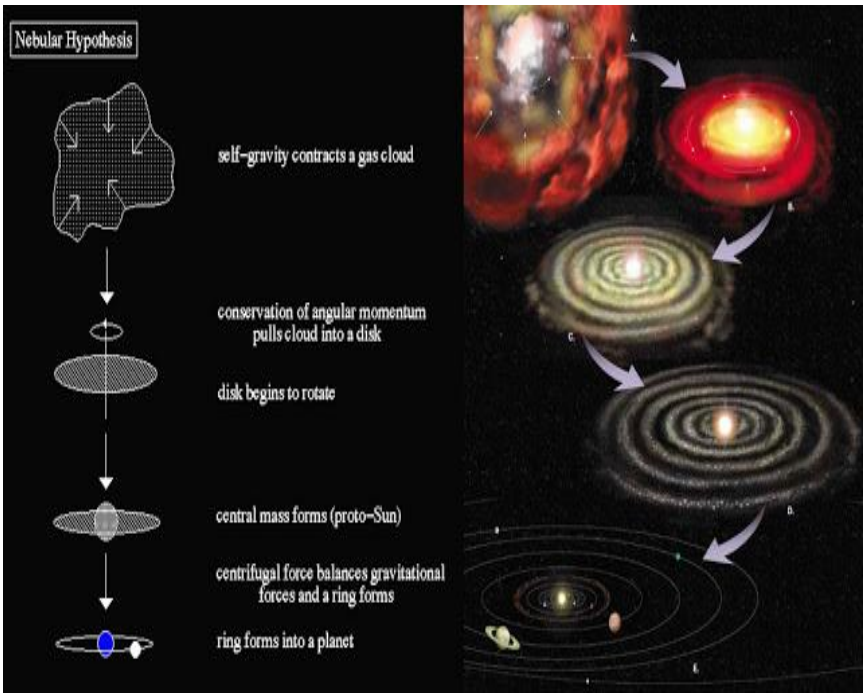
- الفرضية السيديمة
- فرضية الكويكبات
- الفرضية المادية او الغازية

<u>اولا النظرية السديمية</u>

تقول هذه الفرضية إن النظام الشمسى بدأ من سديم Nebula "سحابة غازية ضخمة قرصية الشكل" نادى بهذه الفكرة لأول مرة الفيلسوف الألمانى ايمانويل كانت 1755 Immanuel Kant. ثم أتى بعد ذلك عالم الرياضيات الفرنسى بيير لابلاس 1796Pierre Laplace فطور الفرضية وصاغها بطريقة علمية وتوصل كل منهما الى نفس الاستنتاج بالرغم من عدم علم لابلاس بعمل كانت.

افترض كلاهما أنه فى فترة من الماضى السحيق ' كان يدور فى الفضاء ببطء سديم هائل يمتد قطره الى أبعد من المدار الخارجى لأقصى كوكب من كواكبنا. وبدأ هذا السديم فى الانكماش مع تبرده المستمر وتبع ذلك زيادة سرعته الدائرية. وفى النهاية ازدادت سرعة حافة السديم حتى تغلبت القوة الطاردة المركزية على القوة التجاذبية فانفصلت حلقة من الغاز عن السديم الأصلى. واستمر انفصال الحلقات الواحدة تلو الاخرى حتى بلغ عددها عشر . تكثفت ببطء تسع منها مكونة الكواكب التسعة والحلقة الباقية لم تتكثف، ولكن انفجرت مكونة الكويكبات وتكثفت كتلة السديم مكونة الشمس.

لاقت هذه الفرضية القبول فى القرن 19 ودعمها كثير من الأدلة العلمية وقتها. لكن البحوث بينت عدم قبول هذه الفرضية وتم استبعادها فى بداية القرن 20. أهم الاعتراضات عليها ميكانيكية انفصال حلقات السديم التى تعد مستحيلة لأن سرعة دوران الشمس بطيئة بشدة بالمقارنة بسرعة دوران الكواكب. شكل 3



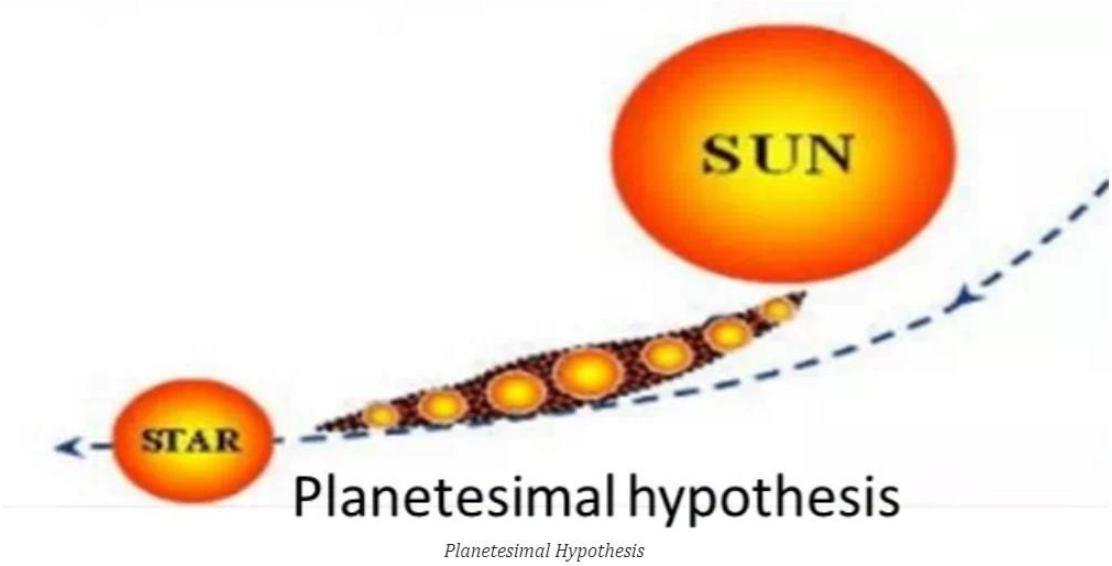

شكل 17 النظرية السديمية

ثانيا نظريات الكوكيبات

فى الماضى كانت الشمس نجماً بلا كواكب ومر نجم آخر قريباً جداً من الشمس مما أوجد قوة جذب هائلة كانت كافية لجذب كتلاً عظيمة من المادة من جانبى الشمس المتقابلين. وبعد انتزاع المادة من الشمس تبردت وتكثفت على هيئة جسيمات تسمى كويكبات Planetesimals وعملت اكبر هذه الكويكبات كنوى nuclei جذبت الكويكبات الصغيرة. وأخذت هذه الكويكبات فى الكبر تدريجياً باكتساحها الكويكبات الصغيرة التى قابلتها فى مدارها حتى وصلت الى حجمها الحالى

واتخذت مداراتها الخاصة حول الشمس. ويعتقد أن الأقمار satellites تكونت من أجزاء صغيرة من الكويكبات.

ظلت هذه الفرضية مقبولة لعدة عقود. لكن هناك اعتراضات جيولوجية وفلكية عديدة عليها مثل: تقول الفرضية أن الأرض كانت بدايتها كوكب فى الحالة الصلبة بينما معظم المعلومات تقول إن الأرض كانت أساسا فى حالة منصهرة. ثم من المشكوك فيه ان الكويكبات تجمعت نتيجة لعملية التزايد accretion لأن تصادمها فى الفضاء يحطمها.

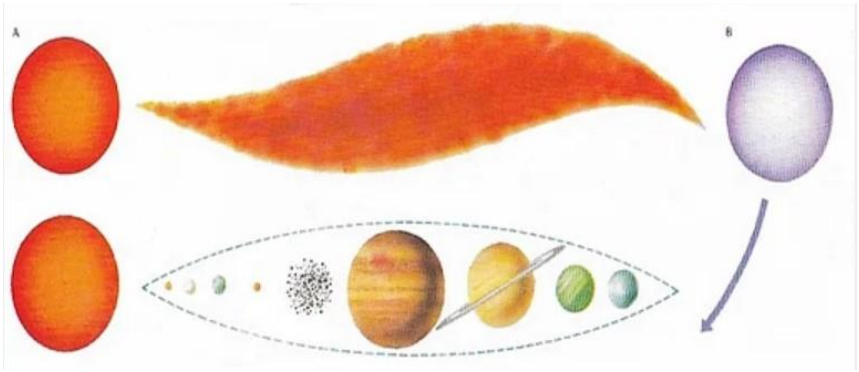



شكل 18 نظرية الكويكبات

ثالثا النظرية المدية او الغازية

تشبه فرضية الكويكبات وتفترض وجود شمس ومر بالقرب منه نجم زائر وقدم هذه الفرضية كلاً من الفلكى Sir James Jeanes والجيوفيزيائى Sir Harold Jeffreys فى محاولة للتغلب على الاعتراضات على فرضية الكويكبات. وافق كليهما وتقبلا فكرة التصادم الذي كاد أن يحدث بين الشمس ونجم آخر ٬ لكنهما اعتقدا أن المواد التى جذبت من الشمس خرجت على هيئة خيط أو

ذراع طويلة أشبه بالسيجار تتكون من غازات شمسية solar gases. ثم انفصل هذا الخيط الغازى الى وحدات أصغر تكثفت فى صورة منصهرة ثم فى النهاية أصبحت كتلاً متصلبة كونت الكواكب. ويرى علماء الفلك ان الخيوط الغازية لا يمكن أن تكون أجساماً صلبة مثل كواكبنا لأن هذه الخيوط ستتلاشى وتختفي فى الفضاء. لهذه الأسباب لم يستمر قبول هذه الفرضية طويلاً ولاقت معارضة من معظم العلماء. شكل 5



شكل 19 النظرية المادية او الغازية

# الفصل الثاني
# التركيب البنائي للكرة الارضية

## 2.1 - التركيب البنائى للكرة الارضية (التركيب الداخلى للارض)

دلت الدراسات الجيوفيزيائية والسيزمية علي ان التركيب الداخلي للارض التي يقع مركزها علي عمق 6371 كم يتكون من ثلاث طبقات اساسية هي القشرة – الوشاح – اللب . هذه الطبقات تلعب دورا هاما في مرور وانعكاس الموجات الزلزالية نظرا لاختلاف كثافة الصخور واختلاف التركيب المعدني بالاضافة اختلاف درجات الحرارة والضغط مع زيادة العمق. لفهم العمليات الداخلية – الخارجية ونظريات الالواح التكتونية وغيرها يجب معرفة تركيب الارض.

القشرة

- تمثل الجزء الخارجي الصلب . تتكون من 95 % صخور نارية ومتحولة – 5 % صخور رسوبية
- تتميز صخور القشرة الارضية بكثافتها المنخفضة والطبيعة الغير متجانسة نظرا لظروف التكوين المختلفة. وكذلك تتفاوت القشرة الارضية في سمكها حسب طبيعة الامتداد في الارض او قيعان المحياط لذلك تقسم الي

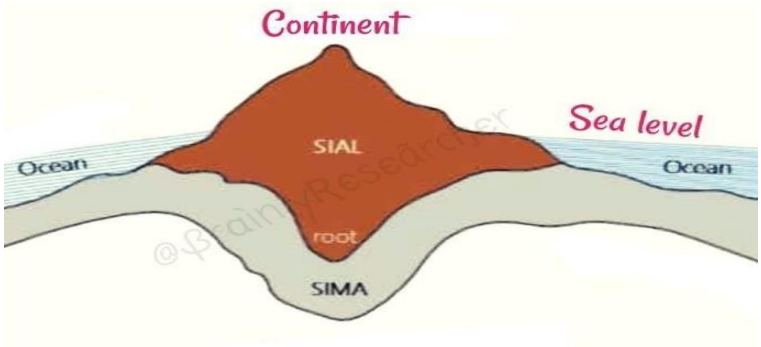
القشرة القارية

- يتراوح سمكها من 25 ل 75 كم – مكونة من صخور جرانيت (غنية بسليكات والامونيوم وبالتوسيوم والصوديم )- ومعدل كثافتها 2.7 جم\سم3- تسمي هذه الطبقة باسم سيال – توجد في الاجزاء القاسية ولا توجد في قيعان المحيطات والبحار . شكل 20

القشرة المحيطية

- سمك من 5ل 10 كم – صخور البازلت ( سليكات مغنسيوم وحديد ) معدل كثافتها 3 جم \سم3. تسمي بالطبقة سيما – توجد في قيعان البحار والمحيطات. وتتكون طبقة السيما من طبقتين مختلفتين من حيث طبيعة التطور فالطبقة العلوية متبلورة وهذه بدورها تتمركز فى طبقة غير متبلورة أى زجاجية وتعرف أيضاً بإسم السيماالزجاجية ويعتقد الباحثون عمق الطبقة الجرانيتية حوالي خمسة عشر كيلو متراً وأن عمق طبقة البازلت المتبلور

حوالي 45 خمسة واربعين كيلومتر أما طبقة البازلت غير المتبلور أوالزجاجي فإنها تمتد إلى جوف الأرض . شكل 20




شكل 20 القشرة القارية والمحيطية

- تخلو القارات من الصخور البازلتية ما عدا اماكن حدوث البراكين واماكن الضعف في القشرة الارضية التي ترتفع فيها الصهارة عبر الشقوق والفواصل الي سطح الارض.
- الاختلاف في السماكة بين صخور القشرة الارضية والمحيطية يدل على ان الجبال لها جذور تتجاوز في سمكها 4ل 5 اضعاف ارتفاع الجبال . اي ان للجبال اوتاد سميكة نتجت من سماكة القشرة الارضية حتى يحدث توازن ايزوستاسي بين مكونات القشرة الارضية وفقا لكثافتها

<u>الوشاح</u>

يقع تحت القشرة الارضية – عمقه يصل الي 2900 كم من سطح الارض – يكون 60 % من كتلة الارض – 84 %من حجمها – مكون من صخور صلبة عالية الكثافة تتراوح ما بين 5-8 جم\سم3- مكونة من سليكات حديد ومغنسيوم بصورة رئيسية بالاضافة الي الاكسجين والالومنيوم – يقسم الوشاح الي

وشاح علوي

يتكون من صخور صلبة لدنة معظمها من معادن الاوليفين والبيروكسينومعادن اخري تتبلور في درجات حرارة عالية. تتميز صخور الجزء العلوي من الوشاح في حالة شبه سائلة في منطقة تسمي الاسينوسفير نتيجة الحرارة العالية التي ترجع لوجود معادن مشعة وتعد مصطر للمجما البازلتية. نظرا للضغط الكبير الواقع عليها فان صخورها اصبحت في حالة لزجية ثقيلة القوام تنزلق عليها الصفاح التكتونية التي تحمل فوقها القارات والمحيطات مسببة ما يسمي بالزحف القاري والذي يعد احد الاسباب الرئيسئة لحدوث الزلازل في العالم .

وشاح سفلي

يشكل تقريبا نصف كتلة الارض من المحتمل ان تتكون من السليكون ومغنسيوم واكسجين مع كميات من الحديد والكالسيوم والالمونيوم وهو في حالة صلبة.

<u>اللب</u>

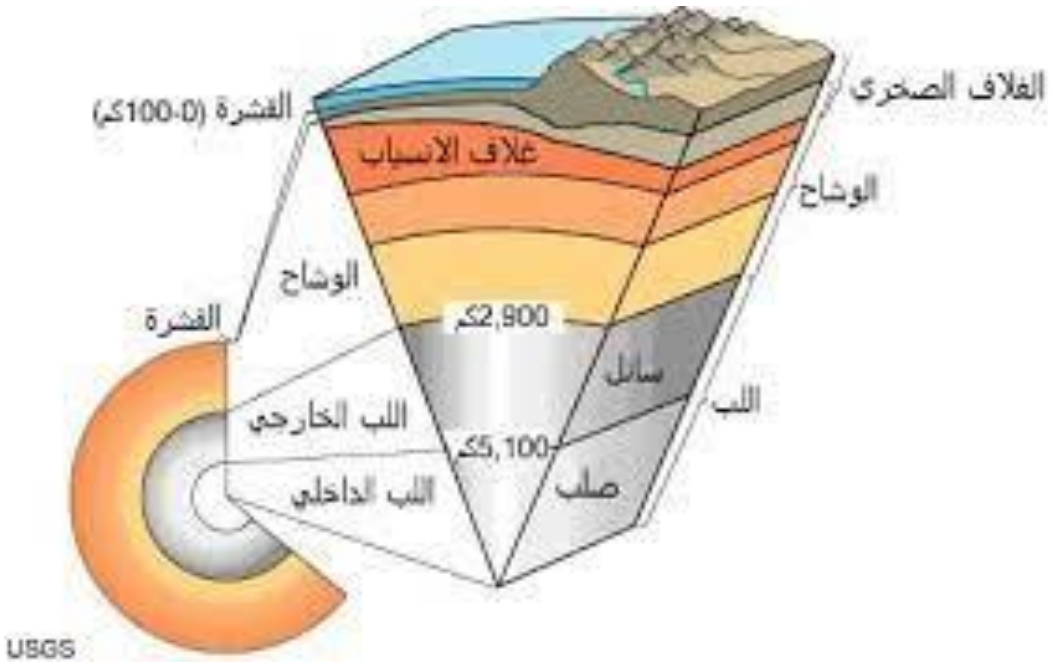
تشكل هذه الطبقة الكتلة المركزية للارض وتتكون من معادن الحديد والنيكل وسمكها حوالي 3470 كم وتنقسم الي

اللب الخارجي

سمكه 2200 كم – يصل الي عمق 5100 كم من السطح – يتكون من عنصري الحديد والنيكل في الحالة السائلة – لا تنتشر موجات القص فيه اثناء حدوث الزلالزل – كثافته 10جم\سم$^3$

اللب الداخلي

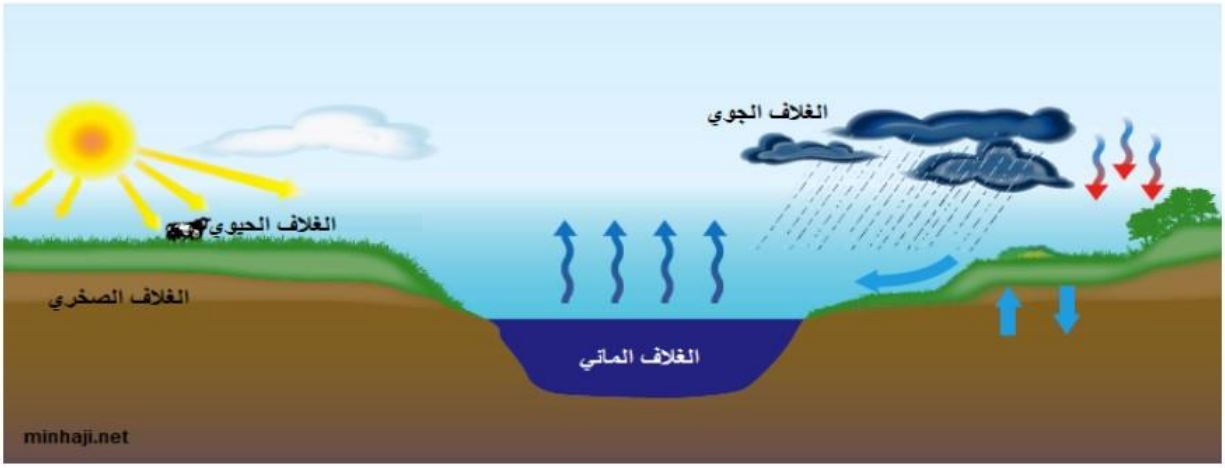
يبدا من عمق 5100 كم حتى عمق 6371 كم لذلك يكون سمكه حوالي 1270 كم يتكون من عنصري الحديد ونيكل في الحالة الصلبة نتيجة الضغط الهائل فوقها وتترواح كثافته من 14.5ل18 جم\سم$^3$ شكل 21.




شكل 21 التركيب الداخلي للارض

## 2.2 - الاقسام الرئيسية للأرض (أغلفة الأرض)

تنقسم الأرض نطاقياً إلى عدة أغلفة هي الغلاف الهوائي– الغلاف المائي – الغلاف الصخري – الغلاف الحيوي كما في شكل 22




شكل 22 اغلفة الارض

الغلاف الهوائي

- هو الغلاف الخارجى للأرض- الغلاف الهوائى يمتد الى مسافة 200 ميل من سطح البحر وربما مسافة أكبر
- يتكون من مخلوط من الغازات محملة بذرات من الأتربة بالإضافة الى كائنات حية دقيقة . الهواء الجاف يتكون من 78% نيتروجين ، 21% أكسيجين ، 0,93% آرجون ، 0,03% ثانى اكسيد الكربون بالإضافة الى كميات قليلة من الهيدروجين والنيون والهيليوم والكريبتون والأوزون والنشادر وبعض الغازات الكبريتية. الهواء الطبيعى ليس جافاً، ودائماً يحتوي على كميات متفاوتة من بخار الماء. ومن وجهة النظر الجيولوجية فإننا نجد أن الأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء والأتربة تعتبر من أهم مكونات الهواء
- وتنقسم الطبقة الهوائية على إرتفاع ثمانية أميال من سطح البحر الى عدة اقسام لكل قسم خواصه التى تختلف عن القسم الآخر ويسمى القسم الأدنى التروبوسفير والقسم الأعلى الإستراتوسفير .

- التغير فى درجات الحرارة من مكان الى مكان هو بسبب الرياح التى توجد فى طبقة التروبوسفير. التغير فى درجة الحرارة يسبب للصخور التشقق والتفتت ونجد أن الرياح ( التى ما هى إلا هواء متحرك ) تبرى وتنقل الصخور المفتتة وتخلق موجات وتيارات فى مياه المحيطات وخلال عوامل التجوية يتفاعل الهواء كيميائياً مع الصخور مكوناً مركبات جديدة

- يلعب الغلاف الهوائى دورا كبيرا في حدوث المطر والبرد وكذلك دوره فى سريان ضوء الشمس بواسطة الإنعكاسات على حبيبات الأتربة العالقة فى الهواء وفى حماية الأرض من أخطار الشهب والنيازك التى تتفتت قبل وصولها إلينا نتيجة للإحتكاك بالهواء لوقت طويل. فى النهاية نجد أن الأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء الموجود فى الغلاف الهوائى من ضرورات الوجود والحياة على سطح الأرض

الغلاف المائي

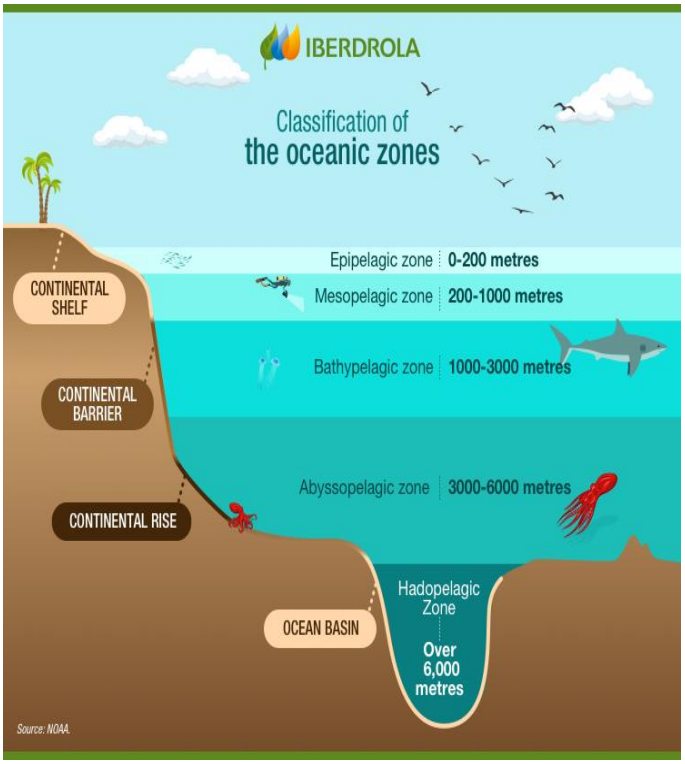
- ويمثل هذا الغلاف المياه الطبيعية بأكملها مثل مياه البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات والبرك وكذلك المياه الجوفية التى تتشرب بها صخور الأرض. وهذه المياه الطبيعية تغطى حوالى 71% من سطح الأرض. وإذا ما تصورنا أن السطح الصلب للأرض قد اصبح ممهدا ومنبسطاً بحيث تغطية مياه الغلاف المائى فإن هذه المياه يصل عمقها إلى حوالى الميلين.
- المحيط ليس مليئاً بالمياه فقط فنجد أن 2% من حجمه عبارة عن نيتروجين وأوكسجين وبعض الغازات الأخرى الذائبة، وكذلك 3% من وزن مياهه أملاحاً تتكون أًساسا من كلوريد الصوديم الذى تتم إذابته من صخور السطح الصلب للأرض. والمكونات الأخرى لمياه المحيط عبارة عن كائنات حية ورسوبيات عالقة .
- التأثير الميكانيكى للغلاف المائى على الغلاف الصخرى بسبب النظام المعقد لسريان المياه المتسبب عن عدم إنتظام الحرارة وكذلك التيارات المتسببة عن الرياح والإختلاف فى درجة الملوحة وغيرها وتحمل الأنهار والروافد كميات لاحصرلها من الصخور المتفتتة كل عام إلى المحيطات والبحار والبحيرات حيث تترسب هذه الرسوبيات مع بقايا الكائنات الحية وتتجسد على هيئة صخور رسوبية من مختلف ألأنواع. ومعظم الصخور الرسوبية التى نراها الأن فوق سطح البحر والتى نتعرف عليها بما تحتوي من حفريات الكائنات الحية البحريه قد ترسبت تحت سطح البحر وإنحسر هذا البحرعنها أو ظهرت هى فوق سطحه فتجمدت وتصلبت وظهرت فى الصوره التى هى عليها الآن. والوضع النسبى لهذه الصخور وما تحويه من بقايا الكائنات الحية يساعد كثيراً فى معرفة أعمارها وظروف الترسيب وتاريخها فى المناطق المختلفة.

الغلاف الصخري

- الغلاف المتصلب من الأرض وهو يتكون من صخور مختلفه مثل الجرانيت والبازلت والحجر الرملى والحجر الجيرى. وهذه الصخور عباره عن أجسام معقدة تتكون طبيعياً

وكيميائياً من أجسام أقل تعقيداً تسمى المعادن ومن أمثلتها الكوارتز والفلسبار والمايكا التى تكون مجتمعة الجرانيت، أو الكالسايت الذى يمثل الأساس فى تكوين بعض الصخور مثل الحجر الجيرى والرخام وهذه المعادن عبارة عن مركبات للعناصر الكيميائية المختلفة. والمعادن عباره عن أجسام طبيعية لها خواصها الطبيعية والكيميائية وتتكون فى الأرض كنتيجة لعدة أنشطة طبيعية وكيميائية دون تدخل ليد الإنسان فى هذه الأنشطة

- ومن المعروف أن قطر الأرض يبلغ حوالى 8000 ميل وسطح هذا الغلاف الصخرى غير منتظم فنجد أن إرتفاع أعلى قمه لجبل وهى قمة إفرست في جبال الهمالايا يبلغ 8840 متراً فوق سطح البحر وأقصى عمق للمحيط يوجد فى خندق الفليبين فى المحيط الهادى ويصل الى حوالى 10800 متر. ويبلغ سمك هذا الغلاف الصخرى حوالى 2900 كم عند خط ألإستواء.
- ينقسم هذه الغلاف الي عدة مستويات او افاريز شكل 8. تنحدر معظم حواف القارات تدريجيا نحو قيعان المحيطات ويطلق علي الجزء القريب من اليابسة اسم الرصيف القاري او ارف القاري وهناك جزء اكثر انحدارا من الرصيف القاري وهو الميل المنحدر القاري الذي ينتهي بقيعان الحار والمحيطات. فتلاحظ من الشكل الإفريزالقارى (continental platform) والإفريز المحيطي (oceanic) platform أو رصيف البحار العميقه كما يسمى أحياناً ونجد أيضاً الإنحدار البسيط الذى يربط بين الإفريزين والذى يسمى بالإنحدار القارى أوالمنحنى القارى Continental Slope والحد الخارجى للإفريز القارى يسمى الرف القارى Continental Shelf

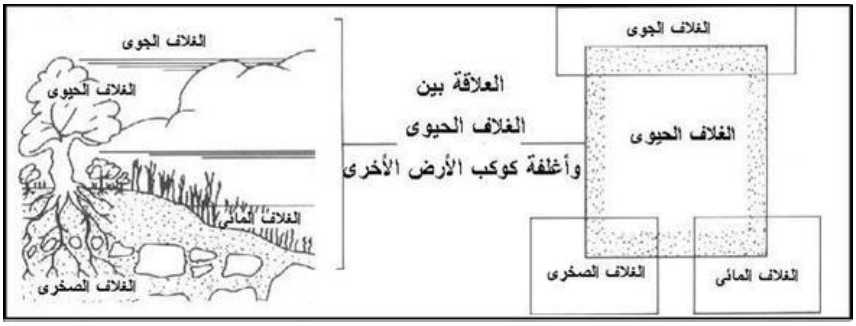



شكل 23 اقسام الغلاف الصخري او الافاريز

<u>الغلاف الحيوي</u>

- قد لا تكتمل الصورة عن مكونات الأرض دون التحدث عن ذلك الغلاف الذى تعيش فيه الكائنات الحية سواء كانت بشراً ، حيواناً أونباتاً . ويشمل هذا الغلاف معظم الغلاف المائى والغلاف الهوائى وجزء بسيط من الغلاف الصخرى التى توجد فيه الكائنات الحية. وأهمية هذا الغلاف تقتصر على التأثيرات البيولوجية والتفاعلات التى تقوم بها الكائنات الحية على القشرة الأرضية كمش في شكل 24
- يعتبر هذا الغلاف موضع الحياة العضوية من الأرض. وهو من العوامل المؤثرة فى التحولات المتباينة والتغيرات المختلفة التى تحدث فى أجزاء الأرض القريبة من السطح فالكائنات الحية تتلف وتغير الصخور والمعادن التى تكونت من قبل معطية بذلك مركبات ومعادن جديدة. وفضلاً عن ذلك فإن هذه الكائنات تعتبر المادة الأساسية فى تكوين الصخور العضوية مثل الحجر الجيرى والطباشير والفحم.

- ومما لا يقبل الشك أن نشوء العوامل المختلفة التى تزاول نشاطها على سطح الأرض وطريقة مزاولتها لهذا النشاط تعتمد أساساً على التداخلات والتفاعلات التى تنشأ بين الأغلفة




شكل 24 الغلاف الحيوي

## 2.3- نظرية الايزوستاسي

- تنص على انه عند عمق كبير داخل الكرة الارضية يعرف بعمق التعادل يحدث توازن لاجزاء القشرة المختلفة من حيث الضغوط والكثافات بالرغم من اختلاف سمكها وكثافتها .
- هناك تفسيران مختلفان لنظرية التوازن وضعهما العلماء ايري وبرات في منتصف القرن التاسع عشر.

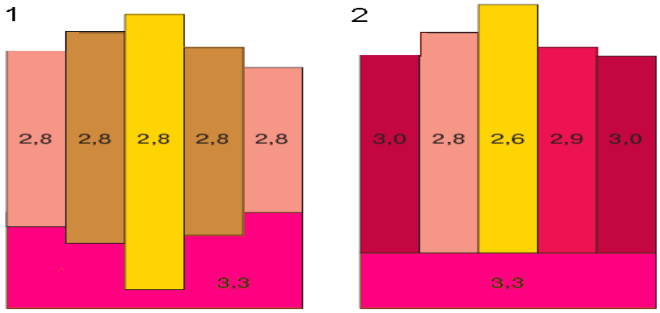
1- تفسير ايري

- طبقا لهذه التفسير فان السلاسل الجبلية التي تتكون من صخور ذات كثافة منخفضة نسبيا تطفو بشكل أكثر ارتفاعا فوق الاسينوسفير من الشرائح التي تكون قشرة المحيط الاعلي كثافة - بالاضافة الي ذلك فان القشرة القارية التي تكون الجبل تمتد في الاسينوسفير مكونة جذور يصل عمقها الي 5 ل 8 اضعاف ارتفاع الجبل الاصلي . شكل 25

2- تفسير برات

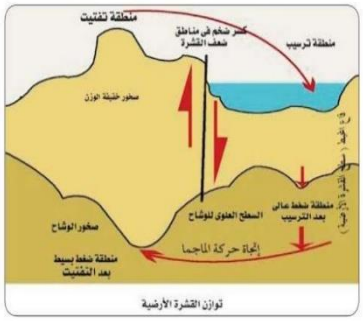
- يفترض ان الطبقة السفلية التي تطفو عليه القشرة لها نفس الكثافة، ولكن الشرائح المختلفة من قشرة الارض لها كثافات مختلفة – وافترض ان الشرائح الجبلية لها كثافة اقل من

الشرائح التي تكون قاع المحيط – وهكذا فان القشرة تمتد بنفس المستوي في الطبقة السفلية، ولكن لا توجد الجذور التي افترضها ايري




شكل 25 تفسير ايري - تفسير برات

وتفترض نظرية التوازن ان الكتل الارضية ثابتة ومتوازنة رغم النتوءات البارزة كالجبال والاعماق مثل المحيطات لذلك نجد ان عند حدوث نحت في القارات وترسيبها في المحيط فان قاع المحيط يهبط لاسفل بسبب ثقل الفتات الرسوبي المتجمع عليه وهذا يسبب ازاحة الصخور تحت القشرة فتندفع القارات الي اعلي وهذا ما يسمي باعادة التوازن الاستاتيكي . هذا النوع من الحركات الارضية هو الذي ينشأ عنه تغير وضع المحيطات والقارات في الازمة الجيولوجية ومثال علي ذلك الصحاري المصرية الكبيرة التي كانت مغطاه بمياه البحر لمسافات متباينة في الازمنة الجيولوجية الماضية نتيجة لتقدم البحر وانحساره عنه عدة مرات . من الادلة ع ذلك وجود ما يعرف بالشواطئ المرتفعة علي سواحل البحر الاحمر وهي مكونة اساسا من الشعاب المرجانية ويقدر ارتفاعاها بحوالي 30ل 50 مترا. شكل 26




شكل 26 توزان القشرة الارضية

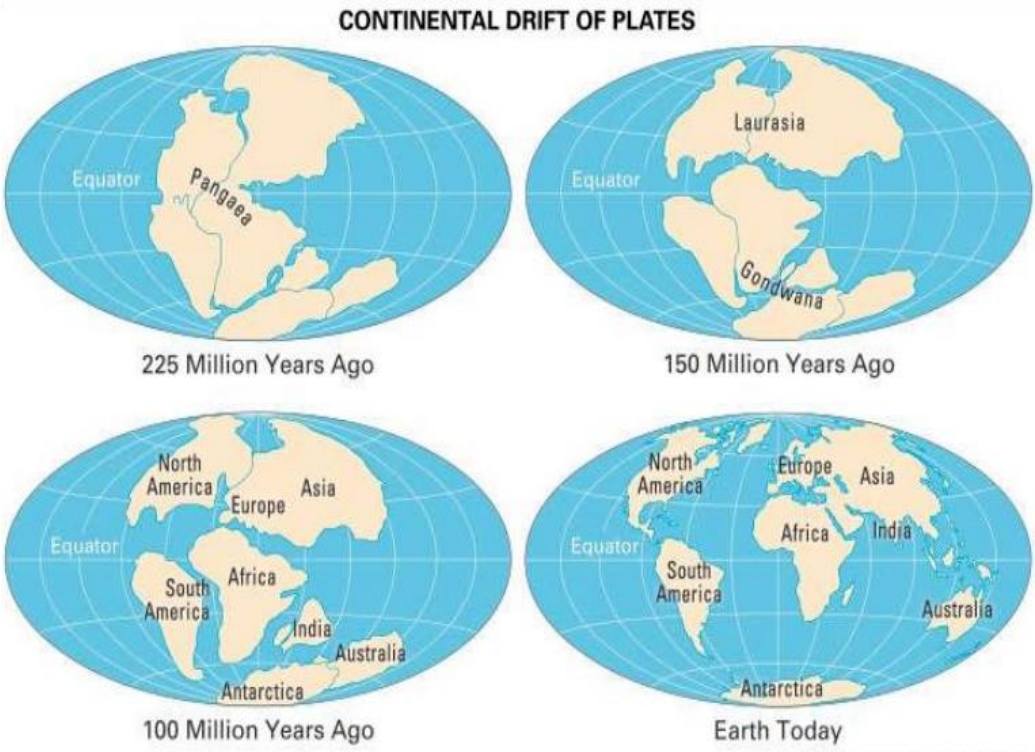
## 2.4 - نظرية الانجراف القاري

افترض الجيولوجين ان القارات كانت مستقرة وثابتة في مكانها في وقت سابق لكن في عام 1620 لاحظ السير فرانسيس بيكون ان هناك تشابها لشواطئ افريقيا وامريكا الجنوبية التي تطل علي المحيط الاطلنطي . وبعد اكثر من مائتي عام لاحظ انطونيو سنيدر تشابها بين حفريات نباتية معينة جمعها من اوربا وامريكا تتوافق مع بعضها .

في عام 1885 قدم احد الجيولوجيين النمساووين وهو ادوارد سويس فكرة تقول ان التكوينات الجيولوجية في النصف الجنوبي للكرة الارضية كان متشابهة لدرجة انه استطاع ان يوافقها مع بعضها علي شكل قارة كبيرة واحدة سماها ارض جوندوانا .

هذه الملاحظات تفترض بصورة واضحة ان القارات لم تكن في نفس مكانها الحالي . ثم جاء في عام 1912 العالم الفريد فيجنر ووضع تفسير لهذه الظاهرة مفترضا نظرية الانجراف القاري او نزوح القارات وتنص النظرية علي وجود كتلة كبيرة من اليابسة كونت قارة عملاقة اسماها بانجيا اي كل اليابسة وهي مشتقة من لفظ اغريقي ثم تهشمت القارة الام الي قطع منذ 200 مليون سنة وان هذه القطع نزحت حتي تكونت بوضعها الحالي .

علي الرغم من ان بعض العلماء لازال يؤيدون وجود البانجيا فان البعض يري ان الالتحام القاري لم يكن كاملا وفضلو افتراض وجود كتلتين كبيرتين من اليابسة الاولي لوراسيا في النصف الشمالي لكرة وكانت تتكون من اوراسيا (اسيا واوربا) وامريكا الشمالية والثانية في النصف الجنوبي جوندوانلاند كانت تتكون من امريكا الجنوبية – افريقيا – شبه الجظيرة العربية – مدغشقر – الهند- القارة القطبية . شكل 27




شكل 27 نظرية الانجراف القاري

## شواهد ودلائل حدوث الانجراف القاري

الشاهد الجغرافي

هذا واضح من التطابق الواضح بين خط الساحل الشرقي لقارة امريكا الجنوبية وخط الساحل الغربي لقارة افريقيا. والذي يدعو لتصور انهما كانتا متحدتيم ثم انفصلا بعد ذلك شكل 15.

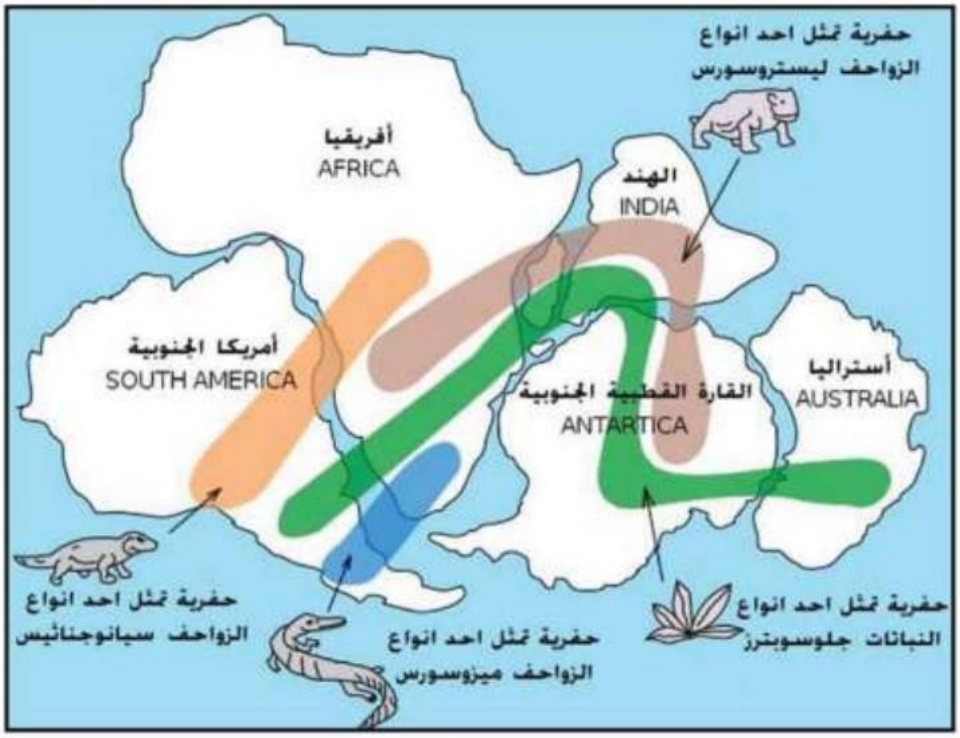
الشاهد من علم التقويم الجيولوجي

درس العلماء السمات الكيميائية والفيزيائية لصخور المحيطات والشواطئ المتقاربة ووجدو تشابها كبير بينها وبواسطة قياس الاشعاع لتقدير عمر الصخور تبينو ان الصخور في اماكن متباعدة مثل الهند واستراليا وامريكا الجنوبية يمكن ان ترتبط ببعضها علي اساس عمرها الجيولوجي .

شواهد من علم الحفريات

توجد حفريات من فلورة جلوسوبتيريس Glossopteris النباتية فى رواسب الفحم من عمر البنسلفانى (الكربونى المتأخر) والبرمى على قارات الجندوانا الخمس. وعلى الرغم من أن حبوب اللقاح واألبوغ spores تنتشر لمسافات واسعة بالرياح، إلأ أن نباتات الجلوسوبتيريس كانت تنتج حبوب لقاح كبيرة لدرجة يصعب نقلها بالرياح . وعلى فرض أن تلك الحبوب انتقلت عبر المحيطات، فإنه من المحتمل أال تبقى قادرة على الحياة والنمو فى المياه المالحة ألى فترة زمنية.

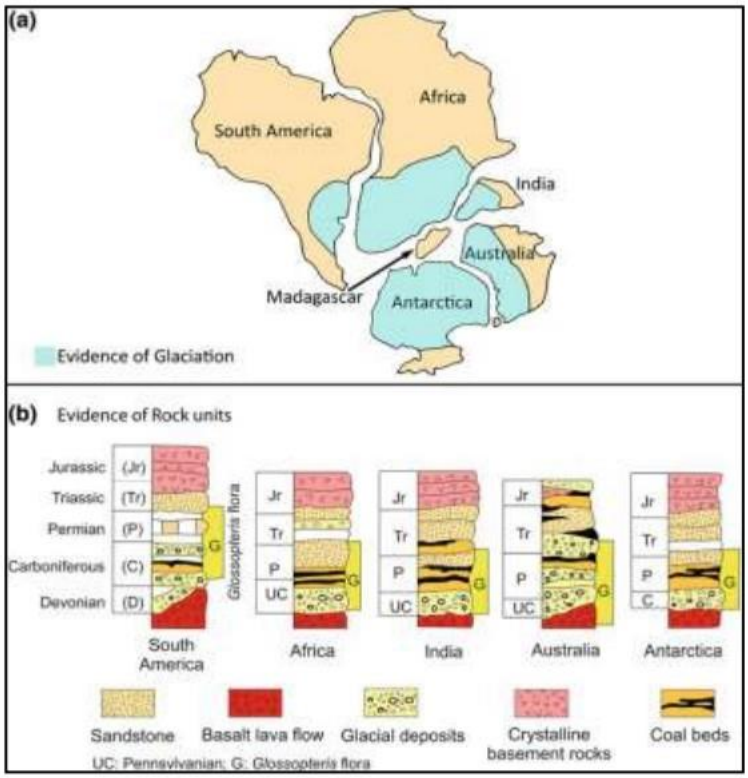
كما تقدم أيضا الحفريات الحيوانية دليلا قويا على الأنجراف القارى . ويمثل جنس ميز وسورمى Mesosaurus وهو من زواحف الماء العذب التى تتواجد حفرياتها فى صخور العصر البرمى فى مناطق محددة فى البرازيل وجنوب أفريقيا فقط ولا يوجد فى مناطق أخرى من العالم. . ونظرا لاختلأف البين فى فسيولوجية حيوانات المياه العذبة عن فسيولوجية حيوانات المياه المالحة، فإنه من الصعب تخيل كيف يعوم زاحف ماء عذب عبر المحيط الأطلنطى ليجد بيئة ماء عذب أخرى مشابهة تقريبا لبيئته الأصلية. وعلأوة على ذلك، وبافتراض أن الميزوسورس قد عبر المحيط الأطلنطى فإن بقاياه يجب أن تكون منتشرة فى صخور قاع هذا المحيط . وحيث إن قاع المحيط الأطلنطى لا يحتوى على أى بقايا للميزوسورس، فإنه من المنطقى افتراض أن الميزوسورس قد عاش فى المناطق المتقابلة حاليا من قارتى أمريكا الجنوبية وأفريقيا ، وأن هاتين القارتين كانتا متحدتين فى قارة واحدة. شكل 28




شكل 28 توزيع النباتات والزواحف متفرقة من ارض جوندوانا

<u>شواهد من اتجاه وتوزيع الجليد</u>

تلعب دوائرالعرض دورا رئيسيا في تحديد المناخ السائد ففي المناطق الاستوائية يكون المناخ ادفا عنه في المناطق القطبية. وكذلك تعكس الصخور الرسوبية الظروف المناخية السائدة في زمن ترسيبها وقد وجد بعض الرواسب الجليدية بعيدة عن الاقطاب الحالية مثل الهند وافريقيا وامريكا الجنوبية واستراليا والقارة القطبية . وذلك يوحي بان اجزاء هذه القارات كانت مغطاة بالجليد في وقت ما مما يدل علي وجودها في مناخ قطبي . شكل 29



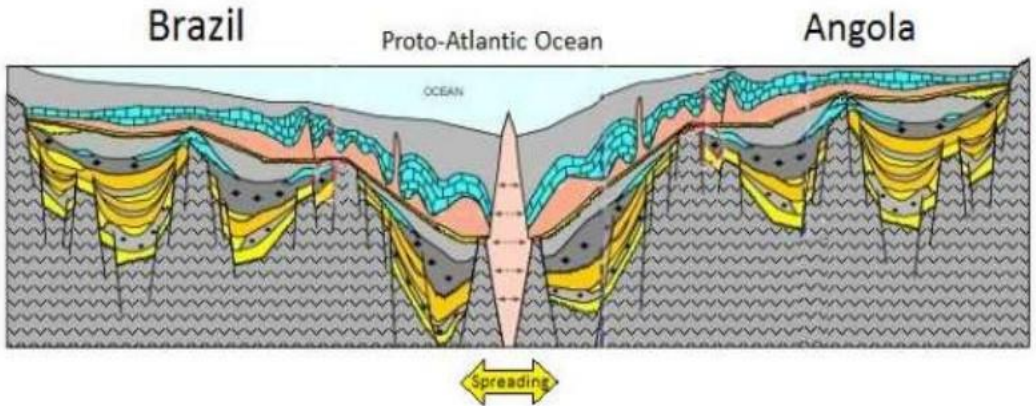

شكل 29 توزيع الرواسب الجليدية في مناطق غير قطبية حاليا

شواهد من علم المناخ القديم

توجد دلائل علي الانجراف القاري اعتمادا علي طبيعة المناخ القديم تشمل الشعب المرجانية ( وجود بحار ضحلة دافئة ) وطبقات الفحم الحجري التي تكونت من نباتات عاشت في جو حار وتوجد شعب مرجانية متحفرة ورواسب قديمة للفحم في اماكن في العالم تتميز بالبرودة الشديدة وربما شديدة الجفاف لا تسمح بوجود بشعب مرجانية او مستنقعات .

شواهد جيولوجية

علي جانبي المحيط الاطلنطي توجد العديد من المظاهر التي تنتهي بشكل مفاجي عند شواطئ احد القارات وتعاود الظهور عن القارات المقابلة . مثال علي ذلك التتابع الرسوبي المشابه بين البرازيل (امريكا) وانجولا (افريقيا) شكل 30




شكل 30 تورزيع رسوبي متشابه ف كل من قارة افريقيا وامريكا الجنوبية

المغناطيسية القديمة

لقد أتت بعض أهم الأدلة المؤيدة للانجراف القارى من دراسة المغناطيسية القديمة للأرض . فقد درس بعض الجيولوجيين فى أوائل الخمسينيات من القرن العشرين التغيرات التى حدثت فى الماضي للمجال المغناطيسى للأرض، من أجل الوصول لفهم أفضل للمجال المغناطيسى الحال. وقد أدت تلك الدراسة وكما يحدث عادة فى العلم إلي اكتشافات أخرى مهمة منها أن أحواض المحيطات هى معالم أرضية حديثة جيولوجيا، وأن القارات قد تحركت فعال فى الماضي كما اقترح فاجنر والباحثون الأخرون.

موقع القطبين المغناطيسيين للأرض يقابلان تقريبا موقع القطبين الجغرافيين للارض . وعندما تبرد الصهارة فإن المعادن الحاوية للحديد ترتب نفسها فى اتجاه المجال المغناطيسى للارض، عندما تصل تلك المعادن إلي نقطة كورى point Curie ونقطة كورى هى الحرارة التى لا يستطيع المعدن الاحتفاظ بأية مغناطيسية دائمة فوقها. هكذا يتم تسجيل كل من اتجاه وشدة المجال المغناطيسى للأرض . ويمكن استخدام تلك المعلومة فى تحديد موقع قطبى الارض المغناطيسيان وخط العرض الذى تواجد عنده الصخر أثناء تكوينه.

وقد أظهرت الدراسات التى قام بها الجيوفيزيائى رنكورن Runcorn .K.S والعاملون معه أن موقع القطب المغناطيس القديم والذي حدد من المغناطيسية القديمة فى طفوح الالبة ذات الاعمار المختلفة بأوروبا، قد تغير كثيرا . فقد وجدوا أنه خلال500 مليون سنة مضت قد تحرك القطب الشمالي من المحيط الهادي عبر شرق شمال آسيا حتى وصل إل موقعه الحالى 0 بالقرب من القطب الشمالي الجغرافى للارض . ويمكن تفسير هذا الدليل من المغناطيسية القديمة بثالث طرق:

الاول: أن قارة أوروبا بقيت ثابتة فى مكانها وأن القطب المغناطيسى الشمالى هو الذى تحرك.

والثانية : أن القطب المغناطيس الشمالى كان ثابتا وأن قارة أوروبا هى التى تحركت.

أما الطريقة الثالثة: فتفترض أن كل من قارة أوروبا والقطب الشمالى المغناطيسي قد تحركا

وعندما تم إسقاط قراءات المغناطيسية القديمة والتى قيست من طفوح اللابة عديدة مختلفة الاعمار فى شمال أمريكا على خريطة، أشارت تلك القراءات إلى مواقع مختلفة للقطب المغناطيسى الشمالى، تختلف عن تلك التى سجلتها طفوح من العمر نفسه فى أوروبا. وعلاوة على ذلك فقد أشارت تحاليل طفوح الالية من كل القارات إلى أن كل قارة لها سلسلة خاصة من الاقطاب المغناطيسية. هل يعنى ذلك أن كل قارة لها قطب شمالى مختلف؟ يصعب قبول هذا التفسيرفى ظل قوانين الفيزياء التى نعرفها عن كيفية نشأة المجال المغناطيسى الأرض .

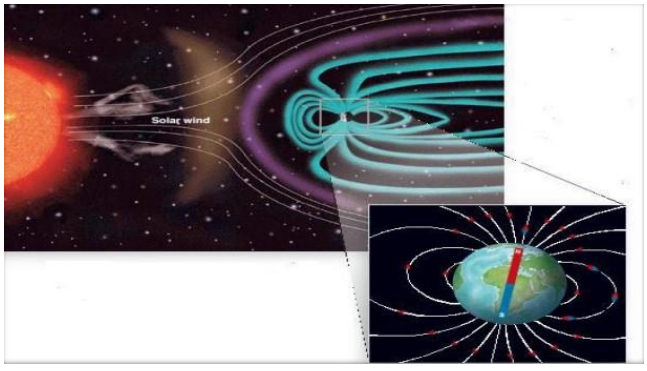
ولذلك فإن التفسير الافضل لتجوال الاقطاب المغناطيسية wandering polar ظاهريا هو أنها بقيت فى مواقعها الحالية بالقرب من الاقطاب الجغرافية، وأن القارات هى التى تحركت . وعندما يتم تجميع القارات فى كتلة واحدة ومطابقة القارات مع بعضها بحيث أن التسجيلات المغناطيسية القديمة تشير إلي قطب شمالي واحد، فإننا نجد كما فعل فاجنر، أن تتابعات الصخور وسلاسل الجبال والرواسب الجليدية تتماثل وتتناظر، وأن الدليل الحفري والمناخى يكون متفقا مع الجغرافية القديمة التى تم إعادة بنائها.

الانعكاسات المغناطيسية: تجمعت أدلة عديدة منذ أوائل الخمسينات من القرن العشرين لتثبت أن المجال المغناطيسى للارض قد عكس قطبيته، أى اتجاهه دوريا فى الماضي، ويعرف مثل

هذا التغير فى الاستقطاب من الاتجاه العادى إلى الاتجاه المعكوس بالانعكاس المغناطيسي magnetic reversal

بينما تتحرك خطوط المغناطيسية فى اتجاه عكسى أثناء القطبية المعكوسة reversed polarity حيث تترك الأرض بالقرب من القطب الشمالي، ثم تدخلها مرة أخرى بالقرب من القطب الجنوبى. وبمعنى آخر، فإن القطبين المغناطيسيين الشمالي والجنوبى يتبادلان مواقعهما أثناء الانعكاس المغناطيسى . وكما سبق أن ذكرنا، فإن عديدا من الصخور يحتوي على سجل لشدة واتجاه المجال المغناطيس الارض أثناء تكون الصخور.

وتأتى معظم الادلة على الانعكاسات المغناطيسية من طفوح اللابا على القارات. وتظهر دراسة المغناطيسية القديمة فى تتابح من طفوح اللابة، أن اتجاه المجال المغناطيسى بها كان عكس اتجاه المجال المغناطيسي الحالي للارض . ويعنى ذلك، أن الاقطاب المغناطيسية للارض قد عكست مواقعها أثناء الزمن الذى بردت فيه اللابة، بمعنى أن إبرة البوصلة كانت تشير ناحية الجنوب بدال من الشمال. ويوجد عديد من فترات المغناطيسية العادية والمعكوسة مسجلا فى طفوح اللابة، وهى أحداث تسجل على مستوى العالم . وحيث إنه يمكن تحديد عمر طفوح اللابة باستخدام النظائر المشعة ، فإنه يمكن تحديد عمر هذه الانعكاسات . ويرجح عديد من الدراسات أن المجال المغناطيسى للارض ينعكس كل نصف مليون سنة تقريبا



اتساع قاع المحيط

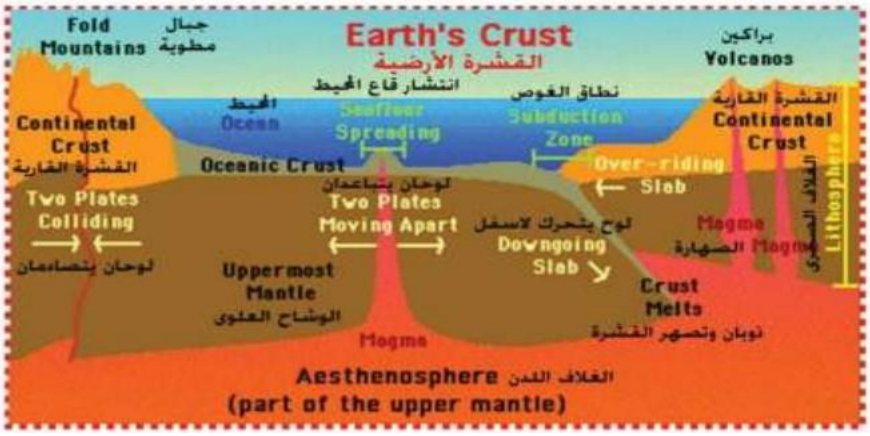
أدى الاهتمام ببحوث علوم البحار إلي عمل خرائط شاملة لاحواض المحيطات فى العالم. وقد أظهرت تلك الخرائط أن قيعان المحيطات تحتوي على أهم المرتفعات الجبلية على الارض، والتى تعرف بحيود وسط المحيط، وأن حيود وسط الاطلنطى Mid Atlantic Ridgeهى جزء من نظام للحيود منتشر على مستوى الكرة الارفية ككل حيث يبلغ طوله أكثر من 65000 كم. ويتراوح عرض حيود وسط المحيط بين 500 كم و5000 كم، حيث تشغل نصف مساحة قاع المحيط فى بعض الاماكن . وتختلف حيود قاع المحيط عن الجبال فوق القارات، والتى تتكون من تتابع من الصخور الرسوبية المتحولة والمقطوعة بصدوع، بينما تتكون الحيود المحيطية من تتابع من طبقات البازلت التى تم رفعها وقطعها بالصدوع . كما ثبت أيضا أن الحيود المحيطية تتميز بجريان حراري flow heatعال ونشاط زلزال ونشاط بركانى بازلتى، يقع على امتداد منطقة ضيقة توجد مركزيا عند قمة تلك الحيود وتعرف بنطاقات الخسف rift zones كما توجد الانعكاسات المغناطيسية وكذلك عمر الرواسب البحرية العميقة الموجوذة فوق القشرة المحيطية مباشرة فى نمط مميز بالنسبة للحيود المحيطية.

وقد كثف هارى هيس Hess Harryبحوثه فى المحيط الهادى أثناء خدمته فى الحرب العالمية الثانية، حيث اكتشف الجيوتات guyots جزر بركانية مسطحة القمة مغمورة تحت سطح البحر والتى أمدت الجيولوجيين بدليل آخر على حركة قاع المحيط بعيداً عن حيود وسط المحيط .

وقد نشر هيس اكتشافه للجيوت ونتائج دراساته الأخرى فى بحث مهم عام 1962 م اقترح فيه فرضية انتشار قيعان المحيطات sea floor spreading كما شرح نيه أيضا التحرك القارى . وقد اقترح هيس أن القارات لا تتحرك عبر القشرة المحيطية أو خلالها، بل إن كلا من القارات والقشرة المحيطية يتحركان سويا وأنهما جزء من ألواح كبيرة . وطبقاً لفرضية هس فان القشرة المحيطية تنفصل عند حيود وسط المحيط حيث تتكون قشرة محيطية جديدة من الصهارة الصاعدة . وعندما تبرد الصهارة، فان القشرة المحيطية المتكونة حديثأ تتحرك جانبيا بعيداً عن الحيود .

وهكذا يمكن شرح كيف أن الجزر البركانية المتكونة عند قمم الحيود أو بالقرب منها أصبحت فيما بعد جيوتات .

من خلال دراسة توزيعات الزلازل علي خريطة العالم وانعزالها في نطاقات تعرف نطاقات بينوف Benioff zones والتي تتركز وتتفق مع حيود وسط المحيطات oceanic ridges ومناطق الاغوار المحيطية Oceanic trenches ساعدت في تاكيد فكرة توسع المحيط شكل 40.




شكل 40 ظاهرة اتساع قاع المحيط

## 2.5- نظرية الالواح التكتونية

يرجع مفهوم نظرية الالواح التكتونية إلى مانشره ايزاكس وأوليفر وسايكس 1968 بأن Lithosphere نطاق بارد وصلب ويشمل القشرة والجزء العلوي من الوشاح الغلاف مقسم إلى عدد من الألواح . وهذه الألواح صلبة وتكون في حركة دائمة، ولكن بطيئة وتتحرك هذه الألواح فوق الغلاف المائع Asthenosphere وهو نطاق لدن وساخن وله القدرة على الأنسياب ويوجد على عمق 700 - 100كم.

تسمي هذه النظرية باسماء متعددة منها نظرية تكتونية الارض ونظرية تكتونية الالواح ويشير المصطلح تكتوني الي معني البناء ولذلك فان مفهوم النظرية يشير الي حركة الالواح المؤدية الي بناء القشرة الارضية .

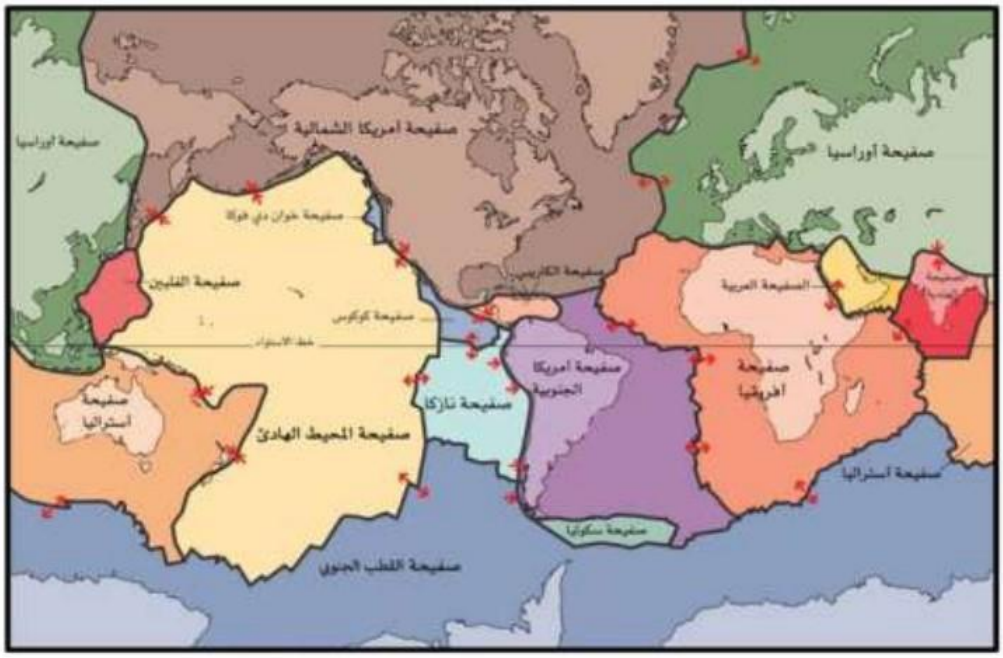
تنص نظرية الالواح التكتونية ان الغلاف الارضي الصلب يتالف من مجموعة من الصفائح يتراوح سمكها حوالي 100 كم تطفو هذه الصفائح فوق طبقة الاسينوسفير اللدنة وتتحرك حركة افقية مقتربة او مبتعدة عن بعضها البعض وتقدر سرعة حركة هذه القطع 1-18 سم كل عام.

حركة الصفائح التكتونية : تتحرك الصفائح التكتونية على طول الحدود الفاصلة بينها كل صفيحة تتحرك حركة مستقلة عن الاخرى ونتيجة هذة الحركة تتعرض الحدود الفاصلة لاجهاد مستمر مما ينتج عنه ظواهر كثيرة مثل : -1 الثوران البركاني. -2 النشاط الزلزالي. -3 اتساع قاع المحيط. -4 الانسياب الصهاري. -5 بناء الجبال.

يتغير حجم ومكان هذة الصفائح مع الزمن تقسيم الصفائح التكتونية من حيث الحجم الى:

أ-7 صفائح ضخمة وهي: صفيحة قاع المحيط الهادى - الصفيحة الاسيواوربية والتى تحمل اسيا واوروبا و نصف قاع المحيط الاطلنطى ونصف قاع المحيط الهندى - صفيحة امريكا الشمالية - صفيحة امريكا الجنوبية - الصفيحة الاسترالية - الصفيحة القطبية الجنوبية - الصفيحة الافريقية.

ب - بعض الصفائح المتوسطة و الصغيرة: لوحظ ان بعض الصفائح تحمل جزء من قارة ، و بعض الصفائح تحمل جزء من محيط بعضها تحمل جزء من قارة و جزء من محيط معا تتحركان معا في الوقت نفسه خالفا لما كان يعتقد في الماضي ان القارات تطفو على قاع المحيط. مثل صفيحة نازاكا – الصفيحة العربية – صفيحة الفلبين – صفيحة الكاريبي – جنوب شرق اسيا .
شكل 41



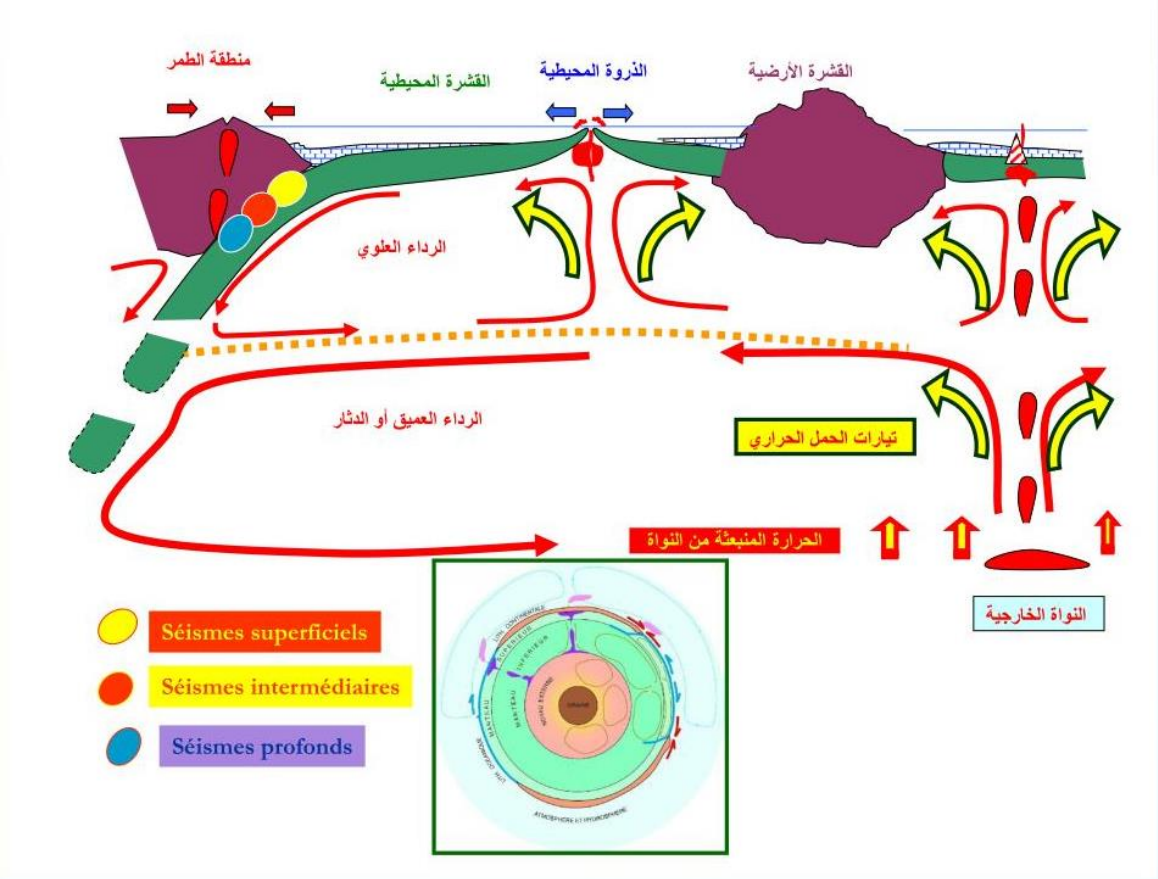

شكل 41 حدود الالواح الكبيرة والصغيرة

اسباب حركة الصفائح االرضية

اولا - تيارات الحمل: كما فسر هولمز يمكن تصور انفلاق الكتلة القارية وانجراف جزأيها على على الشكل التالي : -1 تيارات الحمل الصاعدة تضغط على القشرة القارية لتنثني. -2 الجزء العلوي منها بارد يستجيب للانثناء بالتفلق. -3 تتزحزح الكتل المتفلقة مكونة صدوع عادية في وسطها صدع اخدودي. -4 تمتد الصدوع لتقترب من الطبقة العليا من الوشاح (الاستينوسفير). - 5 تنساب الصهارة لاعلى فتتفلق الكتلة القارية لجزءين وتملا الفراغ بينهما . -6 مع الوقت تتسع الرقعة التي تشغلها الصهارة التي سرعان ما تتجمد مكونة قشرة محيطية تعاني ايضا من التفلق واستمرار تدفق الصهارة وتجمدها ، وبالتالي يتكون محيط جديد يزيح الكتلتين القاريتين جانبا. - يتضح مما سبق ان تيارات الحمل في الطبقة العليا من الوشاح هي المحرك الذي يزحزح اجزاء

قشرة الارض لا بل هو المسؤول عن تقسيمها الى قطاعات كبيرة سميت فيما بعد الالواح او الصفائح التكتونية وما يصاحبها من الظواهر. شكل 42

ثانيا البقع الساخنة : تعتبر المناطق الواقعة في وسط الالواح المحيطية مناطق خالية نسبيا من النشاط التكتوني . غير ان هذه القاعدة قد تشذ كما هي الحال في جزر هاوي الواقعة في وسط لوح المحيط الهادي وتعد هذه الجزر جزرا بركانية لسببين يعود السبب الاول الى انها واقعة فوق بقع ساخنة في المناطق العليا من لب الارض . ويعود السبب الثاني الى ان الحرارة المتصاعدة من هذه النقط خلال وشاح الارض والقشرة الارضية لتصل الى سطح االرض تسبب انصهار جزء من القشرة المحيطية ومن الجزء العلوي للوشاح وهذا ما يؤدي الى اندفاع المادة المنصهرة الى السطح مكونة جزرا بركانية.

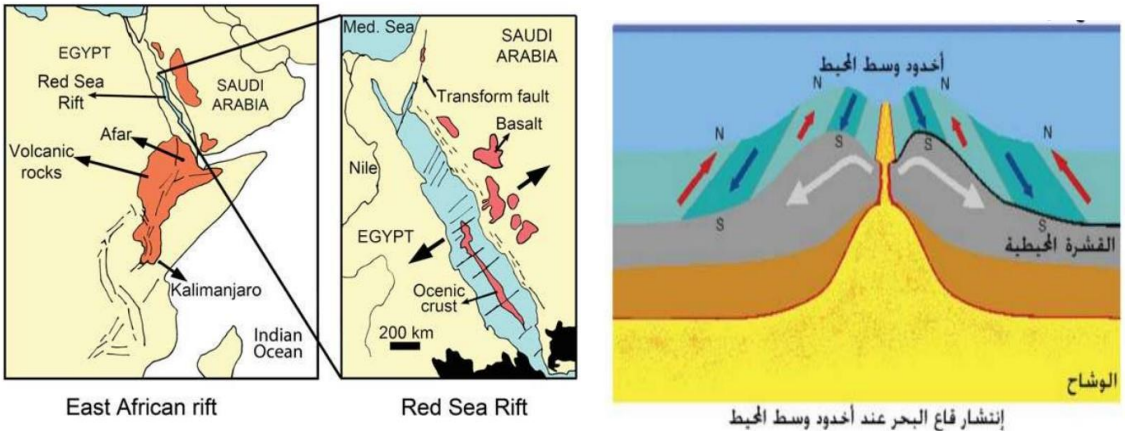



شكل 42 تيارات الحمل

## حدود الصفائح

1- حدود تباعدية (بناءة)

تتحرك الصفائح مبتعدة عن بعضها مثل تباعد صفيحة امريكا الجنوبية وافريقيا , بسبب نشاط تيارات الحمل الصاعدة وانسياب الصهارة باستمرار بينها لتدفعهما بعيدا عن بعضهما كما يحدث حول حيود منتصف المحيطات . تتميز هذه المناطق بانسياب صهيري ناري بطيء . مثال على هذا النوع البحر الاحمر وايضا صدوع وادي افريقيا والذي ينبأ عن تفتق قارة افريقيا في المستقبل شكل 43




شكل 43 نشأة البحر الاحمر والصدع الافريقي

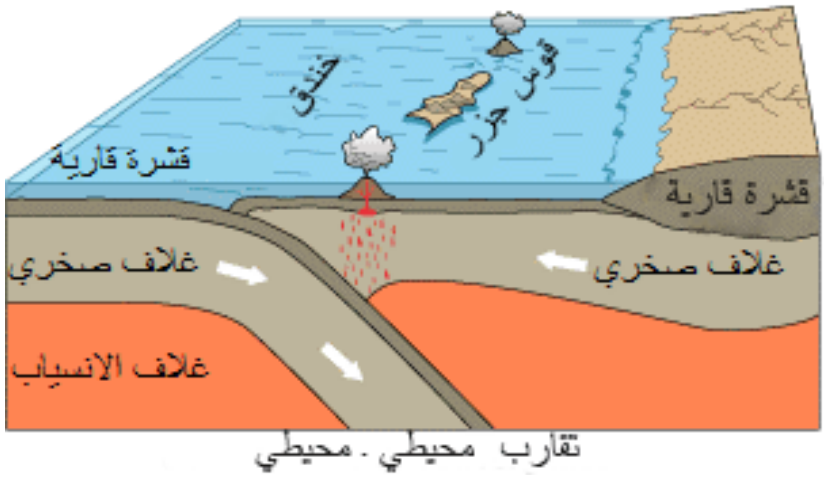
2- الحدود التقاربية (الهدامة)

هي الحدود التي تندفع نحو بعضها بسبب تيار الحمل الهابط عند مناطق الاخاديد المحيطية حيث ينزلق ويغوص طرف الصفيحة التكتونية تحت الاخرى لينصهر طرفها الغائر في الاستينوسفير . لذا تتميز هذه المناطق بانفجارات بركانية او تداخلات نارية . الحالة الاخيرة تحدث عند انزالق الصفيحة المحيطية تحت طرف قاري للوح المجاور ، مثل جزر اليابان والفلبين وهاوي . الحدود التقاربية هي الحود المتقابلة لصفيحتين متجاورتين تقعان فوق تيار الحمل الهابط ما يدفعهما نوح بعضهما بعضا . هناك ثلاث حالات للحدود التقاربية تبعا لنوع القشرة الارضية التي تكونها . تتميز بوجود الفوالق العكسية

- تقارب حدين محيطيين نحو بعضهما بعض.
- تقارب حدين أحدهما محيطي والاخر قاري نحو بعضهما بعضا .
- تقارب حدين قاريين نحو بعضهما بعضا

التصادم محيطي – محيطي

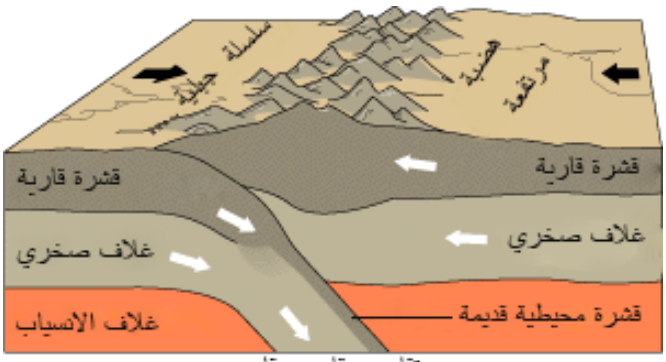
عندما يتصادم لوحين محيطين يندثر أحدهما تحت الاخر ويتكون فيما يعرف الاخاديد البحرية , اللوح الغائر يصبح نطاق خوص حيث ينصهر جزئيا ويستهلك وتنتج اقواس الجزر البركانية مثل جزيرة مريانا وجزيرة الفلبين حول الطرف الغربي للمحيط الهادي. شكل 44



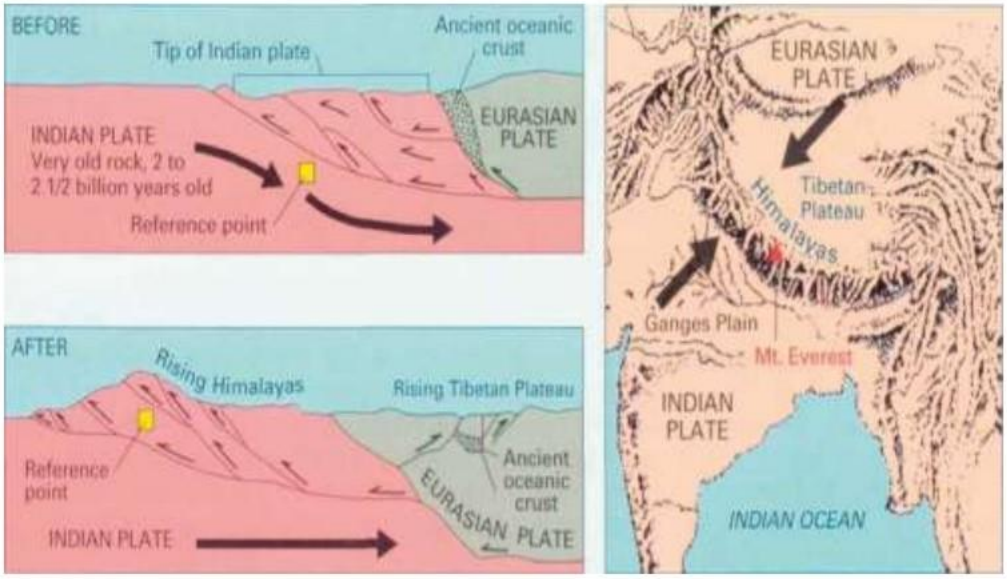

شكل 44 تصادم محيطي-محيطي

التصادم قاري – قاري

عندما عند تصادم لوح قاري مع اخر وينتج عن ذلك تكون احزمة من السلاسل الجبلية المطوية والمتأثرة ايضا بصدوع الدسر ع طول نطاق التصادم. مثال علي ذلك جبال الهيمالايا وهضبة التبت نتيجة تصادم اللوح الهندي والاوراسي . شكل 45



تقارب قاري . قاري

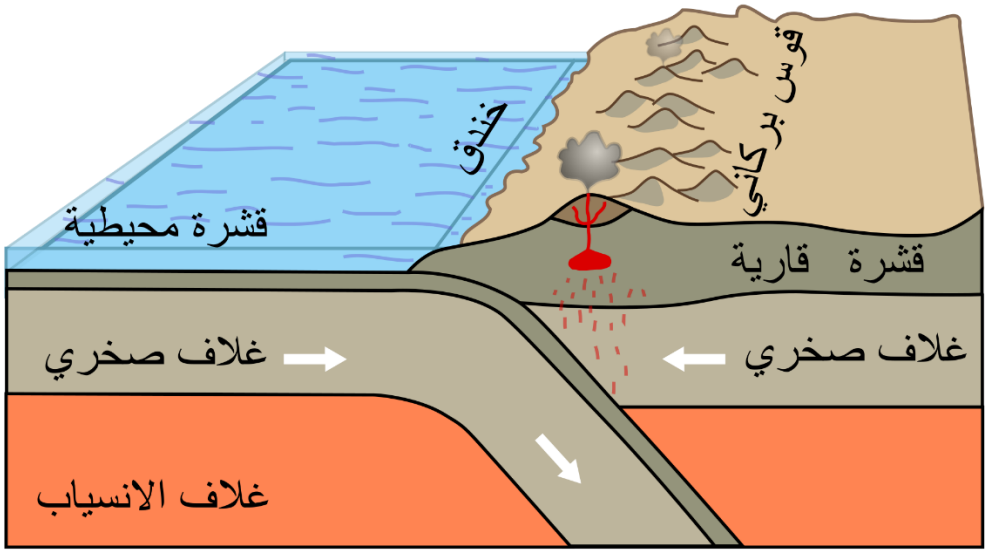



شكل 45 تصادم الصفحتين القاريتين الهندية واليوراسية وتكون جبال الهيمالايا

التصادم القاري- المحيطي

عند تصادم لوح محيطي واخر قاري ينزلق ويغوص اللوح المحيطي أسفل القاري نتيجة كثافته العالية وتعرف منطقة الغوص هذه بنطاق الانضواء وفيها ترتفع درجة حرارة اللوح المحيطي ثم يتبعها انصهار جزئي واستهلاك لطرف اللوح المحيطي وينتج ما يسمي براكين جزر بركانية . ومن السمات الجيولوجية عند حواف اللوح القاري عند منطقة التصادم تكون سلاسل جبلية متاثرة بعملية طي وفوالق دسر مثال علي ذلك تكون جبال الانديز في امريكا الجنوبية . في الحدود المتقاربة فقط القشرة المحيطية تنحرف وتتدمر اما القارية لا يمكن لها ان تغوص لاعماق كبيرة

وذلك يفسلر تواجد القشرة القارية القديمة في العمر بينما يتراوح عمر القشرة المحيطية 180 مليون سنة نتيجة استهلاك القشرة المحيطية الاقدم. شكل 46




شكل 46 تصادم قاري – محيطي

3- الحدود الانتقالية (المحافظة)

في هذا النط لا يحدث تباعد او تصادم للالواح ولكن تتحرك بمحاذاة بعضها البعض في اتجاه عكسي على طول صدوع تسمي الصدوع الانتقالية , في هذه الحالة لا يتكون غلاف صخري جديد كما في وسط المحيطات ولا يتم استهلاك الغلاف الصخري كما في منطقة الانضواء. من أشهر هذه المناطق صدع سان اندرياس بولاية كالفورنيا بامريكا . شكل 47

شكل 47 صدع سان اندرياس نتيجة انزلاق صفيحة امريكا الجنوبية جانبيا عن صفيحة المحيط الهادي

# الفصل الثالث

# العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة في القشرة الارضية

## 3- العوامل الداخلية المؤثرة في القشرة الارضية

العوامل الداخلية التي تؤثر في سطح الكرة الأرضية تستمد الطاقة اللازمة لنشاطاتها من الحرارة الكامنة التي يعزى وجودها في باطن الأرض إلى ما تبقى من الطاقة الشمسية منذ انفصال الأرض عن الشمس أو نتيجة لانكماش الأرض بمضي الزمن أو إلى نوع من التغيرات الكيميائية الاشعاعية التي تحدث في جوف الأرض وتزيد درجة الحرارة مع العمق كما سبق وأوضحنا حتى تصل إلى عدة آلاف من الدرجات فيما تحت القشرة الأرضية حيث توجد كتلة المواد المنصهرة المعروفة باسم الماجما والتي تعمل دائما على صهر ما فوقها من صخور أو لأنها واقعة تحت ضغط هائل يمنع انصهارها ولكن بمجرد حدوث أي تعديل في الضغط الواقع على أي جزء في باطن فإن ذلك يؤدي إلى انصها صخوره. ونتحدث عن الماجما فنقول:

وتسمى هذه بالصهير وهي عبارة عن كتلة من المواد المنصهرة توجد على هيئة سائل لزج ذي درجة حرارة عالية وهي تتكون من أكاسيد مختلفة منها القاعدية ومنها الحامضية وقد تتحد هذه الأكاسيد لتكون المعادن المختلفة المعروفة والتي تتكون من سيليكات معقدة التركيب وإذا حدث أن صعدت الماجما إلى سطح الأرض نتيجة كنشاط بركاني مثلا فإنها تعرف في هذه الحالة باسم اللافا.

وقد سبق لنا أن أوضحنا أن هناك حالة عدم استقرار موجودة في باطن الأرض وهي في الغالب تكون نتيجة لتغير حالة الاتزان الموجودة في القشرة الأرضية بسبب عوامل التعرية السطحية المختلفة كما سبق أن أوضحنا والتي تؤدي إلى إزالة كميات لا حصر لها من أماكن وتنقلها إلى أماكن أخرى حيث يتم ترسيبها وبالتالي يزيد الوزن في هذا المكان وهذه الحالة من عدم الاتزان تحدث من وقت لآخر فتسبب حدوث بعض الظواهر المعروفة لنا كالبراكين والزلازل والحركات الأرضية والتي نتحدث عن كل منها بما يلي:

## 3.1 البراكين

وهي عبارة عن تضاريس برية أو بحرية تخرج أو تنبعث منها مواد مصهورة حارة مع أبخرة وغازات مصاحبة لها من أعماق القشرة الأرضية ويحدث ذلك من خلال فوهات أو شقوق. وتتراكم المواد المنصهرة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالاً أرضية مختلفة منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية كالتي في متنزه يلوستون الوطني بأمريكا الشمالية. شكل 48

شكل 48 بركان

اسباب حدوث البراكين

عندما ترتفع درجة الحرارة لدرجة انصهار الصخور في طبقة الأرض السفلى ، تكون ما يسمى بالصهارة magma . تتصاعد الصهارة إلى أعلى كلما وجدت مكاناً لها ، حتى تتجمع في تجويفات أرضية تحت القشرة الأرضية مباشرة. وبارتفاع الضغط على المناطق الضعيفة، يحدث شقوق في القشرة الأرضية . فتندفع الصهارة من خلالها إلى أعلى، وتسيل الحمم البركانية تخرج أولاً بشكل انفجار ويحدث هذا الانفجار بسبب ارتفاع الضغط البخاري للغازات الذائبة ، داخل الصهارة، وهو ما يؤدي إلى نشر سحب من الرماد البركاني قد تغطي مئات الأميال، وسيلان للحمم قد يصل إلى عدة أميال، ثم ما تلبث أن تقل سرعة سيلانها مع الوقت.وتتشكل خروج الحمم البركانية على عدة أشكال من أكثرها المخاريط البركانية.

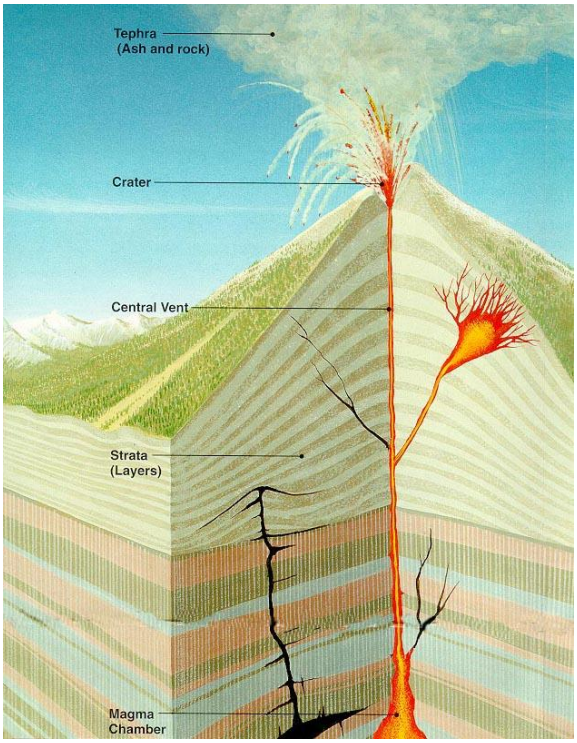
الاجزاء الرئيسية للبركان

المخروط البركاني : عبارة عن جوانب منحدرة مكونة من الحمم البركانية. وهو سيل الصهارة المواد المعدنية التي يقذفها البركان من فوهته وكانت كلها أو بعضها في حالة منصهرة، واللابة هي الصهارة المنسالة على السطح ثم تصلبت.

الفوهة : فوهة البركان صغيرة علي شكل قمع او قصعة ع اسطح الكواكب او الاجسام الاخري في المجموعة الشمسية . وتتكون معظم فّوهات البراكين على سطح الأرض بواسطة النشاط البركاني. وتنتج معظم هذه الفوهات البركانية عن التفجيرات .التي تنسف الجمرات وغيرها من الأنقاض الناشئة عن الانفجارات البركانية . ومن النادر أن يزيد حجم مثل هذه الفوهات عن كيلومترين من جانب إلى آخر. وتتكون الفوهات البركانية الأخرى عندما ينهار سطح الأرض في أعقاب ارتداد الحمم البركانية من أعلى. وقد تكون كل من المنخفض الذي تشغله البحيرة البركانية في أوريغون بالولايات المتحدة وفوهة كيالويا في هاواي بسبب أحد الانهيارات. وتسمي فوهات البراكين الهابطة ذات القطر الذي يزيد على كيلومتر واحد فوهة بركانية ضخمة وتسمى الفوهات البركانية الأقل هبوًطا فوهات صغيرة. وتعتبر الفوهات البركانية أكثر شيوعاً على القمر، وعلى الكواكب الأخرى غير الأرض. ولكن معظم الفوهات البركانية على هذه الأجسام هي فوهات تأثيرية تكونت بفعل تأثير أحجار النيازك.

المدخنة : وهي الأنبوب الذي يصل بين خزان الصهارة تحت الأرض والفوهة والذي تصعد منه الصهارة. وتندفع خلالها المواد البركانية إلى الفوهة. وتعرف أحيانا بعنق البركان. وبجانب المدخنة الرئيسية، قد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.

اللوافظ الغازية : وهي سحابة الأبخرة والغازات والرماد البركاني. شكل 49




شكل 49 الاجزاء الرئيسية للبركان

## المقذوفات البركانية

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

الحطام الصخري: ينبثق نتيجة لالنفجارات البركانية حطام صخري صلب مختلف الأنواع والأحجام عادة

المقذوفات البركانية في الفترة الأولى من الثوران البركاني يقذف البركان مقذوفات كبيرة تسمى بالقنابل البركانية Volcanic bombs ( اكبر من 64 ملم.) وهي تكون في الغالب بيضاوية الشكل. ويوضح الشكل التالي بعض أشكال المقذوفات البركانية (Volcanic bombs). وقد تكون المقذوفات على هيئة حصى بركاني صغير وقد تزيد في الحجم قليلا حتى يصل قطرها إلى حوالي ( 2 - 64 ملم. لابيلاى Lapilli ). وتسمى في هذه الحالة لابللاي وهناك أيضا أدق أنواع

المقذوفات حجما وهو الرماد أو التراب البركاني (أقل من 2 ملم.) الذي يحمل بالرياح لمسافات بعيدة قبل ترسيبه والغازات.

الغازات: تخرج من البراكين أثناء نشاطها غازات بخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكونا لسحب هائلة يختلط معه فيها الغبار والغازات الأخرى. وتتكاثف هذه الأبخرة مسببة أمطار غزيرة تتساقط في محيط البركان. ويصاحب الانفجارات وسقوط الأمطار حدوث أضواء كهربائية تنشأ من احتكاك حبيبات الرماد البركاني ببعضها ونتيجة لالضطرابات الجوية، وعدا الأبخرة المائية الشديدة الحرارة، ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين ومركبات الكبريت والنتروجين ومركبات الكربون والأوكسجين.

**شكل 49 مقذوفات بركانية**

طفوح اللابا Lava

وهناك أيضا ما يقذفه البركان من مواد سائلة تعرف بالحمم وهي كتلة المواد النصهرة. وهي ترتفع في قصبة البركان بسرعة كبيرة نسبيا ثم تخرج إلى السطح وتنتشر على جوانب البركان حيث تقل سرعتها تدريجيا حتى تقف نهائيا. وسرعتها تتراوح بين سنتيمترات فى الساعة الى كيلومترات حسب تركيبها. وتختلف درجة سيولة الحمم باختلاف تركيبها الكيميائي فهناك الحمم

القاعدية التي تكون أكثر سيولة وأكبر سرعة من الحمم الحامضية لأن تلك الأخيرة تكون غنية بثاني أكسيد السيليكون الذي يتصلب بسرعة عند ملامسته للهواء وأهم مكونات الحمم القاعدية هو صخر البازلت ولهذا نجد أنه أكثر الصخور البركانية انتشارا على سطح الأرض.

ومن أمثلته بازلت أبي زعبل والبازلت الموجود بجبل أبي رواش. وهذا يدل على حدوث نشاط بركاني في هذين المكانين في وقت من الأوقات.

عندما تبرد اللابا تستخدم معالم أسطحها فى تصنيفها الى:

1 ـ طفوح حبلية باهوى هوى Pahoehoe

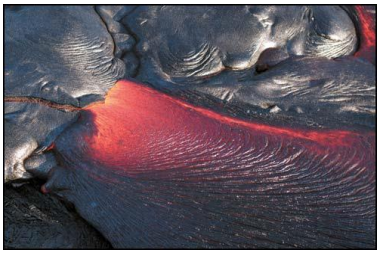
طفوح مثل الحبال او ضفائر الشعر سطحها أملس وهى بازلتية التركيب كبيرة السيولة (الكلمة في لغة هاواي تعني حبلية).

2 ـ طفوح كتلية ah ah (AA)

ذات أسطح خشنة ونتوءات حادة جداً(تسبب الاصابات والآلام الشديدة).

**3** ـ طفوح وسائدية Pillow Lavas

وتتكون عندما يكون الطفح والتدفق تحت الماء.



شكل 50 طفوح حبلية طفوح كتلية طفوح وسائدية

وعند خروج الحمم أو اللافا من فوهة البركان تكون درجة حرارتها حوالى 1000° م تقريبا وعندما تنتشر هذه اللافا تبرد أجزاؤها الملامسة للهواء وأسطح المخروط البركاني أسرع من

أجزائها الداخلية. ونتيجة لذلك تكون أجزاء اللافا الخارجية دقيقة التبلور أو زجاجية بينما تكون الأجزاء الداخلية خشنة التبلور ويكون سطح اللافا إما أملساً أو متعرجاً. وقد تتراكم اللافا أيضا على هيئة وسادات. وخاصة إذا خرجت تحت سطح البحر. وعند برود اللافا تتمدد الغازات وتخرج تاركة بها فتحات وتسمى باللافا ذات الفتحات Vesicular وقد تمتلئ هذه الفتحات بمعادن أخرى فتسمى باللافا الاميجدالية. وبالإضافة إلى ما يخرج من البركان من مواد صلبة وسائلة فهناك الأبخرة والغازات التي تنبعث من البراكين في بدء ثورتها أو في وقت سكونها ومن أمثلتها بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأبخرة أحماض HCl و$H_2SO_4$ وتتراوح حرارة هذه الغازات والأبخرة بين 100 ، 500°م وقد يكون لها تأثير مهلك على ما حولها من مدن عندما تهبط عليها في صورة سحب أو ضباب.

يتكون البركان عادةً من المخروط والقصبة والفوهة. ولكن عندما يتخطى قطر الفوهة الكيلومتر **تسمى كالديرا** Caldera والتى تتكون ايضاً من انهيار سقف الغرفة الصهيرية. وأحياناً لا تتدفق الماجما من الفوهة العلوية للبركان وتتدفق من الشقوق الجانبية. وهناك ظواهر اخرى مرتبطة بالبراكين.

شكل 51 كالديرا

المواد البركانية السائلة الصهارة والحمم (اللابة): تتألف من المواد السائلة من الحمم التي تنساب مشتعلة من فوهة البركان إلى مسافات بعيدة أحيانا ومدى سيولة الحمم يخضع لعدة عوامل. مثل

انحدار الأرض، و طبيعة الصهارة واللابة( لزجة أو مائعة) وتعتمد نسبة اللزوجة على نسبة السيليكا، وعلى قوة البركان.

التوزيع الجغرافي للبراكين

تنتشر البراكين في نواحي متعددة على سطح الأرض، وهي تتبع في معظم الحالات خطوطا معينة تفصل بين الصفائح التكتونية العظيمة وأظهرها

النطاق الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي والذي يعرف أحيانا بحلقة النار، فهو يمتد على السواحل الشرقية من ذلك المحيط فوق مرتفعات الأنديز إلى أمريكا الوسطى والمكسيك، وفوق مرتفعات غربي أمريكا الشمالية إلى جزر الوشيان ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا إلى جزر اليابان والفليبين ثم إلى جزر إندونيسيا ونيوزيلندا.

يوجد الكثير من البراكين في المحيط الهادي وبعضها ضخم عظيم نشأ في قاعه وظهر شامخا فوق مستوى مياهه. ومنها براكين جزر هاواي التي ترتكز قواعدها في المحيط على عمق نحو 5000م، وترتفع فوق سطح مياهه أكثر من 4000 م وبذلك يصل ارتفاعها الكلي من قاع المحيط إلى قممها نحو 9000 م

جنوب أوروبا المطل على البحر المتوسط والجزر المتاخمة له. وأشهر البراكين النشطة فيها بركان فيزوف بالقرب من نابولي بإيطاليا، وبركان إتنا بجزيرة صقلية وأسترو مبولي (منارة البحر المتوسط) في جزر ليباري

.مرتفعات غربي آسيا وأشهر براكينها أرارات واليوزنز.

النطاق الشرقي من أفريقيا وأشهر براكينه كلمنجارو

مناطق سيل الابه المصاحبة للنشاطات البركانية على جزيرة رريونيونر الفرنسية ببحر البراكين الدائمة الثوران قليلة جدا الأرض، ً الكاريبيك بين عامي 1972 و .2000 على سطح ومنها بركان سترمبولي، في جزر ليباري، قرب جزيرة صقلية، المعروف بمنارة حوض البحر .اما البراكين

المتقطعة الثوران أو الهادئة نسبياً ألبيض المتوسط فهي الشائعة على سطح ألرض، حيث يخمد النشاط البركاني فترة من الزمن، ثم يتجدد من جديد خالل فترة أخرى، ومنها بركان أتنا في جزيرة صقلية.

وهناك البراكين الخامدة، وفيها انخمد النشاط البركاني تماماً منذ فترة زمنية طويلة، وأصبحت عرضة لنحت عوامل التعرية، التي تنحت جوانب المخروط البركاني؛ ومن أمثلة الهياكل البركانية: شيبروك في المكسيك، وديفلزتور( برج الشيطان) ، في والية وايومنغ في الواليات المتحدة ألمريكية. يُقدر عدد البراكين النشيطة بحوالي 600 بركان موزعة على سطح ألرض، ويتركز معظمها في أحزمة توازي تقريبا مناطق الشقوق والتكسرات والفوالق الطبيعية متوزعة بمحاذاة سلاسل الجبال حديثة التكوين.

وهناك توزيعان كبيران للبراكين

: الأول: دائرة الحزام الناري، وتقع في المحيط الهادي

الثاني : يبدأ من منطقة بلوشستان إلى إيران، آسيا الصغرى، البحر الأبيض المتوسط ليصل على جزر آزور وكناري ويلتف إلى جبال الأنديز الغربية في الولايات المتحدة. وفيما يلي بعض أسماء البراكين في هذه المناطق

:المكسيك: 10 براكين منها باريكوتين الذي ثار لأول مرة سنة 1934, أمريكا الجنوبية : 2 , نيوزيالند : 6 براكين , جوانا الجديدة: 30 بركانا, الفليبين : 20 بركانا, اليابان : 40 بركانا

منطقة محور البحر الأبيض المتوسط :من جهة الغرب إلى الشرق نجد البراكين التالية في هذه المنطقة : الآزور : 5 براكين, الكناري 3: براكين, إيطاليا : 15 بركانا ومنها بركان فيزوف وسترومبولي الانفجاري وفولكانو, منطقة الأدرياتيك : 9 براكين ومنها جبل بيليه Pelee , ا لمنطقة العربية وآسيا الصغرى : 6 براكين منها جبل العرب الانفجاري في سوريا

منطقة الأخدود الأفريقي: هاواي: 5 براكين , جزر غالاباغوس: 3 براكين, أيسلندا : 27 بركانا, أفريقيا الوسطى: 5 براكين, أفريقيا الشرقية : 19 بركانا

المحيط الهادئ :الآسكا : 20 بركانا منها بركان كاتاماي، وشيش الدين, كندا : 5 براكين منها رانجل

الولايات المتحدة الأمريكية : 8 براكين ومنها راينر البركان هو تضاريس برية أو بحرية تخرج أو تنبعث منه قوق. وتتراكم الصهارة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكاال أرضية مختلفة منها الجبال المخروطية- البركانية العالية المشهورة.

**تصنيف البراكين**

تصنف البراكين علي حسب ثلاث عوامل طبيعة – نشاط – نمط

**من حيث النشاط**

1- البركان النشط :عندما يكون البركان ثائرا أو تظهر به علامات النشاط من حدوث زالزل أو انبعاثات غازية
2- البركان الساكن : عندما لا تظهر علامات نشاط على البركان، ولكن بإمكانه الانفجار، وقد يكون ثار بالفعل في خلال العشرة الآف سنة الماضية.
3- البركان الهامد : عندما يكون البركان لم ينفجر خلال العشرة الآف عام الأخيرة أو يكون البركان قد تخلص تماما من إمدادات الصهارة به

**من حيث الطبيعة**

1- النوع الهادئ : لا يتعدي ثوارنها قذف بعض الابخرة والغازات
2- النوع المتوسط : يقذف بعض كميات من اللابا بكميات هادئة
3- النوع العنيف : يتضمن انفجارات عنيفة مع انطلاق سحب من الغازات والرماد البركاني والفتات

**من حيث النمط ( الانفجارات البركانية )**

1- الهاواي: في الانفجار الهاواي تكون الصهارة رقيقة القوام سائلة حيث يمكن للغازات المختلطة بها أن تتسرب بسهولة ؛ لذلك لا تحدث انفجارات عنيفة.

2- السترومبولي: في الانفجار السترومبولي تكون الصهارة ذات قوام أقل رقة من الصهارة الموجودة في الانفجار الهاواي، وهذا يعني أن الغازات المختلطة بها لا تستطيع مفارقتها بسهولة ،وأنه سيكون هناك انفجارات عنيفة. وتخرج الحمم في شكل نافورة نار صفراء ضخمة.وتقذف الفجوة كتالً كبيرة من الصخر، وتتساقط تلك الكتل حول الفجوة وتأخذ شكًال .

3- البليني: في الانفجار البليني تكون الصهارة غليظة القوام، فيكون من الصعب هروب الغازات فتتراكم تحت الأرض.ويؤدي الضغط إلى دفع الصخر إلى أعلى، وفي نهاية الأمر تنفجر الغازات بعنف خارجة من الصخر ،وتؤدي قوة االنفجار إلى تكوين عمود من الغاز يزيد ارتفاعه 2. وعندما ينفجر الغاز فإنه يهشم الصهارة إلى قطع صغيرة ويقذفها عالياً مع عمود كيلومتراً الغاز، وعندما تبرد قطع الصهارة هذه تتحول إلى حجر أبيض يسمى الخفاف.

**كما يمكن تقسيم البراكين حسب الشكل الي**

1- البراكين الدرعية Shield Volcanos

تتكون من طفوح اللابا (البازلتية) المتكرر من نقطة مركزية فى جميع الاتجاهات مكونة بركان ذو قاعدة عريضة نسبياً وارتفاع قليل شكل الدرع. مثال ذلك بركان بجزر هاواى قاعدته 100 كيلومتر وارتفاعه 10 كيلومتر.

2 - البراكين المخروطية الفتاتية Cinder Cones Volcanos

يبنى بفعل تراكم الفتات النارى من النشاطات البركانية المتعاقبة فى شكل مخروطى مثال بركان باريكوتن بالمكسيك Paricutin.

3 ـ البراكين المركبة Composite Volcanos

ذات سفوح شديدة الميل واشكال مخروطية غير متماثلة مبنية من طبقات من اللابا متبادلة مع طبقات من الرماد البركان طبقاً لنظام الفوران. مثال بركان فوجياما فى اليابان.

**الاثار السلبية للبراكين**

الفتك بالناس : إن تاريخ البراكين حافل بعشرات اآلالف من الضحايا فقد فتك بركان كراكاتو، ما بين جاوة سومطرة، بما يزيد على 36000 نسمة.

تدمير العمران : تتعرض القرى والمدن في مناطق البراكين إلى التدمير تام، أو إلى القذائف أو الرماد البركاني.ومن الأمثلة على ذلك بركان فيزوف الذي طمر مدينة بومبي في إيطاليا سنة 79م ودمرها بكاملها.

تغيير معالم الطبيعة : لقد كون فيضان اللابة{الحمم}،قبل حوالي 15 مليون سنة، في منطقة كولومبيا، شمال غرب أمريكا الجنوبية هضبة بازلتية تزيد مساحتها عن 500000 كم مربع وتكونت هضبة مماثلة لها في الهند. وكثيرا ما تجري اللابة في الوديان وتملؤها، مجاري الأنهار.وقد نسف بركان كراكاتوا جبلاً وثلثي جزيرة جاوة.وغارت فوهة البركان تحت سطح البحر.

اضطراب المناخ : دلت الأبحاث على أن المناخ يضطرب بشكل بارز من جراء النشاط البركاني، لأن الغبار والرماد الذي ينفثه البركان، إما أنه يحجب أشعة الشمس، أو أنه يمتص نسبة منها، مما يؤدي إلى برودة في الجو.وقد عزي الطقس البارد الذي ساد القارة الأمريكية في العام 1783 -1784 إلى النشاط البركاني في كل من اليابان وأيسلندة في العام 1783 م.

**الاثار الايجابية للبراكين**

إن المواد البركانية غنية بالمعادن المفيدة للصناعة والزراعة مثل: البوتاسيوم والحديد والكبريت.ومن المعلوم أن التربة الغنية بالرماد البركاني من أخصب أنواع التربة.

تستخدم مياه الينابيع الحارة، التي تنفجر نتيجة النشاط البركاني في التطبيب و الاستشفاء من الأمراض الجلدية والروماتيزم.مثل عين نجم بالإحساء.

تستخدم المياه الحارة المنبثقة من جوانب البركان كمصدر للطاقة أحياناً وقد استخدمت مثل هذه المياه في أيسلندة في الأغراض الزراعية، وذلك بإيصالها داخل أنابين إلى مزارع خاصة مكيفة للحصول على النباتات الاستوائية.وفي إيطاليا استعمل الدخان الأسود الناتج من الفتحات الغائرة تحت سطح الأرض في تشغيل المولدات الكهربائية.

تكون فوهات البراكين بحيرات مياه قد يزيد قطرها على 3 كيلومترات، أو بحيرات مواد كيميائية كالأحماض التي تعتبر ثروة طبيعية في حد ذاتها.

بناء أجزاء شاسعة من الأرض مثل هضبة الدكن بالهند وهضبة نهر كولومبيا بأمريكا الجنوبية.

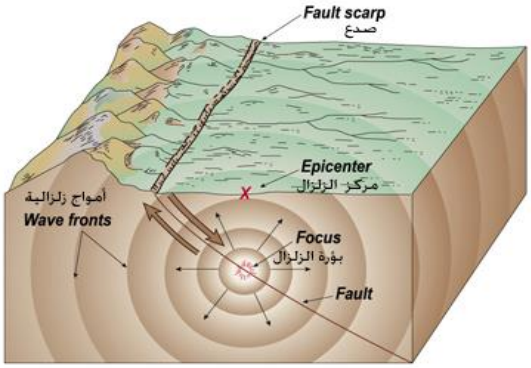
من مخرجات البراكين الهامة الكبريت والذي ينتج من تكثف ثم تجمد الغازات الكبريتية المتصاعدة في الغازات البركانية.

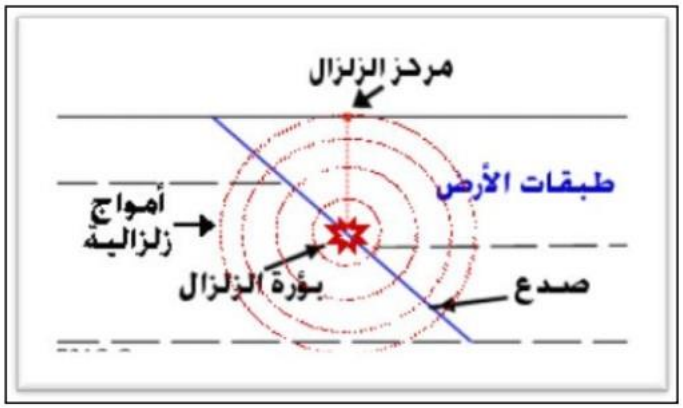
## 3.2 ثانيا الزلازل

هي ظاهرة أرضية طبيعية يمكن تعريفها على أنها كسر مفاجيء في صخور الأرض على أعماق تتراوح بين سطحها وحتى عمق 700كم ينتج عنه تحرير طاقة حركية كانت مخزو نة في الصخور تنطلق في شتى الاتجاهات على شكل أمواج زلزالية مسببة اهتزاز جزيئات الوسط الذي تنتشر فيه حيث تظهر على سطح الأرض في شكل اهتزازات. فالزلزال اذن هو عبارة عن طاقة فى باطن الأرض حبيسة تخرج على هيئة طاقة حركية مسببة هزات أرضية سريعة متتالية تحدث الواحدة تلو الأخرى وتنتاب القشرة الأرضية .ان حركة الصخور بفعل الزالزل تحدث دمار هائل بالمنشآت الهندسية، صورة كما يمكن أن تجعل الأنهار تغير مسارها، وتعمل على جفاف بعض الينابيع وظهور اخرى، ويمكن للزالزل أن تسبب انهيارات أرضية ينتج عنها خسائر في الأرواح

والممتلكات كما أن الزالز ل التي تحدث تحت البحار والمحيطات قد تكون موجة مياه عالية تسمى تسونامي تغمر الشواطىء بعشرات الكيلومترات.

تحدث الزالزل في العادة عميقا في الأرض، على أعماق تتراوح بين اقل من 75 كم من سطح الأرض وقد تصل إلى أعماق تربو على 700كم من سطح الأرض وهذا المدى يشكل أعمق نقطة تم رصد زلزال فيها. وتسمي النقطة التي تمثل أول كسر للصخور في العمق ببؤرة الزلزال شكل , وتسمي النقطة على سطح الأرض والتي تكون مباشرة فوق بؤرة الزلزال بمركز الزلزال وعادة ما تتعرض هذه النقطة ألكبر قدر من االهتزاز الناتج من الزلزال. شكل 52



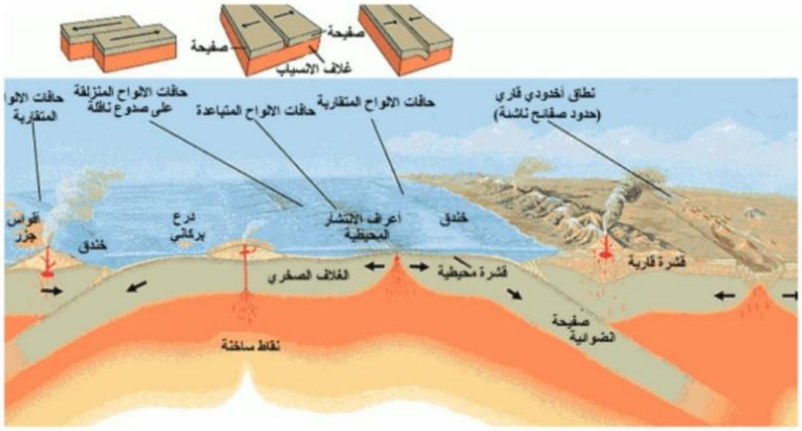

شكل 52 يبين بؤرة ومركز الزلزال

بعد حدوث الزلزال تنتقل الطاقة في جميع الاتجاهات على شكل أمواج زلزالية تتفاوت في سرعتها على حسب الوسط الذي تعبره فقد تصل سرعتها إلى 7 او8 كم/الثانية في الصخور النارية الصلبة والمترابطة وقد تصل إلى اقل من كيلومتر واحد في الثانية في الصخور الهشة المفتتة.

نظرية نشأة الزالزل

كانت الأرض منذ نشأتها جسما ساخنا كسائر الكواكب ، وحينما برد كون الغلاف المائي وجذب له الغلاف الهوائي، ومع زيادة البرودة.. تكَّونت الطبقة الصلبة الخارجية المعروفةً باسم القشرة، لكن باطن الأرض ظل ساخنا حتى الآن، ويحتوى على صهارة تعمل على تآكل الصخور الصلبة في القشرة الصلبة وتحميلها أو شحنها بإجهادات وطاقات عظيمة للغاية تزداد بمرور الوقت ،

والقشرة نفسها مكونة من مجموعة من اللأواح الصخرية العملاقة ويحمل كل لوح منها قارة من القارات أو أكثر، وتحدث عملية التحميل أو الشحن بشكل أساسي في مناطق ّ التقاء هذه الألواح بعضها مع بعض، والتي يطلق عليها العلماء الصدوع أو الفوالق التي تحدد نهايات وبدايات الألواح الحاملة للقارات, وحينما يزيد الشحن أو الضغط على قدرة هذه الصخور على الاحتمال لا يكون بوسعها سوى إطلاق سراح هذه الطاقة فجأة في صورة موجات حركة قوية تنتشر في جميع الاتجاهات، وتخترق صخور القشرة الأرضية، وتجعلها تهتز وترتجف على النحو المعروف. شكل 53




شكل 53الحركات الارضية التي تشكل السبب الرئيس لحدوث الزلازل

اسباب حدوث الزالزل ومناطق تواجدها :

توجد الانشطة الزلزالية على مستوى حدود الصفائح الصخرية، وهي ما تعرف بالأحزمة الزلزالية، وعلى طول الفوالق حيث يوجد العديد من الصدوع النشطة، وتحدث بسبب الضغط على الصخور، مما يسمح بحدوث الحركات المفاجئة على طول التشققات أو الصدوع، حيث يتحرك احد جوانب الصخور بصورة مفاجئة على جانب آخر حركة عمودية أو رأسية، . ويعمل الضغط العالي الذي يؤثر على الصخور في ثنيها أو تشويهها وعندما يكون الضغط من القوة بمكان بحيث يتعدى قدرة الصخور على التحمل تنكسر تلك الصخور وتتحرك لمواقع جديدة

ويؤدي ذلك إلى تحرر الضغط، حيث تتحرر طاقة الوضع الهائلة التى كانت بها الصخور وتتحول إلى طاقة حركية. وتنتقل هذه الطاقة من مركز الزلزال على شكل موجات زلزالية تنتشر إلى مسافات شاسعة، وفي أثناء انتقالها تعمل على اهتزاز الصخور التى تمر بها حتى تصل إلى سطح الأرض فتعمل على اهتزاز كل ما عليها من منشآت مما يؤدى إلى تصدعها أو دمارها ويكون الاضطراب أقوى ما يمكن فى المنطقة التى تقع مباشرة فوق مركز الزلزال وتسمى هذه المنطقة بمنطقة فوق المركز أو فوق بؤرة الزلزال وتتناقص شدة الاضطراب الميكانيكى بسرعة خارج هذه المنطقة.

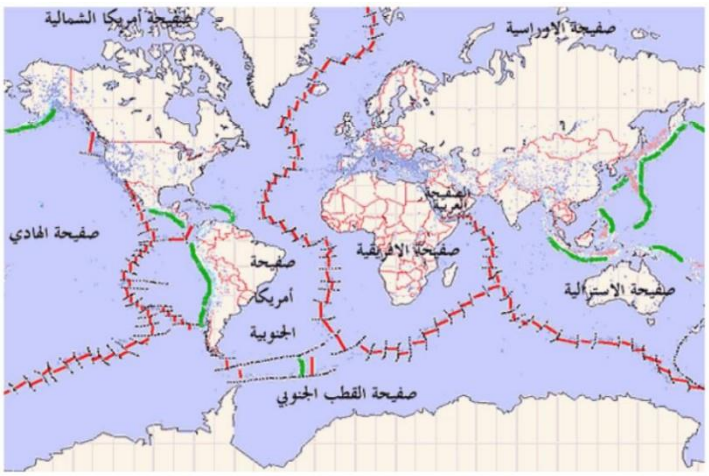
وفي ضوء ذلك.. نشأت على الأرض مجموعة من المناطق الضعيفة في القشرة الأرضية تعتبر مراكز النشاط الزلزالي أو مخارج تنفس من خلالها الأرض عما يعتمل داخلها من طاقة قلقة تحتاج للانطلاق، ويطلق عليها "أحزمة الزالزل" وهذه الاحزمة هي

حزام المحيط الهادي يمتد من جنوب شرق آسيا بمحاذاة المحيط الهادي شمالاً.

حزام غرب أمريكا الشمالية الذي يمتد بمحاذاة المحيط الهادي

حزام غرب الأمريكتين، ويشمل فنزويلا وشيلي والأرجنتين.

حزام وسط المحيط الاطلسي




شكل 54 توزيع احزمة الزلال  علي سطح الكرة الارضية

## الموجات الزلزالية

تولد الزلازل أربعة أنواع رئيسية من الموجات الزلزالية المرنة؛ اثنان، يُعرفان باسم الموجات الجسمية(Body Waves ) ، وهما ينتقلان داخل الأرض، أما الموجتان الأخريان، فإنهما يعرفان باسم الموجات السطحية(Surface Waves) : ، وهما ينتقلان على طول السطح الخارجي للأرض

الموجات الجسمية

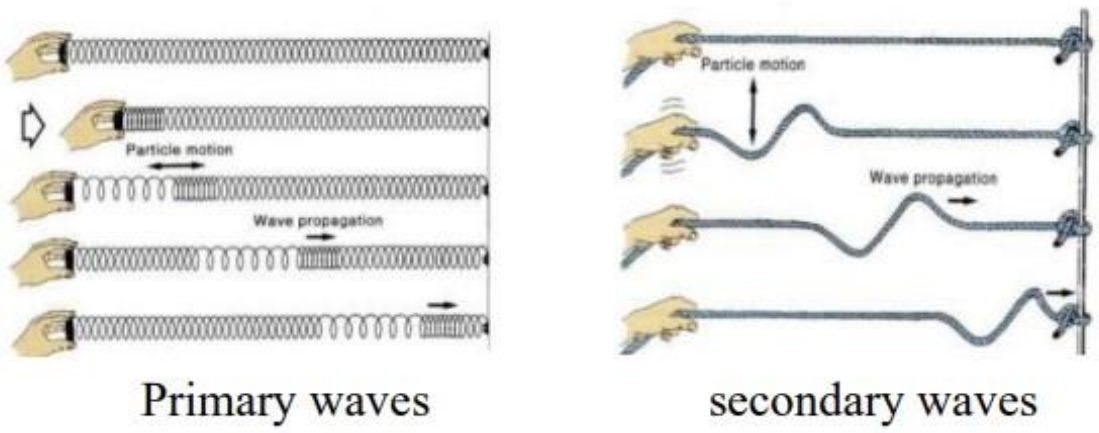
الموجات الأولية(Primary Wave) :-(P Wave) ، أو الموجات الانضغاطية، أو الموجات الطولية؛ هي نوع الموجات الزلزالية الجسمية الذي يمتلك سرعة انتشارٍ أعلى من النوع الآخر (S Wave)، وبالتالي فهي تصل إلى محطة رصد الموجات الزلزالية بشكل أسرع أيضًا، وتجدر الإشارة إلى أن الموجات الأولية تتسبب في تحريك جزيئات الوسط الناقل بنفس اتجاه انتشارها، أي بشكل موازٍ لاتجاه حركتها، سواء كان الوسط صلبًا، أو سائلًا، وغازيًا

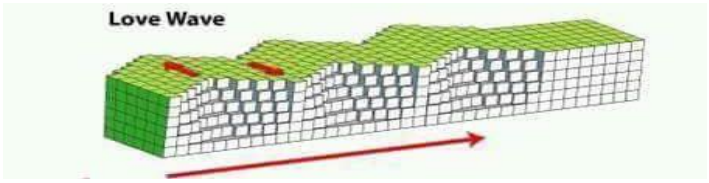
الموجات الثانويّة (S Waves ) موجات زلزاليّة عرضيّة، سرعة انتشارها أقلّ من سرعة انتشار الموجات الأوليّة، بينما اتساعها أكبر منها، ما ينتج عنها دمار كبير، ولكنّ هذا النوع من الموجات لا ينتقل عبر الهواء أو الماء. ويطلق على الموجات الثانويّة اسم موجات الاهتزاز، وتحدث عندما تكون حركة جسيمات المادّة التي تنتقل عبرها عمودية على اتجاه انتشار الموجة.

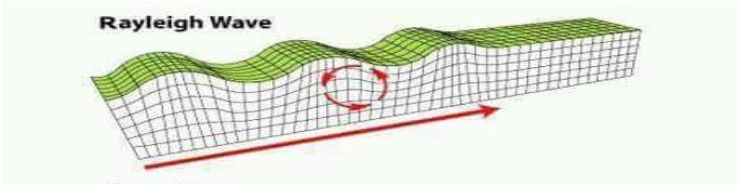
الموجات السطحيّة

هي الموجات الزلزاليّة التي تحدث عندما يكون مصدر الزلزال قريب من سطح الأرض، إذ تنتقل تحت سطح الأرض مباشرةً، وهي ذات سرعة أقل من سرعة الموجات الأوليّة، إلّا أنّها ذات سعة أكبر من سعة الموجات الزلزاليّة الأخرى، ويمكن اعتبارها أكثر أنواع الموجات الزلزاليّة دمارًا موجات لوف تُنسب تسمية موجات لوف إلى عالم الرياضيات البريطاني أغوستوس لوف (A.E.H. Love)الذي وضع النموذج الرياضي لهذا النوع من الموجات في عام 1911م،

وتتميّز موجات لوف بأنّها أسرع أنواع الموجات السطحية،[٤] وهي موجات عرضية تتحرّك من جانب إلى آخر على سطح القشرة الأرضية، وتُنتج حركة أفقية، أي أنّها تتسبّب باهتزاز الأرض في الاتّجاه العمودي على اتّجاه انتشارها موجات رالي سُمّيت موجات رايلي بهذا الاسم نسبة للعالم جون رايلي (John Rayleigh) الذي تنبّأ رياضيًا بوجود هذا النوع من الموجات عام 1885م، وتعدّ معظم اهتزازات الزلازل التي يتمّ الشعور بها من نوع موجات رايلي، والتي يمكن أن تكون أكبر بكثير من الموجات الأخرى



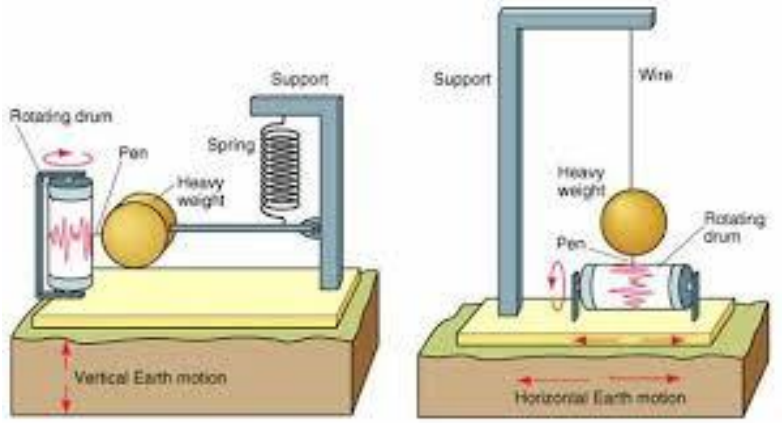




شكل 55 انواع الموجات السيزمية

رصد وتسجيل الموجات الزلزالية

ولدراسة الزلازل تستخدم جهاز رصد الزلازل حيث أنه عندما يحدث الزلزال نتيجة لأي سبب من الأسباب تنطلق من مركزه طلقة ترسل ذبذبات قوية في الصخور تنتج عنها تموجات مختلفة في عدة اتجاهات.

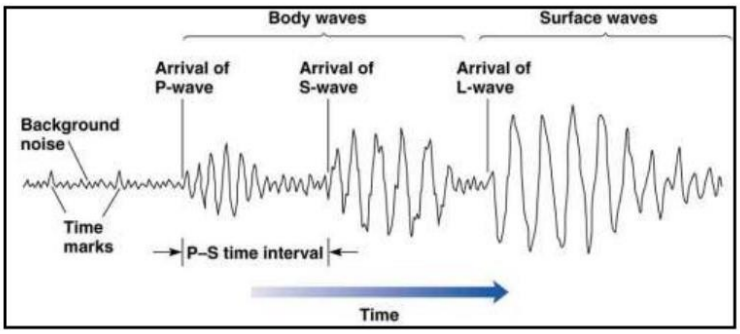
وتُسجل الموجات التي تصل إلى مراكز رصد الزلازل بواسطة جهاز رصد الزلازل السالف الذكر والمبين في الشكل التالي 56:




**شكل 56 سيزموجراف**

وهو يتكون من ثقل أو جسم ثقيل مثبت على عمود أفقي ومشدود بسلك إلى قائم ويفصل العمود الأفقي عن القائم العمودي مفصلة سريعة الحركة ، بينما يثبت في الناحية الأخرى من الثقل مرآة تعكس شعاعا من الضوء على اسطوانة التسجيل التي تكون عبارة عن ورق حساس كأفلام التصوير. وهذا الجهاز أجريت عليه أبحاث كثيرة ومستمرة لتطويره ولزيادة تعقيده حتى يستطيع تسجيل أقل الهزات من حيث الشدة، وقد بُنيت فكرة هذا الجهاز على أن أي ثقل مدلى في حبل عمودي طويل كما يتدلى بندول الساعة يظل ساكنا بحكم قصوره الذاتي حتى لو اهتز ما تحته. وعلى هذا الاساس فعند اهتزاز القاعدة المركب عليها الجهاز تهتز فقط اسطوانة التسجيل بينما يظل الثقل بما يحمل من مرآة ساكنا. وعندئذ يرسم شعاع الضوء المنعكس على المرآة خطا متعرجا على اسطوانة التسجيل نتيجة لاهتزازها ويسمى هذا الخط المتعرج بسجل الزلزال.

وعادة تكون أسطوانة التسجيل مصممة بحيث تدور ببطء دورانا آليا وتكون كذلك مقسمة إلى أيام وساعات ودقائق وثوان حتى يمكن معرفة وقت حدوث الزلزال. وتحتوي محطة التسجيل عادة على 3 وحدات اثنتان للتسجيل الأفقي وواحدة للتسجيل الرأسي ويتكون سجل الزلازل الخاص بكل زلزال من ثلاثة أقسام:




شكل 57 تسجيل الموجات الاولية والسطحية في السجل الزلزالي

القسم الأول وهو عبارة عن الموجات الأولية وهي موجات طولية وأسرع الموجات وأولها في الوصول إلى آلات رصد الزلازل وتتراوح سرعتها بين 5.5 إلى 13.8 كم/ثانية.

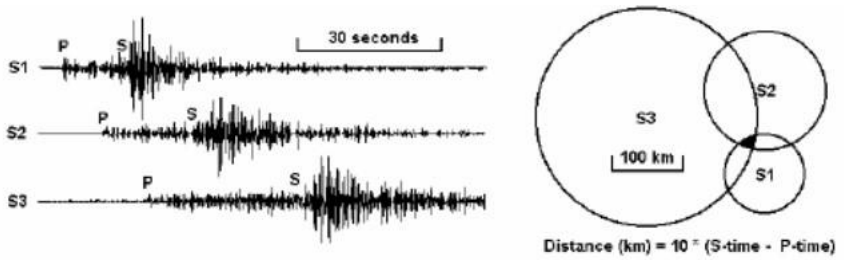
والقسم الثاني وهو يشمل الموجات الثانوية وهي موجات مستعرضة تنبعث من ذبذبة الحبيبات الصخرية في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجات الأولية، وهذه الموجات أبطأ من الأولى وتتراوح سرعتها بين 3.2 إلى 7.3 كم/ثانية.

أما القسم الثالث فهو عبارة عن الموجات الطويلة (Long Waves) وهي موجات مستعرضة طويلة المدى وتنتشر من المركز السطحي للزلزال وهي أبطأ الأنواع الثلاثة إذ لا تتعدى سرعتها 4.4 كم/ثانية.

وتنتشر الموجات الأولية والثانوية داخل القشرة الأرضية في مسار دائري تقريبا. أما الموجات الطويلة فإنها تسير على سطح الأرض ولهذا تصل آخر الموجات ولكنها تتسبب في معظم الدمار والخراب.

تحديد بؤرة الزلزال

وقد أمكن حساب بعد المركز السطحي للزلزال عن محطة الرصد بالاستفادة من اختلاف سرعات الموجات الزلزالية فى تحديد مركز الزلزال السطحى Earthquakes epicenters. وهو يشير بطريقة الحال إلى مركز الزلزال في جوف الأرض وذلك بمعرفة الفرق الزمني بين موعد وصول كل نوع من الموجات وسرعة هذه الموجات ولضبط عملية تحديد المركز السطحي للزلزال ترسم ثلاث دوائر بحيث يمثل نصف قطر كل منها المسافة بين المركز السطحي للزلزال وكل من محطات الرصد ولتكن ثلاث محطات وحيث تتقاطع الدوائر يكون المركز السطحي للزلزال كما هو واضح من الشكل




شكل 58 تحديد مركز الزلزال

## 3.3 - العوامل الخارجية المؤثرة في القشرة الارضية

هذه العمليات تستمد الطاقة من اشعة الشمس وهي تحدث تغيرات هادمة في سطح القشرة الارضية . لولا العوامل الداخلية التي تعيد ارتفاع اجزاء كبيرة من سطح الارض لكان هذا السطح مسطحا خاليا من التضاريس

وفي الواقع نجد أن العوامل السطحية لها تأثير هدمي (Destructive) وهو ما يعرف باسم التعرية, وتأثير بنائي أو انشائي (Constructive) وهو ما يعرف بالترسيب. وسطح البحر هو أقل مستوى تستطيع العوامل الهادمة أن تصل اليه فى عملها على الغلاف الصخري كما انه هو أعلى مستوى يمكن أن يصل إليه تأثير العوامل البنائية في الترسيب أيضا ولهذا السبب فإن التأثير الظاهري في النهاية للعوامل السطحية هو تأثير هادم لأن نتيجته الملموسة هي تفتيت الصخور وهدم المرتفعات بينما نجد أن نتيجة الترسيب ظاهريا غير ملموسة لأنها تحدث في معظم الأحيان

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

1- التعرية (Denudation)

وتشمل جميع العوامل التي بها يغير الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي أو البيولوجي سطح الغلاف الصخري. وتأتي هذه العوامل كنتيجة لهبوب الرياح وسقوط الأمطار وسريان الأنهار والجليد وكذلك من مرور جزء من المياه الجارية خلال صخور وأتربة الجزء الخارجي من الغلاف الصخري ويجعلها تتفتت وتصبح في صورة حبيبات. وتساعد الكائنات الحية أيضا في عمليات التفتيت ومثال ذلك نمو جذور النباتات في شقوق الصخور التي يفتتها كما تساعد الحيوانات القارضة والديدان هذه العوامل الهادمة بازالة المواد المفتتة مثل الأتربة. وبدون شك تعمل تلك العوامل بمساعدة الطاقة التي تستمدها من أشعة الشمس، وعلى ذلك فأشعة الشمس تعتبر مصدر الطاقة التي تمد تلك العوامل الطبيعية بالطاقة الحركية التي تنتج هدم الصخور الصلبة وتحولها إلى فتات إما خلال عمليات الكسر الميكانيكية أو الإذابة أو التحلل الكيميائي وهذا ما نسميه بالتجوية (Weathering) ومن العوامل التي تلي التجوية عامل النقل (Transport) وهو العامل المسئول عن حمل وإزالة الصخور المفتتة إلى أماكن أخرى ويتم هذا بواسطة الرياح أو المياه الجارية وهنا يظهر عامل جديد وهو عامل الهدم الذي ينتج من نقل الفتات الصخري واحتكاك حبيباته ببعضها أثناء عملية النقل ويسمى النحت (Erosion) وهو عبارة عن عملية سحق وإزالة أو استهلاك الحبيبات المكونة للطبقة الصخرية. ولكي يكون الدور الذي يقوم به كل عامل من العوامل سالفة الذكر واضح ومحدد نذكر أن التجوية عبارة عن هدم الصخور دون تدخل لعوامل النقل بينما النحت عبارة عن عملية هدم الصخور ونقل الفتات الصخري في نفس الوقت وبتعاون كلا العاملان في نحت سطح الأرض وتأثيرها المشترك يسمى التعرية.

الترسيب (Deposition)

تعتبر عوامل التعرية السابق ذكرها من العوامل الهادمة وهي تحول الصخور إلى نفايات وأنقاض وعلى هذه النفايات والأنقاض تبدأ عوامل عكسية لعوامل التعرية وهي عوامل الترسيب فعوامل

النقل سواء كانت أنهارا أو رياحا تحمل نفايات الصخور أو الصخور المفتتة وتنقلها من أماكن تواجدها الأولى إلى أماكن منخفضة المستوى بحسب ما تسمح به الظروف الجغرافية والوزن والحجم المحمول من الحبيبات، وبفعل الجاذبية تسقط هذه النفايات الصخرية وترسب على شكل طبقات تسمى بالصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) ومن أمثلة هذه الصخور الطينية التي تترسب عند أفواه الأنهار في هيئة دلتا، وكذلك صخور الأملاح التي تترسب في قاع البحيرات والبحار المغلقة كنتيجة لزيادة تركيز الأملاح بسبب زيادة التبخر، وأيضا صخر الحجر الجيري العضوي وهو صخر الحجر الجيري المحتوي على حفريات والذي يتكون نتيجة لتجمع البقايا الصلبة من الحيوانات والنباتات في قاع البحر بفعل الجاذبية ومن أمثلتها أيضا الحجر الرملي و الفوسفات والفحم.

اولا التجوية weathering

ويقصد بها التأثير الناتج من مجموع العمليات العديدة التي تحدث بفعل العوامل الجوية والتي تتضافر في تحلل وتفتت الصخور الصلبة وكذلك تتغير بواسطتها المعادن إلى معادن جديدة أكثر ثباتا تحت ظروف جديدة على سطح الأرض. وعمليات التجوية لا يصاحبها أي نقل لنواتج التفتت ويستبعد من هذه العمليات فعل الأمطار والرياح غير أن الناتج من عمليات التجوية يتعرض لتأثير الجاذبية حيث تقع أو تنزلق المواد المفككة إلى أسفل وخصوصا عندما يساعد على انزلاقها وجود الماء ولإزالة نواتج التجوية أثر كبير في نشاطها وذلك لأنها تكشف عن أسطح جديدة للتأثير عليها ومن ذلك يتضح أنه لا يوجد فاصل واضح بين التجوية والتعرية.

ويعتمد نوع عملية التجوية في منطقة ما على المناخ إلى حد كبير، ففي المناطق الصحراوية حيث يقل الماء والرطوبة تسود التجوية الطبيعية بينما في المناطق الرطبة ذات المطر الغزير تكون التجوية الكيميائية هي السائدة، وهذا الإختلاف أساسه أن الأكسجين وثاني أكسيد الكربون هما المكونان النشيطان الأساسيان في الجو لا يكون لها أثر فعال بدون وجود الماء. وعليه نجد أن هناك نوعان من التجوية.

1- التجوية الطبيعية أو الميكانيكية (Physical or Mechanical)

ويقوم هذا العامل بتفتيت الصخور بفعل تغيرات درجة الحرارة والصقيع والأحياء. وينحصر عمل التجوية الطبيعية في تفتيت الصخور الصلبة إلى قطع صغيرة كنتيجة للتشقق الذي يحدث في الصخور بسبب تمددها نتيجة لتغير درجات الحرارة. وكما نعلم فكل صخر عبارة عن مجموعة من المعادن وهذه المعادن تختلف في معاملات تمددها كما أن معامل تمددها ذاته قد يختلف في المعدن الواحد بالنسبة للإتجاهات البلورية. وعلى هذا فتمدد الصخور يكون غالبا غير متجانس الأمر الذي يسبب تصدعا فيه وظهور شقوق مختلفة الإتجاهات كما وأن التشقق يحدث نتيجة لتجمد الماء أو تبلور الأملاح في شقوق موجودة أصلا في الصخور. هذا ولاختراق جذور النباتات لهذه الشقوق أثر كبير يساعد على اتساعها.

مما سبق يتضح أن التجوية عبارة عن عدة تأثيرات تحدث نتيجة: التغير في درجات الحرارة وتجمد المياه والجاذبية وعمل الكائنات الحية ونتحدث فيما يلي عن كل من هذه العوامل ومدى تأثيراتها:

أ) التغير في درجات الحرارة (Temperature changes)

تختلف درجة الحرارة كثيرا في النهار عنها في الليل وفي الصيف عنها في الشتاء ويصل هذا التأثير إلى أقصى مدى له في البلاد الجافة أو البلاد الصحراوية، وقدأثبتت الأبحاث أن متوسط الفرق بين أعلى درجة للحرارة التي يبلغها سطح الصخور نهارا وأقل درجة حرارة ينخفض إليها في الليل طول مدة الصيف هو خمسون درجة مئوية ولكل معدن من مكونات الصخور معامل تمدد يختلف عنه لمعدن آخر، وهذا الفرق في معامل تمدد المعادن المختلفة يؤدي إلى حصول جهد أو ضغط ينتج عنه تفتيت الصخور، ولهذا السبب يكون هذا العامل ذا تأثير أوضح أو أكبر على الصخور التي تتكون من معادن تختلف من حيث معاملات تمددها كالصخور النارية وهكذا تتعرض الصخور لإجهاد كبير بسبب تفتتها نتيجة للانكماش والتمدد اليومي.

ولما كانت الصخور بطبيعتها لاتسمح بمرور الحرارة فيها بسهولة فإن تأثير الحرارة عليها لا يتعدى القشرة أو الطبقات السطحية من الصخر بينما لا تتأثر أجزاؤه الداخلية وينشأ عن ذلك انفصال هذه الطبقات السطحية عن بقية أجزاء الصخر وتعرف هذه الظاهرة بالتقشر

(Exfoliation) وهذا التقشر يحدث عادة في الصخور الصلبة المتجانسة في التركيب الكيميائي والنسيج الصخري. أما إذا كانت هناك فروق في هذه الصفات من جزء إلى جزء في الصخر فإنه يتفتت ويتهشم بدلا من أن يتقشر.

ب ـ تجمد المياه (Freezing Water)

وتعتبر من أهم العوامل التي تسبب تفتيت الصخور، حيث أن الماء يتمدد بنسبة 9% تقريبا من حجمه الاصلي عندما يتجمد وهذا التجمد يسبب ضغطا كبيرا يحدث تهشم الصخور التي تحوي هذه المياه في الشقوق التي بها ويكون تأثير هذا العامل كبيرا في البلاد التي يتكرر فيها تجمد الماء على هيئة جليد ثم ذوبانه بعد ذلك كما هو الحال في المناطق الجبلية والمناطق المعتدلة. ويقل تأثير هذا العامل في المناطق القطبية التي يظل فيها الجليد أحقابا طويلة دون أن تذوب.

ج ـ الجاذبية (Gravity)

العمل الرئيسي للجاذبية في التجوية هو نقل الفتات الصخري، ولكنها أيضا تعتبر عاملا مهما في تفتيت وتهشيم الصخور، إذ يحدث أن تتآكل طبقة رخوة مثل الحجر الطيني التي قد تكون موجودة تحت مادة صلبة مثل الحجر الجيري على سبيل المثال وتكون النتيجة أن تبقى الطبقات الصلبة معلقة على هيئة مصطبة. ثم يأتي دور الجاذبية فتنهار أطراف هذه المصاطب بتأثيرها وتسقط على سفوح الجبال شديدة الانحدار فتتهشم إلى قطع صغيرة ذات زوايا حادة تعرف برواسب التالوس (Talus). ويزداد تأثير الجاذبية كلما ازداد ميل السفح الذي تسقط وتتهشم الصخور عليه.

دـ عمل الحيوانات والنباتات

وهذا ما يسمى في بعض الأحيان بالتجوية العضوية (Organic Weathering) ويشمل عمل الحيوانات كالديدان في الحفر أو استهلاك كميات كبيرة من التربة بقصد استخلاص المواد الغذائية منها أو بافراز مواد كيميائية تتفاعل مع بعض الصخور ويدخل في هذا ايضا عمل الانسان من حرث إلى نقل كميات كبيرة من التربة بقصد الردم أو تعزيز الجسور إلى حفر المناجم والابار المختلفة مما يعطي الفرصة لكثير من عوامل التعرية للتأثير على الصخور المختلفة.

وتعمل النباتات على تفتيت الصخور بواسطة تخلل جذورها في الشقوق وهذا ايضا يعطي فرصة للعوامل الاخرى لكي تتخلل الصخور وتؤثر عليها كما أن تحلل هذه النباتات يعتبر عاملا هاما إذ أنها تفرز أحماضا معينة تذيب نوعيات معينة من الصخور.

شكل 59 امثلة علي عوامل التجوية الطبيعية

2- التجوية الكيميائية

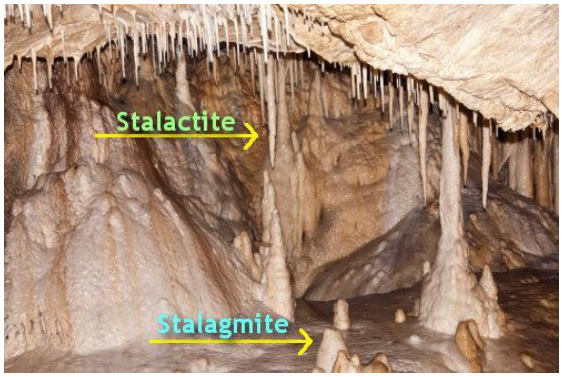
وتسمى أحيانا بالتحلل (Decomposition) بواسطتها تتحلل المعادن المكونة للصخور وتتفكك وتذوب بفعل الماء والاحياء وقد يكون للعمليات الكيميائية الناتجة من تواجد الماء المحمل بالاكسجين وثاني أكسيد الكربون أثر أقوى بكثير من العمليات الطبيعية البحتة بالنسبة لتفتيت

الصخور فغالبية المعادن المكونة للصخور تتبلور في وسط بعيد عن السطح وعلى هذا فهي غير ثابتة عندما تتعرض لعمليات التجوية. فتتحول إلى معادن جديدة بفعل التميؤ والأكسدة والتبادل الأيوني وفي تغيرها هذا تتمدد تمددا غير متجانس وتتشقق الصخور على طول حدود حبيبات المعادن المكونة له كما وأن التأثير الكيميائي للأحياء الدقيقة وجذور النباتات أثر هدام مميز على المعادن المكونة للصخور.

وتعتمد التجوية الكيميائية على قدرة مياه الأمطار المذاب بها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والأحماض والمواد العضوية المختلفة في اذابة الصخور. ويعمل هذا النوع من التجوية على اضعاف تماسك المعادن المكونة للصخور وتكون محاليل تجمعها الأمطار بعد ذلك فيصبح الصخر مساميا يسهل تكسيره ومن نتائج التحلل أيضا تكون نواتج جديدة نتيجة للتغير تزيد في حجمها على حجم الصخر الأصلي وتوجد على هيئة قشور منفصلة على سطحه. ومن المعادن المكونة للصخور ما يتحلل بسهولة ومنها ما يقاوم عملية التحلل مثل الكوارتز والميكا البيضاء والماجنيتيت. ونذكر فيما يلي العوامل الكيميائية التي تساعد على تحلل الصخور وهي:

أ ) التجوية بثاني أكسيد الكربون:

وهذه تسمى أحيانا بالتكربن (Carbonation) وهي عبارة عن اتحاد ثاني أكسيد الكربون ($CO_2$) المذاب في الماء مع أي قاعدة ويوجد هذا الغاز في الجو بنسبة 0.03% كما سبق أن أوضحنا وقد تزيد هذه النسبة إلى 0.07% أو 0.1% في المدن الصناعية وقد تصل إلى 1.2% في مياه الأمطار مما يساعد على إذابة كثير من أحجار المباني في البلاد الممطرة. ويساعد هذا الغاز أيضا على إذابة كربونات الكالسيوم المكونة للأحجار الجيرية وبذلك تتكون المغارات (Caves) كما يساعد على تكوين الرواسب الجيرية للكهوف مثل الاستالاكتايت (Stalactite) التي تكون مدلاة من أسقف المغارات والاستالاجمايت (Stalagmite) التي تتكون على أرضها. وهذا الغاز يكثر أيضا في المناطق الحارة نتيجة لتحلل النباتات الكثيفة بها كما يتصاعد من البراكين الثائرة. وعندما تتم عملية التكربن لصخر ما فإنه يحدث إزدياد في حجم المعادن المكونة له وهكذا يتشقق الصخر ويتفتت ويصبح التأثير عليه سهلا بواسطة العوامل الجوية الأخرى.




شكل 60 الصواعد والهوابط

ب ـ التجوية بالأكسدة أو التأكسد (Oxidation):

وهو اتحاد الأكسجين مع محتويات الصخور ويساعد على اتمام ذلك الرطوبة لان الأكسجين يذوب في الماء إلا أن ذوبانه أقل من ذوبان ثاني اكسيد الكربون ويكون من تأثير عملية الأكسدة أن تتحول المادة المكونة للصخور التي يكون أساس تركيبها المعدني البايروكسينات والامفيبولات والاولفينات أي سليكات الحديد والمغنسيوم إلى بيكربونات كالسيوم أو مغنيسبوم أو حديد قابلة للذوبان وسيليكا كما يتحول أكسيد الحديدوز إلى أكسيد الحديديك (هيماتايت) أو إلى الايدروكسيد (ليمونايت) وواضح أن عملية الأكسدة هذه يصحبها تغيير في الألوان من الأخضر أو الأسود إلى الأحمر أو الأصفر أو البني ولهذا السبب نجد أن أماكن كثيرة في المناطق الدافئة تتميز بهذه الألوان.

ومن أمثلة الرواسب التي توجد في المناطق الاستوائية التي تتميز بمناخها الحار الرطب راسب بني محمر يسمى لاتيرايت (Laterite) وهو راسب عبارة عن خليط من أكاسيد الحديد والالومنيوم وتغلب فيه نسبة الحديد على الألومنيوم ولهذا السبب يغلب عله اللون الأحمر وينتج اللاتيرايت من تحلل الصخور التي تحتوي في تركيبها على نسبة كبيرة من الحديد كالجابرو، أما إذا كانت نسبة الحديد قليلة في الصخر المتحلل مثل الجرانيت والسيانايت وكانت نسبة الألومنيوم هي السائدة لان هذه الصخور غنية بالفلسبارات فإن الذي ينتج عن التحلل في مثل هذه الحالة يسمى بوكسايت وهو عبارة عن أكاسيد الألومنيوم المائية ويمكن الاستدلال من وجود هذين

النوعين الأخيرين من الرواسب بين الطبقات الصخرية على البيئة الإستوائية التي كانت سائدة وقت تكوينها.

ج ـ التميؤ (Hydration):

وهذه هي عملية اتحاد الماء مع مختلف المركبات المكونة للصخور مثل تميؤ الفلسبارات لتعطي المعادن الطينية الهامة للتربة. ويصحب هذه العملية ازدياد في حجم المعدن مثلما يحدث عندما يتحول معدن الانهيدرايت (Anhydrite) وهو كبريتات الكالسيوم إلى جبس أي كبريات كالسيوم مائية فينتج عن ذلك تشقق في الطبقات التي تعلوه.

د ـ الذوبان (Solution)

ويقصد بهذه العملية ذوبان معادن الصخور في الماء سواء كان ماء مطر أو مياه أرضية. والماء في حد ذاته مذيب ضعيف ولكنه يذيب بعض المعادن مثل الهالايت أو الملح الصخري. وإذا ما اشترك الذوبان والتكربن سويا فإن الأثر يكون أكبر خصوصا على الصخور الجيرية التي تتكون بها الفراغات والكهوف والتجاويف وآثار المطر نتيجة لذلك. أما ما لايذوب من المعادن فإنه يبقى على هيئة رواسب متبقية على سطح الحجر الجيري الأبيض. وهي رواسب غنية بأيدروكسيد الحديد غير القابل للذوبان ومنشؤة آثار مركبات الحديد التي توجد على هيئة شوائب في الحجر الجيري.

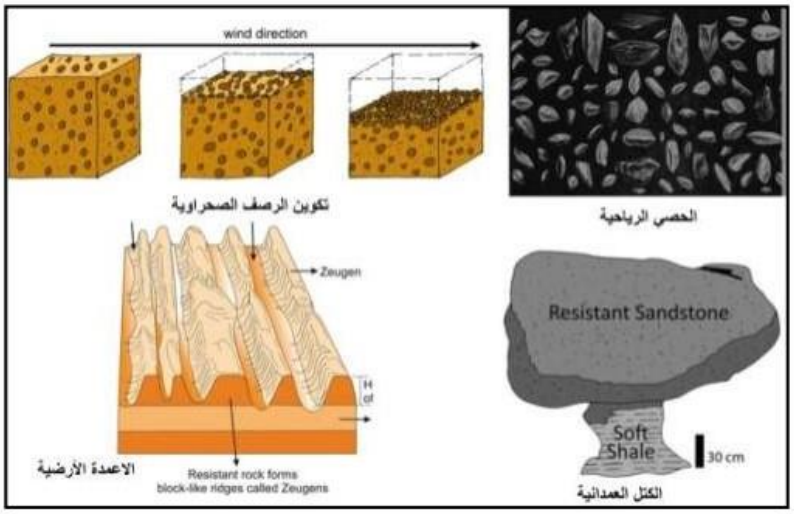
## النحت (Erosion)

بعد أن شرحنا تفصيلا التجوية نأتي إلى التحدث عن العامل التالي من عوامل التعرية وهو النحت. وتحدث عملية النحت بواسطة عوامل مختلفة كالرياح والامطار والانهار وتساقط المياه والبحار والانهار الثلجية. ولكل من هذه العوامل تأثير هدمي على الصخور يشمل تفتيتها ونقلها كما أن له عمل بنائي عبارة عن ترسيب ما ينقل من فتات الصخور ونتحدث فيما يلي عن النحت بالعوامل المختلفة.

1ـ نحت الرياح (Wind Erosion)

ويكون هذا أكبر تأثيرا في البلاد الحارة الجافة مثل البلاد الصحراوية حيث يكون سطح الأرض خاويا تقريبا من النباتات والحشائش وحيث تكون صخور سطح القشرة الأرضية قد تفتت بواسطة عوامل التجوية المختلفة.

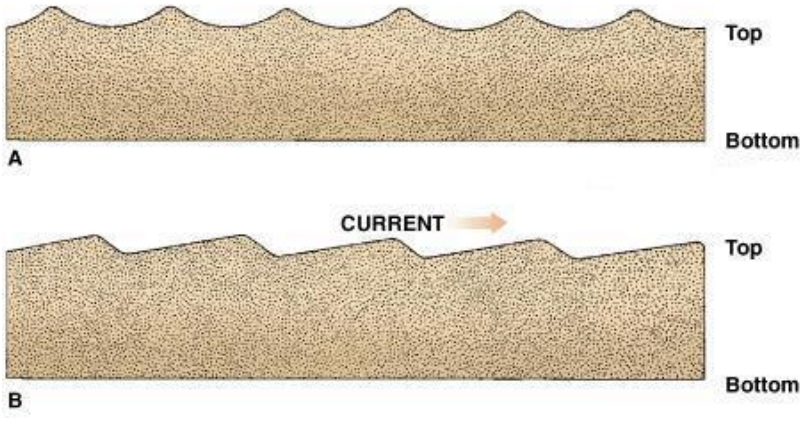
وللرياح تأثيران أحدهما هدمي والآخر بنائي. والتأثير الهدمي للرياح يعتمد اعتمادا كليا على ما تحمله من مواد مفتتة ومن الرمال والأتربة وهذه الشحنة إما أن تكون محمولة في الهواء فتسمى بالشحنة المعلقة أو قد يدحرجها الهواء أمامه على سطح الأرض وتسمى بالشحنة المدحرجة ويتوقف نوع الشحنة على شدة الريح وشكل الحبيبات وحجمها وكثافتها فقد تكون الرياح ضعيفة فيكون أثرها الهدمي ضعيفا وقد تكون الرياح قوية كالزوابع والأعاصير فتكتسح كل ما يقابلها على سطح الأرض من صخور مفتتة ومواد رملية وما شابه ذلك وتصبح بعد ذلك سلاحا فعالا في تفتيت أوجه الصخور وبريها أو صقلها. وقد تمر هذه الرياح بصخور غير متناسقة أي صخور تحتوي على أجزاء أو طبقات أصلب من الاخرى ويكون نتيجة ذلك أن تتآكل الأجزاء الرخوة أو الأقل صلابة. وتبقى الصخور الصلبة بارزة كما يحدث عند تكوين المصاطب كما أوضحنا من قبل ويعرف هذا النوع من النحت الذي يؤدي إلى تأثير مختلف على الصخور بالنحت المتباين (Differential Erosion) ومن أثر الرياح الهدمي ما يشاهد في الصحاري من حصى مثلث الاضلاع (Ventifacts) يكون بشكل هرمي نتيجة لهبوب الرياح من اتجاه معين عليه ويلاحظ أن أوجه هذا الحصى تكون مصقولة جدا نتيجة لذلك. وكذلك الرصف الصحراوية desert pavement والكتل العمدانية Rock pedestal والاعمدة الارضية Zeugen شكل 61




شكل61 المظاهر الجيولوجية الناتجة عن نحت الرياح

أما العمل البنائي للرياح فيحدث بمجرد أن تصادف هذه الرياح في طريقها عقبات او نتؤات تؤدي إلى ايقافها أو تقليل سرعتها فتلقي بما تحمل من رمال وأتربة وترسب هذه على شكل تموجات أو كثبان.

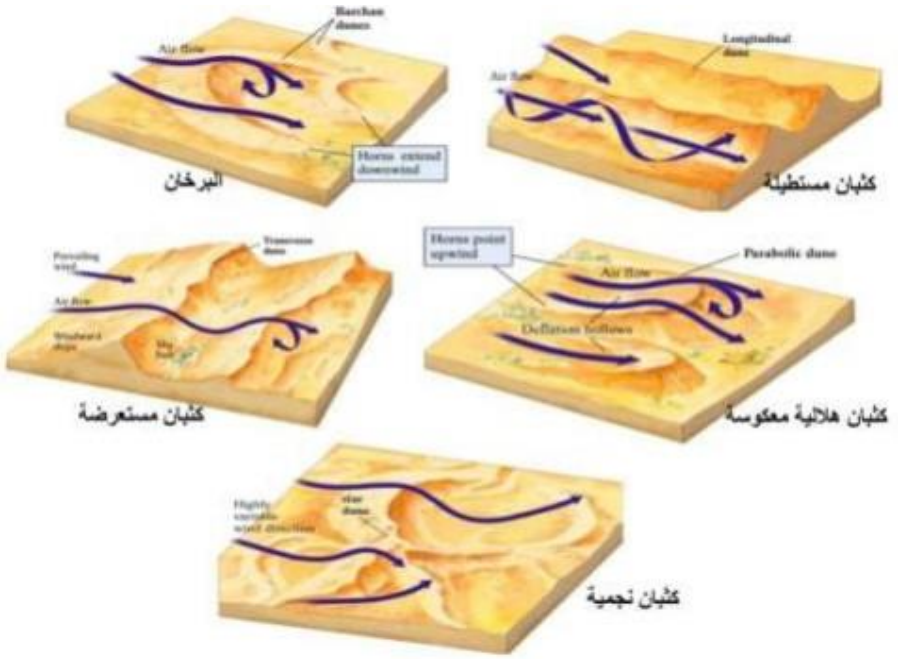
وتكون التموجات الرملية (Ripple Marks) غير متماثلة أو بمعنى آخر تكون الجهة التي تواجه الريح أقل في الميل من الجهة التي ضد الريح كما هو واضح من الشكل 62




شكل 62 التموجات الرملية

أما الكثبان الرملية (Sand-dunes) فتتكون من حبيبات مستديرة من الرمل وهي تختلف من حيث الارتفاع فتتدرج من بضعة أقدام إلى ما قد يصل عشرات الامتار. ومن حيث الشكل فهي قد

تكون مستطيلة بحيث يكون اتجاهها هو اتجاه الرياح السائدة وهذا هو النوع من الكثبان الرملية الذي يعرف بالغرود (Longitudinal dunes) ومن أمثلته غرد أبوالمحاريق الذي يمتد حوالي 700كم من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي في الصحراء الغربية بين الواحات البحرية والواحات الخارجة. وقد تكون هذه الكثبان هلالية الشكل (Barchan) ويكون انحدارها بسيطا من ناحية اتجاه الرياح وشديدا في الاتجاه المضاد. شكل 63




شكل 63 الاشكال المختلفة للكسبان الرملية

2- نحت الامطار (Rain Erosion)

تكثر الامطار في المناطق الاستوائية وتقل تدريجيا نحو القطبين كما تكون كمية الامطار في الجهات الساحلية أكبر منها داخل القارات. وعند نزول مياه الامطار على الارض نجد أن بعضا منها يتبخر ثانية ويتصاعد في الهواء بينما يتسرب جزء آخر في مسام الصخور وثقوبها وشقوقها ويصل إلى أعماق متفاوتة من سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الجوفية.

أما الجزء الثالث فيسيل على سطح الأرض مكونا ما يعرف بالمياه الجارية كالانهار مثلا. وللأمطار عمل هدمي فقط ولا يتم العمل البنائي وهو ترسيب ما تحمله هذه الأمطار من فتات صخري إلا بواسطة الأنهار والمياه الجوفية وهي ما تؤدي إليه مياه الأمطار. أي أن الأمطار تقوم فقط بدور الهدم والنقل بينما تكمل المياه الجارية هذه العملية ثم تقوم بالترسيب في النهاية. وينقسم العمل الهدمي للأمطار إلى عمل آلي وعمل كيميائي. أما العمل الآلي أو الميكانيكي فيعتمد على اصطحاب المطر برياح شديدة مما يساعد على نقل المواد المفتتة على سطح الصخور أو تفتيت أجزاء منها ومن أمثلة ذلك ما يحدث في البلاد الجافة من نحت الأمطار لأوجه الصخور الجيرية أو الطباشيرية مكونا في النهاية مجموعة من الأخاديد تفصلها جروف حادة نوعا وقليلة الارتفاع كما هو الحال في كثير من جبال شبه جزيرة سيناء. أما العمل الكيميائي الذي تستخدم الأمطار في تفتيت الصخور فهو عبارة عن إذابة ماء المطر لبعض الغازات الموجودة في الهواء مثل الاكسجين أو ثاني أكسيد الكربون كما سبق أن أوضحنا في حالة التجوية الكيميائية.

3- نحت السيول (Torrent Erosion)

تظهر السيول بعد هطول الأمطار الغزيرة وهي أنهار وقتية تترك مجاريها ظاهرة سواء على سفوح الجبال أو في الصحراء بعد تصريف مياهها فعند هطول الأمطار الغزيرة على التلال أو الجبال تنحدر مياهها في مجاري ضيقة ثم تتصل هذه المجموعات من مجاري مياه المطر وتكون السيول ويكبر السيل ويتزايد حجمه وتتزايد سرعته حتى يصل إلى نهر يصب فيه مثل السيول التي تنحدر من أعلى جبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية وتصب في وادي النيل.

وتكتسح السيول ما تقابله في طريقها من مواد طينية أو حصى مختلف الأحجام أو كتل صخرية كبيرة إذا كان السيل جارفا وقويا. وتكون هذه المواد بمثابة الآلات التي تستعملها السيول في نحت وتعميق مجاريها وبمرور السنين نجد أن المجاري الضيقة التي تنشأ في البداية من نحت السيول قد تحولت إلى أخوار ضيقة جداً (Canyons) وقد وجد أن العمل الهدمي للسيول يظهر واضحا في الصحاري لندرة وجود النباتات فيها على العكس من تأثيره في البلاد التي تغطيها النباتات والغابات.

وعند خروج مياه السيول من أخوارها فإنها تنتشر على سطوح السهول وبذلك تفقد سرعتها وتبدأ بترسيب ما تحمل من مواد. ويكون الترسيب عادة إما على شكل نصف دائرة مركزها مخرج الخور ويسمى ما يرسب بمخروط السيول (Alluvial cone)أو يكون الترسيب على شكل مثلث تكون قمته عند مخرج الخور ترسب عندها الكتل الصخرية والحصى الكبير ثم يتناقص حجم الحصى تدريجيا وينتهي بالرمال والمواد الطينية عند قاعدة المثلث ويعرف هذا النوع من الترسيب بالدالات الجافة. شكل 64

شكل 64 مخروط السيل

4ـ نحت الأنهار (River Erosion)

تختلف الأنهار عن السيول في أن المياه فيها مستديمة نظرا لأنها تبدأ في مناطق كثيرة الأمطار أو مناطق تغطيها الثلوج وكذلك فهي تعتمد على ما يصب فيها من روافد وعيون وبحيرات والغالب أن مجرى النهر يكون شديد الانحدار في الجزء القريب من منبعه وقليل الانحدار في الجزء الأسفل منه أو القريب من مصبه.

ويشمل العمل الهدمي للأنهار التأثير على جوانب مجرى النهر وقاعه فتساعده ما يحمل من مواد ويختلف هذا التأثير باختلاف سرعة التيار وحجم الماء وطبيعته ومقدار المواد المحمولة في الماء وطبيعة الصخور المكونة لمجرى النهر ذاته. وتشمل شحنة النهر أو حمولته المواد الذائبة في مياهه كالاملاح مثل كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم وكلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

كما تشمل هذه الحمولة ايضا المواد المعلقة في الماء والتي يرجع سبب وجودها هكذا إلى اختلاف سرعة التيار فنجدها تكون أكبر في وسط النهر منها عند جانبيه أو قرب القاع – كما أن السرعة تزداد مع وجود الانحدارات في مجرى الوادي ويؤدي اختلاف سرعة التيار إلى وجود الدوامات التي تتسبب في رفع الفتات الصخري من القاع وحملها معلقة في الماء. ونضيف أن حمولة النهر لا تقتصر على النوعين السابق ذكرهما لكنها تشتمل ايضا على الكتل الصخرية والحصى الكبير الذي لا تقوى المياه على حمله فتدفع مياه النهر هذه المواد وتدحرجها على القاع وبملاصقة الجوانب مما يؤدي إلى تآكل وتفتيت صخور مجرى النهر كما أن الكتل الصخرية والحصى تحتك ببعضها فتبرى وتصقل. وعلى هذا يستدل على أماكن مجاري الانهار بالاماكن الصحراوية في الأزمنة القديمة بوجود الكتل الصخرية والحصى المستديرة الأوجه. ويستغل النهر شحنته المحمولة السابق التحدث عن تصنيفها في الاستخدام كآلات يستعملها في حفر وتعميق المجرى كما هو واضح من الشكل 65

شكل 65 حفر وتعميق مجري النهر

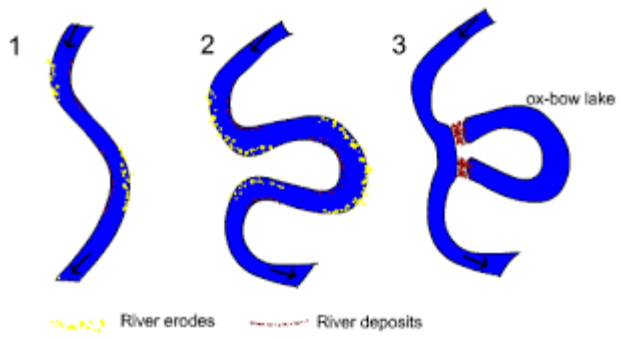
وعادة تتدخل ظروف أخرى في هذه العملية كنوع الصخور التي يحفر فيها وسرعة التيار ومناخ المنطقة. فقد تؤدي طبيعة الصخور التي ينحت فيها النهر مجراه إلى أن ينحت في الجانب الآخر وهذا يؤدي إلى تكوين التعاريج أو الالتواءات في مجرى النهر. ويتدخل المناخ في تحديد شكل المجرى فإذا كان النهر قويا ومحتفظا بقدرة حمولته على النحت وكان الجو جافا ينحت أخدودا عميقا (Gorge) أما إذا كان المناخ رطبا في هذه الحالة كما هو الحال في الاماكن التي تكثر فيها الامطار فإننا نجد مساعدة من عوامل التعرية الاخرى كالتحلل والجاذبية على تآكل جدارات

الاخدود فيتسع مجرى النهر نتيجة لذلك. ويتوقف عمق المجرى وشكله على العلاقة بين سرعة تأثير عوامل التعرية على الجوانب وسرعة حفر القاع.

التأثير الجيولوجي للانهار:

لكل نهر دورة تشمل التغيرات المختلفة التي تطرأ عليه وتشمل هذه الدورة ثلاث مراحل هي الشباب والنضوج والشيخوخة. ففي مرحلة الشباب (Youth stage) يكون حفر الجداول والفروع والوديان على أشده وتكون الانهار سريعة ولها انحدار غير منتظم فتتكون البحيرات ومساقط المياه والاخاديد. وفي هذه المرحلة تكثر ظاهرة أسر الانهار (River Capture) وهي ظاهرة تنشأ من قدرة أحد الأفرع على النحت أكثر من الفرع الآخر فيصبح مجراه أكثر انخفاضاً فتجري مياه الفرع الآخر في هذا الفرع ويتوقف بذلك النحت في مجرى النهر الآخر. وتقترب مرحلة الشباب هذه من نهايتها عندما يصبح المجرى المائي مدرجاً (Graded) وعندما تختفي البحيرات ومساقط المياه أو الشلالات وتتسع الأخاديد إلى وديان ويعرف النهر في مرحلة الشباب بالنهر الصغير ويكون قطاعه على شكل V.

أما مرحلة النضوج (Maturity stage) فيصل فيها اتساع الوادي إلى أقصى مداه ويصبح على شكل V مفتوحة ويقال عن النهر أنه متوسط العمر، وتكثر في هذه المرحلة التعرجات أو الالتواءات النهرية وكذلك البحيرات القوسية. شكل 66




شكل 66 مراحل تكون البحيرات القوسية

وفي مرحلة الشيخوخة (Old stage) تقل وعورة الوادي ويقل انحدار النهر ويفقد النهر قدرته على النحت ويبدأ في الترسيب إذ تضعف سرعة تياره وتسمى المنطقة الارضية التي يؤول إليها مجرى النهر بالسهل المنبسط (Peneplain)ويصبح النهر شيخا أو عجوزا. وقد توجد هذه المراحل كلها في نهر واحد أو في أجزاء متفرقة منه. فكلما زاد عمر النهر زادت مرحلة الشيخوخة أو مرحلة الترسيب في نسبتها على المرحلتين الأخرتين.

ويكون قطاع النهر على شكل خط مقعر يقل تقعراً كلما اقترب النهر من مصبه كما أن شكل هذا القطاع يتغير بتغير عمر النهر. فالنهر يأكل في مجراه بشدة بالقرب من منبعه سنة بعد أخرى كما أن عوامل التعرية في هذه الاماكن الرطبة تساعد على النحت وبهذا يهبط مستوى القطاع حتى يصبح القطاع في النهاية قريبا من المستوى الأفقي علما بأن الحد الأسفل الذي يمكن أن يصل إليه قطاع النهر هو المستوى القاعدي للتعرية وهو الخط التصوري لامتداد مستوى سطح البحر تحت سطح القشرة الأرضية.

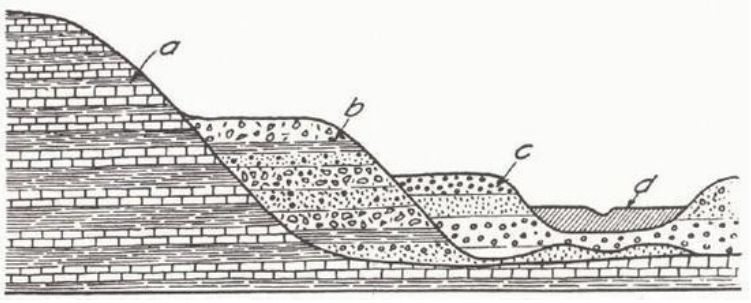
وأحيانا يعترض مجرى النهر في مرحلة نضوجه عائق كالطفوح البركانية أو قد يرتفع قاع النهر بسبب من الأسباب وبذلك نصل إلى أن المجرى يعترضه عائق. وعليه فإن النهر يبدأ من جديد في نحت وتعميق مجراه. ويعرف في هذه الحالة بأنه يجدد شبابه (Rejuvenating) ويبدأ النهر في نحت ما رسبه سابقا على سبيل الفيضان (Flood plain) تاركاً جوانب هذا السهل على شكل شرفات تعرف بالشرفات النهرية (River Terraces) وبتكرار تجديد شباب النهر يتكرر تكون هذه الشرفات النهرية علما بأن الشرفات العليا دائما هي الأقدم والسفلى أحدث في التكوين. وترى الشرفات النهرية واضحة في أماكن من الوجه القبلي على جانبي نهر النيل

ويتبع العمل الهدمي للنهر دوره البنائي وهو الترسيب. وهو عبارة عن القاء النهر لما يحمل من مواد عندما تقل سرعته أو تقف نهائيا نتيجة لأن يقل انحدار المجرى كما هو الحال في الاجزاء القريبة من المصب أو أن يقل حجم الماء نتيجة للبخر الشديد أو أن يتسرب الماء في الصخور المسامية أو الشقوق داخل الأرض أو أن توجد عوائق في مجرى النهر تقلل من سرعته أو أن يصب النهر في مياه ساكنة أو بحر هادئ.

ويرسب الحصى أو المواد الغليظة في أعالي الوادي وفي وسط مجراه بينما ترسب الرمال والرواسب النهرية (Alluvial deposits) عند المصبات وعلى جانبي الوادي عند الفيضانات. وهكذا تتكون سهول الفيضانات (Flood Plains).

والدالات(Deltas) مثال آخر للترسيب النهري وقد سميت الدلتا بهذا الاسم للتشابه بينها وبين الحرف اللاتيني Δ بشكل الاسم وتتكون عندما تصطدم مياه الانهار بمياه البحار فتلقي بما تحمل من مواد. ويشترط لتكوين الدلتا عند مصب النهر أن يكون البحر هادئا وخال من التيارات الشديدة ويتفرع النهر نتيجة لذلك إلى فرعين أو أكثر وكذلك كان الحال في دلتا نهر النيل. إذ كان النيل يتفرع إلى عدة فروع تصل إلى بورسعيد شرقا وإلى الاسكندرية غربا ثم سدت هذه الفروع بما يرسبه النهر من غرين حتى بقى فرعي رشيد ودمياط فقط. أما إذا انتهى النهر إلى بحر كثير التيارات شديد المد والجزر فإنه لا يكون دالات بل يكون مصب عادي. حيث سرعان ما تكتسح التيارات والمد والجزر ما يحل من مواد. فلا تكون هناك فرصة لترسيبها عند مصب النهر.

ويعتبر عمل الأنهار الجيولوجي من أهم عوامل التعرية إذ يقدر ما تحمله الانهار من سطح الارض إلى قاع البحار في العالم بنحو 16 كيلو متر مكعب في العام أي ما يعادل طبقة سمكها 15 سنتيمترا من سطح الأرض أي أن الانهار تحتاج إلى حوالي خمسة ملايين سنة لازالة جميع البروزات أو التضاريس الموجودة على سطح الأرض أي لكي تصل إلى المستوى القاعدي للنحت ولكن هذا لم يحدث في العصور القديمة ولن يحدث في المستقبل لأن هناك عوامل أخرى تعمل دائما على رفع سطح الأرض والمحافظة على ما أسميناه بالتوازن الإستاتيكي




شكل 67

5- نحت البحار والمحيطات

تقوم البحار والمحيطات بالتأثير على ما حولها نتيجة الحركة الدائمة للمياه والتي يرجع سببها الي الامواج والمد والجزر والتيارات البحرية ولهذه الحركات تأثير كبير كعامل جيولوجي حيث ينتج عنها تغيرات كبيرة في الصخور على طول الشواطئ. وللبحار والمحيطات عمل بنائي واخر هدمي والهدمي ذات اهمية اقل لان تاثيره يكون على مساحات صغيرة من الشاطئ اما الاول البناء فهو الاكثر اهمية لان مياه البحار والمحيطات هي المأوي لمعظم المواد المفتتة والمنقولة بالعوامل الاخري .

العملي الهدمي للبحار والمحيطات

يشمل تاثير المياه على المناطق الشاطئية ويشمل الامواج – المد والجزر – التيارات البحرية . ولنتيجة النحت البحري تتكون اهم الملامح الجيولوجية اهمها

- الجروف البحرية wave- cut cliffs

تتكون بفعل تأثير الامواج على الصخور السفلية من الشواطئ يليها عملية تكون الكهوف ومن امثلتها الموجودة بشواطي امريكا شكل 68

شكل 68 الجروف البحرية

- الرؤوس الارضية headlands والخلجان bays

هي بروزات تشبه الاصبع مكونة من صخور مقاومة للتجوية وتمتد داخل البحر شكل 69

شكل 69 الرؤوس الارضية

- الكهوف والاقواس والقوائم البحرية sea caves, Arches, stacks

تنشأ الكهوف نتيجة الحركة المستمرة للامواج نتيجة تفريغ الجرف البحري من الداخل وقد تخترق الامواج رأسا من الرؤوس البحرية فتكون الاقواس البحرية وإذا انهار القوس فان الصخور المتبقية عند الراس تنفصل لتكون قوائم بحرية شكل 70

شكل 70 الكهوف والاقواس والقوائم البحرية

## العمل البنائي للبحار والمحيطات

العمل البنائي فهو الاكثر اهمية لان مياه البحار والمحيطات هي المأوي لمعظم المواد المفتتة والمنقولة بالعوامل الاخري . فعندما تقل سرعة الامواج والتيارات فانها ترسب حمولتها. ترسب البحار والمحيطات رواسبها في مناطق مختلفة العمق ولكل منها رواسبه الخاصة به.

### اولا المنطقة الشاطئية littoral zone

تتعرض هذه المنطقة لتأثير الامواج والمد والجزر وفيها يتراكم الحصى والمواد الخشنة واخيرا الطين . المناطق الشاطئية لها ملامح ترسيبية هاصة بها كالشواطئ – الالسنة – الحواجز – التمبولو

الشواطئ : هي روسوبيات ساحلية من الفتات الصخري وهي ملامح مؤقته

في الغالب رملية التكوين وقد تتكون من الحصى او خليط منهما

الالسنة : جسور طويلة من الرمل والحصي تمتد داخل الماء، ولكنها شكل 71

تتصل بالارض من أحد طرفيها وهي ناتجة من تلاقي تيارين بحريين

الحواجز: تجمعات رملية ضيقة وطويلة موازية للشاطئ وتفصله عنه بحيرة شاطئية شكل 71

التمبولو: هو معبر او لسان يصل بين جزيرة واليابسة او بين جزيرتين. شكل 71

حاجز بحري

شكل 71 الالسنة – الحواجز – التمبولو

ثانيا منطقة المياه الضحلة shallow water zone

وهي منطقة الرف القاري التي تمتد من الشاطئ وحتى مسافة 200 متر . وتشمل رواسب الحصى والرمال قرب المنطقة الشاطئية والطمي والطين الي الداخل.

ثالثا منطقة حافة الاعماق bathyal zone

وهي منطقة المنحدر القاري وتبدأ من عمق 200 متر ال 2000 متر تقريبا . وبها رواسب دقيقة الحبيبات غالبا من الطين وقد تحتوي على مواد جيرية وسليسية من بقايا كائنات حية كالفورمونفيرا والدايوتومات

رابعا منطقة الاعماق abyssal zone

وهي منطقة الاعماق السحيقة وأكبر الاماكن جميعا وتشمل كل الاعماق التي تزيد عن 2000 متر رواسبها خالية من الفتات التي تحملها الرياح والانهار وتوجد بها رواسب بركانية من طين احمر او رماد بركاني وتوجد رواسب دقيقة اخري تعرف باسم الاوز وهي بقايا حيوانات مجهرية كالفورمونفيرا والدايوتومات

# الفصل الرابع

# البنيات والتراكيب التكتونية

## 4- البنيات او التراكيب التكتونية

هي المظاهر أو الملامح الهندسية التي تتواجد علها الصخور وتنتج أما في نفس زمن تكوينها أو نتيجة لقوى مؤثرة بعد التكوين ، ولهذا تنقسم التراكيب إلى نوعين : التراكيب الأولية Primary structure و التراكيب الثانوية . Secondary structure

### اولا التراكيب الاولية

تتكون هذه التراكيب بفعل عوامل طبيعية ، مثل الرياح والمياه الجارية والثالجات ، وتنتج عن العمليا ت التى تتحكم فى ظروف بيئة الترسيب مثل طبيعة وسط الترسيب و العمق و سرعة و شدة التيار وكذلك التيارات القديمة واتجاها و شدتها. ومن امثلتها

1- التطبق Bedding

أهم ما يميز الصخور الرسوبية هو تواجدها في صورة طبقات متتابعة عند تكوينها ويستدل على هذا التطابق بوجود اختلاف في التركيب والنسيج والصلابة ودرجة التماسك واللون ويعرف المستوى الفاصل بين طبقتين متتابعتين بالمستوى الطبقي (Bedding Plane). ويختلف سمك الطبقة من عدة أقدام إلى جزء من البوصة وعندما يكون سمك الطبقات رفيعا جدا يطلق عليها صفيحة. وفي هذه الحالة يكون التركيب صفحي وذلك نتيجة لترسيب معادن دقيقة صفحية مثل المايكا. كما أنه قد يكون نتيجة لضغط مصدره وزن الكتلة التي تعلو الطبقات والذي يسبب الوصول ببلورات المعادن العمودية والصفحية الدقيقة إلى وضع يكون عموديا على اتجاه الضغط.وترتيب المعادن المكونة للطبقة بهذا النظام ينتج عنه الانشقاق وهي قابلية بعض الصخور الرسوبية للانفصال على هيئة صفائح موازية لمستويات التطابق وعندما تظهر صفة الانشقاق في الصخور الخشنة تكون غالبا نتيجة لوجود طبقات رقيقة من الطفل أو معادن صفحية كالميكا بين طبقات الصخر الرسوبي الخشنة وعندما تكون المستويات في الطبقة متوازية تقريبا تسمى هذه الظاهرة بظاهرة التطابق المتوافق. غير أنه في بعض الاحوال تظهر طبقة بها تطابق ثانوي تميل مستوياته بالنسبة للمستويات الرئيسية للتطابق ويعرف هذا النوع باسم التطابق المائل أو

المتقاطع أو التياري (Current or Cross bedding). يظهر على هيئة طبقات ذات مستويات مائلة تحدها طبقات متوافقة. ويدل هذا التطابق التياري على التغيير السريع في اتجاه وشدة مياه الأنهار الحاملة للرسوبيات في جانبي النهر أو الدلتا.شكل 72

شكل 72 تطابق مستوي تطابق متقاطع

2- علامات التماوج او النيم (Ripple marks)

تشاهد غالبا على سطح بعض الصخور كالرمال تموجات منتظمة تعرف باسم علامات التماوج وهذه التموجات توجد على أسطح الترسيب الحالية للشواطئ نتيجة لفعل التيارات البحرية أثناء عملية الجزر كما أنها تتكون أيضا على المسطحات الرملية الصحراوية نتيجة لفعل التيارات الهوائية غير أن شكل علامات التماوج يختلف باختلاف ظروف تكوينها وتكون علامات التماوج غير متماثلة الجوانب إذا كانت ناشئة عن تيارات مائية أو هوائية بينما تكون متماثلة الجوانب في حالة تكوينها بفعل الأمواج على الشاطئ كما هو واضح من الشكل 73الآتى:

شكل 73علامات التموج

3- تشققات الطين Mud Cracks

عندما تجف الرواسب الطينية تتشقق بطريقة يظهر معها سطح الطبقة الطينية على شكل خلية نحل ، وعندما تمتلىء هذه الشقوق برواسب جديدة غير الطين نتيجة لترسيب طبقات جديدة فوقها ، فإنها تحافظ على هذا الشكل . ووجود مثل هذه في الصخور الطينية القديمة تدل على أن المنطقة ساد فيها الجفاف والفيضان خلال العصور القديمة شكل 74

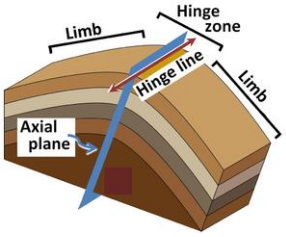
شكل 74 تشققات الطين

**ثانيا التراكيب الثانوية**

تنتج التراكيب الثانوي نتيجة تأثير قوى داخلية تؤثر على الصخور المختلفة هذه المؤثرات تأخذ صورا متعددة مثل قوى الضغط الجانبي وقوى الشد والقوى الرافعة والقوى الهابطة بتأثير الجاذبية الأرضية . ومن هذه التراكيب

1- الطيات

تتكون الطية من جانبين limbs والمستوي الفاصل بينهما المستوي المحوري axial plane قد يكون المستوي المحوري راسي اذا تساوي ميل الطبقات في جانبي الطية وتكون طية متمائلة symmetrical او غير متماثلة في حالة ميل احدهما اكثر من الاخر اما اذا كان المحور افقيا فان خطوط الامتداد تكون موازية لمحور الطية واما اذا كان مائلا تعرف بالطية الغاطسة وفيها تتلاقي خطوط الامتداد بالمحور




عناصر الطية

الطية المقعرة syncline fold

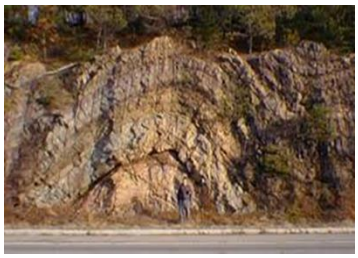
وهي التي تميل فيها الطبقات في اتجاه المحور في الجانبين وبذلك تظهر الطبقة الحديثة بجوار المحور

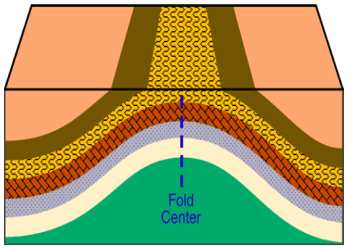
الطية المحدبة anticline fold

وفيها تميل الطبقات في اتجاه بعيد عن المحور من جانبي الطية لذلك تظهر الطبقات القديمة بجوار المحور

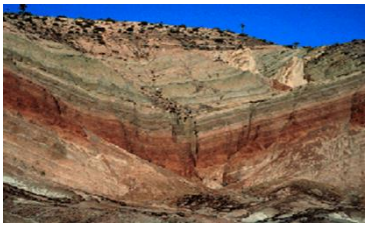
الطية وحيدة الميلة monoclinic fold

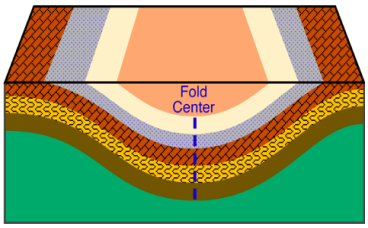
هي التي تميل فيها الطبقات في اتجاه لمسافات غير معلومة ظاهريا لا تمثل جانب من الطية المقعرة او المحدبة



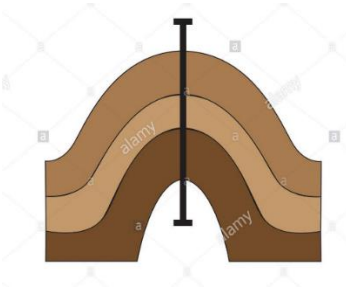



طيبة محدبة

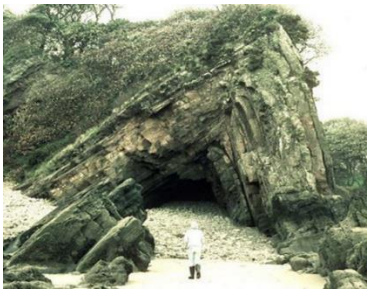


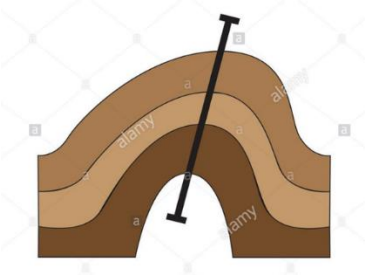



طية مقعرة

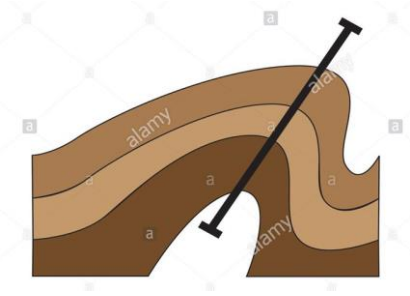


طية متماثلة

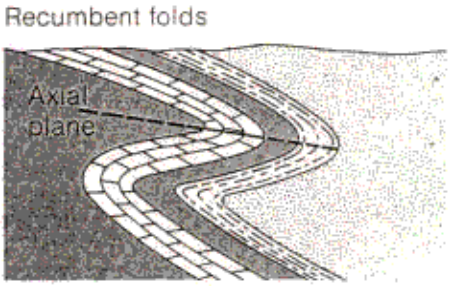




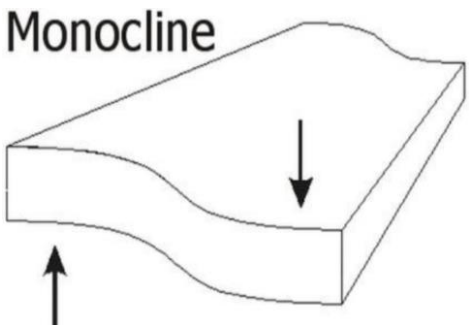
طية غير متماثلة



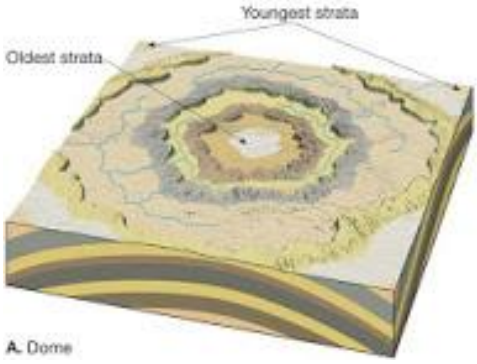
طية مقلوبة



طية راقدة او مضجعة



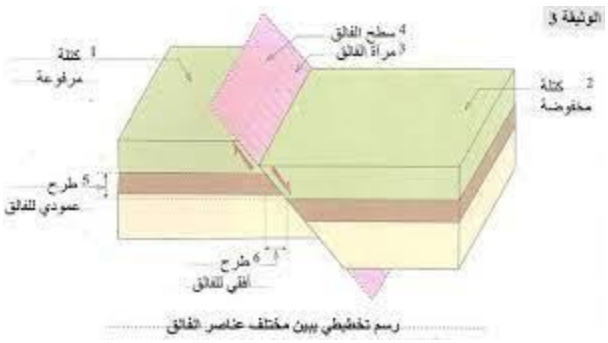
طية احادية الجناح



طية قبة

2- الفوالق

يعرف بانه كسر حركي في صخور القشرة الارضية حدث نتيجة الحركات الارضية وينتج ان تتحرك كتلة الي اعلي او اسفل او الي الجانب تسمي المسافة الراسية التي تتنج من حركة الصدع برمية الفالق والكتلة التي تتحرك لاسفل رمية سفلية downthrown والتي تتحرك لاعلي رمية علوية upthrown ويفصل الكتلتين ع جانبي الصدع مستوي الصدع fault plane والزاوية بين مستوي الصدع والافق بزاوية ميل الصدع . الكتلة التي فوق مستوي الصدع تسمي حائط معلق hanging wall اما التي تحت مستوي الصدع تسمي حائط القدم foot wall




الصدع العادي normal fault

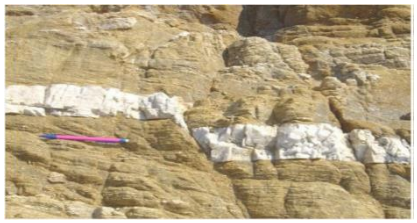
توجد حركة نسبية هي التي تحدد موقع الحائطين واحيانا نتيجة للحركة النسبية يتحرك الحائط المعلق في اتجاه ميل مستوي الصدع مما ينتج عنه تكون الفالق العادي

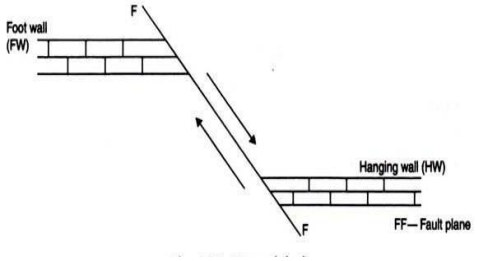
الصدع المعكوس reverse fault

فيه يتحرك الحائط المعلق نتيجة الحركة النسبية الي اعلي في اتجاه معاكس لميل مستوي الصدع

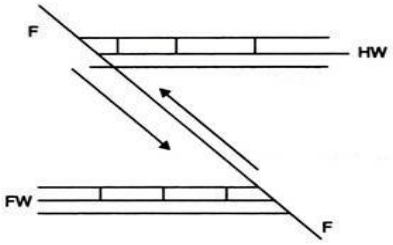
الصدع الاتجاهي او الامتدادي strike slip fault

عندما تكون الحركة النسبية في اتجاه افقي وعندها يكون مستوي الصدع في وضع افقي زاوية ميل الصدع صفر

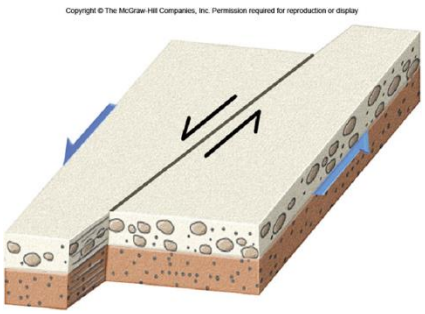


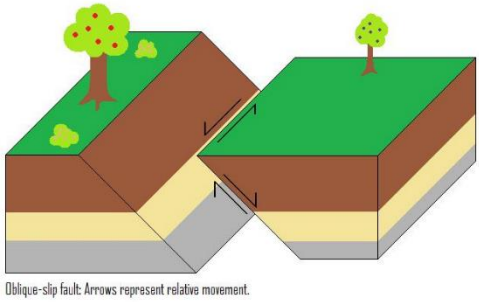



فالق عادي




فالق معكوس




فالق انتقالي

فوالق مركبة composite faults

1- فالق خطوة step fault

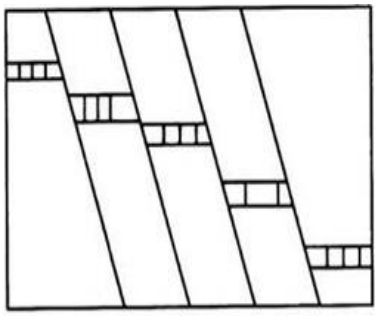
سلسلة من الفوالق المتوازية التي تميل جميعها في نفس الاتجاه. الرمية السفلية للكلفي نفس الاتجاه ويعطي ترتيبا يشبه الخطوة.

2- فوالق بارزة سواتر Horst fault

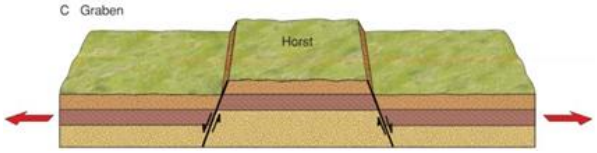
فالقين عاديين تتأثر بها الصخور ويتحدان في صخور الحائط السفلي

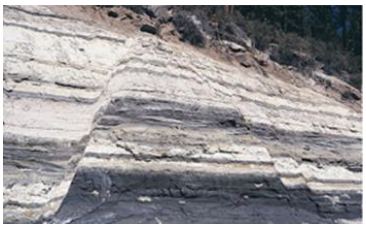
3- فالق خسفي او خندقيgraben fault

فالقين عاديين تتأثر بها الصخور ويتحدان في صخور الحائط العلوي

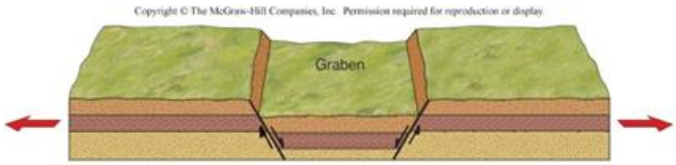


فالق مركب سلمي



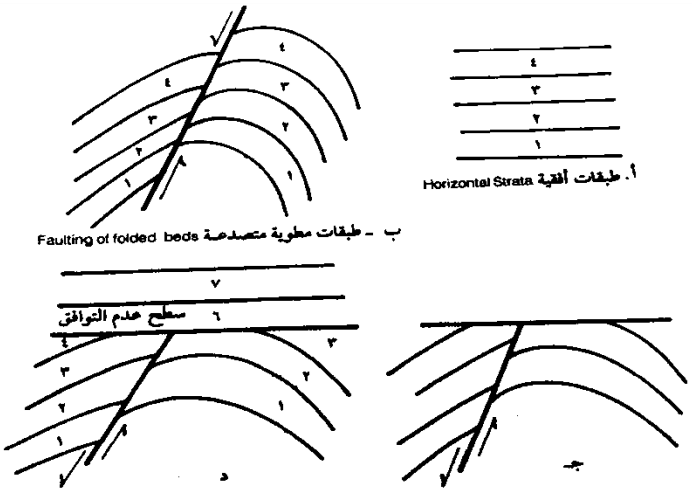
فوالق بارزة سواتر



فوالق خسفية او خندقية

3- التوافق وعدم التوافق

عندما يرتفع حوض الترسيب فوق سطح البحر ونتيجة للحركات الارضية تميل الطبقات او تنثني او تتصدع وبعد ذلط تتعرض هذه الطبقات المرفوعة الي عوامل التعرية وتزال اجزاء من الطبقات العليا منها ثم تهبط مكونة حوض ترسيب جديد تترسب عليه مجموعة من الطبقات الحديثة فوق سطح التعرية وبذلك يكون لدينا مجموعتان مجموعة من الطبقات قديمة متاثرة بالحركات الارضية ومجموعة من الطبقات الحديثة يفصل بينها سطح عدم توافق




مراحل تكون سطح عدم التوافق

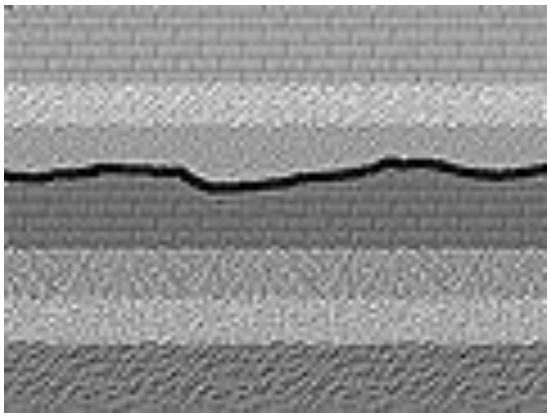
انواع عدم التوافق types of unconformity

اللاتوافق المتواز هو لا توافق بين طبقات الصخور الرسوبية المتوازية والتي تمثل فترة تعرية أو انعدام الترسب. يتم تمييز اللاتوافق المتواز عن طريق مظاهر التعرية التهوائية .يترك هذا النوع من التعرية قنوات وتربات أحفورية في التاريخ الأحفوري للصخر

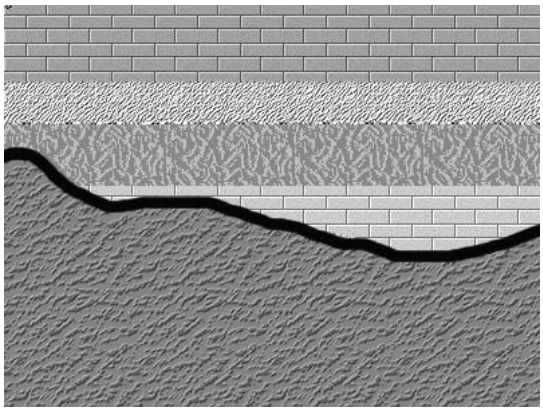
اللاتوافق المتباين يتكون هذا النوع بين الصخور النارية أو المتحولة من جهة والصخور الرسوبية الأحدث منها من جهة أخرى حيث تكون الصخور الرسوبية بالأعلي وترسبت علي صخرة نارية أو متحولة متأثرة بالتعرية .إذا كانت الصخرة تحت الكسر نارية أو فقدت التطبق الخاص بها نتيجة للتحول، يكون السطح لاتوافق متباين

اللاتوافق الزاوي في هذا النوع تكون مجموعة الطبقات الأقدم مائلة أما مجموعة الطبقات الأحدث فتكون افقية أو تكون المجموعتان مائلتين في اتجاهين مختلفين. ويتكون سطح اللاتوافق أو عدم التوافق الزاوي عند تواجد طية محدبة أو مقعرة تعلوها طبقات رسوبية أفقية

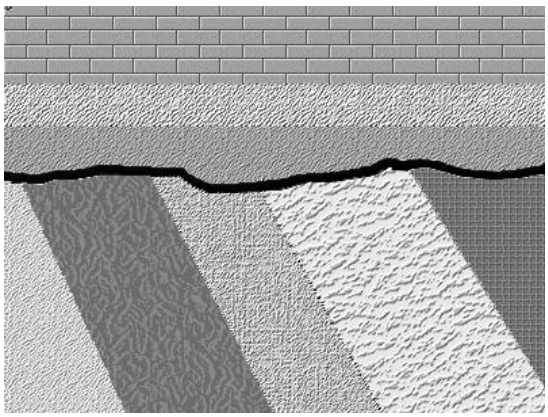
اللاتوافق الانقطاعي فيه تكون المجموعتان الصخريتان في وضع افقي تقريباً أو لهما نفس درجة الميل في نفس الاتجاه ويسمى كذلك التوافق الكاذب (نظراً لأن الجيولوجي قد ينخدع في تحديد سطح عدم التوافق) ويمكن تمييز الطبقات من خلال المحتوى الاحفوري له



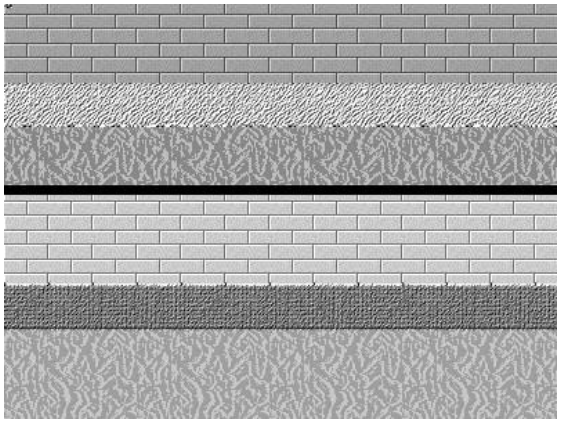
اللاتوافق المتواز



اللاتوافق المتباين



اللاتوافق الزاوي



اللاتوافق الانقطاعي

# الفصل الخامس
# الخرائط الطبوغرافية

## 13 – الخرائط الطبوغرافية

الخارطة عبارة عن منظر فوقي مصغر لجزء من سطح الارض في بعدين تمثل فيه الابعاد والمسافات بمقياس رسم مناسب ومنها يمكن التعرف علي المسافات الفاصلة بين الاتجاهات المختلفة. ويطلق هذا التعريف علي ما يسمي بخريطة الاساس والتي توقع عليها المعلومات الطبوغرافية والجيولوجية المستقاة من المشاهدات والقياسات الحقلية.ولتوقيع هذه المشاهدات والرضظ الحقلي بدثة عالية يجب ان يكون حدود الظواهر الطبيعية والحضارية مبنية بدقة علي هذه الخريطة لان ذلك يساعد علي توقيع حدود المكاشف الصهرية والبنيات الجيولوجية. وبصفة عامة يشمل هذا المظهر التضاريسي لمنطقة الخريطة . وذلك باستخدام خطوط الكفاف او ما تسمي خطوط الكنتور التي تعطي التأثير الكمي لمناسيب سطح الارض من ناحية وطبيعة الاشكال لسطح الارض وكذلك يجب ان تشمل الخريطة انواع الصخور والبنيات المصاحبة لها.

ان القدرة علي قراءة الخرائط الجيولوجية والاستفادة منها في معرفة جيولوجية المناطق التي تمثلها او توزيع انواع الصخور فيها امر مهم مهم بالنسبة لكل جيولوجي او اخصائي في العلوم التي تحتاج للدراسات الجيولوجية, وذلظ لامكانية اختيار او استبعاد مواقع استغلال بعض انواع الصخور او مواد البناء او التربة. وهذا ايضا يمكن الجيولوجي من التعرف علي اماكن وجود المعادن والمياه الجوفيه وغيرها من الثروات الاقتصادية.

تحتوي الخريطة الجيولوجية علي عدة عناصر لها اهميتها في توقيع البينات الجيولوجية ومعرفتها وهذه العناصر هي

### 1- العنوان Title

وهو الموجز لمحتوي لمحتوي الخارطة حيث توضح الغرض الاساسي الذي رسمت من اجله الخارطة فمثلا (خريطة جيلوجية لمنطقة قنا ) وعادة ما يكتب العنوان في اعلي الخارطة او اسفلها .

### 2- مقياس الرسم Scale

يعرف مقياس الرسم بانه النسبة بين الابعاد الخطية على الخريطة الي الابعاد الخطية على سطح الارض وبدونه تفقد الخريطة اهميتها ولا يمكن تحديد القياسات البعدية على الخارطة. يلعب دورا مهما في تحديد كمية المعلومات الجيولوجية التي ستسجل علي الخريطة . لا يمكن تحديد المسافات البعدية عليه ويجب ان يكون مناسب حيث يؤدي مقياس الرسم الصغير الي اختصار التفاصيل وبالتالي يصعب توقيع بعض البيانات الجيولوجية بدقة وتخرج الخريطة بمعلومات عامة وهناك عدة تعابير لمقياس الرسم منها

- مقياس شفوي او كتابي Verbal or statement scale

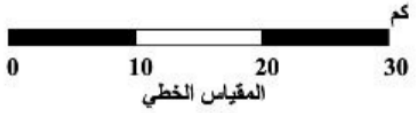
هو ابسط نوع ويعبر عنه بمسافة معينة على الخريطة تساوي مسافة محددة ع سطح الارض وتستخدم وحدات قياسية مترية صغيرة للتعبير عنها كالسنتيمتر والبوصة او الكيلومتر والميل مثال يقال واحد سنتيمتر لكل ألف متر .

- مقياس كسري Fractional scale

يعبرعن هذا المقياس بنسبة ثابتة وهي النسبة بين مسافة معينة من الخارطة الي نفس المسافة على الارض ولهذا النوع شكلان اما كسر اعتيادي او بنسبة 1000/1 البسط يمثل المسافة على الخريطة اما المقام المسافة على الارض او المسافة الحقيقية في حالة النسبة يكون الجزء الايمن هو الوحدة في الخريطة 1 :1000 لاحظ ان المقياس النسبي لا يكتب بالصورة 3:75000 ولكن يجب ان يدون بعد تبسيطه كالتالي 1:25000

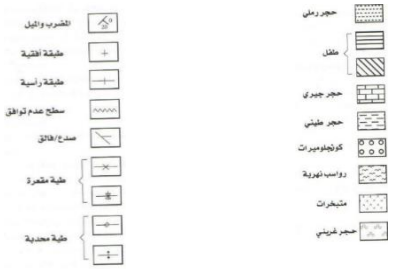
- المقياس الخطي او البياني linear or graphic scale

يعبر عنه بخط مستقيم يرسم أسفل الخريطة ويقسم الي وحدات بالسنتيمترات او البوصات ويكتب فوق هذه الاقسام ما يقابلها ع الارض بالكيلومترات او الاميال او الاقدام




**3 - الرمز او المفتاح Symbols or key**

تستخدم الرموز او الالوان لتوضيح المعلومات علي الخريطة وذلك للمساعدة في توضيح الظواهر التي يصعب معرفتها نظرا لصغر الخريطة وعادة توضع الرموز المستخدمة في الخريطة علي احد جانبيها ويكتب امام كل رمز ما يعنيه وهو ما يعرف بمفتاح الخريطة . ولكل نوع من الخرائط رموز خاصة الا انه تم الاتفاق علي رموز المستخدمة في توضيح الظواهرالطبيعية وانواع الصخور الموجودة علي الخريطة كما في الشكل 1




بعد الاشكال المستخدمة للرموز في الخريطة

### 4 - الموقع location

تحد معظم الخرائط بشبكة الاحداثيات واهم الاحداثيات المستخدمة هي خطوط الطول ودواير العرض والتي توضح المنطقة بالنسبة لخط الطول والعرض صفر وفي حالة عدم رسم هذه الخطوط فعلي الاقل يجب ان يوضح اتجاه الشمال الحقيقي وفي بعض الحالات يكون هناك انحراف للشمال الحقيقي عن الشمال المغناطيسي والذي يقاس بالبوصلة ففي هذه الحالة يجب يوضح مقدار الانحراف.

### أنواع الخرائط

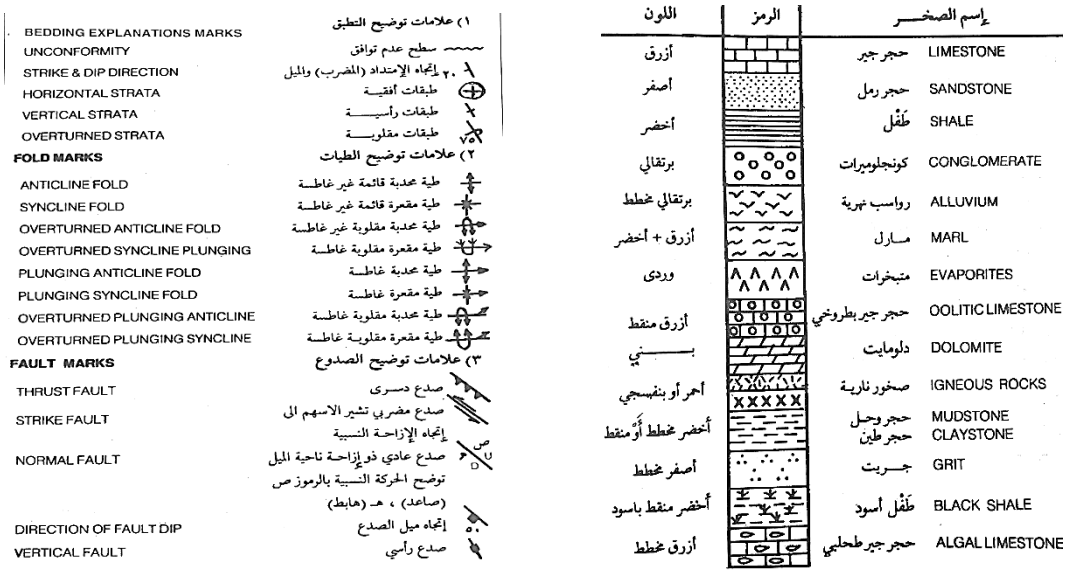
توجد انواع عديدة من الخرائط نذكر منها الخرائط التضاريسية – الخرائط الطبوغرافية – الخرائط الجيولوجية

### 1- الخرائط التضاريسية

هي الخرائط التي توضح المظاهر الطبيعية واشكالها مثل التلال والهضاب والاودية وغيرها من المظاهر في اي مكان

## 2- الخرائط الجيولوجية

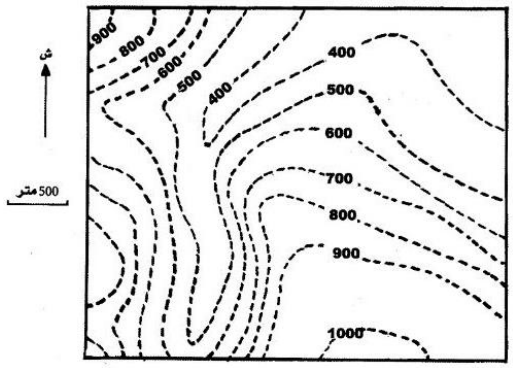
هي الخرائط التي توضح توزيع الصخور على سطح الارض لمنطقة معينة كما تبينع انواع هذه الصخور وعلاقتها ببعضها وتراكيبها البينية . وكل ذلك يتم ايضاحه بالرموز والالوان. كما في الاشكال التالية شكل 2




شكل يبين بعض الرموز والاشكال في الخريطة

## 3- الخرائط الطبوغرافية

هي الخريطة التي توضح الشكل الطبيعي لسطح الارض وما عليه من تضاريس مدركة في هيئة مرتفعات ومنخفضات ويتم تمثيل هذه الاشكال على الخريطة بواسطة خطوط تسمي خطوط المناسيب او الكنتور contour lines كما ترسم المساقط الراسية للاجسام الطبيعية مصغرة بنسب ثابتة . هي الاساس الذي تسجل عليه المعلومات الجيولوجية في المنطقة . ويوضح الشكل 3 مثال لخريطة طبوغرافية




شكل يبين مثال لخارطة الكفاف او الكنتور

ويعتمد في الجيولوجيا اساسا علي خطوط الكفاف (الكنتور او المناسيب) في التعرف الظواهر التضاريسية في اي مكان. حيث يمكن استخلاص وبسهولة تلك المظاهرالرئيسية التي توضحها خارطة الكنتور وذلك من واقع الشكل الذي تتخذه خطوط الكنتور او المناسيب ذات الارتفاع او الانخفاض من سطح البحر. والعناصر الاساسية التي تحتوي عليها الخارطة الطبوغرافية علي اتجاه الشمال وخطوط الكنتور او المناسيب.

**خطوط الكنتور**

هو مسقط الخط الوهمي الذي يصل جميع النقاط التي ليها نفس الارتفاع او الانخفاض من مستوي معين وهو غالبا مستوي سطح البحر واتفق ع اعطاءه القيمة صفر

**خصائص خط الكنتور**

- خطوط متوازية لا تتقاطع مع بعضها الا في حالات نادرة مثلا وجود كهف
- كل النقاط على نفس الخط لها نفس الارتفاع والقيمة
- ترمز خطوط الكنتور التي تتساوي بينها المسافات الي ميول منتظم
- في حالة التضاريس المحدبة , تظهر خطوط الكنتور متباعدة عن بعضها البعض في أعلي التحدب وتتقارب كلما اتجهنا الي أسفل التحدب
- في حالة التضاريس المقعرة , تظهر خطوط الكنتور متقاربة من بعضها البعض في أعلي التقعر وتتباعد كما اتجهنا الي أسفل التقعر

- تكون مغلقة منتهية مع حدود الخريطة

**الفترة او المسافة الكنتورية Contour interval**

الفرق في القيمة العددية بين اي خطين كنتوريين متجاورين يمثل المسافة الرأسية بين البعدين على الشكل الطبوغرافي وهي ثابتة في الخارطة الواحدة ولتحديد الفترة الكنتورية يجب مراعاة الاتي

- الغرض الذي ترسم من اجله الخريطة حيث تكون الفترة صغيرة في حالة الاغراض التفصيلية والعكس
- درجة عدم انتظام سطح الارض حيث تقل الفترة الكنتورية كلما زادت درجة عدم انتظام سطح الارض
- مقياس رسم الخريطة حيث تقل الفترة كلما كبر مقياس الرسم للخريطة
- كلما صغرت فترة الكنتورية زاد الوقت اللازم لانجاز المشارع وبذلك تزداد التكاليف

**تحديد الارتفاعات من خطوط الكنتور elevation determination from contour lines**

- إذا كانت النقطة المراد تحديد ارتفاعها تقع على خط كنتور فان ارتفاع تلك النقطة يساوي قيمة خط الكنتور
- اما إذا كانت النقطة المراد تعيين ارتفاها بين خطين كنتوريين فانه يمكن تحديد ارتفاعها بالتقريب مثال نقطة في منتصف المسافة بين 100 و200 تكون قيمتها 150 وهكذا

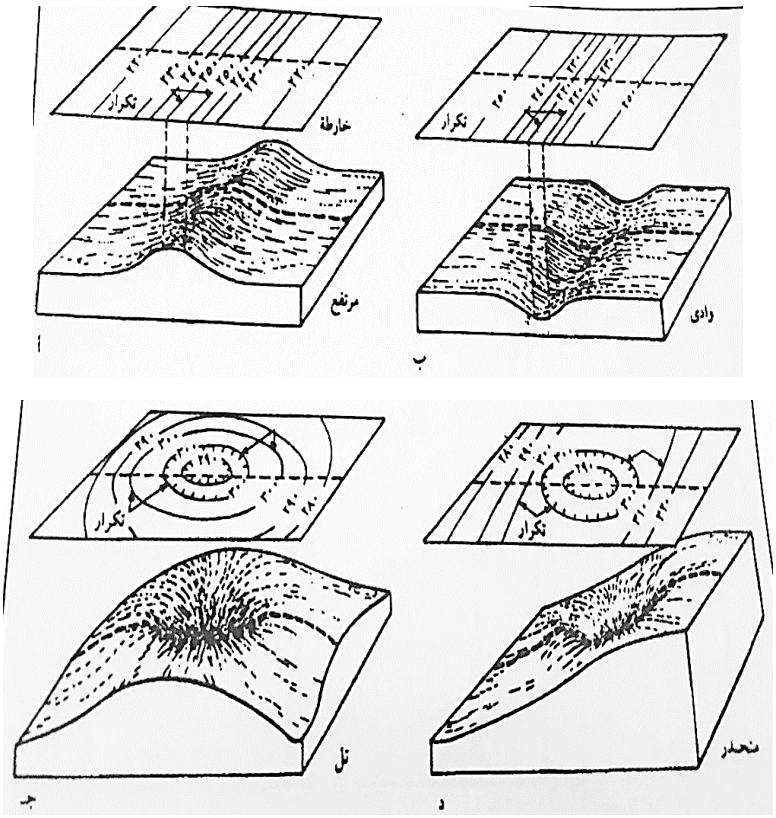
**ترقيم خطوط الكنتور Numbering of contour lines**

- يجب عند ترقيم خطوط الكنتور ملاحظة انه عند قمم اظهر المرتفعات وقيعان الوديان يحدث انعكاس لاتجاه الانحدار من احد الجوانب الظاهرة الي الجانب الاخر ويقابل هذا الانعكاس تكرار خطوط الكنتور وهناك حالات اخري يتكرر فيها قيم ارتفاعات خطوط

الكنتور وذلك في حالة وجود منخفض علي قمة مرتفع او وجود منخفض علي منحدرشكل 4 (أ,ب)

- في حالة وجود منخفضات في وسط مناطق مرتفعة فان قيم ارتفاعات خطوط الكنتور تتناقص بقيمة الفاصل الكنتوري شكل 4 (ج)

- عند ترقيم خطوط الكنتور في حالة وجود منخفض علي منحدر شكل 4 (د) فنلاحظ ان قيم خطوط الكنتور تتكرر عند اسفل المنحدر قبل الوصول الي المنخض وعند الخروج من المنخفض والسير نحو اعلي المنحدر فنلاحظ ان قيم خطوط الكنتور تتزايد ولا تتكرر يمة اخر خط

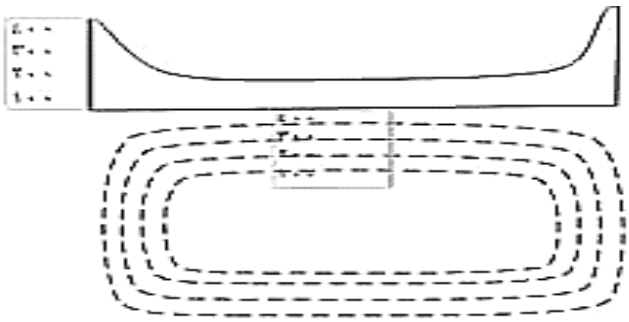



شكل كيفية ترقيم خطوط الكنتور

**المعالم الطبوغرافية topographic features**

- **السهل plain**

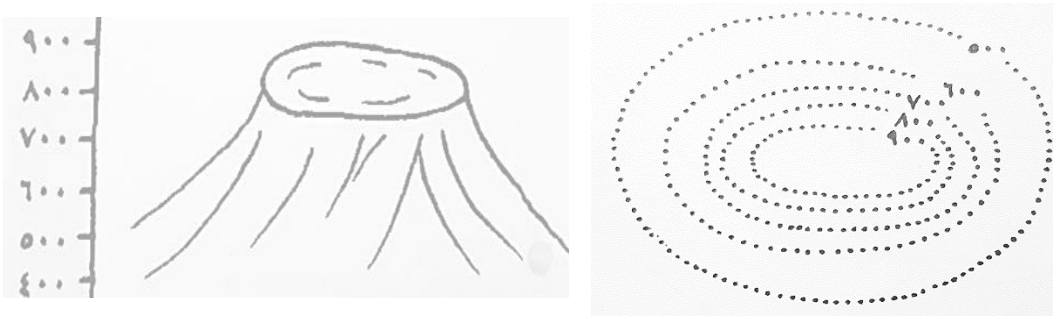
ارض منبسطة فوق جزء منخفض بالنسبة لما حولها يتميز في الخريطة الطبوغرافية بعدم وجود خطوط كنتور متزاحمة، ولكن تكون متباعدة ويحاط بخطوط كنتور تزداد تدريجيا في الارتفاع مبينة ما يحده من ارض مرتفعة او جبلية كما في شكل



شكل و ,سهل

- **الهضبة plateau**

ارض منبسطة كبيرة الطول والعرض تقع فوق جزء مرتفع وتنحدر جوانبها تدريجيا ويتميز سطح الهضبة في الخريطة بعدم وجود خطوط كنتور او وجود خطوط متباعدة محاطة بخطوط تقل تدريجيا في الارتفاع شكل 6

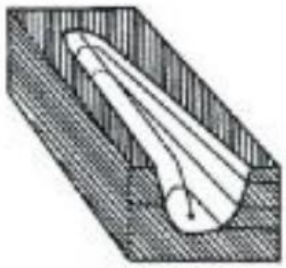


شكل 6 - خريطة كنتورية للهضبة - مجسم للهصبة

- **الوادي Wadi**

هو عبارة عن شريط ضيق من ارض منخفضة قليلة العرض تمتد الي مسافة طويلة يحيط بها من الجانبيين ارض مرتفعة .تدرج في الارتفاع في اتجاه المنبع ويلاحظ ان هذه الوديان عندما تقطع

خطوط الكنتور تكون منحية علي شكل ٨ الذي يشير براسه دائما ناحية المنبع . وينتج عن ذلك ان الوديان او الانهار تنحت في الاماكن التي تجري فيها مما يؤدي الي انخفاض مجاريها عن الارض المجاورة لها وهذا يجعل خطوط الكنتور تنحرف نحو اعلي المجري لتمر بنقطة لها نفس الارتفاع وذلك بعد حفر المجري الباقي لخط الكنتور شكل 7



شكل 7 مجسم الوادي – خريطة كنتورية للوادي

- **الجبال mountains**

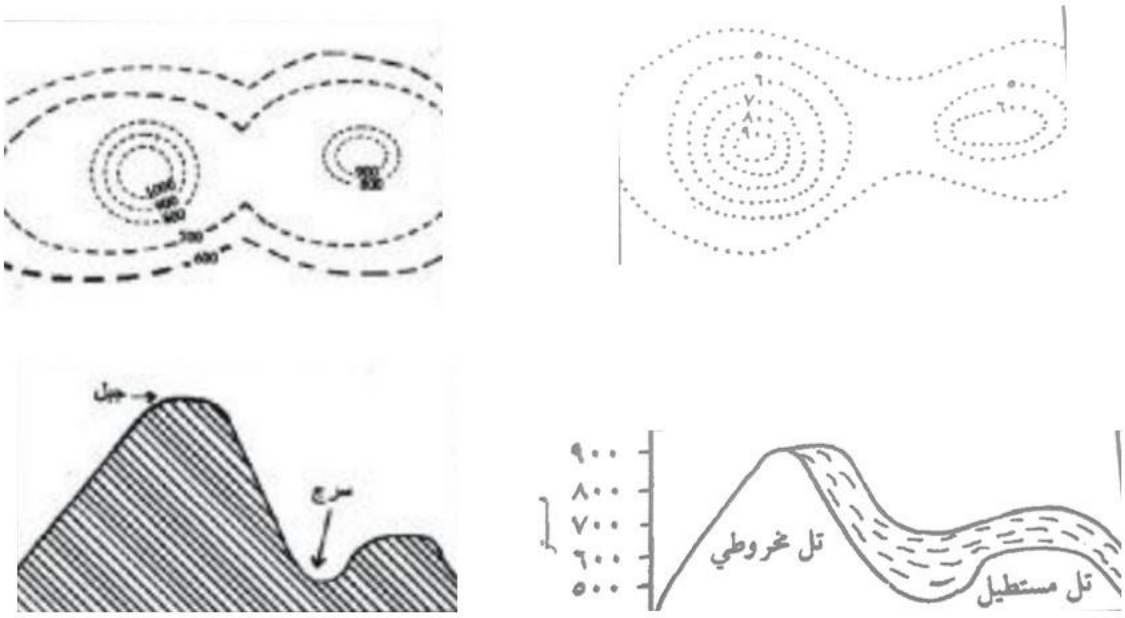
تختلف الجبال في اشكالها فمنها غير المنتظم ومنها المنتظم. وتمثل على الخارطة الكنتورية بخطوط كنتور متزاحمة تزداد قيمتها من الداخل وتقل في الخارج . الجبال المنتظمة الشكل منها الجبال المخروطية وتكون فيها خطوط الكنتور دوائر متحدة المركز شكل 8

- **التلال Hills**

التل هو جبل صغير يقل ارتفاعه عن 600 متر ويكون لي شكل مستطيل او مخروط شكل 8

- **السرج Saddle**

منخفض يقع بين تلين تشكلا نتيجة انحدار وادي عبر جبل كبير مما ينتج عنه فصل الجبل الي تلين شكل 8




شكل 8 جبل – سرج - تل

- **الحوض Basin**

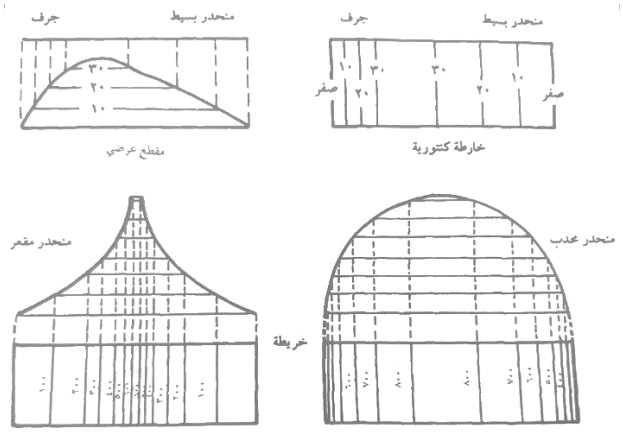
هي اجزاء من سطح الارض تنحدر جوانبها من جميع الاتجاهات الي الداخل نحو نقطة مزكزية وتظهر علي صورة خطوط كنتور شبه دائرية تتقارب من الاجزاء المرتفعة الخارجية وتتباعد وتقل قميتها عند الاجزاء المنخفضة من الداخل شكل 9

شكل 9 مجسم حوض – خريطة كنتورية للحوض

- **المنحدرات**

هي المناطق المرتفعة في الخارطة الكنتورية والتي تنحدر جوانبها بزوايا مختلفة . المناطق شديدة الانحدار تكون الخطوط مزدحمة وقريبة جدا من بعضها مكونة منحدر يسمي الجرف **Cliffs**

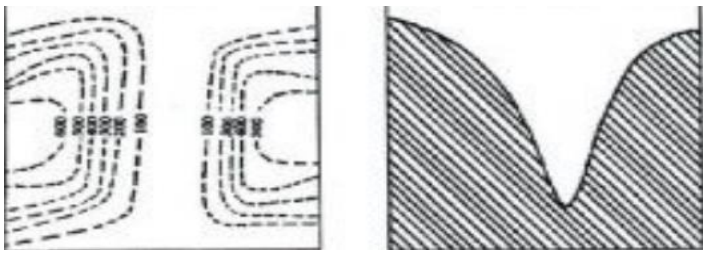
عندما يكون المنحدر بسيط او خفيف تكون خطوط الكنتور متباعدة بحيث تتسع المسافة بين خطوط المناسيب . واذا كان المنحدر مركب من منحدرين مثلا يكون ميل طفيف اعلي الجبل ويصبح شديد الانحدار او جرف في اسفل الجبل فيسمي منحدر محدب وتمثله خطوط كنتورية متباعدة بالاعلي وخطوط متقاربة بالاسفل وعكس ذلك يسمي منحدر مقعر حيث تظهر شكل الخطوط متقاربة من اعلي ومتباعدة من اسفل شكل 10




**شكل 11 منحدرات**

- **الخانق Gorge**

عبارة عن هوة عميقة تقع بين جرفين وتمثل بمسافة خالية من الخطوط الكنتور تحيط بجانبيها مجموعتان من الخطوط الكنتورية شديدة التقارب تمثل كل منها جرفا



الخانق

## القطاع الطبوغرافي او التضاريسي Topographic profile or section

او هو خط بروفايل يمثل مقطع جانبي رأسي في اتجاه معين للمنطقة الممثلة على الخارطة الكنتورية . ويمثل شكل سطح الأرض في قطاع رأسي يبين التضاريس على امتداده هذا الاتجاه. ولعمل هذا المقطع يرسم محورين متعامدين . المحور الافقي يمثل المستوي الافقي بينما المحور الرأسي يتمثل عليه قيم الارتفاعات او الانخفاضات علي الخارطة ويقسم المحور الرأسي باقسام منتظمة لها قيم تتدرج في الارتفاع من المستوي الافقي الي اعلي قيمة في الخارطة وذلك حسب مقياس الرسم.

**خطوات عمل القطاع**

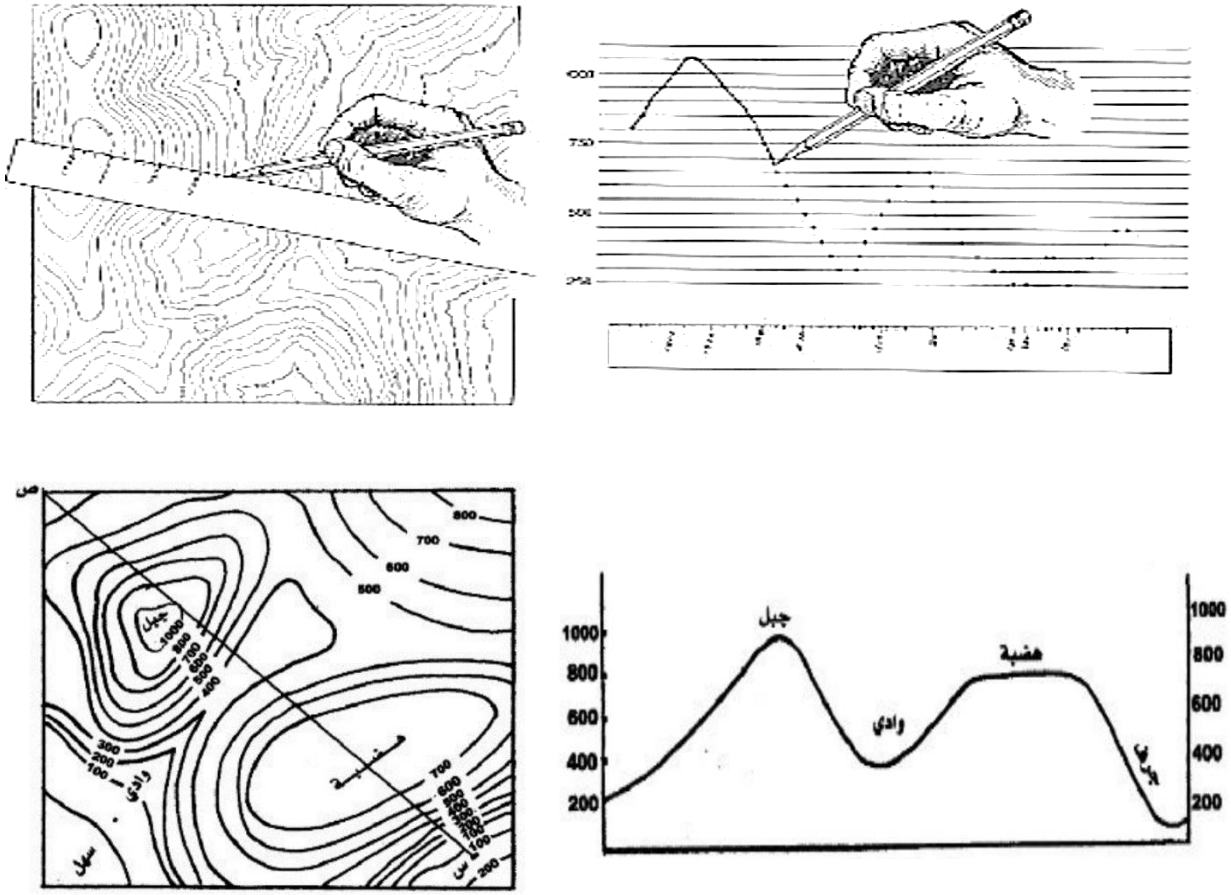
1- يحدد القطاع المراد رسمه علي الخارطة الكنتورية وليكن المقطع س ص

2- يوضع شريط من الورق بحيث تنطبق حافته علي الخط س ص

3- يحدد بداية ونهاية القطاع علي شريط الورق ويحدد تقاطعات شريط الورق مع خطوط الكنتور مع كتابة قيمتها العددية

4- يوضع شريط الورق وحافته منطبقة علي المحور الافقي وتنقل مواضع خطوط الكنتور بقيمتها ع المحور

4- توصل جميع النقاط الناتجة بخط متصل عن شكل تضاريس المنطقة علي امتداد اتجاه س ص




شكل 12 مثال لرسم القطاع الطبوغرافي

## 14- الطبقات الجيولوجية البسيطة Geological layers or strata

### أ- الطبقات الافقية horizontal Beds (layers)

الصخور الرسوبية : هي صخور ترسبت في وسط مائي او هوائي واغلبيتها تشكل طبقات افقية بعضها فوق بعض حيث تتراكم معظم انواع الرواسب تحت سطح الماء في طبقات مستوية ومتتابعة ذات تباين واضح ومختلفة التكوين بعضها فوق بعض لذلك تسمي الصخور الطبقية stratified rocks وتعرف هذه الظاهرة بالطباقية stratification ويسمي السطح الفاصل

بين كل طبقة وطبقة بمستوي التطبق bedding plane ويحد كل طبقة سطح علوي وسفلي (شكل 13)

الطبقة الجيولوجية يطلق لفظ طبقة جيولوجية علي الوحدة المتجانسة ذات التكوين الواحد بسمك 1 سم او اكثر وهي اما تكون افقية – رأسية – او مائلة

شكل 13 تحديد اسطح الطبقات

- **تتابع الطبقات Succession of strata**

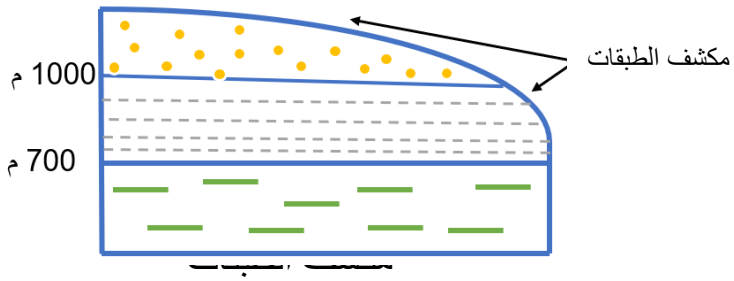
تتوالي الطبقات واحدة تلو الاخري وتكون الطبقة السفلية هي الادم ويكون التتابع متوافق conformable اذا حدت ترسب الطبقات دون انقطاع او توقف في الترسيب وتسمي unconformableاذا حدث الانقطاع او الترسيب او حصل ازالة لجزء من الطبقات التي ترسبت ثم ترسبت طبقات اخري جديدة فوث سطخ التعرية.

- **مكشف الطبقات Outcrops**

عندما تتكون الطبقات تكون افقيا وتغطي طبقة من هذه الطبقات التي تحتها تماما ولكن عوامل التعرية تعمل علي حفر الوديان ونحت الجبال وتظهر جزء من هذه الطبقات . الجزء المكشوف الذي يظهر علي سطح الارض يسمي المكشف شكل 14وهو ايضا يمثل ذلك الجزء المحصور

بين الخطين اللذين يمثلان تقاطع السطح العلوي والسفلي مع سطح الارض . ويتوقف اتساع وشكل مظهر الطبقة علي طبوغرافية المنطقة وعلي سمك وميل الطبقة.

تعتبر الخريطة الجيولوجية للطبقات الافقية من ابسط انواع الخرائط الجيولوجية حيث يتساوي ارتفاع جميع النقاط علي سطح الطبقات الافقية لذلك فان مظهرها له خواص خطوط الكنتور اي عندما تكون الطبقة افقية فان الخط الذي ينتج من تقابل سطح الطبقة مع سطح الارض يكون افقيا . اذا كان مظهر الطبقة الافقية علي هيئة شريط ضيق فان هذا يدل علي ان الطبقة رقيقة وان مظهرها يقع علي منطقة شديدة الانحدار اما اذا كان مظهر الطبقة عريضا فان ذلك يدل علي اما الطبقة ان تكون سميكة او ان مظهرها يقع علي هضبة قليلة الانحدار . يطلق علي المسافة العمودية بين السطح العلوي والسفلي للطبقة بالسمك الحقيقي true thickness والمسافة بين مكشف او مظهرسطحي الطبقة بالسمك الظاهري apparent thickness




**تمثيل مظاهر الطبقات الافقية Representation of horizontal strata on contour map**

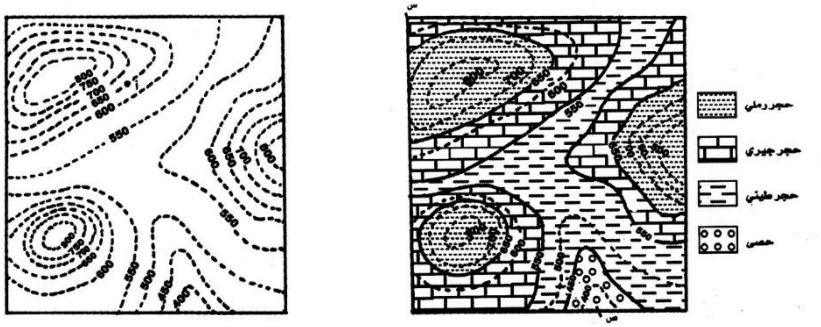
الطبقة الافقية هي التي سطحها العلوي والسفلي موازيان لمنسوب سطح البحر ان ان زاوية ميلها صفر وبالتالي فان اسطح الفاصلة للطبقات تتوازي او تنطبق علي خطوط المناسيب ولا تتقاطع معها ولرسم الطبقات الافقية يجب معرفة تتابع وارتفاع سطح كل طبقة وذلك من خلال مفتاح

الخريطة حيثت تعطي نقطة معلومة الارتفاع ع الخريطة الكنتورية تمثل السطح العلوي او السفلي لطبقة معينة محدودة السمك ثم يعطي بيان عن نوعية تتابع الطبقات وسمك كل طبقة
يتم توضيح مكشف الطبقات الافقية علي الخريطة الكنتورية بتتبع مستوي السطح العلوي او السفلي لاي طبقة افقية ورسمه علي الخريطة وبعد رسمه ومعرفة سمك كل طبقة من الطبقات المتتالية اعلي او اسفل هذا السطح يمكن توقيع ظهور جميع الطبقات .

مثال توضيحي

في الخريطة التالية يظهر السطح العلوي لطبقة من الحجر الجيري عند النقطة أ سمكها 100 متر يليها الي اسفل طبقة من الحجر الطيني سمكها 100 متر ثم تليها من اسفل طبقة من الحصي . وتعلو طبقة الحجر الجيري طيبقة من الحجر الرملي غير معلومة السمك . المطلوب رسم مكاشف الطبقات

**الحل** لرسم مكاشف الطبقات نحدد السطح العلوي للطبقة الحجر الجيري عند النقطة أ وتكون عند خط كنتور 650 متر نرم خط مستمرا منطبقا علي خط الكنتور 650 متر في جميع انحاء الخريطة يمثل السطح العلوي ولان سمك الطبقة الحجر الجيري 100 متر فيكون السطح السفلي هو 550 متر يرسم منطبقا علي خط الكنتور ذا القيمة 550 م. يعتبر الخط ذا القيمة 550 سطح علوي ايصا لطبقة الحجر الطيني التي سمكها 100 متر وبذلك يكون سكحها السفلي هو 450 متر يرسم منطبقا علي خط الكنتور 450 متر في جميع انحاء الخريطة واسفل هذا الخط طبقة الحصي بينما طبقة الحجر الرملي تكون اعلي طبقة الحجر الجيري ويكون الخط 650 م هو السطح السفلي لها.




مثال علي رسم مكاشف الطبقات الافقية

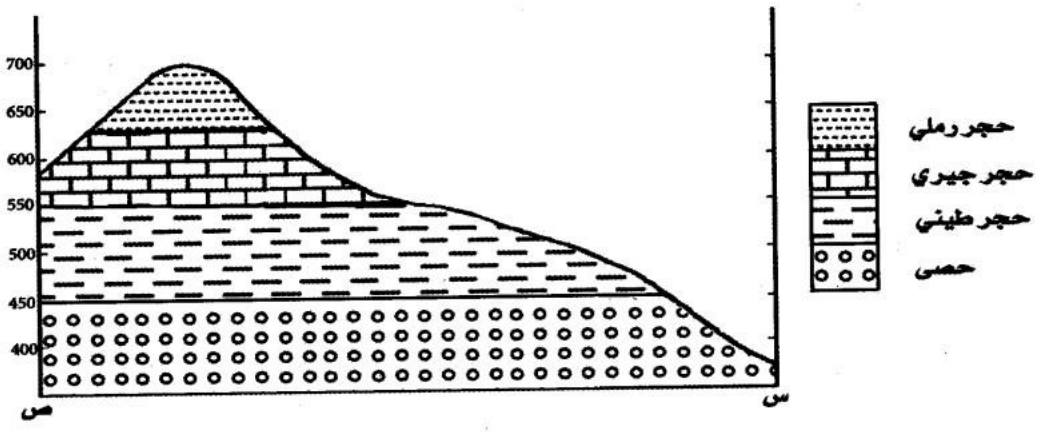
حساب عمق الطبقات الافقية في الابار

عمق البئر هو المسافة الراسية بين سطح الارض وبين سطح الطبقة المراد الوصول اليها . ولحسابه يجب معرفة ارتفاع التي بدأ من عندها الحفر علي سطح الارض وذلك من قيمة خط الكنتور الذي يمر بنقطة الحفر

عمق = ارتفاع نقطة خفر البئر (قيمة خط الكنتور عند النقطة )- ارتفاع سطح الطبقة المراد الوصول اليه

العمق عند النقطة أ في المثال السابق = 650 – 450 = 200 متر

القطاع الجيولوجي للطبقات الافقية في المثال السابق




شكل (1 - 8) قطاع جيولوجي للطبقات الأفقية على امتداد (س ص)

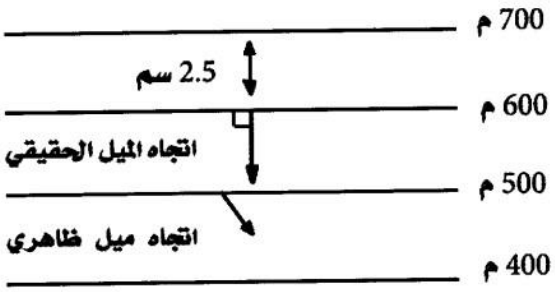
**الطبقات المائلة**

تتأثر الطبقات الافقية عند حدوث حركات ارضية حيثت تميل او تثني او تتصدع هذه الطبقات . ومن ذلك يمكن تعريفة الطبقة المائلة هي التي يميل سطحيها بزاوية قيمتها اكبر من صفر واقل من 90 وباستخدام البوصلة يمكن تحديد مقدار مضرب الطبقة وميلها واتجاها.

خطوط المضرب او الامتداد

الخط المضرب هو خط وهمي افقي موجود علي سطح الطبقة ويمر بنقاط ذات ارتفاع من سطح البحر علي نفس سطح الطبقة. وتكون متوازية وفي اتجاه والمسافة العمودية تكون متساوية.

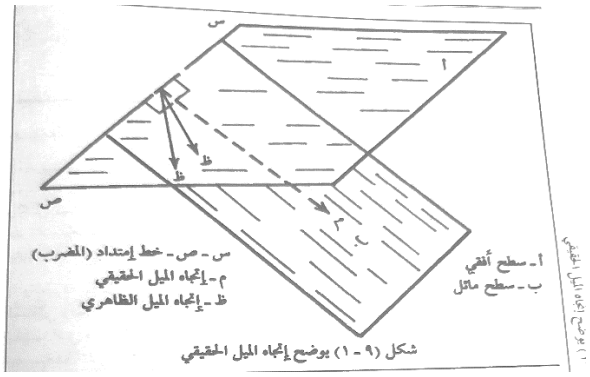
خطوط المضرب توضح ارتفاع سطح الطبقة بينما خطوط الكنتور توضح ارتفاع سطح الارض . لخط المضرب مقدار واتجاه يحدد بالبوصلة المغناطيسية.تسمي المسافة الراسية بين اي خطين مضربين متتاليين بالفترة المضربية وتبعتد خطوط المضرب عن بعضها البعض بمسافات افقية تسمي المسافة المضربية. تتقارب خطوط المضرب بعضها لبعض اذا كان الميل شديد وتتباعد كلما قل الميل اي ان المسافة المضربية تتناسب عكسيا مع الميل. وتتناقص قيم خطوط المضرب في اتجاه الميل.




ميل الطبقة

زاوية الميل angle of dip

هي الزاوية المحصورة بين خط الافق وسطح الطبقة ويحدد اتجاه ومقدار الميل بالبوصلة ويسمي الميل الذي يبلغ عنده سطح الطبقة اقصاه الميل الحقيقي ويكون عمودي على خطوط الامتداد اما الاتجاهات الاخري الذي تميل فيه الطبقة بزوايا اقل تسمي ميل ظاهري apparent dip



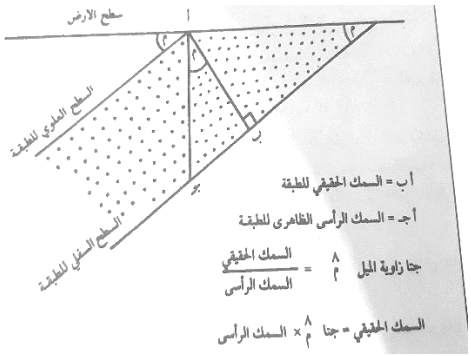

- حساب زاوية الميل ظا م= المسافة الكنتورية\ المسافة المضربية

حساب السمك الحقيقي للطبقات calculating true thickness of dipping beds

سمك الطبقة هو المسافة الراسية بين سطحيها وفي حالة الطبقة المائلة يسمي سمك ظاهري لانه يزداد لنفس الطبقة كلما زادت زاوية الميل

السمك الظاهري هو السمك الناتج من الحفر ويمكن تحديده حيث يمثل الفرق بين قيمتي خط امتداد واحد بالنسبة لسطح الطبقة العلوي والسفلي

السمك الحقيقي = جتا م * السمك الراسي

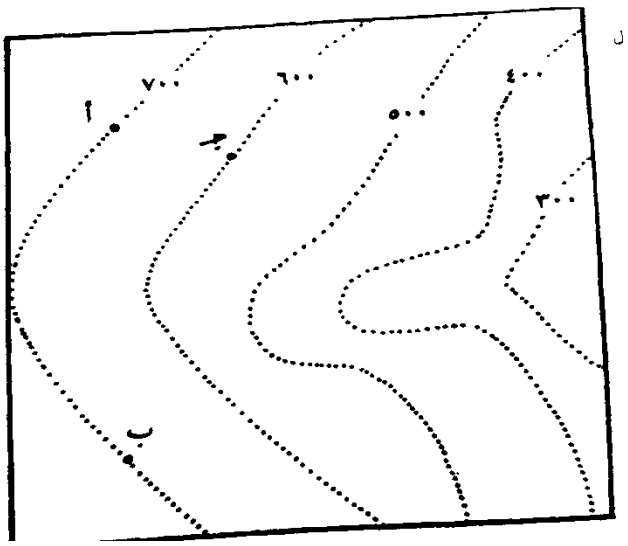


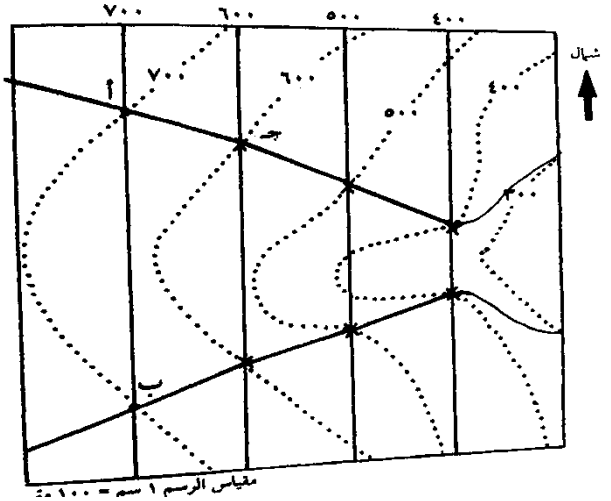

حساب عمق الطبقات المائلة من الابار

نوجد ارتفاع البئر من قيمة خط الكنتور الذي يمر بالنقطة ثم نطرح من قيمة ارتفاع البئر قيمة ارتفاع سطح الطبقة المائلة من قيمة خط الامتداد للسطح المطلوب

رسم مكاشف الطبقة المائلة inclined strata outcrops

في حالة الطبقات المائلة يتم تعيين النقاط التي تتقاطع فيها خطوط الكنتور مع خطوط المضرب التي لها نفس الارتفاع وبتوصيل هذه النقاط ببعضها نحصل على خط يمثل سطح الطبقة المطلوب رسمه .



## 15- المراجع


1- أساسيات الجيولوجيا - الجيولوجيا الفيزيائية د. محمد مشرف 1997.

2- أساسيات الجيولوجيا د.غازى سفارينى ود.عبدالقادر عابد 2012.

3- الأرض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية ترجمة عمر سليمان والبهلول اليعقوبى ومصطفى جمعة 1984.

4- أساسيات الجيولوجيا د.محمد يوسف حسن وآخرين .