تعريف علم الأرض (الجيولوجيا)

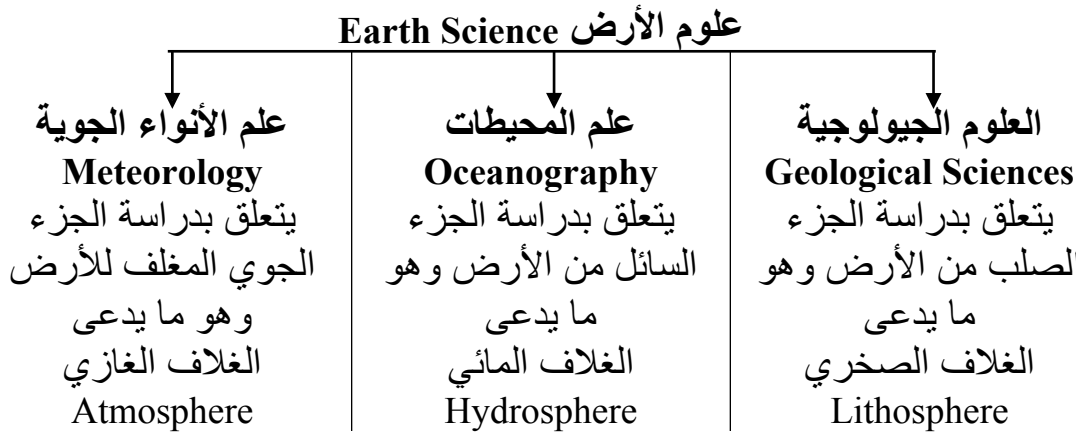
هو علم دراسة الأرض من حيث أصلها، مكوناتها، شكلها، تاريخها والعمليات المؤثرة عليها في الماضي والحاضر. ويتكون المصطلح Geology وهي كلمة إغريقية من مقطعين: الأول Geo ويعني الأرض Earth، والثاني مأخوذ من logos ويعني علم Science.

أهمية دراسة علم الأرض

يساهم علم الأرض في دراسة التركيب الكيميائي لمكونات الأرض من معادن وصخور ومياه وغيرها، وبتثبيت السجل الزمني (أي العمر الجيولوجي للأرض) من البقايا العضوية المتمثلة بالمتحجرات fossils المحفوظة في الصخور الرسوبية أو باستخدام طريقة النظائر المشعة بالنسبة للصخور التي لا تحتوي على متحجرات وهي الصخور النارية والمتحولة. ويبحث علم الأرض عن دلائل أصل الأرض من خلال دراسة النيازك التي يعتقد أنها تشكل نفس مادة تكوين الأرض والكواكب الأخرى. كما يساهم علم الأرض في اكتشاف الموارد الطبيعية في باطن الأرض مثل النفط والمعادن والمياه الجوفية. وهناك مساهمات كثيرة ومفيدة لعلوم الأرض في تفسير الظواهر والأحداث والدلائل عليها من خلال فروعه المتعددة.

فروع علوم الأرض

تم الاتفاق حديثا على إطلاق مصطلح علوم الأرض Earth Sciences على الجوانب التي تتناول دراسة الأرض مقسمة على ثلاثة أقسام استنادا على خواص المادة (الصلبة والسائلة والغازية) وكما موضح في المخطط الآتي:



وتشتمل العلوم الجيولوجية على ثلاثة فروع أساسية هي:

1-الجيولوجيا (أو علم الأرض) Geology

2-الجيوفيزياء Geophysics

3-الجيوكيمياء Geochemistry

فضلا عن ذلك هناك فروع كثيرة جدا للعلوم الجيولوجية إضافة إلى الجيولوجيا والجيوفيزياء والجيوكيمياء نذكر منها: الجيولوجيا الطبيعية، الجيولوجيا التاريخية، علم البلورات، علم المعادن، علم الصخور، علم الطبقات، علم المتحجرات، علم قياس الأعمار، الجيولوجيا التركيبية، علم هيئة الأرض (الجيومورفولوجيا)، الجيولوجيا الهندسية، جيولوجيا المناجم، جيولوجيا النفط، جيولوجيا المياه، علم الزلازل، علم البراكين، علم قياس أبعاد الأرض (الجيوديسيا)، التحسس النائي، بصرية المعادن، الجيولوجيا البيئية، علم الرسوبيات، الجيولوجيا النووية وغيرها كثير...

علاقة علم الأرض بالعلوم الأساسية الأخرى

1-بعلم الكيمياء: تتمثل في الجيوكيمياء، كيمياء المعادن والصخور، الهايدروجيوكيمياء.

2-بعلم الفيزياء: تتمثل في البلورات، الجيوفيزياء، الجيولوجيا التركيبية، بصرية المعادن.

3-بعلوم الحياة: تتمثل في المتحجرات والطبقات.

4-بالرياضيات والإحصاء: تتمثل في التفسير الكمي للظواهر الجيولوجية وتمثيل البيانات في مخططات ورسوم بيانية.

5-بالجغرافية: تتمثل في الجيومورفولوجيا وفهم عوامل التعرية وتوزيع القارات والمحيطات وتكون الجبال والوديان وباقي التضاريس الأرضية.

6-بعلم المناخ القديم: تتمثل في دراسة الترسبات في العصور الجيولوجية القديمة لعلاقة هذه الترسبات بطبيعة المناخ آنذاك المؤثر في عمليات الترسيب.

7-بعلم الفلك: تتمثل في العلاقة المباشرة للأرض مع باقي كواكب المجموعة الشمسية وذلك من خلال دراسة النيازك مثلا من اجل فهم أصل الأرض وعلاقتها بالكون.

8-بالعلوم الزراعية: تتمثل في علم التربة، علم المعادن الطينية.

9-بالعلوم الهندسية: تتمثل في الجيولوجيا الهندسية وتحديد المقالع الخاصة بمواد البناء واختيار مواقع الإنشاءات وتحديد الأسس ومواقع السدود والخزانات والسدود المائية.

10-بالبيئة: تتمثل في الجيولوجيا البيئية والتلوث البيئي.

2 بنية وتركيب الأرض CONSTRUCTION OF THE EARTH

أغلفة الأرض

الأرض عبارة عن كرة ذات تركيب غير متجانس ومحاطة بعدد من الأغلفة. وحسب رأي العديد من العلماء يمكن تحديد هذه الأغلفة كالآتي:

1-الغلاف الصخري (Lithosphere): يغطي الغلاف الأول مكونا القشرة الأرضية.

2-الغلاف المائي (Hydrosphere): وهو غطاء متقطع من الماء المالح والعذب والثلج على سطح الأرض مكونا المحيطات والبحار والأنهار والخلجان والمستنقعات والأهوار والجداول والمياه الجوفية. تغطي المياه ثلثي مساحة الأرض تقريبا.

3-الغلاف الغازي (Atmosphere): يتكون من خليط من الغازات والأبخرة التي تغلف الكرة الأرضية. يشكل غاز الأوكسجين 21% والنتروجين 78%، بينما تشمل النسبة المتبقية وهي 1% فقط الغازات الأخرى مثل ثاني أو كسيد الكاربون، والغازات الخاملة (النيون، الزينون، الكربتون وغيرها). وتكمن اهمية النسب الأعلى للنتروجين والأوكسجين في احتياج الكائنات الحية لديمومة حياتها خصوصا الإنسان.

5-الغلاف الحياتي (Biosphere): يتضمن الكائنات الحية التي تعيش الجو والمياه وعلى سطح الأرض (اليابسة) أي في الأغلفة الغازية والمائية والصخرية. وتشمل دراسة الكائنات الحية التي تلعب أدوارا مهمة في العمليات الجيولوجية، مثل البكتريا التي لها دور في عمليات التجوية العضوية للصخور وكذلك في الترسيب العضوي.

باطن الأرض Earth's Interior

تم تحديد التقسيمات الأساسية لباطن الأرض (من السطح إلى المركز) بالاعتماد على توزيع السرع الزلزالية في أعماق الأرض والناجمة إما من الزلازل الطبيعية أو من التفجيرات الاصطناعية المستخدمة بالطريقة الزلزالية من قبل علماء الجيوفيزياء. وقد استخدمت هذه الطريقة لأن الموجات الصوتية الناجمة من الزلازل تنتقل بسرعة داخل الصخور المكونة لطبقات الأرض وتنعكس من سطوح الطبقات عند اختلاف كثافتها عن الصخور التي تعلوها. فضلا عن أن أعمق الآبار المحفورة لم تخترق اكثر من 19 كم وأن أعمق المناجم لم يتجاوز عمقه 3.5 كم تحت الأرض، وهذا غير كاف لمعرفة طبقات الأرض خصوصا إذا ما علمنا أن مركز الأرض يقع على عمق 6371 كم.

1-القشرة Crust: تمتد من السطح إلى خط انقطاع موهو (Moho Discontinuity) الفاصل بين القشرة والجبة على عمق متفاوت بمعدلات 30 إلى 50 كم تحت المناطق القارية وحوالي 10 إلى 12 كم تحت المناطق المحيطية.

لذلك تقسم القشرة إلى نوعين: قارية ومحيطية (كما سيتم توضيح ذلك فيما بعد). سوف نستعرض مكونات القشرة الأرضية بالتفصيل لاحقا.

2-الجبة Mantle: تمتد من أسفل القشرة أي تحت خط انقطاع موهو وإلى خط انقطاع الجبة-اللب على عمق 2900 كم، ويبلغ سمكها حوالي 2850 كم. تقسم الجبة إلى ثلاثة أقسام:

أ-الجبة العليا Upper Mantle: تقع تحت القشرة مباشرة وتمتد إلى عمق 400 كم تحت سطح الأرض.

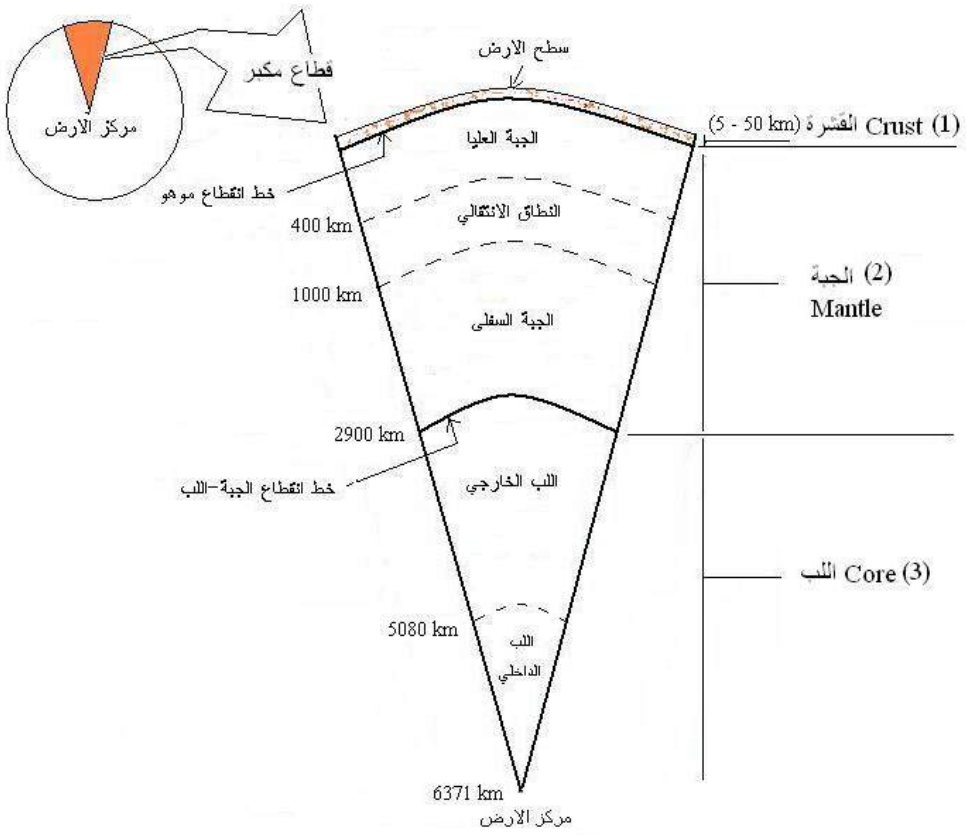
ب- النطاق الانتقالي Transition Zone: يقع بين الجبة العليا والجبة السفلى بين 400 ‘إلى 1000 كم.

ج-الجبة السفلى Lower Mantle: تمتد بين عمق 1000 إلى 2900 كم، أي إلى خط انقطاع الجبة-اللب الفاصل بين الجبة-اللب. تتكون الجبة بصورة رئيسية من معادن سليكات الحديد والمغنيسيوم.

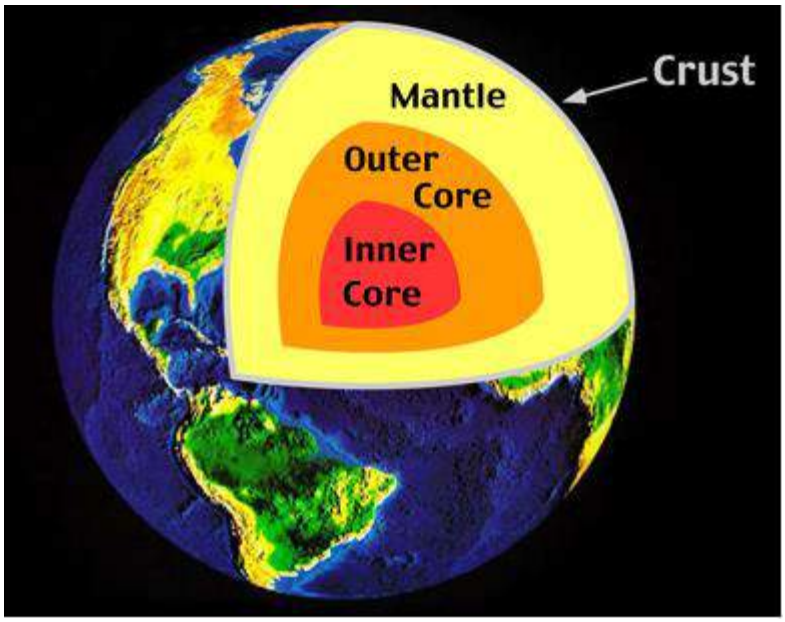
3-اللب Core: يمتد من أسفل الجبة، أي من خط انقطاع الجبة-اللب وإلى مركز الكرة الأرضية عند عمق 6371 كم. ويبلغ نصف قطر الكرة التي تمثل اللب 3471 كم. تقدر درجة حرارة اللب بحوالي 4000 درجة سليزية. ويقسم اللب إلى قسمين:

أ-اللب الخارجي Outer Core: يمتاز بكونه في حالة سائلة ويتكون من فلزي الحديد والنيكل مع الكبريت. ويمتد بين 2900 كم و 5080 كم.

ب-اللب الداخلي Inner Core: يمتاز بكونه في حالة صلبة ويتكون من فلزي الحديد والنيكل، ويمتد بين 5080 كم و 6371 كم.



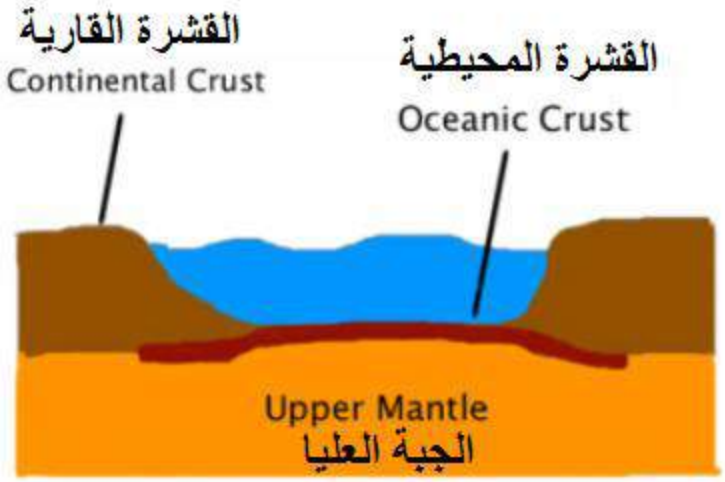
الشكل (1) يوضح مقطع في الارض من مركزها الى السطح موضحا علية السمك لكل نطاق .

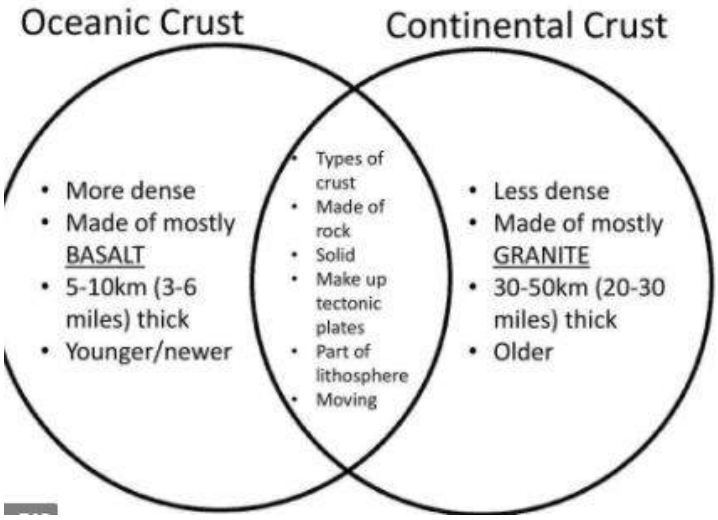


تقسيمات باطن الارض

الفرق بين القشرة القارية والقشرة المحيطية

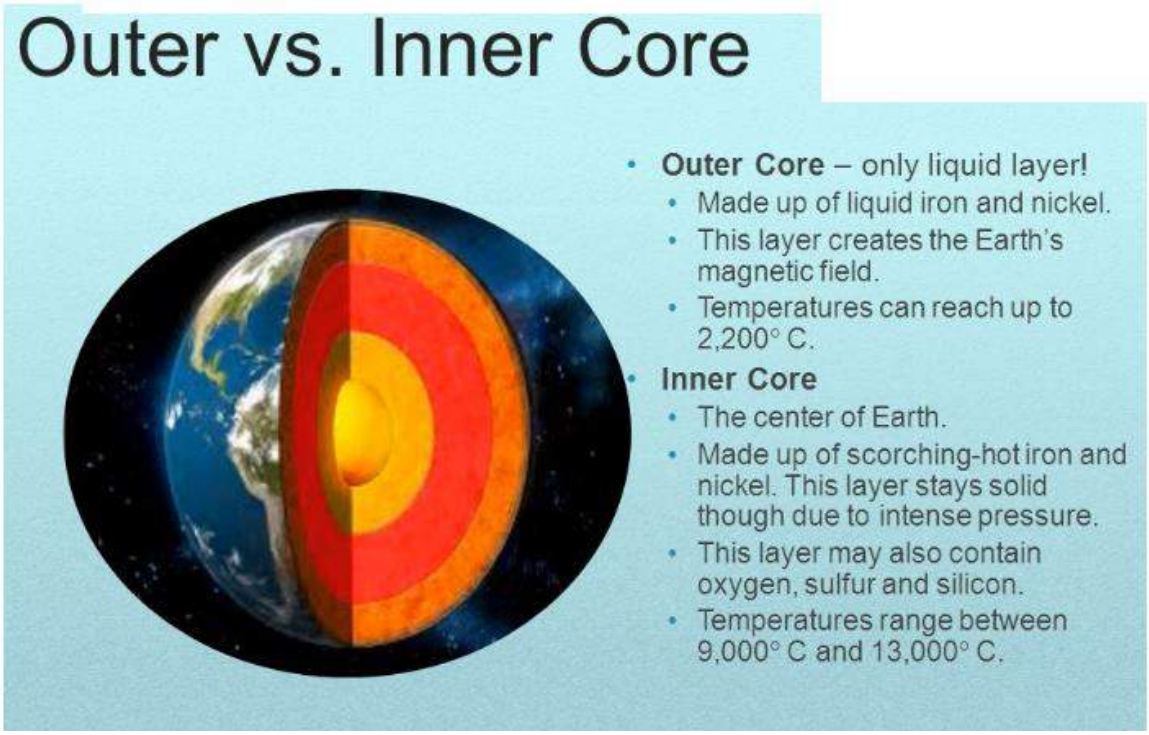
	القشرة القارية Continental Crust	**القشرة المحيطية Oceanic Crust**
التواجد	تحت القارات	تحت المحيطات
معدل السمك	70-20 كم (الجزء ذو السمك العالي يكون تحت الجبال)	السمك اقل بمعدل 7 كم
الكثافة	2.7 غم/سم^3	كثافة اعلى3 غم/سم^3
سرعة الموجات الزلزالية pنوع	6 كم/ثانية	7 كم/ثانية
التركيب الصخري المحتمل	مع غطاء من Granite , schist الصخور الرسوبية	صخور Basalt and Gabbro نارية





الفرق بين اللب الداخلي والخارجي للارض

اللب الداخليinner core	**اللب الخارجي Outer core**
يكون صلب بسب الحرارة والضغط العالي	يكون سائل منصهر
كثافة عالية جدا 12-13 غم/سم^3	كثافته اقل من اللب الداخلي وتتراوح بين 10-12 غم/سم^3
يشكل حوالي 2% من كتلة الأرض	يشكل حوالي 30% من كتلة الارض
يوجد على عمق اكبر ويتراوح 5000-6370 كم	يوجد على عمق يتراوح بين 2900-5000كم
يتكون من حديد ونيكل بالاضافة الى الكبريت والسليكون	يتكون من حديد ونيكل بشكل منصهر ، وهذه الطبقة التي تولد المجال المغناطيسي للارض
الحرارة تصل الى مابين 9000 الى 13000 سليزية	الحرارة تصل الى 2200 سليزية



العناصر الاساسية المكونة للقشرة الارضية تضم 8 عناصر هي

1O (oxygen%46.5 -الاوكسجين)

2(Si) -السليكون silicon %27.7

3(Al) -الالمنيوم Aluminum %8.1

4(Fe) -الحديد Iron% 5

5Ca) -الكالسيوم (Calcium %3.6

6Na) -الصوديوم (Sodium %2.8

7K) -البوتاسيوم (potassium %2.6

8(Mg) -المغنسيوم magnesium %2.1

وباقي العناصر تشكل حوالي 1.5%

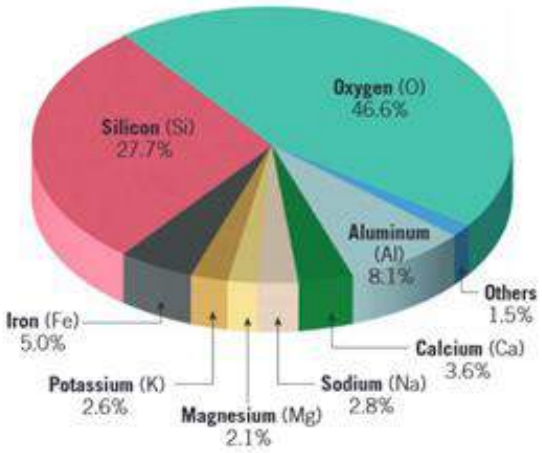


Figure 3.22 The eight most abundant elements in the continental crust

العناصر 8 الأساسيةَ للعناصر الشائعةَ المكونةَ لمعادن للقشرةَ الارضيةَ التي تشكل 98% من مكونات القشرةَ الأرضيةَ (بالاعتماد على الوزن) . الاوكسجين والسليكون تمثل building blockالعناصر الرئيسة لمعظم المعادن والتي تشكل حوالي اكثر من 800معدن والتي تشكل 90%من معادن القشرةَ الارضيةَ .

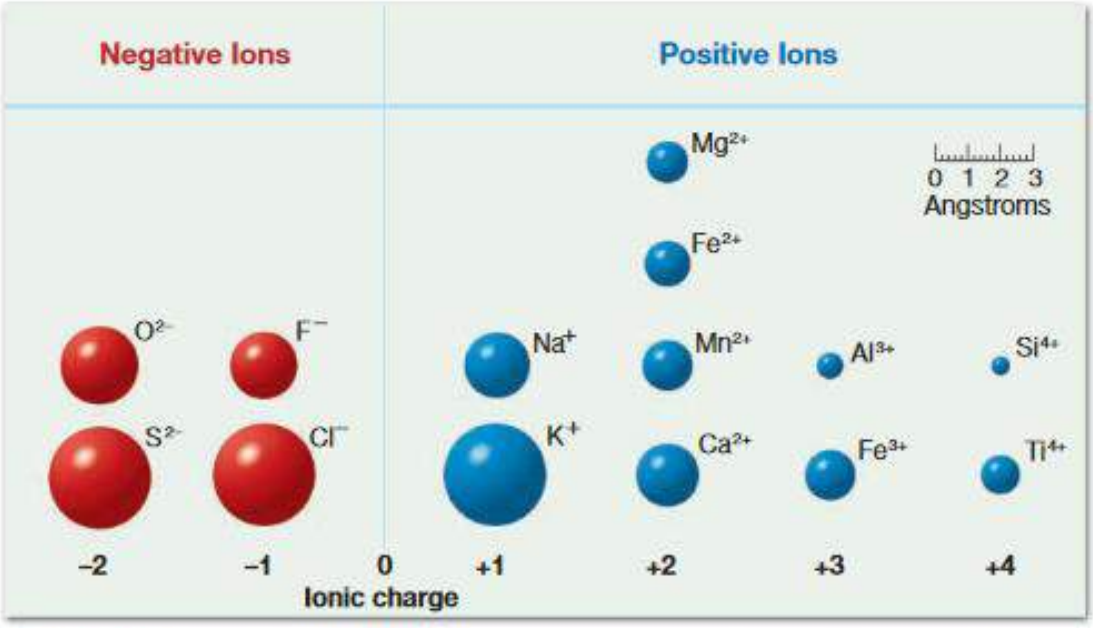


FIGURE 2.23 The relative sizes and charges of ions commonly found in minerals. Ionic radii are usually expressed in angstroms (1 angstrom equals 10^{-8} cm).

علم البلورات Crystallography

هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات وأنواعها من حيث شكلها الظاهري أو الخارجي وتركيبها الداخلي والتعرف عليها.

البلورة: هي جسم صلب على شكل هندسي محاط بأسطح مستوية منتظمة تسمى الأوجه البلورية Crystal Faces وتختلف حسب طبيعة كل معدن، وتمثل البلورة انعكاساً للترتيب الذري الداخلي للمعدن.

عناصر البلورة أو صفات البلورة:

تمتلك البلورة عناصر أساسية يجب ان تتوفر فيها ويجب فهمها وقد تم تحديدها بما يأتي:

(١) الوجه البلوري Crystal Face : هو سطح مستو يحيط بالبلورة يحدد الشكل الخارجي للبلورة وله أشكال مختلفة حسب طبيعة كل بلورة. فقد تكون الأوجه مربعة أو مستطيلة أ مثلثة الشكل.

(٢) الشكل البلوري Crystal Form : وهو الشكل الناتج عن نمو أي معدن لتجمع ذراته بصورة طبيعية من الأشكال البلورية المكعب Cube والموشور Prism وغيرها. وقد يكون بسيطاً Simple Form حينما يتألف من أوجه متشابهة أو يكون مركباً Combined Form حينما يتكون من أوجه غير متشابهة.

(٣) الأحرف أو الحافة Edges : هي الخطوط أو الحواف الناتجة من تقاطع وجهين بلوريين متجاورين فمثلاً المكعب له ١٢ حافة متساوية الطول.

(٤) الزاوية الصلبة أو المجسمة Solid angle :هي الزاوية المتكونة من تقاطع أو التقاء ثلاثة أوجه أو أكثر. فمثلاً للمكعب ٨ زوايا صلبة.

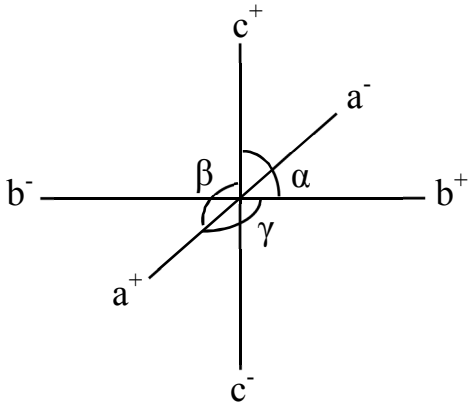
(٥) الزاوية بين الوجهية Inter Facial angle : هي الزاوية المتكونة بين العمودين المقامين على وجهين متجاورين متقاطعين.

(٦) المحاور البلورية: وهي عبارة عن خطوط وهمية تمر داخل البلورة وتتقاطع في مركزها ومن منتصفات كل وجهين متقابلين وعدد هذه المحاور ثلاثة في أغلب البلورات وأربعة في بعض الحالات ويرمز لها بحروف انكليزية (a, b, c) فالمحور (a) يمر بين

منتصفات الوجهين الأمامي والخلفي، والمحور (b) يمر بين منتصفات الوجهين الجانبيين، في حين يمر المحور الثالث (c) بين الوجهين العلوي والسفلي.

(٧) الزوايا البلورية axial angle : هي الزوايا البلورية أو المحورية التي تتكون بين المحاور البلورية الثلاثة يطلق عليها الفا، بيتا، كاما (α, β, γ) .

(٨) مركز البلورة Origin (نقطة الأصل): هي النقطة التي تتقاطع المحاور البلورية فيها.



(٩) التماثل في البلورة Crystal Symmetry :

ان التركيب البلوري (سواء الداخلي منه أو الأوجه البلورية الخارجية التي تكونت في الطبيعة) سيعكس نوعاً من التناظر (Symmetry) الذي يطلق عليها بعناصر التناظر (التماثل)، وسيتم شرحها بعد التعرف على الأنظمة البلورية.

الأنظمة البلورية Crystal Systems :

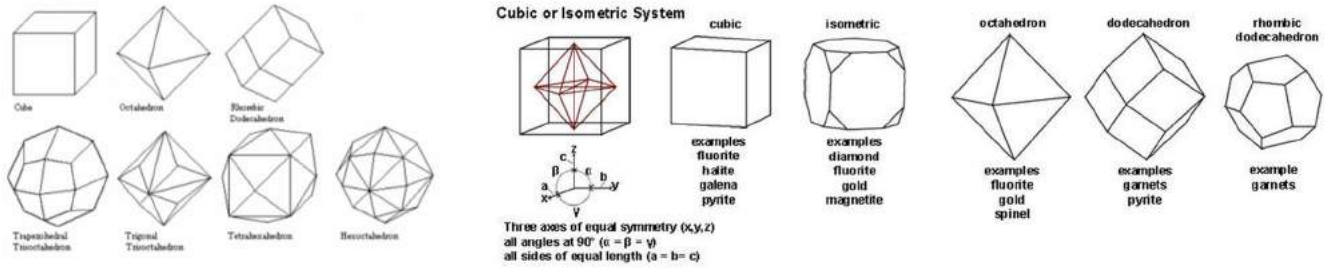
استناداً إلى أطوال المحاور البلورية وعلاقة الزوايا المحصورة بينها تصنف البلورات إلى ستة أنظمة.

١ – النظام المكعبي أو متساوي الأبعاد Cubic or Isometric System :

$a = b = c$

$a \perp b \perp c$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^{o}$



اشكال مختلفة من نظام البلوري المكعب

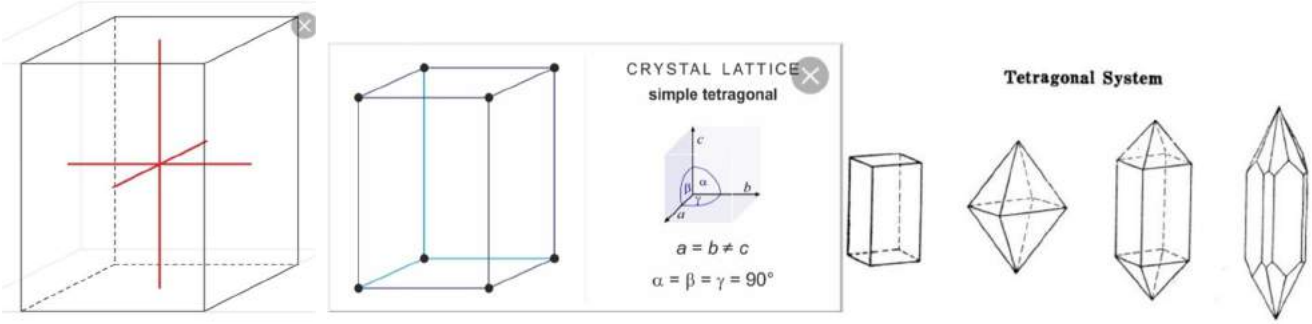
المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
مجموعة المعادن الفلزية النقية Native Metalles	Au Ag Cu Pt Fe	الذهب (gold) الفضة (Silver) النحاس (Cupper) البلاتين (Platinum) الحديد (Iron)
مجموعة المعادن غير الفلزية النقية Native Non Metallic	C	الماس (Diamond)
مجموعة الكبريتيدات Sulphides	PbS ZnS FeS_2	الكالينا (galena) السفليرايت (SPhalerite) بايرايت (Pyrite)
مجموعة الأكاسيد Oxides	Fe_3O_4	المغنيتايت (Magnetite)
مجموعة الكلوريدات Halides	Nacl	الهالايت (Halite)
مجموعة الفلوريدات Flourides	CaF_2	الفلورايت (Flourite)
مجموعة السليكات Silicates	$Mg_3\ Al_2\ Si_3\ O_{12}$ $Fe_3\ Al_2\ Si_3\ O_{12}$	الكارنت (Garnet)

٢ – النظام الرباعي Tetragonal System :

$a = b \neq c$

$a \perp b \perp c$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^{o}$



النظام الرباعي

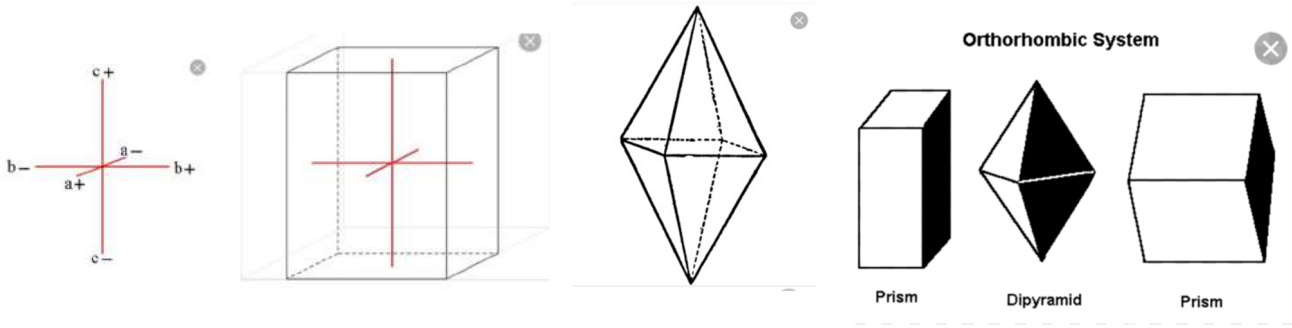
المعدن Mineral	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المجموعة المعدنية Minerals groupe
الجالكوبيرايت Chalcopyrite	$CuFeS_2$	مجموعة الكبريتيدات Sulphides

٣- النظام المعيني القائم Orthorhombic System :

$a \neq b \neq c$

$a \perp b \perp c$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^o$



المعدن Mineral	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المجموعة المعدنية Minerals groupe
الكبريت (Sulfur)	S	مجموعة المعادن غير الفلزية النقية Native non metallic
الجالكوسايت (Chalcocite)	Cu_2S	مجموعة الكبريتيدات Sulphides
الاراكونايت (Aragonite)	$CaCO_3$	مجموعة الكاربونات Carbonites
الانهايدرايت (Anhydrites)	$CaSO_4$	مجموعة الكبريتيتات Sulphates
الاولوفين Olivine اورثوبايروكسين Orthopyroxene التوباز Topaz	$(Mg , Fe)_2 SiO_4$ $(Mg , Fe) SiO_3$ $(Al , F)_2 SiO_4$	مجموعة السليكات Silicates

٤- النظام أحادي الميل Monoclinic System :

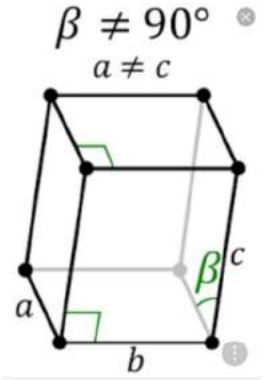
$a \neq b \neq c$

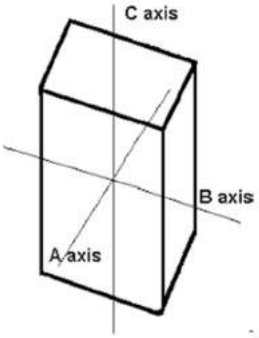
$a \perp b$

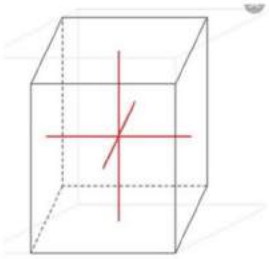
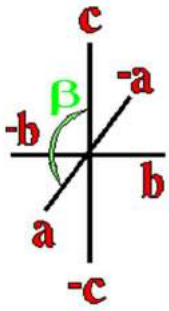
$b \perp c$

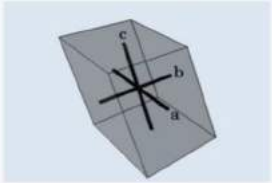
$a \not\perp c$

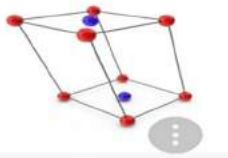
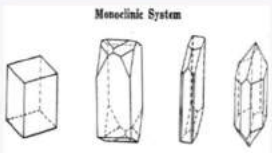
$\alpha = \gamma = 90^o \neq \beta > 90^o$

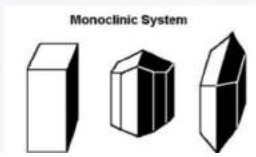








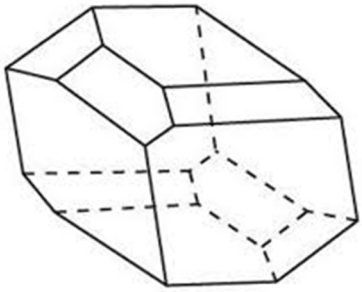
المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
مجموعة الكاربونات	$Cu_2CO_3(OH)_2$ $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	الملاكايت (Malachite) الازيورايت (Azurite)
الكبريتيتات Sulphates	$CaSO_4 . 2H_2O$	الجبس Gypsam
السليكات	$CaFeSi_2O_6$ $CaMgSi_2O_6$ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O^{-10}$ $KAlSi_3O_8$	كلاينوبايروكسين (Clinopyroxcene) الهوربنلند (Hornblende) التالك Talk المسكوفايت Muscovite البيوتايت Biotite الكلورايت Chlorite الاورثوكليس Orthoclase

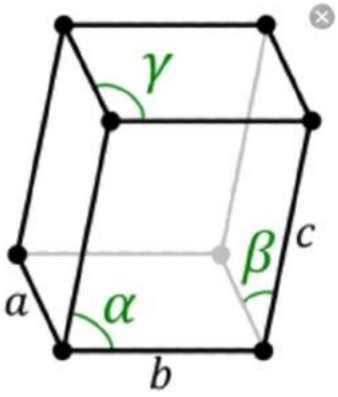
٥- النظام ثلاثي الميل Triclinic System :

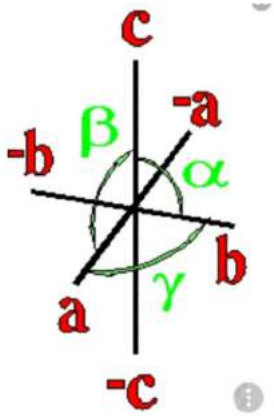
$a \neq b \neq c$

$a \not\perp b \not\perp c$

$\alpha \neq \beta \neq \gamma$







المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
السليكات	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	الكاؤلينات Kaolinite
	$NaAlSi_3O_8$	البلاجوكليس Na – Plagoclase
	$CaAl_2Si_2O_8$	Ca – Plagoclase

٦ – النظام السداسي Hexagonal System :

يختلف هذا النظام عن بقية الأنظمة بامتلاكه أربعة محاور بلورية بدلاً من ثلاثة

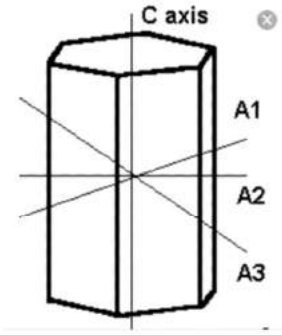
$a_1 \wedge a_2 = 120^o$ $\quad a_1 = a_2 = a_3 \neq c$

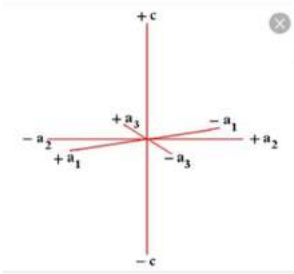
$a_2 \wedge a_3 = 120^o$ $\quad a_1 \underset{120^o}{\wedge} a_2 \underset{120^o}{\wedge} a_3 \perp c$

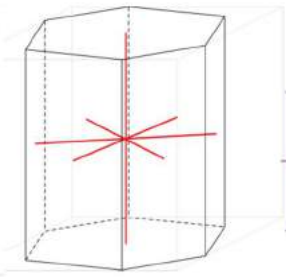
$a_3 \wedge a_1 = 120^o$

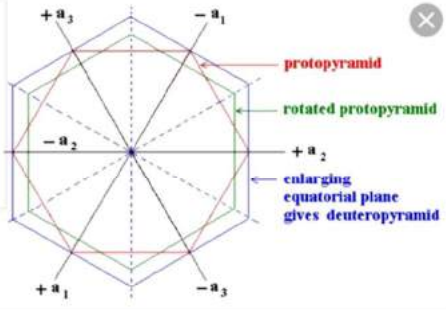
$c \perp (a_1, a_2, a_3)$ $\quad \alpha = \beta = 90^o \quad \gamma = 120^o$

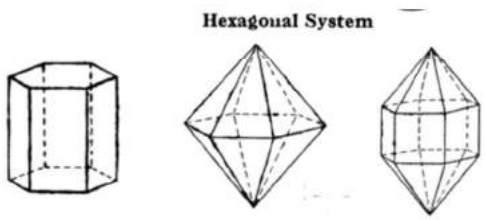
تقع (a_1, a_2, a_3) في مستوى افقي والمحور الرابع (c) عمودي عليها الزاوية بين المحاور = 60º.

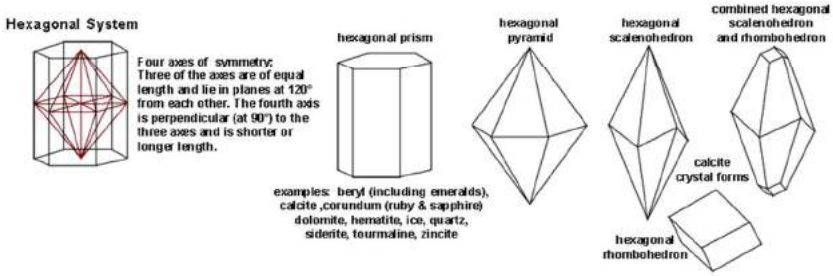




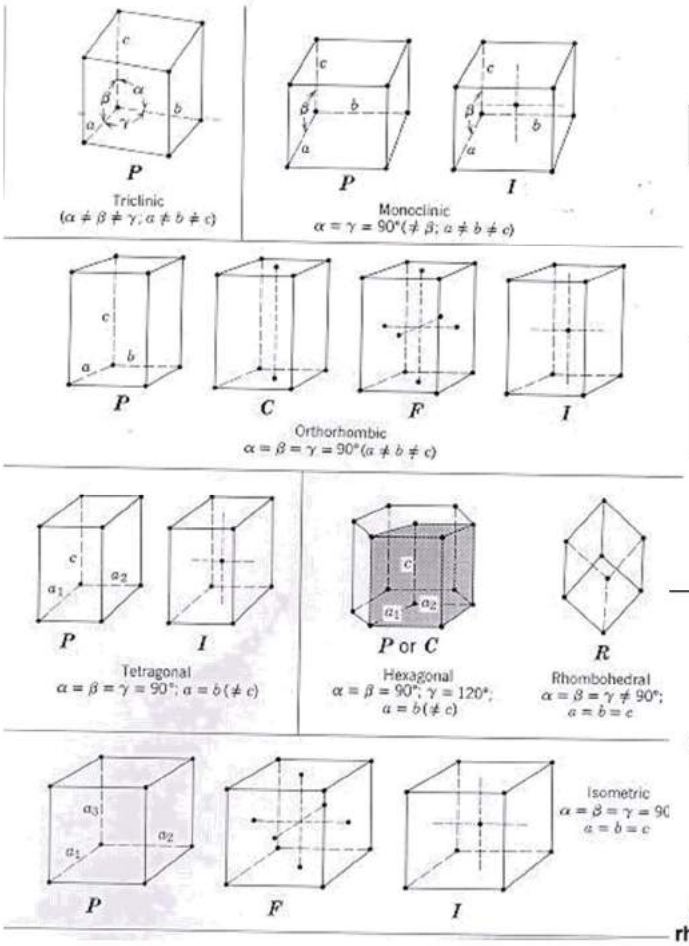


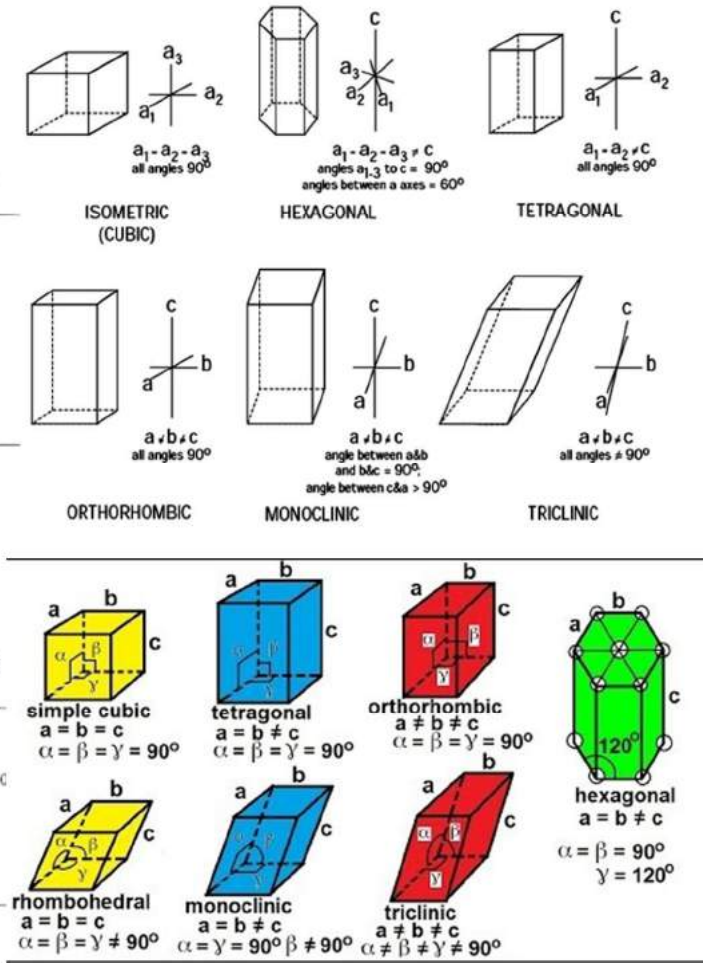


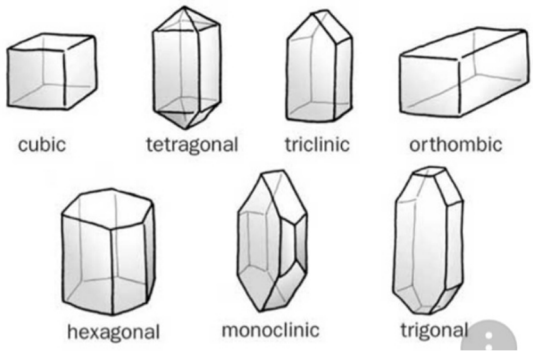


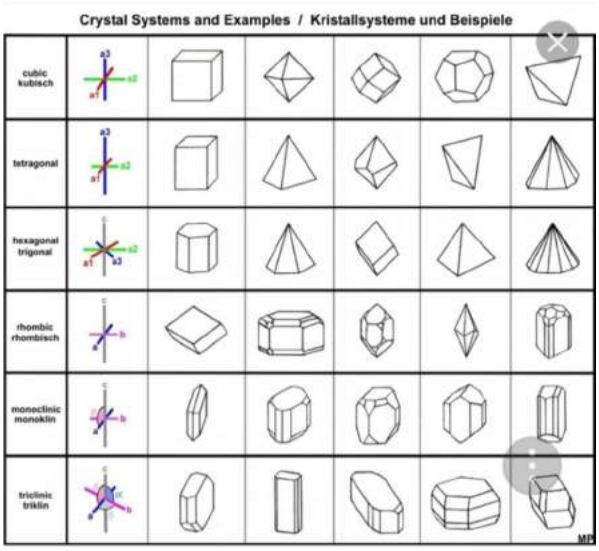


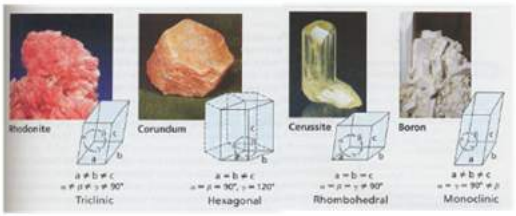
المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
مجموعة المعادن غير الفلزية النقية Native Non Metallic	C	الكرافيت (Graphite)
مجموعة الأكاسيد Oxides	Al_2O_3 Fe_3O_5	الكورندم (Corundum) الهيماتايت (Hematite)
مجموعة الكاربونات Carbonates	$CaCO_3$ $CaMg(CO_3)_2$	الكالسايت (Calcite) الدولومايت (Dolomite)
مجموعة المعادن الفوسفاتية	$Ca_5(PO_4)_3$ (F, Cl, OH)	الاباتايت (Apatite)
مجموعة السليكات Silcates	SiO_2	الكوارتز (Quartiz) الترمالين (Tourmaline)











❖ ذكرنا سابقاً بأن التركيب البلوري سواء الداخلي منه او الأوجه البلورية الخارجية تعكس نوعاً من التناظر ويطلق عليها بعناصر التماثل أو (التناظر) Crystal Symmetry وهي ثلاثة:

(١) محاور التماثل (التناظر): ويرمز له بحرف (L)

وهي تلك المحاور التي إذا دارت حوله البلورة دورة كاملة (360º) فإنها تعيد نفسها مرتين أو أكثر سواء كان ذلك للأوجه الخارجية او التركيب الذري الداخلي وهناك محاور تناظر ثنائية وثلاثية ورباعية وسداسية للبلورات وهذه المحاور قد تكون مطابقة (موازية) أو لا تكون مطابقة (موازية) للمحاور البلورية.

(٢) مستويات التناظر (التماثل) Planes of Symmetry : ويرمز بحرف (P)

وهو عبارة عن المستوي الذي يقسم البلورة إلى قسمين متساويين بحيث ان احدهما هو صورة كصورة بالمرآة للآخر.

(٣) مركز التناظر (Axes of symmetry) نقطة وهمية في داخل جسم البلورة (نقطة الأصل في المركز) بحيث ان أي خط مستقيم يمر بها سيقابل عناصر بلورية متشابهة على نفس المسافة من نقطة المركز ويرمز لها بحرف (c) ويمكن تمثيل عناصر التناظر (التماثل) في الأنظمة كما في الجدول أدناه.

ت	النظام System	محور التناظر Axes	مستويات التناظر Planes
١	المكعب Cubic 13 axes 9 planes	ثلاثة رباعية تنطبق على المحاور البلورية. اربعةثلاثية(من الزوايا المجسمة) ستة ثنائية (من منتصف الحافات العليا والجانبية)	تسعة مستويات: ثلاثة تنطبق على المحاور البلورية (من منتصف الأوجه) اربعة (من الحافات البلورية للوجه العلوي) اثنان (من الزوايا المجسمة)
٢	الرباعي Tetragonal 5 axes 5 planes	رباعي واحد ينطبق على المحور c. اربعة ثنائية اثنان منها تنطبق على المحورين a , b (من منتصف الأوجه) واثنان ينصفان الزاوية بينهما (من منتصف الحافات الجانبية).	خمسة مستويات: واحد افقي يحتوي على محاور التناظر الثنائية a , b واربعة عمودية تمر بمحور التناظر الرباعي وكل واحد من محاور التناظر الثنائية الأفقية a , b (ثلاث مستويات من منتصف الأوجه مطابقة للمحاور البلورية (a, b, c) واثنان من الزوايا المجسمة)
٣	السداسي Hexagonal 7 axes 7 planes	سداسي واحد ينطبق على المحور c. ستة ثنائية ثلاثة منها تنطبق المحاور البلورية a_1 , a_2 , a_3 ثلاثة تنصف الزوايا بينهما (من منتصف الحافات الجانبية).	سبعة مستويات، واحد افقي يحتوي على محاور التناظر الثنائية الأفقية a_1 , a_2 , a_3 وستة عمودية تمر بمحور التناظر السداسي وكل واحد من محاور التناظر الثنائية الأفقية a_1 , a_2 , a_3 (من الزوايا المجسمة ومن منتصف الحافات الوجه العلوي
٤	المعيني القائم Orthorhombic 3 axes 3 planes	ثلاثة ثنائية تنطبق على المحاور البلورية a, b, c.	ثلاث مستويات واحد افقي واثنان عموديان، كل منهما يمر بمحورين للتناظر.
٥	احادي الميل Monoclinic 1 axis 1 plane	محور تناظر ثنائي واحد ينطبق على المحور b.	مستوي واحد ينطبق بالمحورين a , c
٦	ثلاثي الميل Triclinic	لا يوجد	لا يوجد

<u>ملاحظة</u>:

١- في جميع الأنظمة البلورية عدد مستويات التناظر يساوي عدد محاور التناظر ما عدا النظام المكعب.

٢- جميع الأنظمة البلورية تحتوي على مركز تناظر واحد.

المعادن

تعريف المعدن Mineral:

هو تلك المادة الصلبة المتواجدة في الطبيعة وهي مادة غير عضوية تمتلك تركيبا كيميائيا محددا وشكلا بلوريا منتظما وخواصا فيزيائية معينة.

توجد بعض المعادن على هيئة غير متبلورة Amorphous مثل الأوبال Opal والصوان Chert.

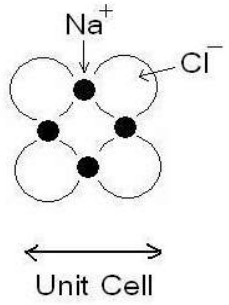
ومعظم المعادن تكون بهيئة متبلورة Crystalline مثل الكوارتز Quartz.

يوجد في القشرة الأرضية نحو 4000 معدن ولكن فقط 30 يتواجد بشكل شائع ،وفقط اعداد قليلة من المعادن تكون مكونة للقشرة الأرضية.

التركيب البلوري للمعادن Structure of minerals :-

المعادن تتكون من وحدات بناء صغيرة جدا تعرف بالوحدات البنائية Unit cells والتي تمثل أيونات مركبة بصورة منتظمة ومتماسكة فيما بينها بواسطة قوى كهربائية تعبر عن بنائها الذري الداخلي.

ولفهم ذلك بصورة مفصلة نذكر على سبيل المثال ابسط أنواع هذه الوحدات لمعدن الهالايت Halite (NaCl) المعروف أيضا بملح الطعام. ترتبط أربعة أيونات من الكلور Cl^- مع أربعة أيونات من الصوديوم Na^+ بأواصر أيونية كما في الشكل أدناه:



$Na^+ = 11\ (2,8,1)$

$Cl^- = 17\ (2,8,7)$

الكترونات في المدارات

صفات المعادن Minerals properties

المعادن لها صفات كيميائية وفيزيائية.

أ-الصفات الكيميائية Chemical properties:

تتكون بعض المعادن من عنصر element واحد من العناصر(92 عنصر الموجودة في الطبيعة) تذكر الجدول الدوري للعناصر . والمعادن إما ان تكون فلزية metallic كالذهب Au والفضة Ag والنحاس Cu، أو معادن لافلزية non-metallic كالكرافيت C والكبريت S. والبعض الآخر من المعادن

مكون من اتحاد عنصرين اثنين مثل الكوارتز SiO_2 والمغنتايت Fe_3O_4. في حين تتكون معظم المعادن في الطبيعة من اتحاد ثلاث عناصر أو اكثر مثل الكالسايت $CaCO_3$.

ان المعادن السليكاتية والأكاسيد هي الأكثر شيوعا في الطبيعة بسب اتحاد الاوكسجين O_2 مع بقية العناصر الموجبة تليها معادن الكاربونات ثم الكبريتات والكبريتيدات ثم الفوسفات وأخيرا النترات (ترتيب من المعادن الاكثر شيوعا الى الاقل تواجدا في الطبيعة).

المعادن الفلزية	المعادن غير الفلزية
تحتوي على عناصر فلزية	تحتوي على عناصر غير فلزية
قابل للطرق والسحب وموصلة جيدة للحرارة والكهرباء	غير قابل للطرق والسحب وموصل ردي للحرارة والكهرباء.
عادة تكون معادن قوية ،ولاتتعرض للكسر عند طرقها	لا تكون معادن قوية وتتعرض للكسر عند طرقها .
هذه المعادن عادة ترتبط مع الصخور النارية او الصخور المتحولة	هذه المعادن عادة ترتبط مع الصخور الرسوبية
تظهر بريق فلزي	لاتظهر بريق فلزي وانما انواع اخرى من البريق مثل البريق الزجاجي او الارضي
امثلة عليها معدن الماكنتاتيت ،معدن النحاس	امثلة عليها معدن الجبسوم ومعدن الهالايت

ب-الصفات الفيزيائية Physical properties:

تشتمل دراسة النماذج باليد Hand specimens باستخدام العين المجردة أو إجراء بعض الفحوصات البسيطة لمعرفة الخصائص الفيزيائية للمعدن. وهذه الطرائق البسيطة تساعد على تسمية المعدن ومعرفة نوع المعدن وتشخيصه في وقت قصير.

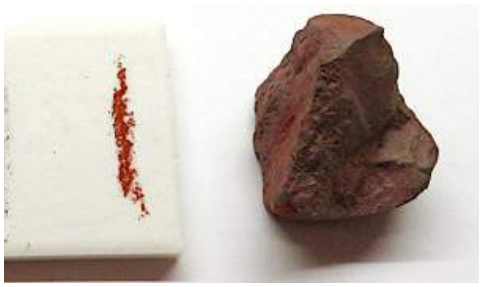
وتشمل الصفات الفيزيائية الآتية:

1-اللون Color: يعرف اللون من الناحية الفيزيائية بأنه قابلية المعدن على امتصاص أو عكس أطوال موجية محددة من ألوان الطيف الشمسي أو ما يسمى الطيف المرئي (المحصور بين 410 ملي مايكرون للون البنفسجي و 700 ملي مايكرون للون الأحمر).

لكل معدن لون معين ثابت إذا كان نقيا Pure، ويتغير هذا اللون عند وجود شوائب داخل تركيب المعدن، فمثلا معدن الكوارتز النقي يكون شفاف ولكن يصبح لونه ورديا فيسمى الكوارتز الوردي Rose quartz لاحتوائه على شوائب من أكاسيد الحديد الحمراء. ومن أمثلة ألوان المعادن نذكر الألماس (C) اسود لماع، الكرافيت (C) اسود معتم، ، الكبريت (S) اصفر.

2- صفة الشفافية Transparency هي قدرة المعدن على تمرير الضوء من خلاله.فبعض المعادن تكون شفافة Transparent مثل الأنواع النقية والمتبلورة بشكل كامل من معادن الكوارتز والجبسوم والكالسايت، وهذه المعادن الشفافة قد توصف أيضا بأنها عديمة اللون. والبعض الآخر من المعادن تكون نصف شفافة Translucent مثل الكوارتز الوردي، أو أن تكون معادن معتمة Opaque لعدم سماحها للضوء المرور خلالها بتاتا مثل الكرافيت والأوليفين والغالينا.

3-المخدش أو لون المسحوق Streak: يستدل على لون مسحوق المعدن ، بواسطة حك المعدن على قطعة من الخزف الأبيض Porcelain فيترك أثرا عليها يمثل لون المسحوق المعدن . قد يكون لون المسحوق هو نفس لون المعدن مثل المغنتايت الاسود والكبريت الاصفر، أو قد يكون مختلف (أي يكون للمعدن لون معين ولون المخدش لون اخر مختلف) مثل البايرايت الذهبي اللون له مخدش اسود، والهيماتايت الاسود المحمر مخدشه احمر أو بني. معظم أو جميع المعادن الشفافة مخدشها ابيض.



مخدش لمعدن Hematite اللون قهوائي محمر ولون المخدش كذلك نفس اللون

4-**البريق Luster:** صفة البريق تعني شدة انعكاس الضوء الساقط من على سطح المعدن، البريق يصنف الى ثلاثة أنواع هي:

أ) <u>البريق الفلزي Metallic luster</u>: المعادن الفلزية خصوصا معادن العناصر الحرة كالذهب والفضة..

ب) <u>البريق دون الفلزي Submetallic luster</u>: للمعادن المعتمة إلى نصف معتمة. من أمثلتها الهيماتايت.

ج) <u>البريق اللافلزي Non-metallic luster</u>: للمعادن غبر المعتمة التي يخترقها الضوء. وهذا النوع يضم معظم المعادن ويوصف بتسميات عديدة أهمها:

أ) البريق الماسي أو اللامع Adamantine or brilliant: مثل الماس والزركون.

2) البريق الزجاجي Vitreous: مثل السليكات والكبريتات والفوسفات والهاليدات.

3) البريق الصمغي Resinous: مثل السربنتين والغارنت.

4) البريق الدهني Greasy: مثل النفيلين.

5) البريق الشمعي Waxy: مثل الأوبال.

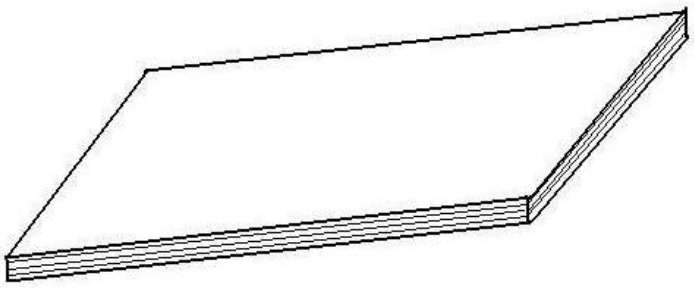
6) البريق الحريري Silky: مثل الأنواع الليفية من الجبسوم.

7) البريق اللؤلؤي Pearly: مثل التالك.

8) البريق الأرضي أو المعتم Earthy or Dull: مثل المعادن الطينية كالكاؤولين.

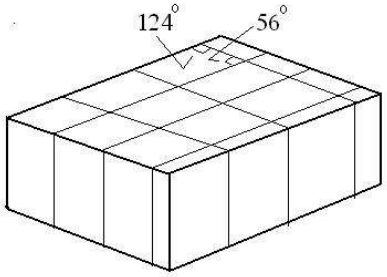
5-**التشقق أو الانفصام Cleavage:** وهي صفة بعض المعادن التي تتميز بقابلية انفصالها إلى سطوح مستوية لمناطق الضعف في البنية البلورية. قد يكون التشقق كاملا Perfect أو غير كامل Imperfect أو يوصف بأنه جيد Good أو انه مميز أو واضح Distinct أو غير واضح Indistinct. إذن مستويات التشقق تمثل مستويات ضعف في البنية البلورية في المعدن والناشئة أثناء تكوين المعدن حينما تترتب ذراته وتتماسك بواسطة الأواصر. بعض المعادن خالية من مستويات التشقق أي إنها غير متشققة Non-cleaved مثل الكوارتز والأوليفين. أما المعادن المتشققة Cleaved فتوصف حسب مستويات التشقق كالآتي:

أ) التشقق بمستوى واحد One set of cleavage: مثل معادن المايكا (المسكوفايت والبايوتيت)

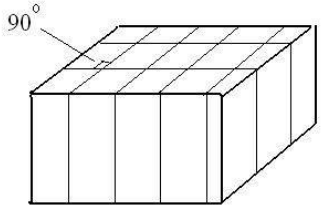


تشقق بمستوى واحد (معادن المايكا)

ب) التشقق بمستويين Two sets of cleavage: مثل البايروكسين (افقي وعمودي) :

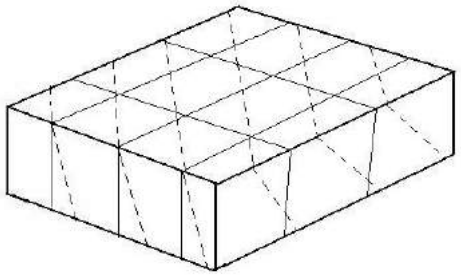


تشقق بمستويين غير متعامدين
مجموعة معادن الأمفيبول (الهورنبلند)



تشقق بمستويين متعامدين
مجموعة معادن البايروكسين

ج) <u>التشقق بثلاث مستويات</u> Three sets of cleavage: قد تكون المستويات الثلاثة متعامدة (افقي وعمودي ومائل) كما في معدن الهالايت، وقد تكون غير متعامدة (معينية الشكل) كما في معدن الكالسايت.



تشقق بثلاث مستويات غير متعامدة
معينية الشكل
في بلورة الكالسايت

د) ويوجد تشقق في اربعة وست مستويات لبعض المعادن .

6-**المكسر Fracture:** هو عكس التشقق ، حيث يكون التكسر على هيئة سطوح غير مستوية أو غير منتظمة (متعرجة). وقد تكون صفة مميزة لبعض المعادن. والتكسر ناجم عن تعرض المعدن إلى إجهاد Stress نتيجة تسليط ضغط عليه بعد تكوينه في بيئة ترسيبه. أي أنها صفة متكونة بعد تكوين المعدن وليس اثناء تكون المعدن ، وهي أيضا تمثل مستويات ضعف غير منتظمة في بنية البلورة ولكن بعد تعرضها للإجهاد على عكس صفة التشقق التي كما ذكرنا تمثل مستويات ضعف منتظمة في بنية المعدن أثناء تكون المعدن . ومن أنواع التكسر:

أ) المكسر المحاري Conchoidal fracture: على هيئة المحارة كما في معادن الكوارتز.

ب) المكسر المدبب Hackly fracture: يكون بهيئة مدببة أو مسننة كما في معادن النحاس.

ج) المكسر الليفي Fibrous fracture: على هيئة الألياف كما في معدني الجبس الليفي والاسبستوس.

د) المكسر المنتظم Even fracture: ويكون بهيئة سطوح ملساء.

هـ) المكسر غير المنتظم Uneven fracture: ويكون بهيئة سطوح غير ملساء أو خشنة الملمس.

Fracture المكسر	*cleavage* التشقق
لاتوجد اواصر ضعيفة داخل المعدن ،حيث انه عند طرق او كسر المعدن ، يظهر مكسره بشكل غير منتظم	الاواصر التي تربط بين الذرات المعدن في بعض المناطق تكون ضعيفة في اتجاه معين او اكثر بالمقارنة بالاتجاهات الاخرى ،ويحصل كسر على طول مناطق الضعف وينتج عنه سطح منتظم وأملس *smooth surface*
الامثلة معدن الكواتز ،الكالينا	معدن الهالايات والكالسايت

7-الصلادة Hardness: تعرف الصلادة بأنها مقاومة المعدن للخدش، وتعتمد على تراصف أيونات المعدن بشكل متماسك، وتزداد الصلادة كلما كان المعدن اكثر تماسكا والعكس بالعكس.

استطاع العالم الألماني فريدريك **موهز** (F. Mohs) في سنة 1822 ان يرتب مجموعة من المعادن مختارة في جدول عرف فيما بعد بإسمه (**مقياس موهز للصلادة Mohs scale of hardness**). ويتألف هذا المقياس من عشرة معادن مرتبة حسب التسلسل من الأقل صلادة (1) إلى المعدن الأكثر صلادة (10). ولاتعني الأرقام القيم المطلقة للصلادة وإنما تمثل أرقاما نسبية. أي انه ليس بالضرورة ان تكون صلادة المعدن (2) هي ضعف صلادة المعدن (1).

أدناه مقياس موهز للصلادة:

1 Talc التالك (المعدن الأقل صلادة)
2 Gypsum الجبسوم
3 Calcite الكالسايت
4 Fluorite الفلورايت
5 Apatite الأباتايت
6 Orthoclase الأورثوكليس
7 Quartz الكوارتز
8 Topaz التوباز
9 Corundum الكورندم
10 Diamond الماس (المعدن الأكثر صلادة)

يمكن الاستعانة بأدوات أو أشياء أخرى معروفة الصلادة ومتوفرة كدليل لتحديد صلادة أي معدن بشكل تقريبي :

الأظفر 2.5
قطعة نقود معدنية 3
سكين أو قطعة زجاج 5.5
المبرد أو لوحة الخدش من الخزف 6.5

8- **الوزن النوعي(Specific Gravity (SpG:** عبارة عن وزن حجم معين من المعدن منسوبا إلى وزن نفس الحجم من ذلك المعدن في الماء. يحسب الوزن النوعي بالقانون الآتي (ويكون بدون وحدات):

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزنه في الهواء - وزنه في الماء}}$$

من الناحية العملية يتم تقدير الوزن النوعي للمعدن بواسطة تقدير ثقله في اليد، كأن نقول المعدن ثقيل جدا مثل المغناتايت، أو ثقيل مثل الأوليفين والبايروكسين، أو متوسط الثقل مثل الكوارتز، أو خفيف مثل التالك أو الهالايت وايضا توجد طرق مختبرية لمعرفة الوزن النوعي للمعادن وتصنيفها الى معادن ثقيلة ومعادن خفيفة . مثلا المعدن الذي وزنة النوعي SpG =4.68 ذلك يعني ان كثافة المعدن حوالي 4.5 واكبر من كثافة الماء .

9- **بعض الصفات الأخرى:**

أ) الخاصية المغناطيسية : المعادن التي تتجذب بالمغناطيس تسمى البارامغناطيسية Paramagnetic مثل المغناتايت وأكاسيد الحديد الأخرى، بينما تسمى المعادن التي لاتتجذب بالمغناطيس بالدايامغناطيسية Diamagnetic مثل الكوارتز والكالسايت والاباتايت.

ب) خاصية التوصيلية الكهربائية: الفلزات جيدة التوصيل للكهربائية، واللافلزات رديئة التوصيل أو عديمة التوصيل، أما أشباه الفلزات فهي شبه موصلة مثل السليكون الذي يدخل بشكل كبير في صناعة الالكترونيات .

جـ) التفاعل مع حامض الهيدروكلوريك المخفف (10%) HCl: المعادن الكاربوناتية مثل الكالسايت والدولومايت تتفاعل مع هذا الحامض وتحدث أزيزا وفقاعات عند وضع قطرات عليه، بينما الجبسوم مثلا لا يتفاعل مع الحامض HCl.

د) الخواص الحواسية: تكون في أحيان كثيرة صفات مميزة تساعد في التعرف على بعض المعادن وتميزه عن المعادن الاخرى بشكل سهل ، ومن هذه الصفات:

1) الرائحة Odor: مثل المعادن الحاوية على الكبريت في تركيبها الكيميائي تعطي رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد الناتجة عن ثاني أوكسيد الكبريت ،علميا يمكن ملاحظة معادن الحاوية على الكبريت في مناطق حمام العليل جنوب الموصل او عين كبريت على ضفة نهر دجلة في الموصل من الرائحة المميزة .

2) المذاق Taste: مثل معدن الهالايت طعمه مالح لأنه يتكون من ملح الطعام NaCl والسبب يعود لوجود ايون الكلوريد Cl . وبعض المعادن الأخرى مرة المذاق bitter مثل معدن السلفايت sylvite (KCl) ، ولكن حذار من تذوق المعادن خوفا من احتوائها على مواد سامة وكذلك انتقال الجراثيم germs ، الا في حالة كون الشخص متخصص في علم المعادن .

3) الملمس Feel: مثل معدن التالك المميز بملمسه الصابوني. وبعض المعادن الفلزية ذات ملمس بارد. والطباشير Chalk ملمسه خشن وايضا معدن Graphite يتميز بهذه الصفة .ان سبب الملمس الدهني الصابوني للهذه المعادن هو وجود ضعف في الاصرة الكيمائية في اتجاه معين ،ولذلك عند الضغط بالاصابع على هذا النوع من المعادن يكون كافي لكسر هذه الاصرة وانزلاق الذرات فوق بعضها مما يسبب المملس الدهني greasy or slippery .

العناصر الاساسية المكونة للقشرة الارضية تضم 8 عناصر هي

1- الاوكسجين (O) oxygen %46.5

2- السليكون (Si) silicon %27.7

3- الالمنيوم (Al) Aluminum %8.1

4- الحديد (Fe) Iron % 5

5- الكالسيوم (Ca) Calcium %3.6

6- الصوديوم (Na) Sodium %2.8

7- البوتاسيوم (K) potassium %2.6

8- المغنسيوم (Mg) magnesium %2.1

وباقي العناصر تشكل حوالي 1.5%

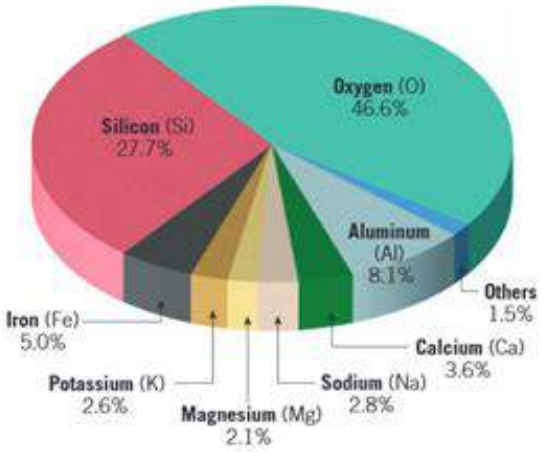


Figure 3.22 The eight most abundant elements in the continental crust

العناصر 8 الأساسيةَ للعناصر الشائعةَ المكونةَ لمعادن للقشرةَ الارضيةَ التي تشكل 98% من مكونات القشرةَ الأرضيةَ (بالاعتماد على الوزن) . الاوكسجين والسليكون تمثل العناصر الرئيسة لمعظم المعادن والتي تشكل حوالي اكثر من 800معدن building block والتي تشكل 90%من معادن القشرةَ الارضيةَ .

تصنيف المعادن Classification of minerals

ان المعادن تلعب دور كبير في كل يوم من حياتنا ،قديما سميت الكثير من العصور باسماء معادن مثل العصر البرونزي Bronze age والعصر الحديدي Iron age .

أسهل وأبسط التصنيفات للمعادن هو التصنيف القائم عل أساس التركيب الكيميائي للمعادن **من حيث احتواؤها على السليكا(Si) من عدمه**، وعلى هذا الأساس تقسم المعادن على صنفين هما:

1- المعادن غير السليكاتية

2- المعادن السليكاتية .

أولا: صنف المعادن غير السليكاتية Non-silicates: وتضم أهم المجاميع الآتية:

(1) مجموعة معادن العناصر الحرة Native Elements: سبب تسميتها بهذا الاسم هو كونها حرة في الطبيعة ومؤلفة من عنصر كيميائي واحد قد يكون فلزيا أو لافلزيا. مثل: الذهب Au، النحاس Cu، الفضة Ag، الكبريت S، الماس C، الكرافايت C وغيرها.

A. Gold on quartz
الذهب على معدن الكوارتز

B. Sulfur
الكبريت

C. Copper
النحاس

مجموعة من المعادن القليلة التي تتكون من عنصر واحد

These are among the few minerals that are composed of single element.

(2) مجموعة الكبريتيدات Sulfides: تحتوي هذه المجموعة على عنصر الكبريت S في تركيبها الكيميائي. مثل الغالينا PbS، البايرايت FeS_2.

(3) مجموعة الكبريتات Sulfates: تحتوي على جذر الكبريتات $SO_4^{=}$ في تركيبها الكيميائي. مثل الجبسوم $CaSO_4.2H_2O$ والانهايدرايت $CaSO_4$.

(4) مجموعة الأكاسيد Oxides: تحتوي على الأوكسجين في تركيبها الكيميائي. مثل المغناتايت Fe_3O_4 والهيماتايت Fe_2O_3 والروتايل TiO_2.

Dr. Omar Khan

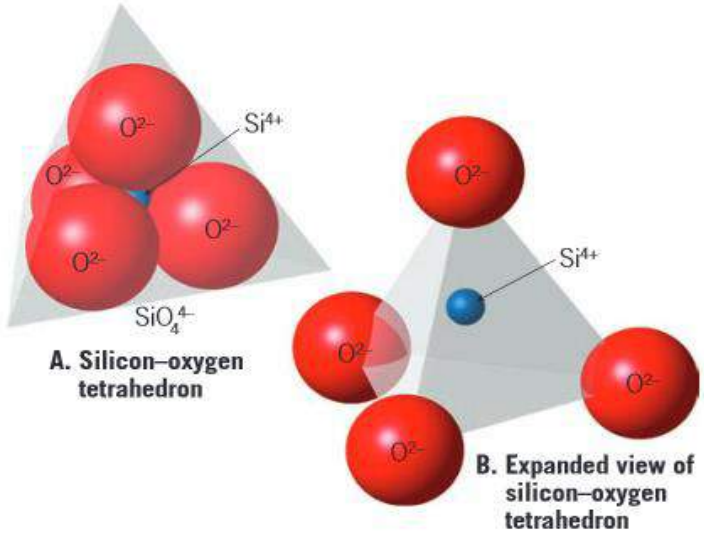
5)- مجموعة الكاربونات Carbonates: تحتوي على جذر الكاربونات $CO_3^{=}$ في تركيبها الكيميائي. مثل الكالسايت $CaCO_3$ والدولومايت $CaMg(CO_3)_2$.

6)- مجموعة الهاليدات Halides: تحتوي على الهالوجينات (وهي العناصر السالبة الشحنة عدا الاوكسجين مثل الكلور والفلور) في تركيبها الكيميائي. مثل الهالايت (ملح الطعام) NaCl والفلورايت CaF_2.

7)- مجموعة الفوسفات Phosphates: تحتوي على جذر الفوسفات (PO_4) في تركيبها الكيميائي. مثل معدن الاباتايت Apatite $Ca_5(PO_4)_3(F,OH,Cl)$

ثانيا: صنف المعادن السليكاتية أو السليكات Silicates:

يضم هذا الصنف اكبر عدد من المجاميع المعدنية وأكثرها انتشارا في الطبيعة (أكثر من 90% من معادن القشرة الأرضية)، كما تمتاز معادن هذا الصنف بالتعقيد في تركيبها الكيميائي. وتتميز المعادن فيه باحتوائها على السليكا SiO_2 في تركيبها الكيميائي. الوحدة الأساسية في بناء السليكات هي رباعية الأوجه Tetrahedron (SiO_4^{4-}) والمكونة من أربع ذرات أوكسجين موزعة على رؤوس شكل هرمي (أربعة أوجه مثلثة الشكل) وذرة أوكسجين واحدة في الوسط ،لاحظ الشكل



رباعية الاوجة Silicate Tetrahedron

تضم السليكات المجاميع الآتية:

(1) مجموعة الكوارتز Quartz (SiO_2): في الظروف الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة يتكون معدن الكوارتز SiO_2. في هذه المجموعة: (Si : O = 1 : 2).

(2) مجموعة الفلدسبارات Feldspars: تقسم هذه المجموعة إلى قسمين أساسيين هما:

A) الفلدسبارات القلوية Alkali Feldspars: مثل الأورثوكليس $KAlSi_3O_8$.

B) البلاجيوكليس Plagioclase: ويضم سلسلة معادن متبلورة في محلول صلب Solid solution من الصهير تبدأ غنية بالكالسيوم متمثلة بمعدن الانورثايت $CaAl_2Si_2O_8$ وتنتهي غنية بالصوديوم متمثلة بالالبايت $NaAlSi_3O_8$. في هذه المجموعة: (Si : O = 3 : 8).

(3) مجموعة الفلدسباثويدات Feldspathoids: هذه المجموعة تشبه مجموعة الفلدسبارات من حيث المكونات إلا إنها تحتوي على سليكا اقل مما في الفلدسبارات، هذا يعني انها تكونت من صهير غير مشبعة بالسليكا. مثل معدن النفيلين $NaAlSiO_4$.

(4) مجموعة البايروكسينات Pyroxenes: وهي مجموعة تضم العديد من المعادن ومنها الاوجايت Augite $(Ca,Mg,Fe)\ Si_2O_6$ معادن هذه المجموعة التي تتميز بـ (Si : O = 1 : 3).

(5) مجموعة الأوليفينات Olivines: مثل الأوليفين الغني بالمغنيسيوم المسمى فورستريت Mg_2SiO_4 والأوليفين الغني بالحديد المسمى فايالايت Fe_2SiO_4. في هذه المجموعة (Si : O = 1 : 4).

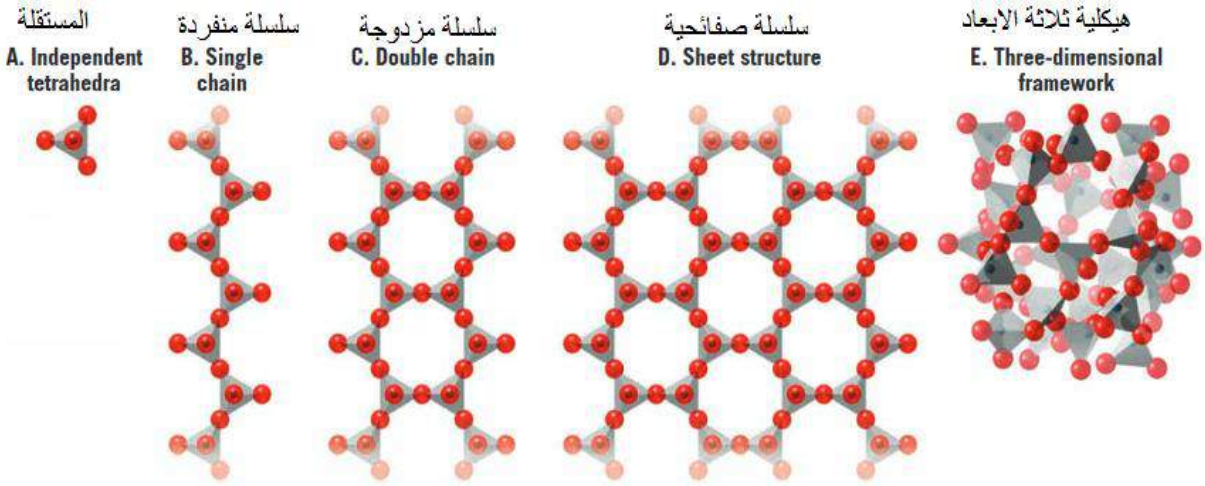
من الجدير بالذكر ان المجاميع الخمسة الماضية من المعادن السليكاتية تعد كلها سليكات لامائية Anhydrous silicates لعدم احتوائها على الماء (أي جذر الهيدروكسيل OH^-) في تركيبها الكيميائي.

(6) الامفيبولات Amphiboles: وهي مجموعة كبيرة وهي سليكات مائية معقدة التركيب ومن أهم أمثلتها: ، والمعدن الشهير في هذه المجموعة وهو معدن الهورنبلند(Hornblende: $(CaMg)(FeAl)Si_8O_{22}(OH)_2$). في هذه المجموعة(Si : O = 4 : 11).

Dr. Omar Nabhan

(7) مجموعة المايكا Micas: وهي أيضا من السليكات المائية. ومن أمثلتها: المسكوفايت (Muscovite: $(KAl_3)Si_3O_{10}(OH,F)$) في هذه المجموعة (Si : O = 3 : 10).

وتضم المعادن السليكاتية ايضا مجموعة المعادن الطينية Clay Minerals :- وتمثل المعادن الطينية مجموعة من المعادن الثانوية .حيث تحتوي على سليكات الالمنيوم المائية المعقدة وهي ناتجة عن التجوية الكيمائية chemical weathering للمعادن السليكية وتكون مهمة في الزراعة وتشكل حوالي نصف الصخور الرسوبية ولها قابلية عالية على امتصاص الماء ويحصل لها انتفاخ لعدة مرات اكبر من حجمها ،ومن اهم مجموعات المعادن الطينية معادن هي الكايولينات Kaolinite ، مونتموريلنايت Montmorillinite ، ايلات Illite و Mudstone.



خمسة انواع لتراكيب المعادن السليكاتية وحسب بناء رباعية الاوجه وتشمل A- رباعية الاوجة المستقلة B – السلسلة المنفردة و C – السلسلة المزدوجة D – السلسلة الصفائحية و E- هيكلية ثلاثية الابعاد

تكوين المعادن في الطبيعة :- تتكون المعادن بعدة طرق اهمها

1- **تكون المعادن من تبلور السائل المنصهر crystallization from magma** داخل سطح الارض او من تبلور Lava اللافا على سطح الارض ، المنصهر واللافا لايحتوي على معادن لان الذرات لاتكون مرتبة في داخل البناء البلوري للمعدن ، (تذكر التعريف المعدن يجب ان يكون له بناء بلوري محدد)

Dr. Laban

عندما يبرد الصهير الذرات تبدا بالترتيب وتشكل البناء البلوري ومن ثم تتكون المعادن وتسمى العملية التصلب من المنصهر solidification from a melt.

2- **تكون (تترسب) المعادن من المحاليل المائية المشبعة بالايونات :-**

الايونات والاملاح الذائبة في مياه البحر والمحيطات والانهار والمياه الجوفية ،وتكون ناتجة عن مياه الامطار وتغلغلها الماء من خلال الفتحات والشقوق الى داخل الارض والتربة حاملة معها المواد المذابة .وتترسب المعادن المذابة من هذه المحاليل نتيجة تغير في الظروف الطبيعية .

3- **نتيجة لتبخر السائل المذيب** ، حيث ان الاملاح الذائبة في مياه البحيرات تتبخر لدرجة تسمح بتبلور معادن جديدة ، حيث تترابط الايونات مع بعضها البعض وتنمو الى بلورات وتكون بناء بلوري للمعادن وتكون بعض المعادن . مثل Gypsum الجبسوم و معدن الهالايت Halite وتسمى الترسيب من المحاليل Precipitation from a solution.

4 – تتكون المعادن مباشرة من الغازات ، مثلا الغازات الحارة المنبعثة من البراكين عندما تنطلق الى الجو تبرد بشكل مفاجي ،سوف يحصل ترسيب للبعض المعادن على سطح الارض.

5- تكون المعادن نتيجة لعملية التحول :

تتكون هذه المعادن تحت تاثير الحرارة العالية والمصحوبة بضغط عالي ونتيجة لهذه الظروف تتغير المعادن الاصلية تغيرا جزئيا او كليا في تركيبها وخواصها وينتج عنها معادن جديدة تختلف على المعادن الاصلية وتسمى المعادن المتحولة ، من اهم المعادن التي تتكون بهذه الطريقة هي معادن البايرات Pyrite و معادن الهيماتايت hematite .

Dr Omar Nabhan

الصخور Rocks

الصخرة Rock: ويمكن تعريف الصخر Rock على انه تجمع لمعدن او اكثر. وهنا تعنى كلمة تجمع Aggregate. قد تكون الصخرة مكونة من معدن واحد أو من اكثر من معدن. من أمثلة الصخور أحادية المعدن: صخرة الديونايت Dunite النارية المكونة من معدن الأوليفين، صخرة الحجر الجيري Limestone الرسوبية المؤلف من معدن الكالسايت $CaCO_3$، وصخرة الكوارتزايت Quartzite المتحولة المؤلفة من معدن الكوارتز (SiO_2).

العمليات المسؤولة عن تكوين الصخور:

لغرض فهم التقسيمات أو الأصناف الرئيسية للصخور يجب فهم العمليات المسؤولة عن تكوينها. هذه العمليات تسمى أيضا تصنيف الأصل أو المنشأ Genetic classification أو تسمى أيضا بيئات الترسيب Deposition environments، وهي:

(1) العمليات النارية Igneous processes: وتشمل باختصار عمليات التبلور Crystallization للمعادن من منصهرات المواد السليكاتية Silicate melt ذات الدرجات الحرارية العالية والتي تعرف بالصهائر Magmas (ومفردها صهير).

(2) العمليات التحولية Metamorphic processes: وتشمل عمليات إعادة التبلور Recrystallization للمعادن والتفاعل فيما بينها في الصخور الأصلية وهي في حالة صلبة في ظروف درجات حرارة وضغط عاليين بشرط عدم حدوث انصهار Melting.

(3) العمليات الترسيبية Sedimentary processes: وهي عمليات تحدث على الصخور أيا كان نوعها (نارية أو متحولة أو حتى رسوبية) بالتعاقب بدءا بعملية التجوية Weathering التي تنتج عنها الرواسب Sediments مرورا بعملية النقل Transportation للرواسب (نواتج التجوية) ومن ثم عملية الترسيب Sedimentation or Deposition ثم أخيرا التصخر أو التصلب Lithification.

وعلى هذا الأساس، تتكون ثلاثة أصناف من الصخور المكونة للأرض كنتيجة طبيعية للعمليات المذكورة. هذه الأصناف هي:

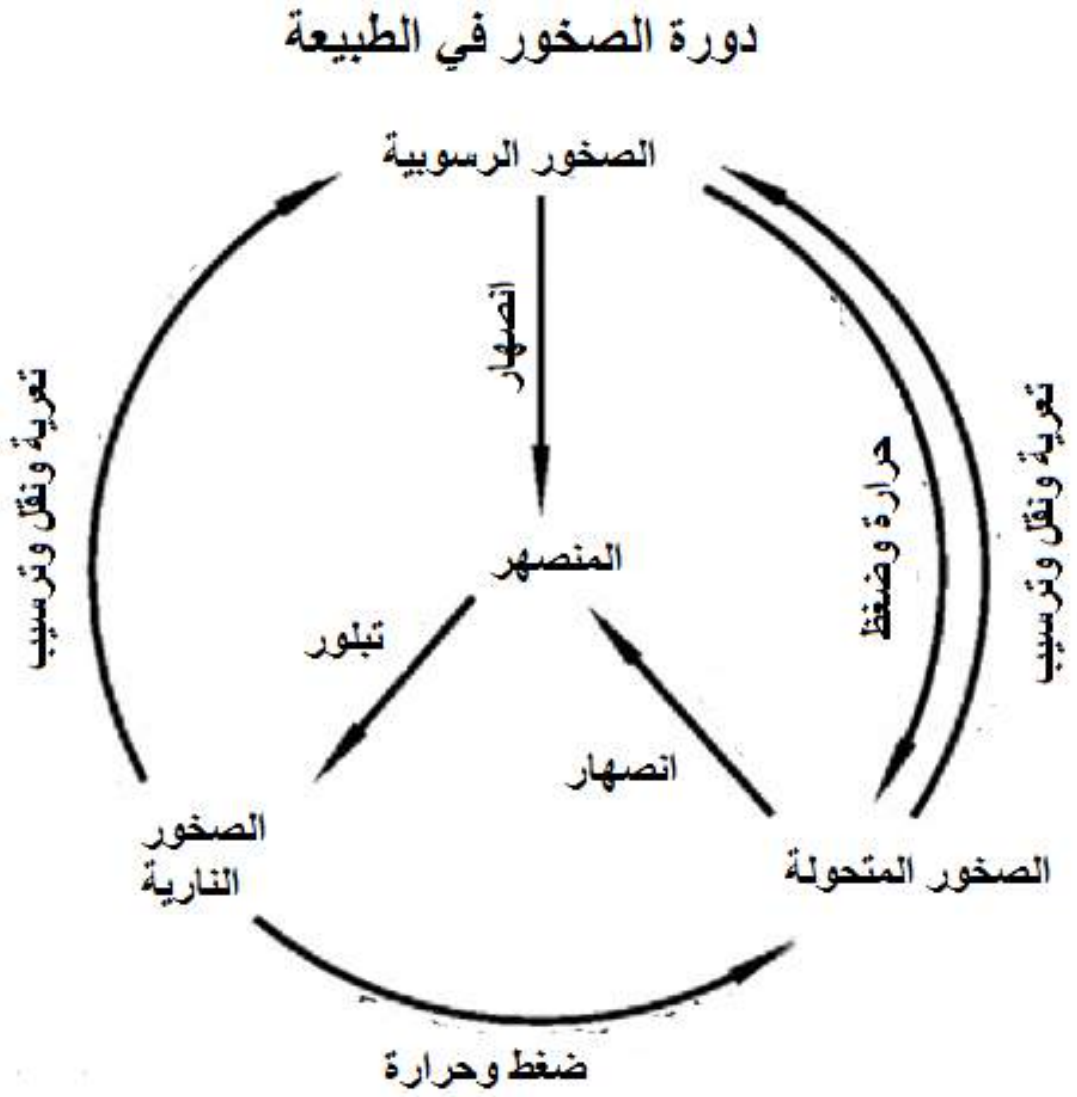
(1) الصخور النارية Igneous Rocks:

(2) الصخور الرسوبية Sedimentary rocks:

(3) الصخور المتحولة Metamorphic rocks:

دورة الصخور في الطبيعة Rock cycle:

ان علاقة الأنواع الثلاثة للصخور (النارية والرسوبية والمتحولة) فيما بينها. لنبدأ من باطن الأرض على أعماق تبلغ عشرات الكيلومترات (حوالي 60 إلى 100 كم) حيث ظروف الضغط والحرارة العاليين تعمل على انصهار الصخور الموجودة عند تلك الأعماق أيا كان نوعها مكونة بذلك مادة منصهرة تدعى الصهير Magma ،التي تبحث لها عن منفذ إلى أعلى لأنها تمتلك طاقة عالية تحاول من خلال هذا المنفذ ان تتحرر عبر شقوق في القشرة الأرضية تمثل نقاط ضعف تكونت بفعل حركات أرضية. قد تتصلب الصهيرة تحت السطح (في جوف الأرض) لتعطي صخورا نارية جوفية أو لتتدفق بسرعة إلى أعلى لتصل سطح الأرض عبر فوهات البراكين لتعطي صخورا نارية بركانية، وتعتمد سرعة تدفق الصهيرة على عوامل عديدة أهمها درجة لزوجة الصهير. وبفعل عوامل التجوية أو التعرية تتفتت هذه الصخور النارية (الجوفية منها أو البركانية) بعد انكشافها على سطح الأرض وتنتقل بواسطة المياه أو الهواء أحيانا إما على شكل فتات (مواد عالقة محمولة) أو ذائبة (بشكل أيونات) لتترسب تحت ظروف ملائمة في بيئات ترسيب معينة مكونة الصخور الرسوبية. وقد تغور الصخور الرسوبية بفعل الحركات الأرضية إلى الأعماق لتنصهر من جديد لتعطي بعد ذلك صخورا نارية جديدة، أو ان الصخور الرسوبية نفسها قد تتعرض إلى عوامل حرارة وضغط ومحاليل حارة لتتغير إلى صخور متحولة. وكذلك قد تتعرض الصخور النارية إلى نفس عوامل التحول مكونة صخورا متحولة. والصخور المتحولة بدورها قد تتعرض إلى عوامل التعرية أو التجوية والنقل والترسيب إذا ما انكشفت على السطح بفعل الحركات الأرضية لتعطي صخورا رسوبية. وهكذا تدور هذه العمليات في فترات زمنية طويلة تبلغ ملايين السنين، وتتكرر تباعا. وهذا ما نسميه بدورة الصخور في الطبيعة. ومن الجدير بالذكر ان الصخور النارية هي اصل الصخور في الطبيعة لأنها تتكون أولا من تبلور الصهير.



الصخور النارية **IGNEOUS ROCKS**

جاءت تسمية الصخور بالنارية لأن كلمة Igneous هي الصفة المشتقة من كلمة لاتينية هي Ignis وتعني النار. لكي نفهم الصخور النارية نبدأ **بتعريف الصهير Magma** وهي تلك المادة الصخرية المنصهرة في أعماق الأرض تحت القشرة الأرضية وأعلى الجبة العليا بشكل كلي أو جزئي بفعل درجات الحرارة العالية جدا، وهي مادة سليكاتية غالبا ممزوجة مع غازات وأبخرة كبخار الماء. اما اذ وصل المنصهر الى سطح الأرض يسمى اللافا Lava.

توجد في Magma مواد بالحالات 3

الماكما تتكون من 3 مواد في الحالات الثلاثة ،مركبات صلبة ومركبات سائلة ومركبات غازية .

الجزء السائل a liquid component : بكون منصهر ويتكون من 8 ايونات متحركة المكونة للعناصر الشائعة في القشرة الأرضية مثل السليكون و الأوكسجين بسنة اكبر،وألمنيوم وبوتاسيوم وكالسيوم وصوديوم وحديد و مغنسيوم بنسبة اقل .

***الجزء الصلب**: يتكون من بلورات معدنية من السليكا ،مع تبريد Magma عدد وحجم البلورات سوف يزداد.*

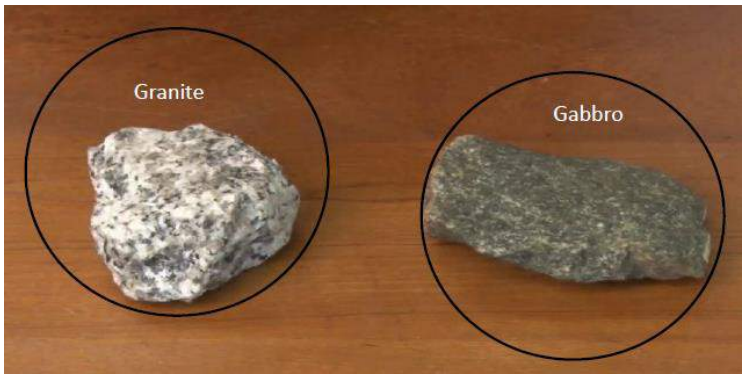
***الجزء الغازي**: يتكون من غازات متطايرة* volatiles *، مثل بخار الماء و CO_2 وثنائي اوكسيد الكبريت SO_2. وتميل هذه الغازات الى الانفصال من المنصهر وتتحرك نحو السطح (من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط المنخفض) .*

توجد الصخور النارية في العراق في اقصى الجزء الشمالي الشرقي مكونة الجبال الشاهقة وعلى الشريط الحدودي مع ايران.

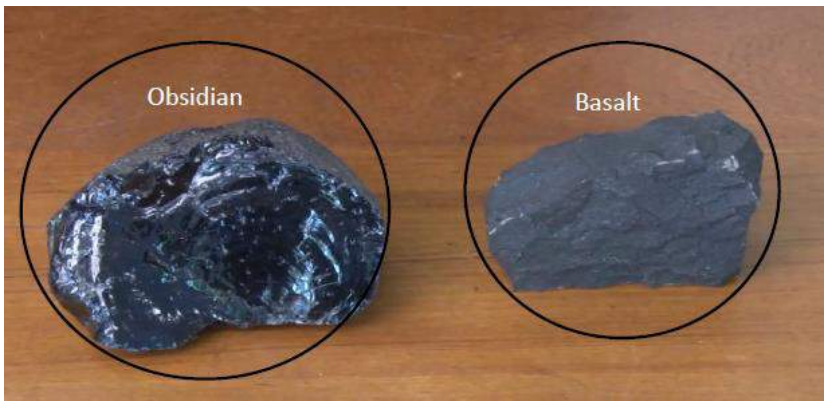
ان الصخور النارية تنشأ عندما يبرد الصهير ويتبلور، المنصهر الذي ينشأ في أعماق تصل الى 200 كيلومتر بباطن الارض ، محتوى الصهير الذي هو اخف من الصخور المحيطة به سرعان ما يصعد الى السطح وفي بعض الحالات يندفع فوق السطح مكوناً البراكين بركانية. ينتج عن اندلاع البراكين انتشار (Lava). وتشبه Lava الصهير، الا ان معظم غازاتها قد تسربت. وتصنف الصخور الناتجة عن تصلب lava تحت اسم الصخور (المنبعثة Extrusive) او الصخور البركانية Volcanic . اما الصهير. الذي لا يتمكن من الوصول الى السطح، فانه حتماً سيتبلور في الاعماق. وتصنف الصخور النارية الناتجة بهذه الطريقة تحت اسم الصخور المقتحمة او البلوتونية (الجوفية) Intrusive, or Plutonic ، ولربما كان من المستحيل معاينة هذه الصخور على سطح الارض اذا لم تعمل عوامل التعرية على ازالة الصخور التي فوقها.

الفرق بين الضحور البركانية والصخور الجوفية النارية

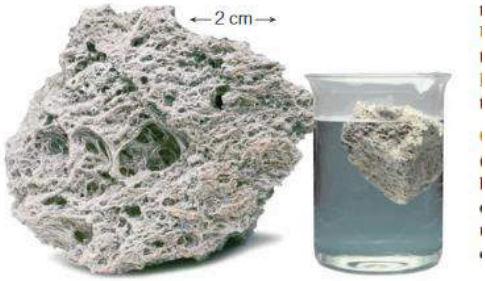
الضحور البركانية **Extrusive Rocks**	الصخور الجوفية **Intrusive Rocks**
حبيبات جدا ناعمة او زجاجية النسيج very small grain size	حبيبات الصخور نسيجها خشن جدا ، حيث يمكن روية الحبيبات البلورية لكل معدن very large grains
السبب يعود الى التبريد السريع جدا على سطح الارض ، حيث ان التبريد يحصل بشكل مفاجي ولايوجد وقت كافي لنمو البلورات بشكل خشن	السبب يعود الى التبريد البطي داخل الارض بسب العزل ، حيث تاخذ وقت طويل للتبريد والوقت يكون كافي لنمو البلورات بشكل خشن .
من الامثلة عليها صخرة البازلت Basalt و صخرة اوبسيديان Obsidian	من الامثلة عليها صخرة الكابرو Gabrro و صخرة الكرانايت Granite



الصخور النارية الجوفية .**intrusive igneous** rocks



الصخور النارية البركانية **extrusive**, igneous rocks



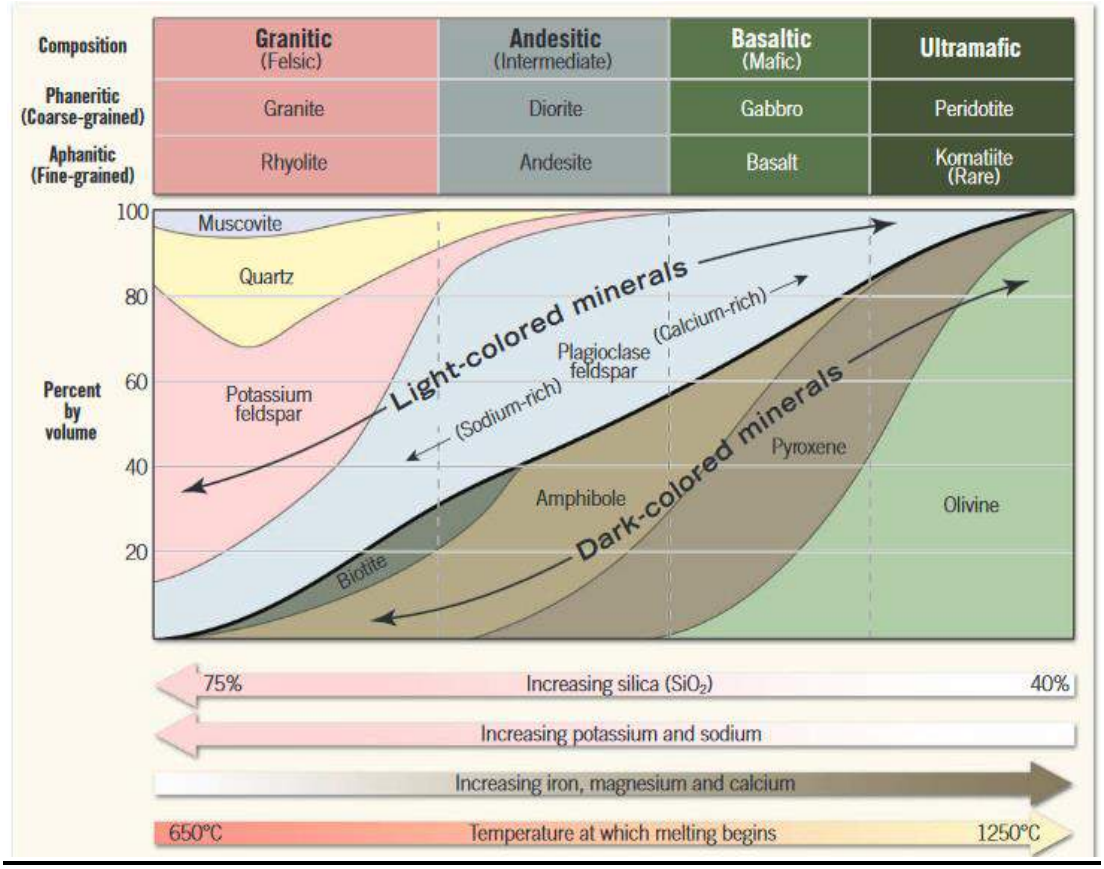
صخرة pumice تكون ذات نسيج فق ، العديد من عينات هذه الضخور تطفو فوق سطح الماء بسب النسيج الفقاعي وكثرة الفجوات

تبلور الصهير CRYSTALLIZATION OF MAGMA

الصهير هو سائل ساخن. فان أيوناته تتحرك بحرية، وعندما تبرد هذه الايونات فان حركتها العشوائية تتباطأ وتبدأ في ترتيب نفسها في اشكال منتظمة. وتسمى هذه العملية بالتبلور Crystallization . عندما يبرد السائل تقترب الايونات من بعضها وتفقد حرية الحركة. وعندما يصل التبريد حداً كافياً تحد قوة الترابط الكيميائي من حركة الذرات وتجبرها على الانتظام في بنية بلورية. ولا تتصلب عادة كل المواد

المنصهرة في آن واحد بل تكون على مراحل وعند درجات حرارة مختلفة ، وفي النهاية يتصلب كل الصهير الى كتلة من البلورات المتماسكة. ويؤثر معدل التبريد بوضوح على عملية التبلور وعلى الاخص، في حجم البلورات ،عندما يبرد الصهير ببطء شديد. فالتبريد البطئ يعطي وقتاً كافياً لوصول الايونات الى هذه المراكز البلورية من مواقع بعيدة نسبياً. ولهذا فان التبريد البطئ ينتج عنه بلورات كبيرة الحجم . اما عندما تتجمد المادة المنصهرة في لحظات فان الوقت لا يتسع لترتيب الايونات في هيئة بلورية. وتتكون الاجسام الصلبة الناجمة عن ذلك من أيونات موزعة عشوائياً . وتسمى الصخور غير المنتظمة الذرات بالزجاجglass (لايوجد حبيبات خشنة او ناعمة) وهي تشبه تماماً الزجاج العادي الذي يصنعه الانسان.

المعادن الشائعة في الصخور النارية



عادة ما تصنف الصخور النارية على اساس نسيجها وتركيبها المعدني .

الانسجة النارية IGNEOUS TEXTURES

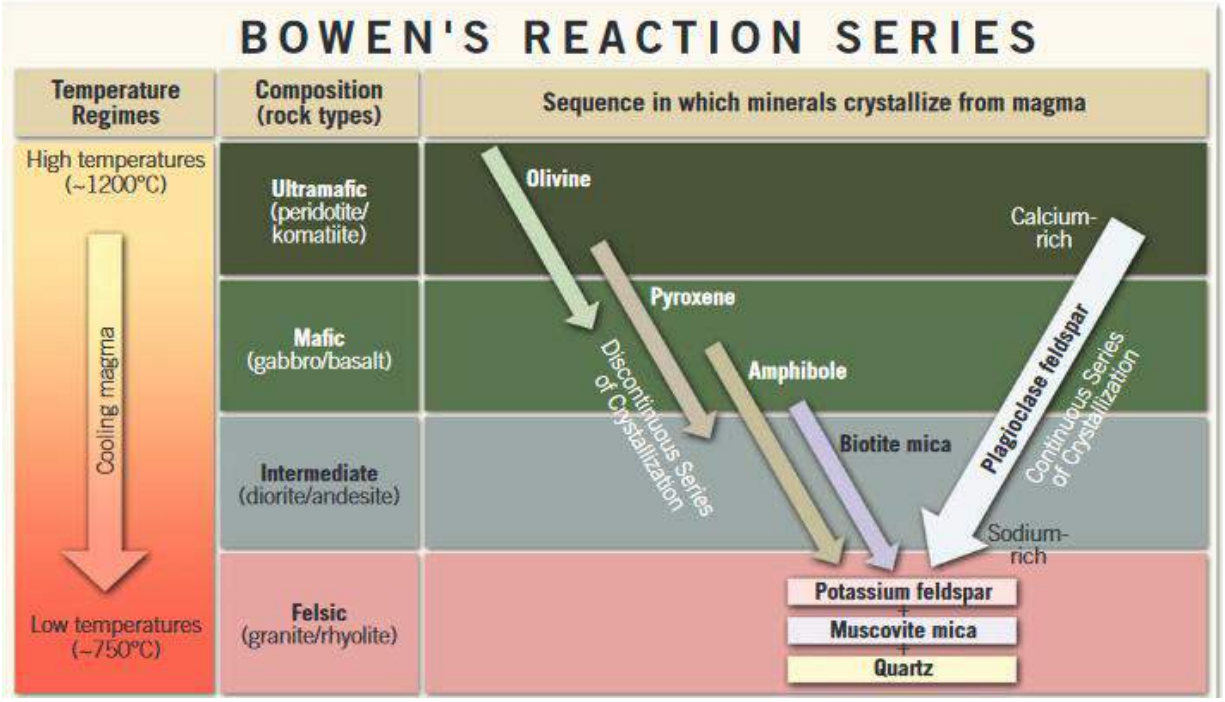
ان كلمة *نسيج* تعني بالنسبة للصخور النارية وصف المظهر الكلي للصخر حسب حجم وترتيب بلوراته . ويعتبر النسيج خاصية مهمة جداً لانه يوضح الكثير عن البيئة التي نشأ فيها الصخر. ومن

أهم العوامل التي تؤثر في نسيج الصخور هي معدل برودة الصهير. وللصخور النارية التي تتكون عند سطح الارض يكون النسيج دقيق (ناعم) اي حبيبات دقيقة جداً لا يمكن التعرف على المعادن المكونة لها بالعين المجردة وتصنف الى صخور ذات لون فاتح او متوسط او غامق. وباستعمال هذه الطريقة للتصنيف نجد الصخور ذات اللون الفاتح هي تلك المتكونة من معادن سليكات غير الحديد Fe والماغنيسيوم Mg فاتحة اللون بصورة رئيسة. ومن المناظر المالوفة بعدد كبير من الصخور دقيقة الحبيبات ان بها فراغات ناشئة عن تسرب الغازات منها . وعندما تتصلب كتل كبيرة من الصهير بعيداً تحت سطح الارض. فأنها تكون صخوراً نارية لها نسيج ذو حبيبات النسيج الخشن بحيث يمكن تحديد المعادن التي تحتويها بالعين المجردة . وقد يتكون النسيج البلوفيري Porphyritic Texture هو النسيج الناتج الذي يتكون من بلورات كبيرة مغمورة في وسط من البلورات .

أثناء اندلاع البراكين، تقذف الصخور المنصهرة الى الجو حيث تبرد بسرعة. وبهذه الطريقة تكتسب الصخور المتكونة نسيجاً زجاجياً glassy texture. ، فان الزجاج يتكون عندما لا تعطى الايونات وقتاً كافياً لتتحد وتكون بنية بلورية مرتبة. فالنوع الشائع من الزجاج الطبيعي المسمى Obsidian يشبه في مظهره زجاج غامقة من صنع الانسان.

التركيب المعدني Mineral composition

ان الذي يحدد التركيب المعدني للصخور النارية هو في النهاية التركيب الكيميائي للصهير الذي يتبلور منه. أثبت العالم باوون Bowen ان اي معدن يبقى في الجزء المنصهر بعد تبلوره لمدة طويله، يتفاعل مع بقية الصهير وينتج عنه المعدن الذي يليه في التتابع الموضح في سلسلة تفاعلات باوون ، ولهذا عرف باسم سلسلة تفاعلات باوون Bowen's reaction series. وفي اعلى الفرع الايسر لهذا التتابع نجد ان الاوليفين olivine، وهو اول المعادن تبلوراً، يتفاعل مع بقية الصهارة وينتج عنه معدن الباروكسين Pyroxene . ويستمر هذا التفاعل حتى يتكون المعدن الاخير في التتابع وهو البايوتيت Biotite. ويسمى هذا الفرع الايسر بالتتابع المنفصل Discontinuous reaction series، لان لكل معدن من معادن هذا التتابع بنيته البلورية الخاصة به. اما الفرع الايمن لهذا التفاعل، فهو متصل Continuous reaction series، حيث تتكون فيه اولاً بلورات الفلسبار الغني بالكالسيوم (Ca) التي تتفاعل مع أيونات الصوديوم المتوفرة لتصبح تدريجياً غنية بالصوديوم (Na). وخلال المرحلة النهائية للتبلور وبعد ان يكون معظم الصهير قد تصلب، تتبلور بقية الصهارة على هيئة معادن فلسبار البوتاسيوم ثم الموسكوفيت واخيرا الكوارتز Quartz عند درجات الحرارة الواطئة .



سلسلة تفاعلات باون Bowens reaction series

تصنيف الصخور النارية Classification of Igneous Rocks

توجد تصنيفات عديدة للصخور النارية ولكن ما يهمنا معرفته التصنيف الكيميائي والتصنيف المعدني اللذان يكونان الأساس في تسمية الصخور النارية.

التصنيف الكيميائي:

(أ) حسب نسبة السليكا SiO_2: بعد عمل التحليل الكيميائي للصخور النارية ننظر إلى محتواها من السليكا (SiO_2)، - فقد قسمت الصخور النارية إلى اربعة أقسام حسب محتواها من SiO_2 وهي:

1- الصخور الحامضية Acidic: وتحتوي على اكثر من 66% SiO_2.

2- الصخور المتوسطة Intermediate: فيها 66-52% = SiO_2.

3- الصخور القاعدية Basic: فيها 52-45% = SiO_2.

4- الصخور فوق القاعدية Ultrabasic: فيها SiO_2 أقل من 45%.

(ب) **حسب التشبع بالسليكا Silica saturation**: تصنف الصخور النارية حسب هذه الخاصية إلى ثلاثة أصناف هي:

1- صخور فوق مشبعة بالسليكا Silica oversaturated: وهي التي تحتوي على معدن الكوارتز في مكوناتها المعدنية نظرا للفائض من السليكا في الصهيرة التي تتبلور منها معادن هذه الصخور.

2- صخور مشبعة بالسليكا Silica saturated: وهي التي تحتوي على معادن سليكاتية ولاتحتوي على معدن الكوارتز نظرا لعدم وجود فائض من السليكا.

3-صخور غير مشبعة بالسليكا Silica undersaturated: وهي التي تحتوي على فلدسباثويدات مثل النفيلين أو الليوسايت نظرا لافتقار الصهيرة بالسليكا .

التصنيف المعدني:

يستند هذا التصنيف على أساس نسب المعادن المكونة للصخور النارية ، هذه الطريقة تعني باختصار تسقيط المحتويات المعدنية في مخططات يحتوي كل منها على حقول محددة يدل كل منها على اسم الصخرة النارية .

الصخور النارية IGNEOUS ROCKS

جاءت تسمية الصخور بالنارية لأن كلمة Igneous هي الصفة المشتقة من كلمة لاتينية هي Ignis وتعني النار. لكي نفهم الصخور النارية نبدأ **بتعريف الصهير Magma** وهي تلك المادة الصخرية المنصهرة في أعماق الأرض تحت القشرة الأرضية وأعلى الجبة العليا بشكل كلي أو جزئي بفعل درجات الحرارة العالية جدا، وهي مادة سليكاتية غالبا ممزوجة مع غازات وأبخرة كبخار الماء. اما اذ وصل المنصهر الى سطح الأرض يسمى اللافا Lava.

توجد في Magma مواد بالحالات 3

الماكما تتكون من 3 مواد في الحالات الثلاثة ،مركبات صلبة ومركبات سائلة ومركبات غازية .

الجزء السائل a liquid component : بكون منصهر ويتكون من 8 ايونات متحركة المكونة للعناصر الشائعة في القشرة الأرضية مثل السليكون و الأوكسجين بسنة اكبر،وألمنيوم وبوتاسيوم وكالسيوم وصوديوم وحديد و مغنسيوم بنسبة اقل .

الجزء الصلب: *يتكون من بلورات معدنية من السليكا ،مع تبريد Magma عدد وحجم البلورات سوف يزداد.*

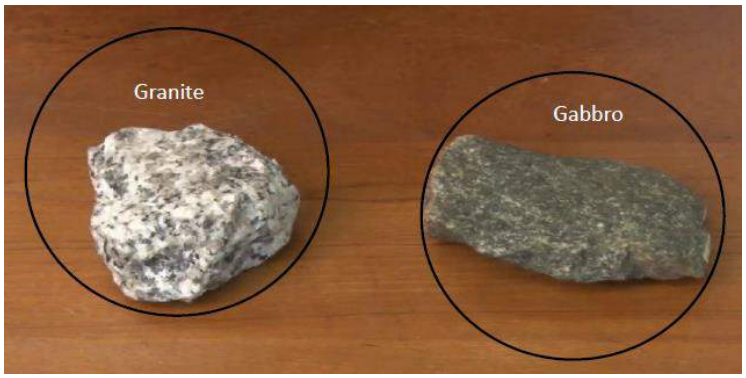
الجزء الغازي: *يتكون من غازات متطايرة* volatiles *، مثل بخار الماء و CO_2 وثنائي اوكسيد الكبريت SO_2. وتميل هذه الغازات الى الانفصال من المنصهر وتتحرك نحو السطح (من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط المنخفض) .*

توجد الصخور النارية في العراق في اقصى الجزء الشمالي الشرقي مكونة الجبال الشاهقة وعلى الشريط الحدودي مع ايران.

ان الصخور النارية تنشأ عندما يبرد الصهير ويتبلور، المنصهر الذي ينشأ في أعماق تصل الى 200 كيلومتر بباطن الارض ، محتوى الصهير الذي هو اخف من الصخور المحيطة به سرعان ما يصعد الى السطح وفي بعض الحالات يندفع فوق السطح مكوناً البراكين بركانية. ينتج عن اندلاع البراكين انتشار (Lava). وتشبه Lava الصهير، الا ان معظم غازاتها قد تسربت. وتصنف الصخور الناتجة عن تصلب lava تحت اسم الصخور (المنبعثة Extrusive) او الصخور البركانية Volcanic . اما الصهير. الذي لا يتمكن من الوصول الى السطح، فانه حتماً سيتبلور في الاعماق. وتصنف الصخور النارية الناتجة بهذه الطريقة تحت اسم الصخور المقتحمة او البلوتونية (الجوفية) Intrusive, or Plutonic ، ولربما كان من المستحيل معاينة هذه الصخور على سطح الارض اذا لم تعمل عوامل التعرية على ازالة الصخور التي فوقها.

الفرق بين الضحور البركانية والصخور الجوفية النارية

الضحور البركانية Extrusive Rocks	الصخور الجوفية Intrusive Rocks
حبيبات جدا ناعمة او زجاجية النسيج very small grain size	حبيبات الصخور نسيجها خشن جدا ، حيث يمكن روية الحبيبات البلورية لكل معدن very large grains
السبب يعود الى التبريد السريع جدا على سطح الارض ، حيث ان التبريد يحصل بشكل مفاجي ولايوجد وقت كافي لنمو البلورات بشكل خشن	السبب يعود الى التبريد البطي داخل الارض بسب العزل ، حيث تاخذ وقت طويل للتبريد والوقت يكون كافي لنمو البلورات بشكل خشن .
من الامثلة عليها صخرة البازلت Basalt و صخرة اوبسيديان Obsidian	من الامثلة عليها صخرة الكابرو Gabrro و صخرة الكرانايت Granite



الصخور النارية الجوفية .**intrusive igneous** rocks

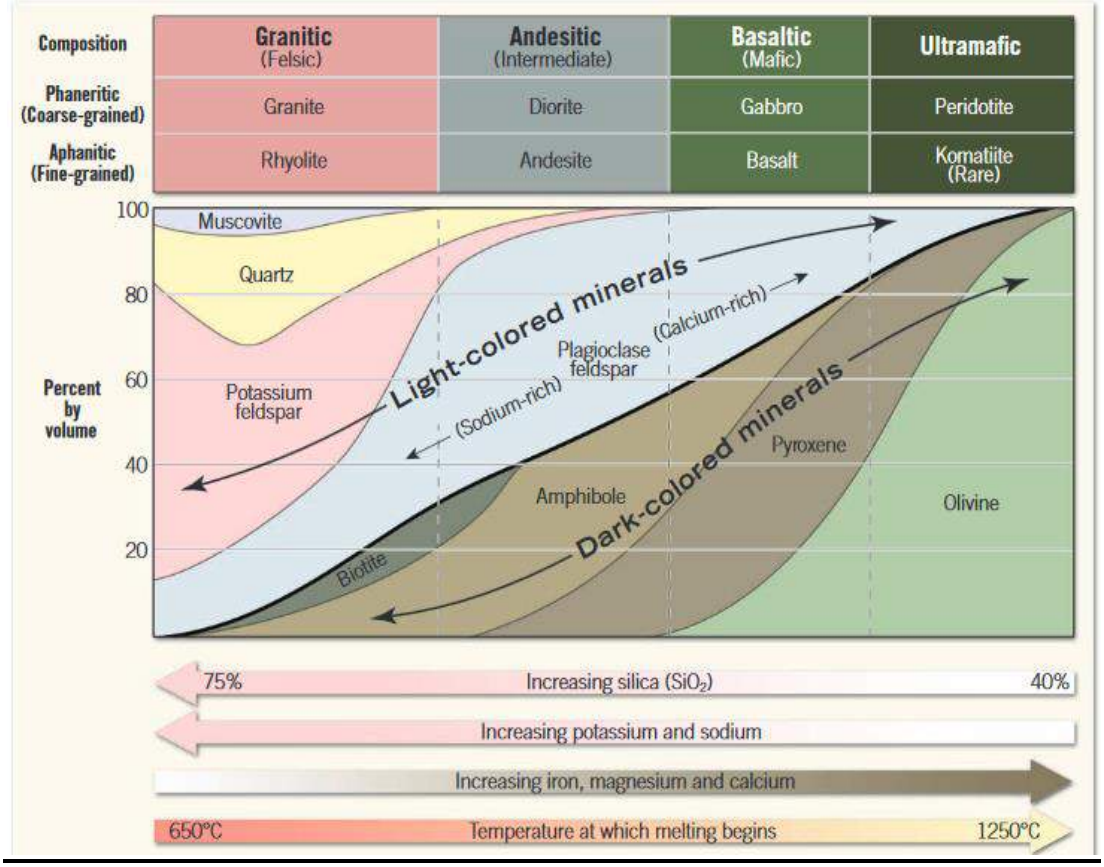
الصخور النارية البركانية **extrusive**, igneous rocks

صخرة pumice تكون ذات نسيج فق ، العديد من عينات هذه الضخور تطفو فوق سطح الماء بسب النسيج الفقاعي وكثرة الفجوات

تبلور الصهير CRYSTALLIZATION OF MAGMA

الصهير هو سائل ساخن. فان أيوناته تتحرك بحرية، وعندما تبرد هذه الايونات فان حركتها العشوائية تتباطأ وتبدأ في ترتيب نفسها في اشكال منتظمة. وتسمى هذه العملية بالتبلورCrystallization . عندما يبرد السائل تقترب الايونات من بعضها وتفقد حرية الحركة. وعندما يصل التبريد حداً كافياً تحد قوة الترابط الكيميائي من حركة الذرات وتجبرها على الانتظام في بنية بلورية. ولا تتصلب عادة كل المواد المنصهرة في آن واحد بل تكون على مراحل وعند درجات حرارة مختلفة ، وفي النهاية يتصلب كل الصهير الى كتلة من البلورات المتماسكة. ويؤثر معدل التبريد بوضوح على عملية التبلور وعلى الاخص، في حجم البلورات ،عندما يبرد الصهير ببطء شديد. فالتبريد البطئ يعطي وقتاً كافياً لوصول الايونات الى هذه المراكز البلورية من مواقع بعيدة نسبياً. ولهذا فان التبريد البطئ ينتج عنه بلورات كبيرة الحجم . اما عندما تتجمد المادة المنصهرة في لحظات فان الوقت لا يتسع لترتيب الايونات في هيئة بلورية. وتتكون الاجسام الصلبة الناجمة عن ذلك من أيونات موزعة عشوائياً . وتسمى الصخور غير المنتظمة الذرات بالزجاجglass (لايوجد حبيبات خشنة او ناعمة) وهي تشبه تماماً الزجاج العادي الذي يصنعه الانسان.

المعادن الشائعة فى الصخور النارية



عادة ما تصنف الصخور النارية على اساس نسيجها وتركيبها المعدني .

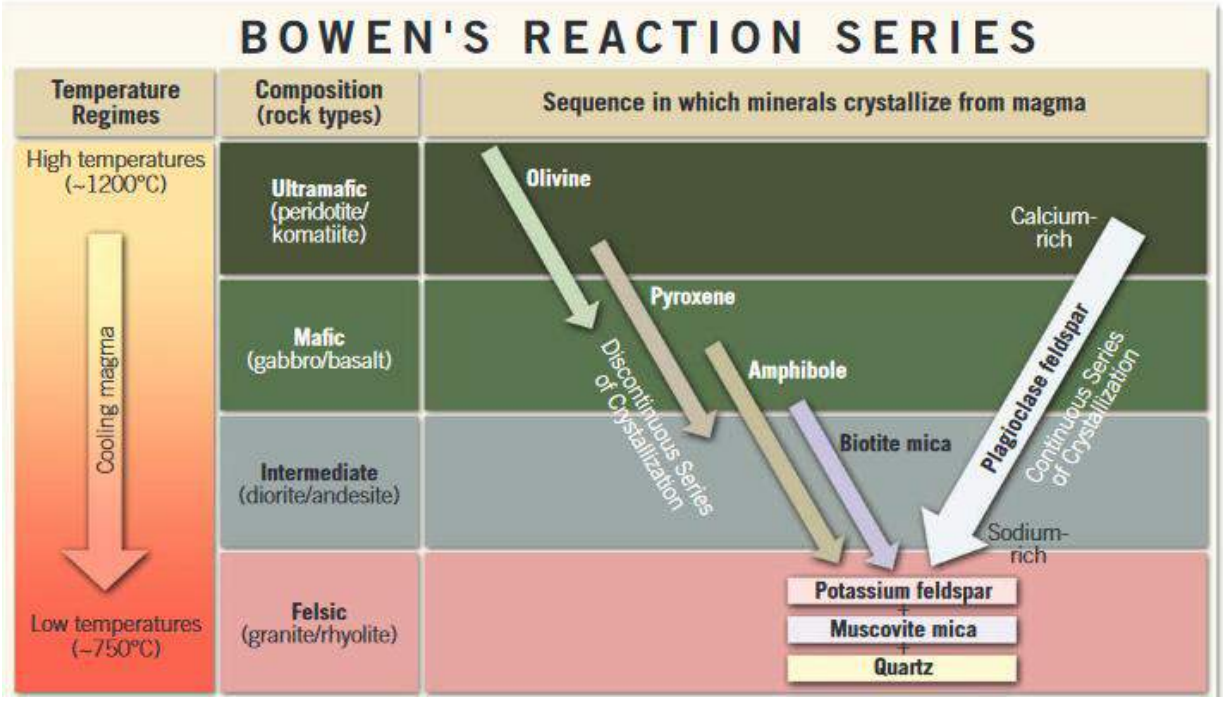
الانسجة النارية IGNEOUS TEXTURES

ان كلمة *نسيج* تعني بالنسبة للصخور النارية وصف المظهر الكلي للصخر حسب حجم وترتيب بلوراته . ويعتبر النسيج خاصية مهمة جداً لانه يوضح الكثير عن البيئة التي نشأ فيها الصخر. ومن أهم العوامل التي تؤثر في نسيج الصخور هي معدل برودة الصهير. وللصخور النارية التي تتكون عند سطح الارض يكون النسيج دقيق (ناعم) اي حبيبات دقيقة جداً لا يمكن التعرف على المعادن المكونة لها بالعين المجردة وتصنف الى صخور ذات لون فاتح او متوسط او غامق. وباستعمال هذه الطريقة للتصنيف نجد الصخور ذات اللون الفاتح هي تلك المتكونة من معادن سليكات غير الحديد Fe والماغنيسيوم Mg فاتحة اللون بصورة رئيسة. ومن المناظر المالوفة بعدد كبير من الصخور دقيقة الحبيبات ان بها فراغات ناشئة عن تسرب الغازات منها . وعندما تتصلب كتل كبيرة من الصهير بعيداً تحت سطح الارض. فأنها تكون صخوراً نارية لها نسيج ذو حبيبات النسيج الخشن بحيث يمكن تحديد المعادن التي تحتويها بالعين المجردة . وقد يتكون النسيج البلوفيري Porphyritic Texture هو النسيج الناتج الذي يتكون من بلورات كبيرة مغمورة في وسط من البلورات .

أثناء اندلاع البراكين، تقذف الصخور المنصهرة الى الجو حيث تبرد بسرعة. وبهذه الطريقة تكتسب الصخور المتكونة نسيجاً زجاجياً glassy texture. ، فان الزجاج يتكون عندما لا تعطى الايونات وقتاً كافياً لتتحد وتكون بنية بلورية مرتبة. فالنوع الشائع من الزجاج الطبيعي المسمى Obsidian يشبه في مظهره زجاج غامقة من صنع الانسان.

التركيب المعدني Mineral composition

ان الذي يحدد التركيب المعدني للصخور النارية هو في النهاية التركيب الكيميائي للصهير الذي يتبلور منه. أثبت العالم باوون Bowen ان اي معدن يبقى في الجزء المنصهر بعد تبلوره لمدة طويله، يتفاعل مع بقية الصهير وينتج عنه المعدن الذي يليه في التتابع الموضح في سلسلة تفاعلات باوون ، ولهذا عرف باسم سلسلة تفاعلات باوون Bowen's reaction series. وفي اعلى الفرع الايسر لهذا التتابع نجد ان الاوليفين olivine، وهو اول المعادن تبلوراً، يتفاعل مع بقية الصهارة وينتج عنه معدن الباروكسين Pyroxene . ويستمر هذا التفاعل حتى يتكون المعدن الاخير في التتابع وهو البايوتيت Biotite. ويسمى هذا الفرع الايسر بالتتابع المنفصل Discontinuous reaction series، لان لكل معدن من معادن هذا التتابع بنيته البلورية الخاصة به. اما الفرع الايمن لهذا التفاعل، فهو متصل Continuous reaction series، حيث تتكون فيه اولاً بلورات الفلسبار الغني بالكالسيوم (Ca) التي تتفاعل مع أيونات الصوديوم المتوفرة لتصبح تدريجياً غنية بالصوديوم (Na). وخلال المرحلة النهائية للتبلور وبعد ان يكون معظم الصهير قد تصلب، تتبلور بقية الصهارة على هيئة معادن فلسبار البوتاسيوم ثم الموسكوفيت واخيرا الكوارتز Quartz عند درجات الحرارة الواطئة .



سلسلة تفاعلات باون Bowens reaction series

تصنيف الصخور النارية Classification of Igneous Rocks

توجد تصنيفات عديدة للصخور النارية ولكن ما يهمنا معرفته التصنيف الكيميائي والتصنيف المعدني اللذان يكونان الأساس في تسمية الصخور النارية.

التصنيف الكيميائي:

(أ) حسب نسبة السليكا SiO_2: بعد عمل التحليل الكيميائي للصخور النارية ننظر إلى محتواها من السليكا (SiO_2)، - فقد قسمت الصخور النارية إلى اربعة أقسام حسب محتواها من SiO_2 وهي:

1- الصخور الحامضية Acidic: وتحتوي على اكثر من 66% SiO_2.

2- الصخور المتوسطة Intermediate: فيها 66-52% = SiO_2.

3- الصخور القاعدية Basic: فيها 52-45% = SiO_2.

4- الصخور فوق القاعدية Ultrabasic: فيها SiO_2 أقل من 45%.

(ب) **حسب التشبع بالسليكا Silica saturation**: تصنف الصخور النارية حسب هذه الخاصية إلى ثلاثة أصناف هي:

1- صخور فوق مشبعة بالسليكا Silica oversaturated: وهي التي تحتوي على معدن الكوارتز في مكوناتها المعدنية نظرا للفائض من السليكا في الصهيرة التي تتبلور منها معادن هذه الصخور.

2- صخور مشبعة بالسليكا Silica saturated: وهي التي تحتوي على معادن سليكاتية ولاتحتوي على معدن الكوارتز نظرا لعدم وجود فائض من السليكا.

3-صخور غير مشبعة بالسليكا Silica undersaturated: وهي التي تحتوي على فلدسباثويدات مثل النفيلين أو الليوسايت نظرا لافتقار الصهيرة بالسليكا .

التصنيف المعدني:

يستند هذا التصنيف على أساس نسب المعادن المكونة للصخور النارية ، هذه الطريقة تعني باختصار تسقيط المحتويات المعدنية في مخططات يحتوي كل منها على حقول محددة يدل كل منها على اسم الصخرة النارية .

الصخور المتحولة METAMORPHIC PETROLOGY

ان كملة meta تعني تغير change والكلمة جاءت من قبل Biologist من تحول اليرقية caterpillar الى فراشة butterfly.

عملية التحول Metamorphism:

هي عملية التغير المعدني والنسيجي (تغيرات فيزيائية وكميائية) التي تطرأ على صخرة صلبة تسمى الصخرة الأم Parent rock نتيجة تعرضها لتغييرات في الظروف الفيزيائية او الكيميائية، وهذه التغييرات في درجات الحرارة عالية (فوق 250 م^{O}) والضغط بشكل رئيسي **يجب ان لاتصل الى حد الانصهار**، أي ان التحول يحدث والصخرة في حالة صلبة دون ان تصل الى الانصهار ، لكي تتحول الى معادن وصخور اكثر استقرار more stable تحت ظروف التحول الجديد بالمقارنة بالمعادن الاصلية .

هنالك 3 عوامل مسؤولة عن عملية التحول وهي

عوامل التحول Factors of Metamorphism:

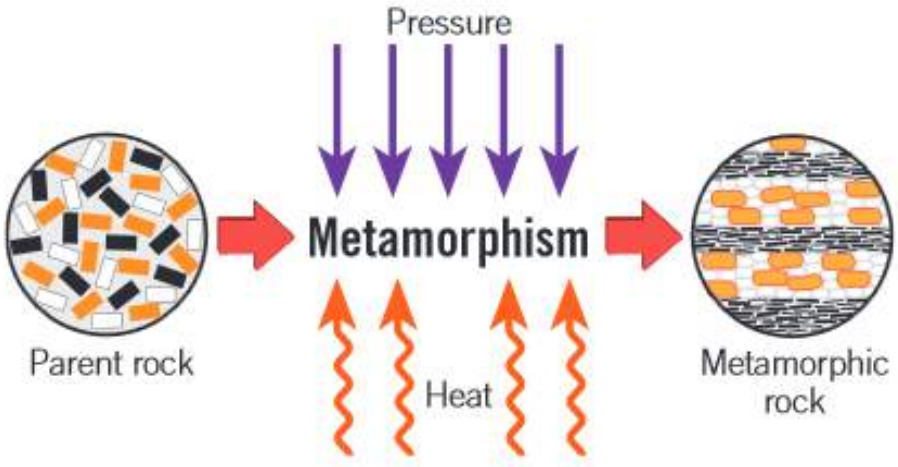
1- درجة الحرارة Temperature:

تكون درجة الحرارة متوسطة بين تلك الواطئة التي تكون الصخور الرسوبية (في حدود 250 درجة سليزية) وتلك العالية التي تعمل الانصهار والتي تنجم عنها الصخور النارية (حوالي 750 درجة سليزية او احيانا اكثر لتماسها مع الاجسام النارية). الحرارة تزداد مع العمق ،حيث تتحرك الايونات بسرعة اكبر مع ارتفاع الحرارة ويحصل تكسر للاواصر ممايسبب انشار الايونات diffusion (مثل انتشار الحبر في الماء) لتكون معادن اكثر استقرار في الطبيعة . مثلا تعرض معادن للحرارة قد تضل بنفس المعدن مثل تعرض الكوراتز الى حرارة تبقى نفس المعدن ولكن ينتج بلورات اكبر ، وقد ينتج عن التحول الحراري تغير في المعادن من معدن الى معدن اخر .

2- الضغط Pressure: يكون على نوعين:

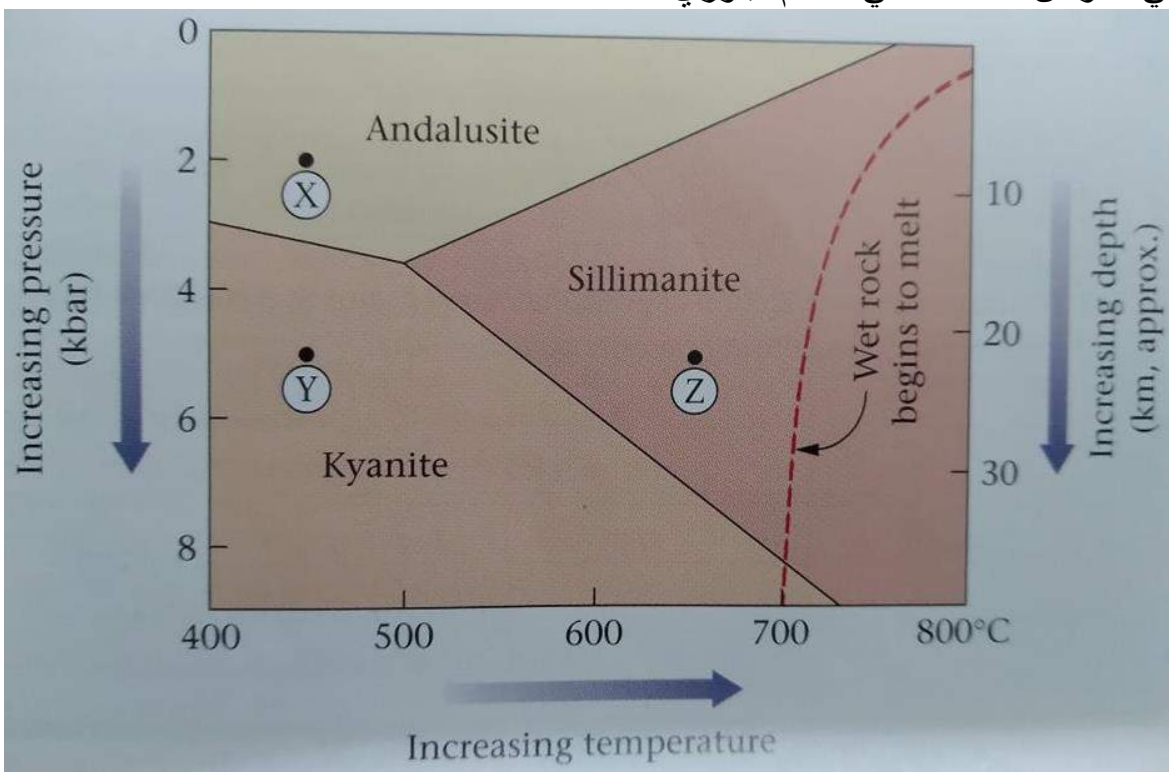
أ-الضغط الاتجاهي او ضغط الاجهاد Directed or Stress pressure: وينتج عادة بفعل الحركات الارضية، ويكون موجها باتجاه واحد هو نفس اتجاه الحركات الارضية ويكون قريبا من سطح الارض، وقد تبلغ قيمته الى حد 3 كيلوبار (1 بار يساوي تقريبا 1 ضغط جوي). الضغط يزداد مع العمق

ب-الضغط الهيدروستاتيكي Hydrostatic Pressure: ويعرف بـ (الضغط غير الاتجاهي)، فهو الضغط المسلط على الصخرة بشكل متساو من جميع الجهات، وهو ضغط منتظم وعلى اعماق اكبر تحت سطح الأرض، وقد يصل في قيمته الى حد 10 كيلوبار .



شكل يوضح تحول الصخور الام الى صخور متحولة Metamorphic Rock نتيجة الحرارة والضغط خلال دورة الضخور في الطبيعة .

مثال على التحول بالضغط هو تحول معدن الكرافيت C الى معدن الماس Diamond ايضا له نفس التركيب الكيمائي C ولكن الاختلاف في النظام البلوري .



الشكل يوضح تأثير زيادة الضغط والحرارة والعمق على تحولات معادن سليكات الألمنيوم Al_2SiO_3

مثلا النقطة Xو Y نفس درجة الحرارة ولكن الضغط مختلف

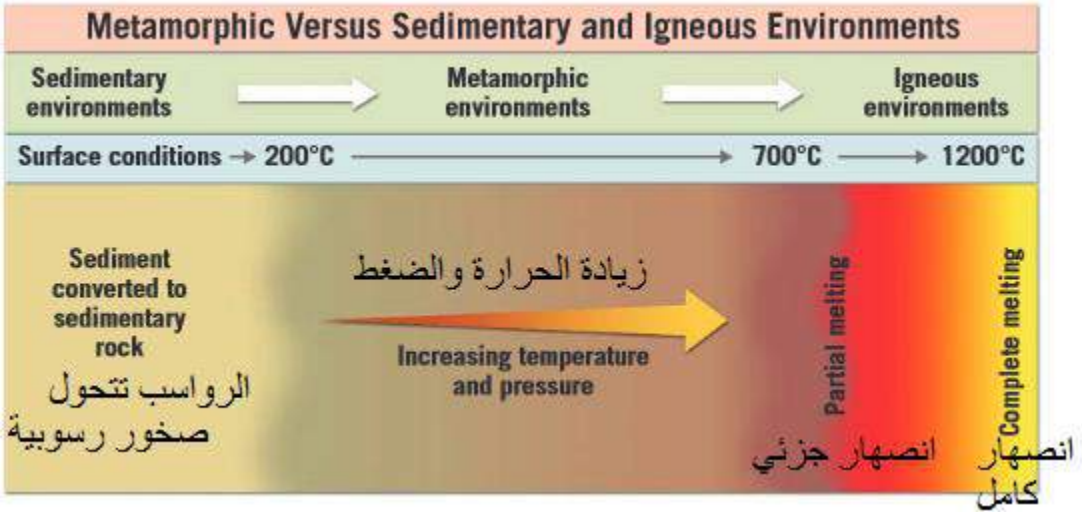
تحت الضغط المنخفض حوالي 2.5 kbar يتكون Andalusite

تحت الضغط عالي حوالي 6 kbar يتكون Kynaite

اما النقاط بين Y و Z كلاهما تحت نفس الضغط ولكن الاختلاف في درجات الحرارة
عند درجة حرارة 450 يتكون معدن Kyanite
بينما عند درجة حرارة 700 يتكون معدن Sillimanite.

3- المحاليل او الموائع Solutions or Fluids:

وهي محاليل حارة او حرمائية Hydrothermal Solutions تحمل ايونات ذائبة وغازات ، ولها دور مهم إما كوسيط لانتقال الايونات من مكان الى آخر في وسط الصخرة الام التي تخترقها عبر شقوقها، او كوسيط للتبادل الايوني بين مكونات الصخرة الام من جهة وبين مايحيط بها من جهة اخرى. وفي الحالة الاخيرة سيطرأ تغيير في التركيب الكيميائي للصخرة ككل .



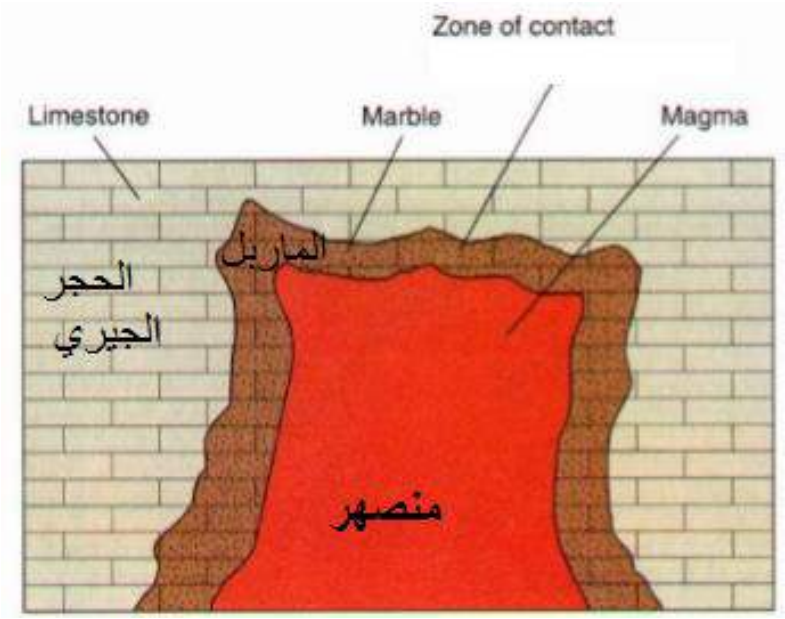
بيئة الصخور المتحولة تتكون في مديات من درجات الحرارة تقع بين بيئة الصخور الرسوبية حوالي اقل من 200 مئوية الى درجات الحرارة العالية المقتربة من حالة الانصهار للصخور بحدود اكبر 750 سليزية .

أنواع التحول Types of Metamorphism:

استنادا الى عوامل التحول المذكورة توجد ثلاثة انواع من التحول وهي:

1-**التحول الحراري او التماسي Thermal or Contact Metamorphism:**

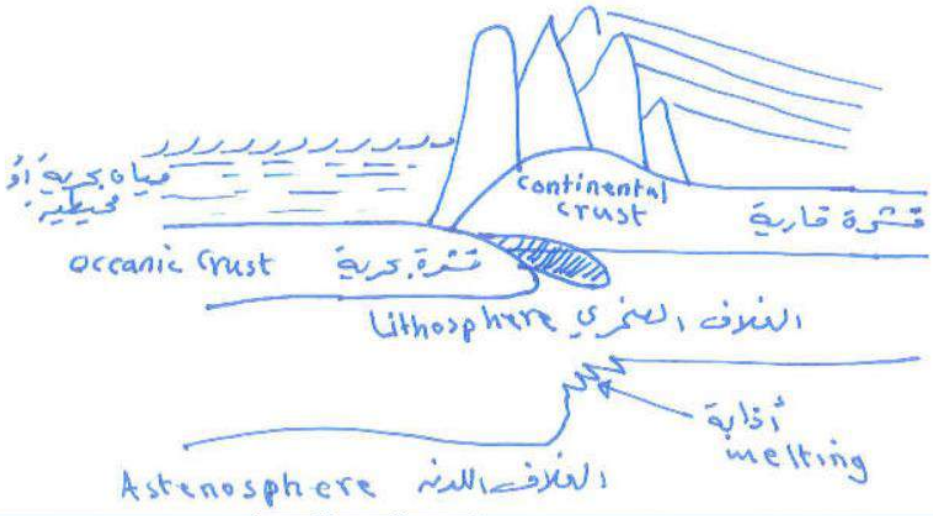
وهو التحول الناتج بفعل الحرارة العالية فقط (بدون ضغط)، ويحصل قرب او عند تماس الصخور الام مع جسم ناري او صهير، ولهذا سمي بالتحول التماسي، وفيه تنتقل الحرارة من الجسم الناري الى الصخور المتماسة المحيطة به فتحولها الى صخور متحولة تحولا حراريا . يكون صخور متحولة غير متورقة (Non Foliated) مثل تحول صخور الحجر الجيري Limestone (صخرة رسوبية) الى صخور Marble صخرة متحولة) .



شكل يوضح التحول حراري في الصخور المتحولة

2- التحول الاقليمي Regional Metamorphism:

يحدث في اعماق كبيرة بفعل عاملي الضغط والحرارة. وبما ان هذا التحول يشمل مساحات واسعة فإنه سمي التحول الإقليمي .ويحصل خلال العمليات البنائية للجبال في حدود الصفائح الارضية المتحركة . وعادة تكون الصخور المتحولة من هذا النوع من النوع المتورقة Foliated مثل صخرة النايس Gniess

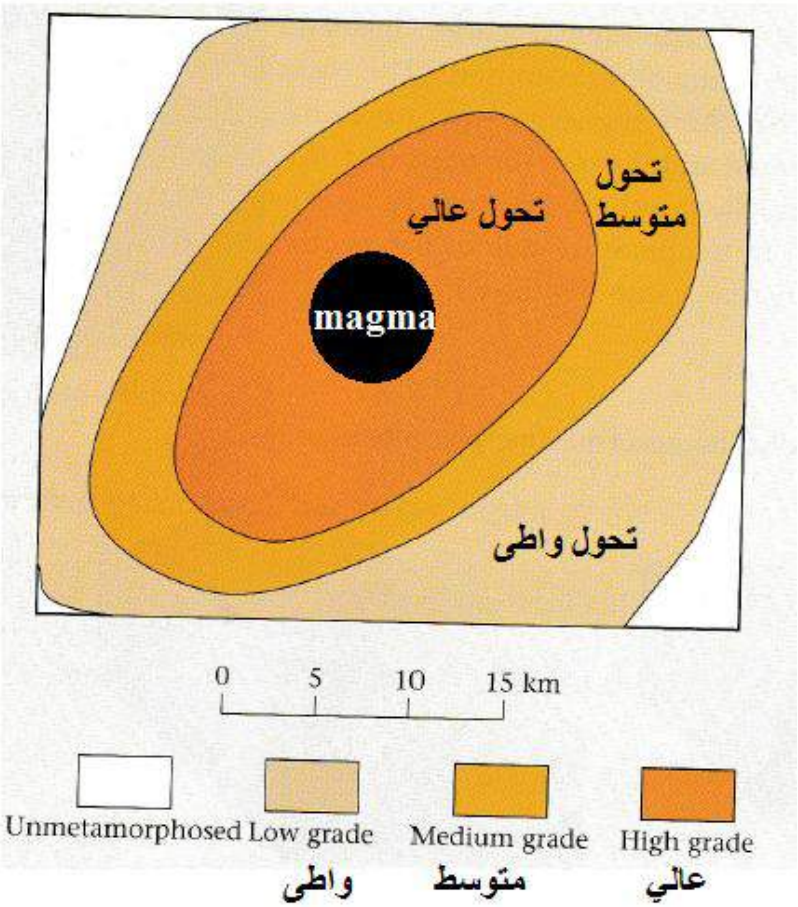


ويقسم حسب شدة التحول وهو على ثلاثة اقسام ايضا:

1- التحول الواطئ Low-grade Metamorphism: ضغط وحرارة واطئين.

2- التحول المتوسط Medium-grade Metamorphism: ضغط وحرارة متوسطتين.

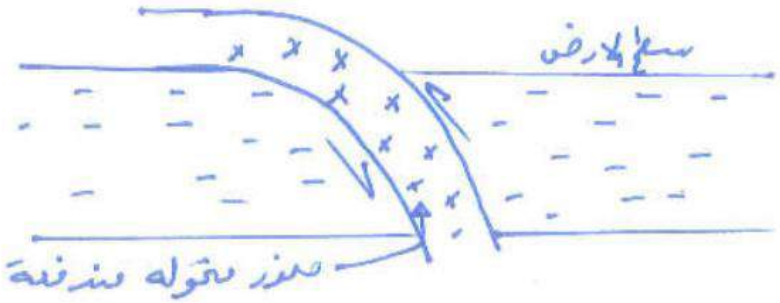
3- التحول العالي High-grade Metamorphism: ضغط وحرارة عاليين.



شكل يوضح انواع شدة التحول في الصخور المتحولة

3- التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism:

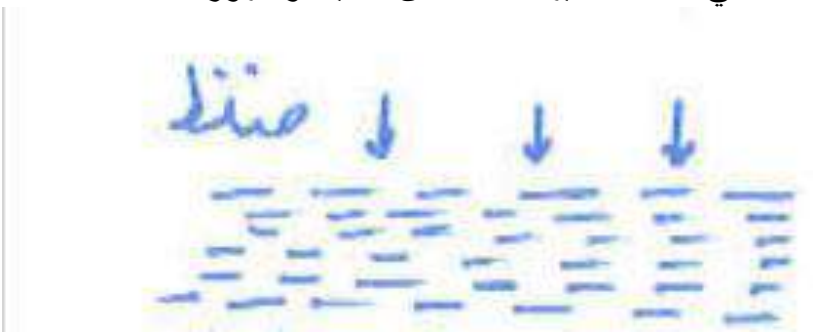
ويحدث بفعل عامل الضغط فقط (بدون حرارة) ونوع الضغط فيه اتجاهي. تتكسر فيه الصخور الام وتتجه معادنها مع الضغط. وتحصل في مناطق النشطة تكتونيا (مثل مناطق الاندفاع والفوالق الاندفاعية) تحت سطح الارض ،من خلال احتكاك الصخور الناتج من اندفاع الصخور . مثل فالق سانت اندرياس في غرب الولايات المتحدة USA . والفالق الاندفاعي في شمال شرق العراق .



تصنيف الصخور المتحولة Classification of Metamorphic Rocks

تصنف الصخور المتحولة عادة حسب صفة التورق الى نوعين اساسيين هما الصخور المتورقة وغير المتورقة. وصفة التورق Foliation هي الصفة الناتجة عادة عن تجمع معادن بعض الصخور المتحولة بصورة متوازية الى شبه متوازية مع بعضها هربا من الضغط العمودي عليها لئلا تتهشم او بفعل الحركات الارضية ذات الضغط الاتجاهي.

(1) الصخور المتورقة Foliated Rocks: تمتاز بامتلاكها صفة التورق الناتج من الضغط الاتجاهي، وتتكون نتيجة التحول الاقليمي وكذلك من التحول الديناميكي المصحوب بالحرارة. تضم الصخور المتورقة الانواع الآتية: Slate و الشست Schist و النايس Gneiss
تمتاز هذه الصخور بنسيج متورق Foliated texture حيث تنتظم البلورات افقيا وبالتوازي مع بعضها البعض بفعل الضغط العالي المسلط عليها مثال معدن المايكا و الهورنبلند Mica and Hornblend .



(2) الصخور غير المتورقة Non-foliated Rocks: هي صخور لاتحتوي على صفة التورق وتتكون بدرجة رئيسية نتيجة للتحول الحراري بدون ضغط، حيث يزداد حجم حبيبات المعادن في الصخور المتحولة ، مثال على ذلك زيادة حجم بلورات معدن Calcite في الحجر الجيري Limestone لتكون صخرة الماربل marble او المرمر . وايضا زيادة حجم بلورات الكوارتز في الحجر الرملي لتكون صخرة الكوراتزايت quartzite

(3) الصخور الكاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks: وهي صخور تتكون نتيجة التحول الديناميكي فقط بدون تأثير حراري مما يتسبب الضغط في سحق Crushing او طحن الصخورالام، وهي غير متورقة ايضا الا اذا كان التحول الديناميكي مصحوبا بالحرارة. مثل صخور المايلونايت Mylonite.

ويذكر ان الصخور المتحولة موجودة في العراق في نفس الشريط المذكور في الصخور النارية في اقصى الشمال الشرقي قرب الحدود مع إيران.

اهم انواع الصخور المتحولة ملخصة في الجدول التالي .

Metamorphic Rock	Texture	Comments	Parent Rock
Slate	Foliated	Composed of tiny chlorite and mica flakes, breaks in flat slabs called slaty cleavage, smooth dull surfaces	Shale, mudstone, or siltstone
Phyllite		Fine-grained, glossy sheen, breaks along wavy surfaces	Shale, mudstone, or siltstone
Schist		Medium- to coarse-grained, scaly foliation, micas dominate	Shale, mudstone, or siltstone
Gneiss		Coarse-grained, compositional banding due to segregation of light and dark colored minerals	Shale, granite, or volcanic rocks

غير المتورقة

Metamorphic Rock	Texture	Comments	Parent Rock
Gneiss		Coarse-grained, compositional banding due to segregation of light and dark colored minerals	Shale, granite, or volcanic rocks
Marble	Nonfoliated	Medium- to coarse-grained, relatively soft (3 on the Mohs scale), interlocking calcite or dolomite grains	Limestone, dolostone
Quartzite		Medium- to coarse-grained, very hard, massive, fused quartz grains	Quartz sandstone
Hornfels		Very fine-grained, often exceedingly tough and durable, usually dark colored	Often shale, but can have any composition

الصخور الرسوبية

الراسب Sediment:

عبارة عن مواد مترسبة في سائل، غير ان هذا لا يشمل كل الرسوبيات لكن معظمها يترسب بهذه الطريقة . فقد لايكون الوسط سائلا مثلا الرياح تنقل الرمال والغبار والاتربة لمسافات معينة ثم تتراكم تلك المادة المحمولة لترسيب الكثبان الرملية في بيئة صحراوية بعد انخفاض سرعة الرياح وتعتبر ايضا وراسب . كما ان الاملاح مثلا لاتترسب في البيئات المائية الا بعد الجفاف التام للماء بتبخره بشكل كامل لتترسب الاملاح ، و تسمى رواسب . وكذلك المواد التي تفرزها الكائنات الحية في بيئات مختلفة اذا ماتراكمت في أي وسط ناقل فتشكل ايضا راسبا عضويا. ان الصخور الرسوبية تشكل 5% فقط (من حيث الحجم) من الـ 16 كيلومتراً الخارجية للقشرة الارضية. ولكن أهمية هذه الصخور تفوق بكثير هذه النسبة الصغيرة التي تمثلها .

عمليات الترسيب Processes of sedimentation:

العمليات الرسوبية هي:

(أ) **التجوية Weathering:** وهي عملية تفتيت الصخور المنكشفة على سطح الارض الى دقائق صغيرة الحجم بفعل عوامل عديدة اهمها الامطار والسيول و الرياح و الحرارة التي تعمل على تشقق الطين مثلا بعد تجفيفه مما يسهل تكسره الى قطع صغيرة. وهذا النوع من التجوية يسمى التجوية الميكانيكية Mechanical weathering والتي تشمل ايضا عوامل تبلور الاملاح في الشقوق الصخرية وذوبانها، وتجمد المياه داخل الطبقات مما يؤدي الى تشققها ومن ثم تفتيتها، او بفعل جذور النباتات التي تخترق التربة.

اما التجوية الكيميائية Chemical weathering فانها تشمل عوامل اذابة الصخور على شكل ايونات ذائبة بمياه محملة بالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون، وهناك عوامل اخرى مثل الاكسدة Oxidation والتبادل الايوني Ionic exchange والاذابة Dissolution والتميؤ Hydration والتكربن Carbonization. في حين تتم التجوية العضوية Organic weathering بواسطة الكائنات الحية كالبكتريا والاشنات.

قابلية المعادن لمقاومة للتجوية بعكس التبلور (الترتيب) حسب سلسلة تفاعل باوون ، أي ان الكوارتز المتكون اخيرا مقاوم قوي جدا للتجوية وتقل هذه المقاومة باتجاه الاوليفين المتكون اولا بحيث يصبح اقل المعادن مقاومة للتجوية ، في حين لايتفتت الكوارتز بالماء والسبب في ذلك هو قوة تماسك ذراته التي تفوق كثيرا قوة تماسك ذرات الاوليفين.

(ب) النقل Trasportation: تتم عملية نقل نواتج التجوية اما بواسطة الرياح في البيئات الصحراوية او بواسطة المياه في مناطق الانهار والروافد . ففي المياه يتم نقلها بشكل مواد عالقة او غروية او ذائبة الى اماكن ترسيبها. اما الفتات الخشن فانه يتدحرج في قاع النهر على هيئة مواد متدحرجة لصعوبة حمله بشكل عالق لثقل وزنه.

(جـ) الترسيب Deposition or sedimentation: تترسب المواد المنقولة (المحمولة) إما عندما تضعف قدرة عامل النقل (الماء او الهواء)، أي عندما تقل سرعة النهر او الريح. ويكون الترسيب إما بشكل ميكانيكي حيث تترسب بواسطتها المواد العالقة عندما تقل سرعة تيار الماء نتيجة وجود عوائق في مجرى النهر الناقل لتلك النواتج مثل ضيق مجرى النهر او التوائه او زيادة حمولته فتسقط المواد العالقة في قاع النهر مكونة مايسمى بالرواسب الفتاتية Clastics وهي الحصى والرمل والطين.

اما الترسيب الكيميائي Chemical deposition فإنه يحصل بواسطة تفاعلات كيميائية لنواتج التجوية الكيميائية (الايونات الذائبة) في المحاليل الناقلة وفي بيئات ترسيب معينة وحسب ظروف ملائمة.

هذه الرواسب تسمى رواسب غير فتاتية Non-clastic او رواسب كيميائية، وبعد تصلبها سيتكون مثلا الحجر الجيري Limestone المؤلف من الكالسايت بشكل رئيسي .

يحدث الترسيب العضوي Organic deposition عندما تقوم الكائنات الحية بامتصاص بعض المواد او المحاليل الذائبة بالماء او المحاليل الغروية وتستقر فيما بعد في هياكلها العظمية او اصدافها، وبعد موت تلك الاحياء تترسب هياكلها مكونة رواسب عضوية، وبعد تصلبها تكون مثلا الفوسفات او الحجر الجيري العضوي الحاوي على اصداف كلسية بشكل متحجرات او الأحافير (Fossils).

العمليات المؤثرة في تكون الصخور الرسوبية

1- التصخر Lithification على العمليات التي تصير عبرها الرواسب الى صخور رسوبية متماسكة. وان هذه العمليات المؤثرة في الرواسب هي :-

2- التراص compaction

3- التلاصق Cementation: هو وسيلة اخرى هامة يتم خلالها انتقال الرسوبيات الى صخور رسوبيه تنتقل المادة اللاصقة على هيئة محلول بواسطة المياه التي تتخلل الفراغات المتاحة بين الحبيبات. وعبر الزمن، فان ترسب المادة اللاصقة من المياه يملأ الفراغات المتاحة ويصل بين الحبيبات. ومن أهم المواد اللاصقة المعروفة الكالسيت والسليكا واكسيد الحديد.

تصنيف الصخور الرسوبية Classification of Sedimentary Rocks

الراسب Sediment:

عبارة عن مواد مترسبة في سائل، غير ان هذا لا يشمل كل الرسوبيات لكن معظمها يترسب بهذه الطريقة . فقد لايكون الوسط سائلا مثلا الرياح تنقل الرمال والغبار والاتربة لمسافات معينة ثم تتراكم تلك المادة المحمولة لترسيب الكثبان الرملية في بيئة صحراوية بعد انخفاض سرعة الرياح وتعتبر ايضا وراسب . كما ان الاملاح مثلا لاتترسب في البيئات المائية الا بعد الجفاف التام للماء بتبخره بشكل كامل لتترسب الاملاح ، و تسمى رواسب . وكذلك المواد التي تفرزها الكائنات الحية في بيئات مختلفة اذا ماتراكمت في أي وسط ناقل فتشكل ايضا راسبا عضويا. ان الصخور الرسوبية تشكل 5% فقط (من حيث الحجم) من الـ 16 كيلومتراً الخارجية للقشرة الارضية. ولكن أهمية هذه الصخور تفوق بكثير هذه النسبة الصغيرة التي تمثلها .

عمليات الترسيب Processes of sedimentation:

العمليات الرسوبية هي:

(أ) **التجوية Weathering:** وهي عملية تفتيت الصخور المنكشفة على سطح الارض الى دقائق صغيرة الحجم بفعل عوامل عديدة اهمها الامطار والسيول و الرياح و الحرارة التي تعمل على تشقق الطين مثلا بعد تجفيفه مما يسهل تكسره الى قطع صغيرة. وهذا النوع من التجوية يسمى التجوية الميكانيكية Mechanical weathering والتي تشمل ايضا عوامل تبلور الاملاح في الشقوق الصخرية وذوبانها، وتجمد المياه داخل الطبقات مما يؤدي الى تشققها ومن ثم تفتيتها، او بفعل جذور النباتات التي تخترق التربة.

اما التجوية الكيميائية Chemical weathering فانها تشمل عوامل اذابة الصخور على شكل ايونات ذائبة بمياه محملة بالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون، وهناك عوامل اخرى مثل الاكسدة Oxidation والتبادل الايوني Ionic exchange والاذابة Dissolution والتميؤ Hydration والتكربن Carbonization. في حين تتم التجوية العضوية Organic weathering بواسطة الكائنات الحية كالبكتريا والاشنات.

قابلية المعادن لمقاومة للتجوية بعكس التبلور (الترتيب) حسب سلسلة تفاعل باوون ، أي ان الكوارتز المتكون اخيرا مقاوم قوي جدا للتجوية وتقل هذه المقاومة باتجاه الاوليفين المتكون اولا بحيث يصبح اقل المعادن مقاومة للتجوية ، في حين لايتفتت الكوارتز بالماء والسبب في ذلك هو قوة تماسك ذراته التي تفوق كثيرا قوة تماسك ذرات الاوليفين.

(ب) النقل Trasportation: تتم عملية نقل نواتج التجوية اما بواسطة الرياح في البيئات الصحراوية او بواسطة المياه في مناطق الانهار والروافد . ففي المياه يتم نقلها بشكل مواد عالقة او غروية او ذائبة الى اماكن ترسيبها. اما الفتات الخشن فانه يتدحرج في قاع النهر على هيئة مواد متدحرجة لصعوبة حمله بشكل عالق لثقل وزنه.

(جـ) الترسيب Deposition or sedimentation: تترسب المواد المنقولة (المحمولة) إما عندما تضعف قدرة عامل النقل (الماء او الهواء)، أي عندما تقل سرعة النهر او الريح. ويكون الترسيب إما بشكل ميكانيكي حيث تترسب بواسطتها المواد العالقة عندما تقل سرعة تيار الماء نتيجة وجود عوائق في مجرى النهر الناقل لتلك النواتج مثل ضيق مجرى النهر او التوائه او زيادة حمولته فتسقط المواد العالقة في قاع النهر مكونة مايسمى بالرواسب الفتاتية Clastics وهي الحصى والرمل والطين.

اما الترسيب الكيميائي Chemical deposition فإنه يحصل بواسطة تفاعلات كيميائية لنواتج التجوية الكيميائية (الايونات الذائبة) في المحاليل الناقلة وفي بيئات ترسيب معينة وحسب ظروف ملائمة.

هذه الرواسب تسمى رواسب غير فتاتية Non-clastic او رواسب كيميائية، وبعد تصلبها سيتكون مثلا الحجر الجيري Limestone المؤلف من الكالسايت بشكل رئيسي .

يحدث الترسيب العضوي Organic deposition عندما تقوم الكائنات الحية بامتصاص بعض المواد او المحاليل الذائبة بالماء او المحاليل الغروية وتستقر فيما بعد في هياكلها العظمية او اصدافها، وبعد موت تلك الاحياء تترسب هياكلها مكونة رواسب عضوية، وبعد تصلبها تكون مثلا الفوسفات او الحجر الجيري العضوي الحاوي على اصداف كلسية بشكل متحجرات او الأحافير (Fossils).

العمليات المؤثرة في تكون الضخور الرسوبية

1- التصخر Lithification على العمليات التي تصير عبرها الرواسب الى صخور رسوبية متماسكة. وان هذه العمليات المؤثرة في الرواسب هي :-

1. 2- التراص compaction
2. 3- التلاصق Cementation: هو وسيلة اخرى هامة يتم خلالها انتقال الرسوبيات الى صخور رسوبيه تنتقل المادة اللاصقة على هيئة محلول بواسطة المياه التي تتخلل الفراغات المتاحة بين الحبيبات. وعبر الزمن، فان ترسب المادة اللاصقة من المياه يملأ الفراغات المتاحة ويصل بين الحبيبات. ومن أهم المواد اللاصقة المعروفة الكالسيت والسليكا واكسيد الحديد.

تصنيف الصخور الرسوبية Classification of Sedimentary Rocks

تصنيف الصخور الرسوبية الى ثلاثة اصناف هي:

- الفتاتية
- وغير الفتاتية (او الكيميائية)
- والعضوية.

وأهم مايميز جميع الصخور الرسوبية انها تتكون على شكل طبقات (الاقدم في الاسفل والاحدث في الاعلى) فضلا عن احتوائها على المتحجرات Fossils.

اولا-الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks:

وتتكون هذه الصخور بشكل اساس من المعادن الطينية والكوارتز . ويعتبر حجم الحبيبات هو المعيار الاساسي في التفريق بين انواع الصخور الرسوبية الحتاتية (الفتاتية) هو اختلاف الحجم الحبيبي

مقياس وينتوورث للحجم الحبيبي للصخور الرسوبية الفتاتية

Diameter (mm)	الحبيبة Grain
>256	الجلاميد Boulders
256-64	الجلاميد الصغيرة Cobbles
64-4	الحصى الخشن Coarse Pebbles
4-2	الحصى الناعم Fine Pebbles
2-1/16	الرمل Sand
1/16-1/256	الغرين Silt
<1/256	الطين Clay

وتشمل الصخور الطينية Claystone و الصخور الرملية Sandstone

المدملكات Conglomerate و البريشا Breccia

الصخور المدملكة Conglomerates	البريشيا Breccia
1- تتكون من حبيبات خشنة جدا (الجلاميد والحصى) بالاضافة الى الرمل . 2- حبيبات الجلاميد والحصى الخشن مستديرة. 3- سبب استدارة الجلاميد والحصى فيها يعود الى نقلها لمسافات طويلة بعيدا عن اماكن تجويتها 4- تكون اقل صلادة من البريشا	1- تتكون من قطع صخرية خشنة جدا (الجلاميد) من صخور نارية او متحولة او رسوبية 2- ذات حافات حادة 3- نتيجة لنقلها لمسافات قصيرة. 4- تكون اكثر صلادة من الصخور المدملكة ولذلك تستخدم كمواد للبناء .

الصخور الرملية Sandstone	الصخور الغرينية Siltstone	الصخور الطينية Claystone
حبيبات رملية يتراوح قطرها بين 2-1/16 ملم	(الغرين 1/16-1/256 ملم)	تتكون من حبيبات دقيقة جدا (اقل من 1/256 ملم)
المعادن الرئيسية الكوارتز اضافة الى الفلدسبارات والبايروكسين والمايكا واحيانا المغنتايت.	مشابه للتركيب المعدني لصخور الحجر الرملي .	الناتجة من تجوية معادن الفلدسبار. وتحتوي على بعض المعادن الاخرى بنسب قليلة مثل الكوارتز والمايكا واكاسيد الحديد واكاسيد المنغنيز.

ثانيا-الصخور الرسوبية غير الفتاتية او الكيميائية Non-clastic or Chemical Sedimentary Rocks:

وخلافاً للصخور الفتاتية التي تتألف من النواتج الصلبة للتجوية فان الصخور الرسوبية الكيميائية تستمد من مواد كانت قد حملت الى البحيرات والبحار على هيئة محاليل. ولا تبقى هذه المواد مذابة في الماء الى الابد حيث ان بعضها يترسب في صورة جزيئات تتراكم لتكون راسباً كيميائياً.

الحجر الجيري Limestone : يعتبر الحجر الجيري اكثر الصخور الرسوبية الكيميائية وفرة حيث يمثل 15% من حجم الصخور الرسوبية، ويتألف بصورة رئيسة من معدن الكالسيت ($CaCO_3$) الذي يترسب. اما بطريقة غير عضوية او نتيجة للطرق الكيميائية الحياتية. ويعتبر الحجر الجيري المكون بطريقة كيميائية حياتية اكثر شيوعاً. ويرجح ان 30% من الحجر الجيري المتراكم في العالم قد تراكم نتيجة للترسيب الكيميائي الحياتي . الحجر الجيري الذي يترسب في الكهوف عادة ويسمى ترافرتين Travertine ، وكذلك الحجر العيوني. ويترسب الترافرتين عندما تتبخر المياه الجوفية المشبعة بكربونات الكالسيوم .

الدولوميت Dolomite : والدولوميت له علاقة وثيقة بالحجر الجيري وهو صخر يتألف من معدن كربونات الكالسيوم والماغنيسيوم Mg والتي تحمل نفس الاسم. واستعمال كلمة دولوميت لتدل على كل من المعدن والصخر هو من الحالات النادرة ويستعمل بعض الجيولوجيين كلمة الحجر الدولوميتي، تجنباً للخلط بين معدن الدولومايت والصخر المكون منه.

الصخور السليكية Siliceous Rocks: مثل حجر الصوان Chert حجر الصوان او الجيرت هو الاسم المستعمل لعدد من الصخور الصلبة وشديدة التماسك المكونة من السليكا (SiO_2) مجهرية التبلور.وتشمل ايضا الفلنت Flint ذو اللون الرصاصي الغامق او الاسود.

الصخور التبخرية (او المتبخرات) Evaporites: بعد حصول تبخر كامل للمياه الحاوية للايونات الذائبة فيها لذلك سميت بالمتبخرات، ان هذه الصخور تتكون كآخر مرحلة من الترسيب الكيميائي لكون الايونات الذائبة تبقى في المحلول الناقل لها وكذلك في بيئة الترسيب بشكل ذائب لان لها قابلية ذوبان Solubility عالية. من اهمها:

1-الملح الصخري Rock salt: او ماتسمى ايضا صخرة الملح، وهي التي تتكون من معدن الهالايت Halite (NaCl) بشكل كامل. تتميز بطعمها المالح. والملح هو آخر المتبخرات في التبلور والترسيب من محلول مياه البحر المتبخرة لامتلاك ايونات الصوديوم والكلور قابلية ذوبان عالية .

2-صخرة الجبس Gypsum: تتكون بشكل رئيسي من معدن الجبسوم $CaSO_4.2H_2O$ الحاوي على جزيئتي ماء. يترسب معدن الجبسوم كأول معدن عند تبخر مياه البحر وتحت ظروف معينة مكونا طبقات سميكة من الجبس. تتميز بلونها الابيض.

3-صخرة الانهايدرايت Anhydrite: متكونة بشكل اساسي من معدن الانهايدرايت $CaSO_4$ أي كبريتات الكالسيوم الخالية من الماء، ولونها ابيض ايضا. يترسب معدن الانهايدرايت بعد معدن الجبسوم من مياه البحر. ان الانهايدرايت هو شبه مستقر في الظروف الطبيعية ولكن سرعان مايتحول الى الحالة المستقرة (الجبس) متى ماحصل على جزيئتي ماء.

ثالثا-الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks:

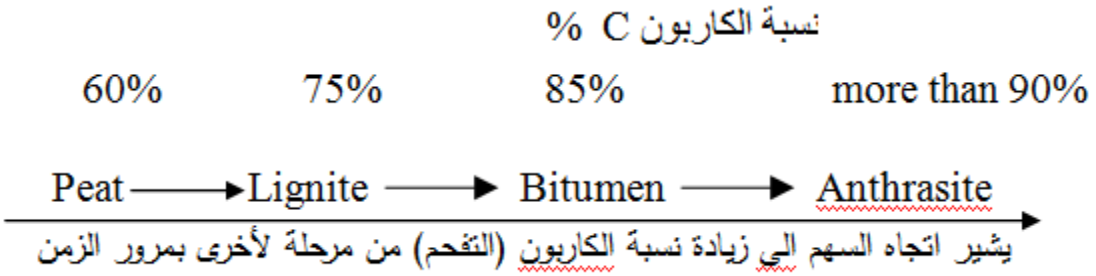
وهي الصخور الناتجة من الترسيب العضوي، ومن اهم امثلتها:

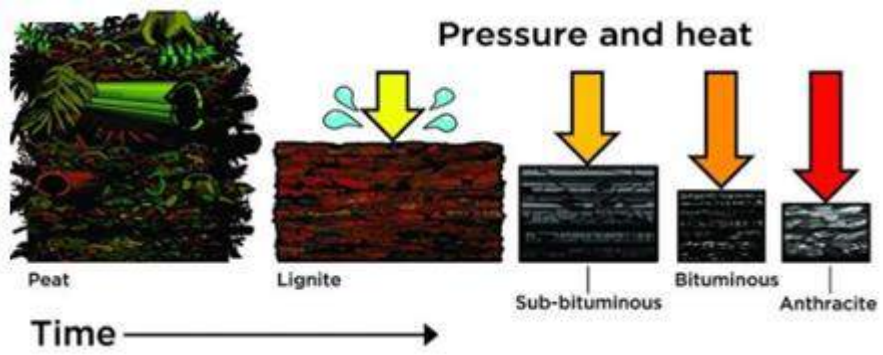
1-**حجر الكلس العضوي Organic Limestone:** وهي صخور جيرية حاوية على هياكل الحيوانات البحرية او اصدافها مع كاربونات الكالسيوم المستخلصة من مياه البحر . هنالك نوع خاص من حجر الكلس العضوي يسمى الكوكوينا Coquina الذي يتكون بصورة رئيسية من اصداف الحيوانات البحرية واجزاؤه غير متماسكة . اما اذا كان حجر الكلس العضوي مكونا من اصداف دقيقة (مجهرية) لحيوانات احادية الخلية مع مزيج من مادة الكلس الناعمة جدا فإنه يسمى الطباشير Chalk والذي يمتاز بضعف تماسك مكوناته فيترك مسحوقا ابيض اللون لدى ملامسته.

2-الفحم الحجري (Coal):

الفحم يتكون من المواد العضوية من التحلل الجزئي لبقايا النباتات، في المستنقعات غير المشبع بالاوكسجين (ظروف لاهوائية) ، طبقة من الخث Peat. وهو مادة بنية رطبة يمكن رؤية التركيبات النباتية فيها بسهولة.

وبقليل من الردم يتغير الخث peat الى اللجنيت Lignite، وهو فحم بني رطب. وبالردم يزداد الضغط كما تزداد درجة الحرارة في هذه المواد. وتولد الحرارة المرتفعة داخل المواد النباتية مما ينتج عنه ماء وغازات عضوية (المواد المتطايرة). وكلما زاد الثقل فوق هذه المواد كلما ضغطت المياه والغازات واجبرت على الخروج، فتزيد نسبة الكربون الخالص . وكلما زاد محتوى الكربون كلما زادت قيمة الفحم كوقود. وخلال الردم يزداد الضغط ويتحول اللجنيت Lignite الى فحم اسود اكثر صلابة يسمى الفحم القاري (البيتوميني Bituminous) ، واخيرا يتكون انثراسيت Anthracite (وهو فحم اسود شديد الصلابة) حيث تصل نسبة الكاربون فيه الى اكثر من 90% .





3- الصخور الفوسفاتية Phosphate Rocks: وهي الصخور العضوية الناتجة عن تراكم بقايا الكائنات البحرية خصوصا الهياكل العظمية للاسماك او الافرازات التي تحتوي على نسبة عالية من الفوسفات. تتكون الصخور الفوسفاتية بعد تراكم طبقات من فوسفات الكالسيوم. ويكون معدن الاباتايت $Ca_5(PO_4)_3(F,OH)$ من اهم مكونات هذه الصخور. الفوسفات هو مهم جدا من الناحية الاقتصادية، فهو مثلا مهم لانتاج الاسمدة الكيميائية المستخدمة في الزراعة. يوجد في العراق منجم ضخم للفوسفات في الصحراء الغربية في منطقة عكاشات.

بعض الملاحظات :

ملاحظة الاولى :-

الكاتيونات Cations (الايونات ذات الشحنة الموجبة) ذات نفس الاحجام Size والشحنات Charge تميل الى استبدال بعضها البعض وتشكل مركبات لها نفس التركيب البلوري ولكن تركيبة كيميائية مختلفة.

وهذا مايسمى الاستبدال الكاتيوني Cation substitution مثل استبدل ايون Fe^{++} مع ايون Mn^{++} في معدن الاولفين Olivine.

ملاحظة 2:

أهمية الصخور الرسوبية :

- تغطي اكثر من 75% من سطح الارض لكنها تشكل اقل من 1% من كتلة الأرض الكلية .
- تعطي دليل على الاحداث التكتونية السابقة (القديمة) مثل (عمليات بناء الجبال)
- تحتوي على المتحجرات Fossil (بقايا وهياكل الاحياء القديمة) الذي يعطي دليل على تطور الحياة القديمة
- تعتبر خزانات رئيسية للمياه الجوفية والنفط الخام والفحم واليورانيوم .
- دليل لدراسة ا لتغيرات المناخية الماضية.

ملاحظة 3

ترتيب المعادن والصخور خلال عمليات التبخر والترسيب وخلال عملية الإذابة

ترتيب الترسيب	ترتيب الاذابة
Limestone	Halite
Gypsum	Gypsum
Halite	Limestone

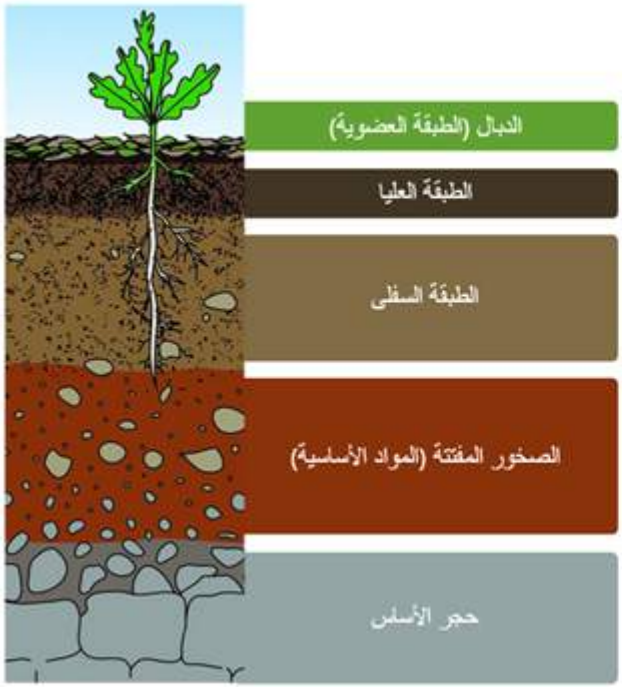
ملاحظة 4:

المعادن الدالة Index Mineral : عبارة عن معادن تكون مستقرة في مديات محددة من الضغط والحرارة مثل معدن Bioitite , وتستخدم في تقيم وتحديد حالة التحول ، تحول واطئة او المتوسطة او عالي . في حين معدن الكوارتز لايعتبر معدن دال لانه يوجد في جميع مراحل التحول من الواطئة الى العالية جدا ولايفيد في معرفة درجة ومرحلة التحول للصخور .

التربة Soil

Soil is a combination of mineral and organic matter, water, and air, that supports the growth of plants. Although the proportions of the major components in soil vary, the same four components are always present to some extent .

the pie chart depicts the composition (by volume) of a soil in good condition for plant growth , Although % vary , each soil is composed of mineral and organic matter , water and Air



ما هي التربة؟

تتكون جميع أنواع التربة من **طبقات** أو **آفاق** مختلفة.

وتتيح تركيبة هذه الطبقات وخصائصها تصنيف التربة إلى أنواع مختلفة.

يمكن تعريف التربة على النحو التالي:

التربة
جسم طبيعي في شكل **طبقات** (آفاق التربة) متكونة من مواد **معدنية مفتتة** ومواد **عضوية وهواء وماء**.

العوامل المؤثرة في تكوين التربة Soil Parameters :

٢- نوع المعادن في الصخور الأم : هناك بعض الصخور لها معادن عالية الصلابة والبعض قليلة الصلابة . فمثلاً مقاومة معدن الكوارتز للذوبان أو التفتت تكون اعلى من مقاومة معدن البايوتايت او الفلدسبار .

٣- درجة التبلور : المعادن المتبلورة اولاً كالاولفين (Olivine) يكون اقل بالمعادن مقاومة للذوبان ، اما المعادن المتبلورة في الجزء الاخير تكون مقاومتها او مقاومتها للذوبان اعلى . كمعدن الكوارتز (Quartz)

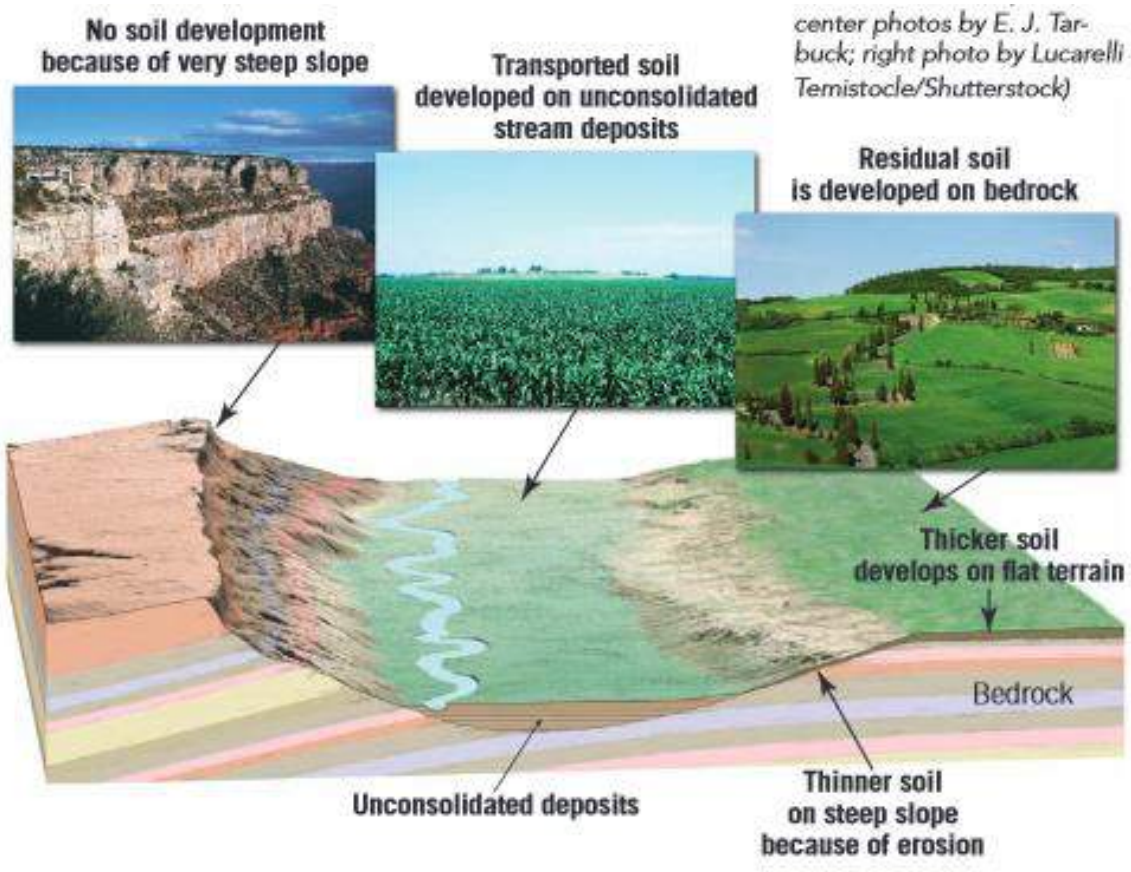
٤- المناخ : الرطوبة العالية والحرارة هما يلائمان التجوية .

٥. الصخر الأم: خالتربة المتكونة من صخرة البازالت (Basalt) تكون غنية بالكالسيوم الحديد بسبب قيمة المعادن الحديدية في هذه الصخرة، وتحوي صخرة الكوارتزايت (Quatizite) تولد حبيبات حديد الكوارتز، وتحوي صخرة السجيل (Marl) غنية بالمواد العضوية.

٦. الزمن: يتكامل مقطع التربة بمرور الزمن، وتكون (المقطع أ) الأرجوانية أقل (المقطع ج) كونه مر بزمن أطول.

٧. الفعاليات الحياتية: تقوم البكتريا والفطريات الدقيقة والحيوانات الكافرة وجذور النباتات إلى إضافة مواد عضوية ومخاطية (humus) للتربة.

٨. الانحدار: يتغير الانحدار تبعاً لارتفاع وهذا بدوره يؤدي إلى تغير في طبيعة التربة، وأن الانحدار لا يساعد على احتفاظ على التربة المتكونة وإنما يدفعها إلى أسفل الوادي



تطور التربة وعلاقته مع الميل Slope

تأثيرات الإنسان على التربة :-

التربة تعتبر جدا ضرورية لنمو النبات و تعتبر مصدر أساسي لدعم حياة الإنسان human life-support system . التربة تتكون بشكل جدا بطي ولذلك تعتبر من الموارد الطبيعة غير المتجددة

بذكاء الإنسان استطاع زيادة الإنتاج الزراعي agricultural productivity من خلال الأسمدة والري

fertilization and irrigation,

تتعرض التربة الى إضرار بسب نشاطات الإنسان غير المس careless activities والاستخدام غير الجيد لهذا المورد الطبيعي الثمين abused resources

إزالة الغابات الاستوائية Clearing the tropical rain forest

تعتبر مثال على تأثيرات الإنسان على التربة ، خلال العقود الماضية تم ازالة مساحات واسعة من الغابات الاستوائية سبب سلسلة من المشاكل البيئية . كل سنة ملاين من الايكرات Acres يتم ازالتها لتحول الى الى ارضي زراعية مما يسبب في :

- soil degradation, تدهور التربة
- loss of biodiversity, فقدان التنوع الحياتي
- and climate change. التغيرات المناخية

الترب الحمراء الاستوائية عادة تكون عالية السمك والناتجة من التجوية الكيمائية الشديدة والتي تعرف بـ oxisols .

العديد من الناس يعتبرون هذه التربة خصبة جدا fertile وملائمة للزراعة لكن في الحقيقة العكس هو الصحيح . حيث تعتبر من أفقر أنواع الترب للزراعة poorest soils for farming . الترب تتكون تحت ظروف درجات حرارة عالية ومعدل أمطار عالي سوف تتعرض التربة الى الغسل الشديد sever leached . ذلك سوف يزيل جميع المواد الذائبة مثل كاربونات الكالسيوم calcium carbonate ولذلك الاكاسيد غير الذائبة سوف تتركز على سطح التربة مثل insoluble oxides of Fe and Al مثل اكاسيد الحديد والالمنيوم .

إن اكاسيد الحديد تعطي اللون المميز لهذه الترب عادة حمراء اللون . وبسب نشاط البكتريا العالي في هذه الظروف الرطبة تحتوي هذه التربة على كمية قليلة من الدبال humus بسب اكسدة المادة العضوية بالحرارة العالية .

الدبال : بقايا الاحياء والنباتات (المواد العضوية المتحللة في التربة)

ان عملية leaching يحطم ويضر بخصوبة التربة destroys fertility لان معظم العناصر الغذائية للنبات سوف تزال من نطاق الجذور، بالرغم من مشاهدة غطاء خصري كثيف ، ولكن التربة تحتوي على القليل من العناصر الغذائية ومعظم هذه العناصر تكون مقفلة للغابات حتى موت وتحلل النبات فان جذور الاشجار سوف تمتص هذه العناصر بسرعة قبل حصول عملية الغسل التربة وهذه العناصر تكون في حالة

تدوير مستمر continuously recycled. ولذلك إزالة الغابات فان معظم العناصر الغذائية سوف تزال ويبقى القليل من العناصر الغائية لغرض زراعة المحاصيل . ان ازالة الغابات سوف لن يزيل فقط العناصر الغذائية plant nutrients ولكن أيضا يسرع من تعرية التربة accelerates soil erosion وجود الأشجار تعمل بشكل يشبة (المرساة في السفينة) anchor في التربة ووجود الأغصان والأوراق يوفر حماية للتربة ويقلل من قوة التعرية من خلال تقليل قوة الامطار على التربة ، عند ازالة الاشجار سوف يزداد معدل تعرية التربة وتعرض التربة الى اشعة الشمس المباشرة ويحصل شي يشبة فخر الطابوق (الخبز) وتتحول الى الطبقة صماء hardpan غير المنفذة للماء لجذور النبات المحاصيل .

Tropical deforestation , clearing the Amazon rain forest . The Tick soils (oxisols) are highly leached .

تأثير تغير المناخ على موارد التربة والأراضي

يؤثر تغير المناخ وتقلبه على **صحة التربة ونمو النباتات** بعدة طرق في نظم زراعة المحاصيل والرعي والغابات.

انخفاض الأمطار أو سقوطها بشكل غير منتظم، وفترات الجفاف المتكررة والشديدة	• زيادة التعرية عن طريق المياه والرياح، وتسريع الجريان السطحي. • تقليل تجدد المياه الجوفية. • تقليل توفر رطوبة التربة الضرورية لنمو النباتات.
المزيد من الأحداث الجوية القصوى والشديدة	
ارتفاع معدلات التبخر والتعرّق وارتفاع درجة حرارة سطح التربة	

تحدث بعض هذه التغييرات **ببطء** شديد عندما تكون خصائص التربة مقاومة للتغيير، مثل التغييرات في نسيج التربة.

تتأثر الخصائص والوظائف الأخرى بسهولة أكبر و**تحدث التغييرات بشكل أسرع**، مثل:

- المواد العضوية في التربة أو محتوى الكربون؛
- تركيبة التربة؛
- تشبع القاعدة وتوفر المواد الغذائية؛
- مجموعات الكائنات الحية في التربة؛
- درجة الحموضة.

السيطرة على تآكل التربة

تآكل التربة هو عملية تسبب **تدهوراً بيئياً واسع النطاق وخطيراً عن طريق** ما يلي:

- **إزالة التربة السطحية** الأصلية للحقل؛
- **تقليل سُمك** سطح التربة (الجزء الأكثر إنتاجية من مقطع التربة الرأسي)؛
- التسبب في **فقدان المواد العضوية** في التربة.

يمكن أن يسببه كل من:

السيطرة على تآكل التربة

يمكن أن تتسبب **الأمطار الغزيرة** في تآكل التربة المدمر في الأراضي المزروعة على **منحدرات متوسطة إلى شديدة الانحدار**، حيث تكون معدلات الجريان السطحي مرتفعة ولا تملك الأرض **غطاءً نباتياً كافٍ**.

تؤدي زيادة حدوث **عواصف الرياح** إلى **تسريع فقدان** التربة الخصبة عن طريق نفخ جزيئات التربة من الحقول أو على الحقول الأخرى.

يُسبب هطول الأمطار والجريان السطحي والرياح **تآكل التربة**. ويمكن **منعه** أو **الحد منه بشكل كبير** من خلال مجموعة من تدابير الحفاظ على التربة والمياه التي تشمل ما يلي:

- **تحسين الغطاء النباتي** من خلال أنواع متكيفة؛
- استخدام **الرعي الدوراني (بالتناوب)** للحفاظ على جودة نباتات المراعي؛
- تعزيز **خشونة سطح التربة** باستخدام كتل التراب والتلال المقيّدة؛
- **الزراعة المحيطية**، باستخدام السدادات وخنادق التحويل؛
- زراعة **مصدات الرياح** بشكل عمودي على الرياح السائدة.

السيطرة على تآكل التربة

على **المنحدرات الأشد حدة**، يتطلب التحكم في تآكل التربة **تدابير إضافية**، بما في ذلك تقليل درجة حدة المنحدرات وطولها باستخدام ما يلي:

زرع **النباتات عبر المنحدرات**

المدرجات التدريجية والمقاعد

الممرات المائية المعشبة (لإخلاء المياه الزائدة بأمان على المنحدرات)

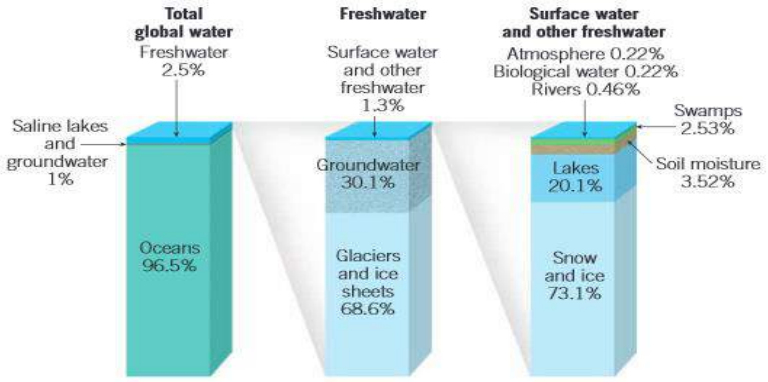
هياكل الحفاظ على التربة والمياه، لتحسين التقاط المياه وتسربها (مثل حزم الأرض والتلال المفيدة)

التحكم في التآكل باستخدام نسيج التكسية الأرضية

توفر الحصير والبطانيات القابلة للتحلل الحيوي حماية فورية للتربة، وقد أثبتت في **بعض السياقات** أنها **خيار اقتصادي فعال للغاية** للسيطرة على تآكل التربة ولدعم إنتاج الكتلة الحيوية فوق سطح الأرض.

المياه السطحية surface water

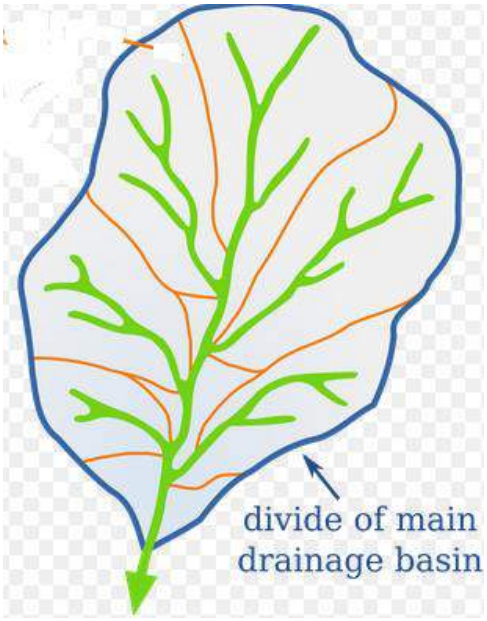
توزيع الماء على سطح الأرض



الانهار والجدوال-: عبارة عن انهار جارية في قناة محصورة باتجاه المنحدر (الميل) تحت تاثير الجاذبية ويترواح حجمها من الانهار الكبيرة الى الجدوال الصغيرة التي تسمى Brook.

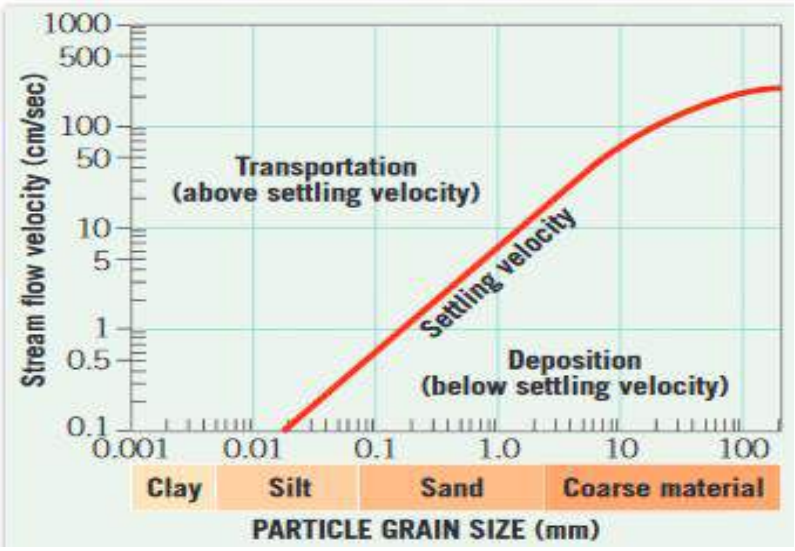
- النهر يتكون من قناة النهر Stream Channel والتي هي عبارة عن منخفض طويل وضيق يتكون نتيجة تعرية الماء للصخور والرواسب .
- ضفة النهر تسمى stream Bank وقاع النهر تسمى Stream bed.
- جريان الانهاراما يكون دائمي خلال جميع اشهر السنة ، او موسمي خلال فصل معين مثلا خلال فصل الربيع (عدة اشهر) ، او يكون جريان موقت لعدة ايام وخاصة في وديان المناطق الصحرواية بعد سقوط امطار غزيرة ليكون سيول .

حوض الترسيب Drainage Basin :- لكل نهر حوض تصريف وهي تشمل المساحة الكلية للحوض التي يتم تصريف مياه النهر وجميع تفرعاته ويمكن تحديدها من الخارطة ويوجد عدة انماط من قنوات التصريف Drainage pattern اهما الشجري والمتوازي والمركزي ، معظم التفرعات ترتبط بالجدول الرئيسي بزواية حادة وتكون بشكل يشبه حرف او V.



شكل يوضح حوض التصريف ويشمل النهر الرئيسي وجميع تفرعاته

سرعة النهر: هي المسافة التي ينتقل فيها الماء في الجدول خلال وحدة الزمن ، متوسط سرعة جريان الأنهار حوالي 5 كم/ساعة ، سرعة الجريان تكون اسرع خلال فترة الفيضانات وفي بعض الاحيان تتجاوز 25 كم/ساعة .وتكون سرعة النهر اكبر في وسط النهر عن حافة النهر . السرعة العالية ينتج عنها تعرية Erosion ونقل transport والسرعة المنخفضة للمياه ينتج عنها ترسيب للرواسب المنقولة .



سرعة الترسيب ، العلاقة بين سرعة النهر وحجم حبيبات الرواسب

اما تصريف النهر Discharge :- فانه حجم الماء الذي يجري خلال نقطة معينة خلال وحدة الزمن وبقاس بوحدة م^3/ثا ويرمز له بالرمز Q،ويرتبط التصريف بسرعة النهر بالعلاقة التالية

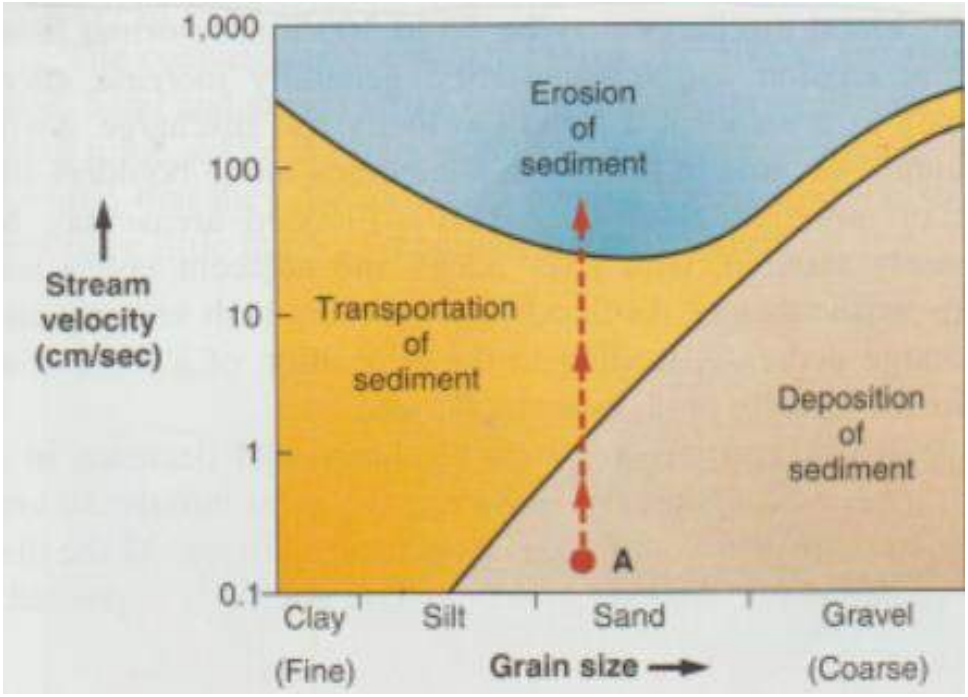
$$Q = A \times V$$

حيث ان Q = التصريف م^3/ ثا

A =مساحة مقطع القناة ويساوي العرض مضروبا بالعمق ، ووحدة المساحة السطحية بـ م^2

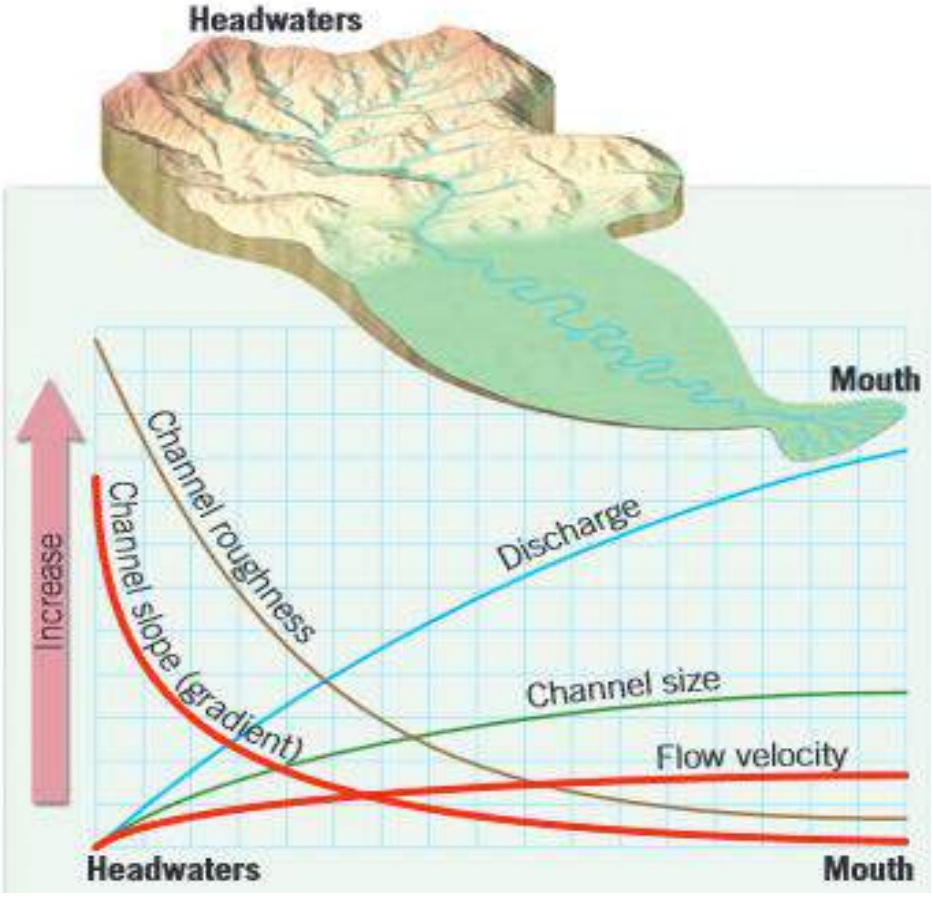
V = سرعة الماء في النهر م/ثا

خلال فترة الفيضانات تصريف الأنهار وسرعة الجريان تزداد نتيجة لسقوط الامطار الغزيرة فوق حوض النهر ،وقد يصل تصريف النهر 50-100 مرة من التصريف الطبيعي للنهر خلال الجريان الاعتيادي .



الشكل ادناه يوضح العلاقة بين سرعة النهر وحجم الحبيبات وعلاقتها بالتعرية والنقل والترسيب

الميل او الانحدار Gradient :- يعتبر احد العوامل التي تسيطر على سرعة جريان الماء في الانهار وتقاس بـ م/كم (اي مثلا كان الهبوط العمودي 3 امتار لكل مسافة افقية مقدارها 1كم ، الجداول في المناطق الجبلية يكون لها انحدار حاد يترواح بين 10-40 م/كم والانحدار يكون قليل جدا وقريب من المستوي في مناطق مصب النهر، مثلا قرب مصب البحر وقد يصل الى 0.1 م/كم .



تغير قنوات الأنهار من مناطق أعلى النهر الى مناطق أسفل النهر Mouth

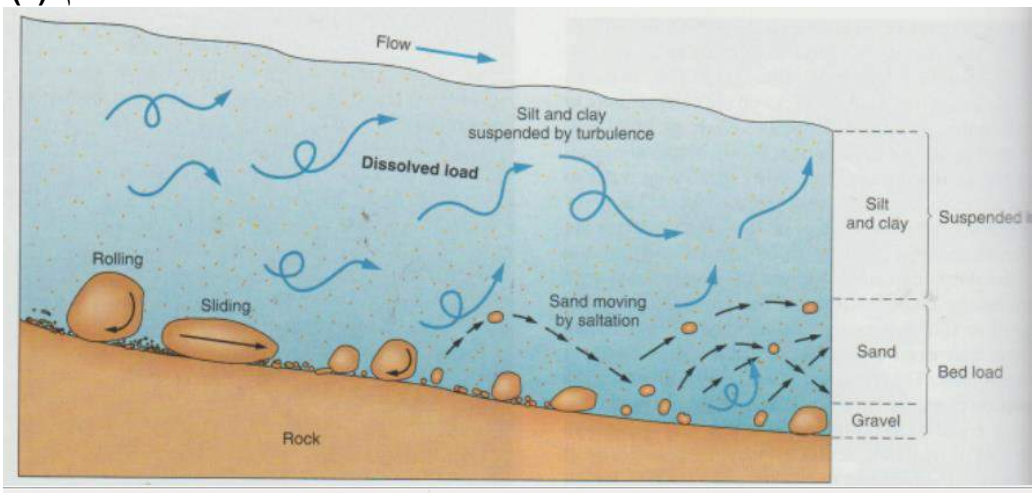
نقل الرواسب بواسطة الانهار

نقل الرواسب بواسطة الانهار تسمى بالحمولة الكلية total load وتقسم الى ثلاثة انواع

1- **حمولة القاع Bed load**: عبارة عن الكتلة الصخرية الكبيرة والرواسب الثقيلة التي تنتقل في قاع النهر وتشمل الحصى والرمل الخشن والقطع الصخرية الكبيرة .القطع الكبيرة مثل Boulder و Cobbles لاتفقد الاتصال مع القاع stream bed وتنتقل اما بواسطة بالتدحرج rolling او الانزلاق sliding . اما الرمل فانه يتحرك بـ القفز saltationحيث انه ينقل بالقفز نتيجة للاضطراب التيار .

2- **الحمولة المعلقة suspended load** :- وهي الرواسب التي تكون خفيفة بشكل كافي لتبقى معلقة في الماء ، المظهر الطيني للانهار خلال الفيضانات اوبعد الامطار يكون سبب في وجود كمية كبيرة من الرواسب العالقة large suspended load عادة من الطين والغرين الناعم clay and silt.

3- **الحمولة الذائبة Dissolved load غير المرئية :-** والتي تكون ناتجة عن التجوية الكيميائية والتي تحمل عدد كبير من الايونات الذائبة مثل NO_3 ,SO_4 ,HCO_3, Cl, Mg, K, Na, Ca وهذه الايونات يمكن ان تترسب خارج الماء بشكل معادن متبخرات على ضفاف الانهار، الماء النقي الصافي في الحقيقة يحتوي على كميات كبيرة من الحمولة الذائبة غير المرئية (ماء صافي) ولكن عند تبخر الماء هذه المواد الذائبة سوف تصبح مرئية بشكل بلورات تتكون عند تبخر الماء .



-

حمولة القاع مكونة من الرمل والحصى تتحرك اسفل الجدول بواسطة الانزلاق والتدحرج او القفز .الدقائق الانعم من الطين والغرين تكون حمولة معلقة ، الحمولة الذائبة من الايونات تكون غير مرئية .

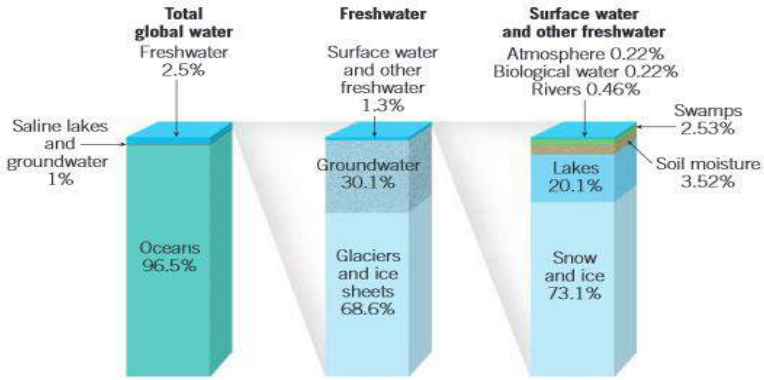
مراحل النهر من المنبع حتى المصب

1- مرحلة الشباب 2- مرحلة النضوج 3-مرحلة الشيخوخة

مرحلة الشباب	مرحلة النضوج (البلوغ)	مرحلة الشيخوخة
قناة النهر ضيقة بشكل حرف V جوانب حادة لحافة النهر وانحدار عالي، من مظاهر هذه المرحلة الحفر البالوعية والمساقط (الشلالات)	شكل القناة بشكل حرف U يكون النهر بشكل منعطفات مع وجود الجزر في هذه المرحلة	شكل القناة بشكل واسع من U shape تكون البحيرات القوسية نتيجة انقسام النهر الى عدة فروع وتكون الدلتا النهرية
لايوجد ترسبات نهرية	يوجد ترسبات نهرية بحدود ضيقة	يوجد ترسبات نهرية تغطي مساحات واسعة
حركة سريعة للمياه وتحريك للرواسب الكبيرة والصغيرة	حركة متوسطة لسرعة للمياه وتحريك للرواسب المتوسطة والصغيرة الحجم	حركة بطيئة السرعة للمياه وتحريك للرواسب الصغيرة الحجم مثل الغرين بشكل حمولة معلقة

المياه السطحية surface water

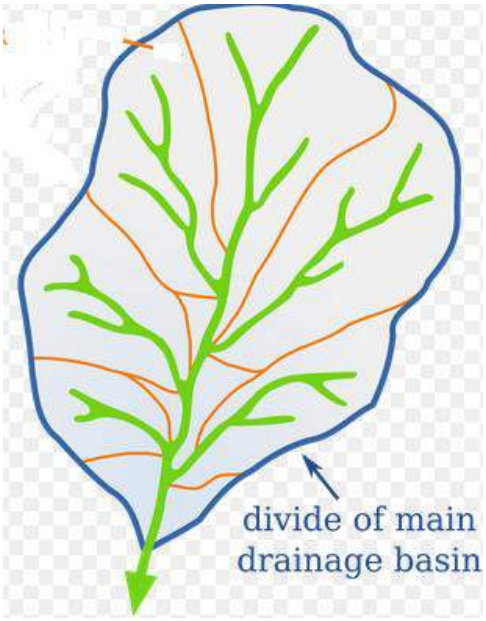
توزيع الماء على سطح الأرض



الانهار والجدوال-: عبارة عن انهار جارية في قناة محصورة باتجاه المنحدر (الميل) تحت تاثير الجاذبية ويترواح حجمها من الانهار الكبيرة الى الجدوال الصغيرة التي تسمى Brook.

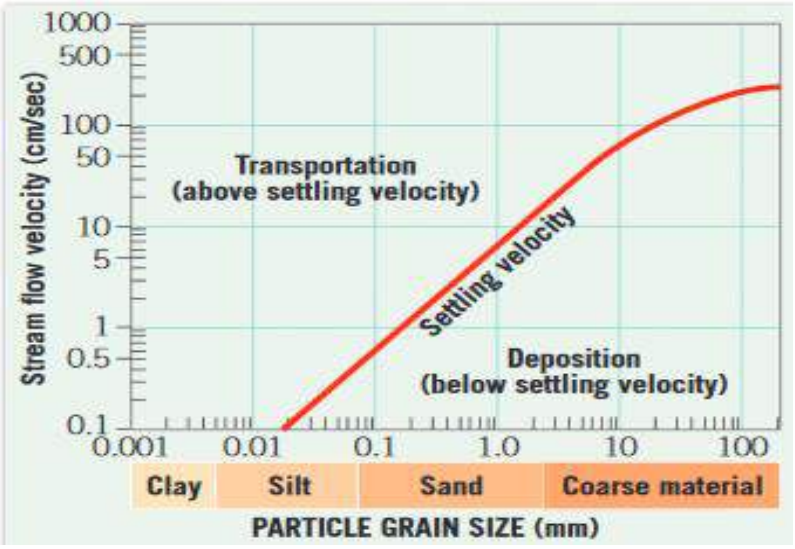
- النهر يتكون من قناة النهر Stream Channel والتي هي عبارة عن منخفض طويل وضيق يتكون نتيجة تعرية الماء للصخور والرواسب .
- ضفة النهر تسمى stream Bank وقاع النهر تسمى Stream bed.
- جريان الانهاراما يكون دائمي خلال جميع اشهر السنة ، او موسمي خلال فصل معين مثلا خلال فصل الربيع (عدة اشهر) ، او يكون جريان موقت لعدة ايام وخاصة في وديان المناطق الصحرواية بعد سقوط امطار غزيرة ليكون سيول .

حوض الترسيب Drainage Basin :- لكل نهر حوض تصريف وهي تشمل المساحة الكلية للحوض التي يتم تصريف مياه النهر وجميع تفرعاته ويمكن تحديدها من الخارطة ويوجد عدة انماط من قنوات التصريف Drainage pattern اهما الشجري والمتوازي والمركزي ، معظم التفرعات ترتبط بالجدول الرئيسي بزواية حادة وتكون بشكل يشبه حرف او V.



شكل يوضح حوض التصريف ويشمل النهر الرئيسي وجميع تفرعاته

سرعة النهر: هي المسافة التي ينتقل فيها الماء في الجدول خلال وحدة الزمن ، متوسط سرعة جريان الأنهار حوالي 5 كم/ساعة ، سرعة الجريان تكون اسرع خلال فترة الفيضانات وفي بعض الاحيان تتجاوز 25 كم/ساعة .وتكون سرعة النهر اكبر في وسط النهر عن حافة النهر . السرعة العالية ينتج عنها تعرية Erosion ونقل transport والسرعة المنخفضة للمياه ينتج عنها ترسيب للرواسب المنقولة .



سرعة الترسيب ، العلاقة بين سرعة النهر وحجم حبيبات الرواسب

اما تصريف النهر Discharge :- فانه حجم الماء الذي يجري خلال نقطة معينة خلال وحدة الزمن وبقاس بوحدة م^3/ثا ويرمز له بالرمز Q،ويرتبط التصريف بسرعة النهر بالعلاقة التالية

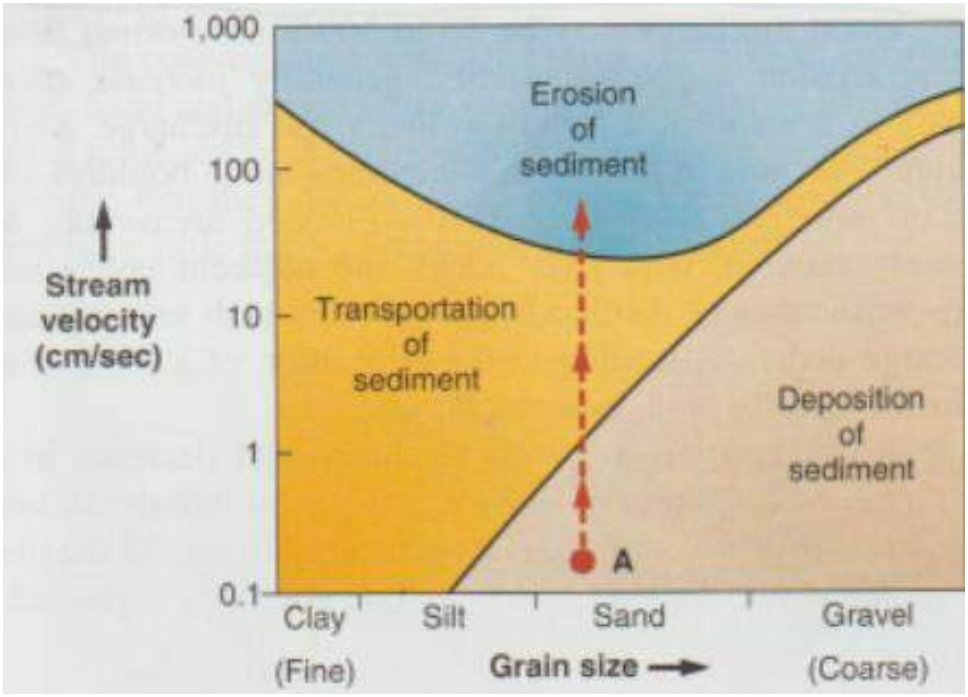
$$\mathbf{Q = A \times V}$$

حيث ان Q = التصريف م^3/ ثا

A =مساحة مقطع القناة ويساوي العرض مضروبا بالعمق ، ووحدة المساحة السطحية بـ م^2

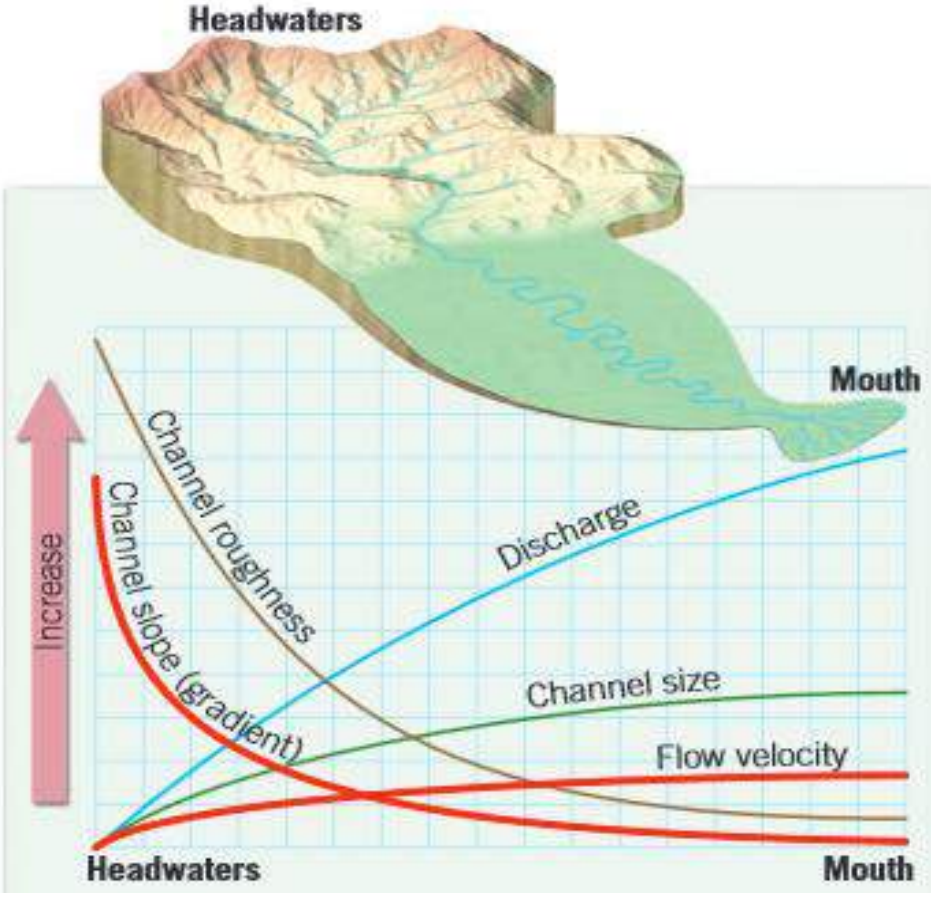
V = سرعة الماء في النهر م/ثا

خلال فترة الفيضانات تصريف الأنهار وسرعة الجريان تزداد نتيجة لسقوط الامطار الغزيرة فوق حوض النهر ،وقد يصل تصريف النهر 50-100 مرة من التصريف الطبيعي للنهر خلال الجريان الاعتيادي .



الشكل ادناه يوضح العلاقة بين سرعة النهر وحجم الحبيبات وعلاقتها بالتعرية والنقل والترسيب

الميل او الانحدار Gradient :- يعتبر احد العوامل التي تسيطر على سرعة جريان الماء في الانهار وتقاس بـ م/كم (اي مثلا كان الهبوط العمودي 3 امتار لكل مسافة افقية مقدارها 1كم ، الجداول في المناطق الجبلية يكون لها انحدار حاد يترواح بين 10-40 م/كم والانحدار يكون قليل جدا وقريب من المستوي في مناطق مصب النهر، مثلا قرب مصب البحر وقد يصل الى 0.1 م/كم .



تغير قنوات الأنهار من مناطق أعلى النهر الى مناطق أسفل النهر Mouth

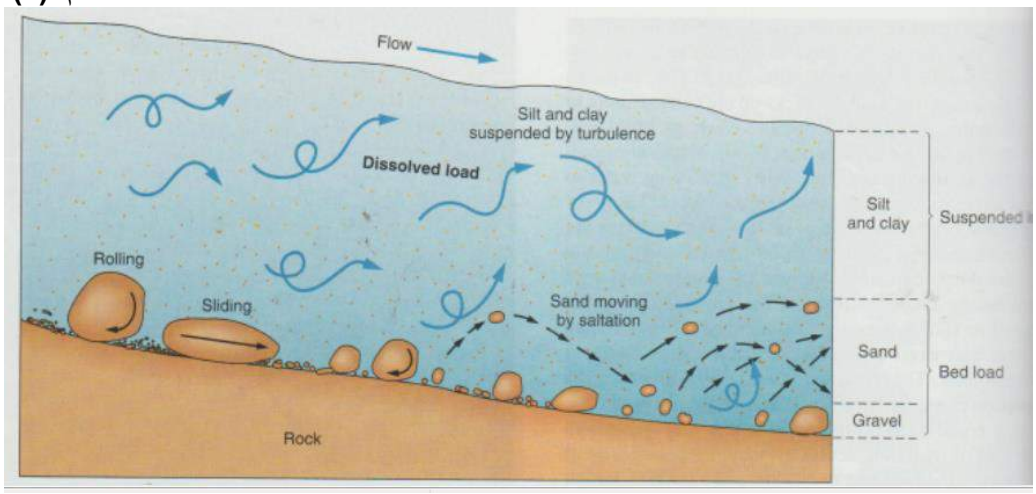
نقل الرواسب بواسطة الانهار

نقل الرواسب بواسطة الانهار تسمى بالحمولة الكلية total load وتقسم الى ثلاثة انواع

1- **حمولة القاع Bed load**: عبارة عن الكتلة الصخرية الكبيرة والرواسب الثقيلة التي تنتقل في قاع النهر وتشمل الحصى والرمل الخشن والقطع الصخرية الكبيرة .القطع الكبيرة مثل Boulder و Cobbles لاتفقد الاتصال مع القاع stream bed وتنتقل اما بواسطة بالتدحرج rolling او الانزلاق sliding . اما الرمل فانه يتحرك بـ القفز saltationحيث انه ينقل بالقفز نتيجة للاضطراب التيار .

2- **الحمولة المعلقة suspended load** :- وهي الرواسب التي تكون خفيفة بشكل كافي لتبقى معلقة في الماء ، المظهر الطيني للانهار خلال الفيضانات اوبعد الامطار يكون سبب في وجود كمية كبيرة من الرواسب العالقة large suspended load عادة من الطين والغرين الناعم clay and silt.

3- **الحمولة الذائبة Dissolved load غير المرئية :-** والتي تكون ناتجة عن التجوية الكيميائية والتي تحمل عدد كبير من الايونات الذائبة مثل NO_3, SO_4 ,HCO_3, Cl, Mg, K, Na, Ca وهذه الايونات يمكن ان تترسب خارج الماء بشكل معادن متبخرات على ضفاف الانهار، الماء النقي الصافي في الحقيقة يحتوي على كميات كبيرة من الحمولة الذائبة غير المرئية (ماء صافي) ولكن عند تبخر الماء هذه المواد الذائبة سوف تصبح مرئية بشكل بلورات تتكون عند تبخر الماء .



-

حمولة القاع مكونة من الرمل والحصى تتحرك اسفل الجدول بواسطة الانزلاق والتدحرج او القفز .الدقائق الانعم من الطين والغرين تكون حمولة معلقة ، الحمولة الذائبة من الايونات تكون غير مرئية .

مراحل النهر من المنبع حتى المصب

1- مرحلة الشباب 2- مرحلة النضوج 3-مرحلة الشيخوخة

مرحلة الشباب	مرحلة النضوج (البلوغ)	مرحلة الشيخوخة
قناة النهر ضيقة بشكل حرف V جوانب حادة لحافة النهر وانحدار عالي، من مظاهر هذه المرحلة الحفر البالوعية والمساقط (الشلالات)	شكل القناة بشكل حرف U يكون النهر بشكل منعطفات مع وجود الجزر في هذه المرحلة	شكل القناة بشكل واسع من U shape تكون البحيرات القوسية نتيجة انقسام النهر الى عدة فروع وتكون الدلتا النهرية
لايوجد ترسبات نهرية	يوجد ترسبات نهرية بحدود ضيقة	يوجد ترسبات نهرية تغطي مساحات واسعة
حركة سريعة للمياه وتحريك للرواسب الكبيرة والصغيرة	حركة متوسطة لسرعة للمياه وتحريك للرواسب المتوسطة والصغيرة الحجم	حركة بطيئة السرعة للمياه وتحريك للرواسب الصغيرة الحجم مثل الغرين بشكل حمولة معلقة

المياه الجوفية Ground water

وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض في فراغات وفجوات او شقوق الصخور / الرواسب والتربة،
وتختلف في الحجم والشكل والترتيب وتنقسم الى مجموعتين:-

1- الفراغات الأولية (الاصلية) التي تكون اثناء تبلور وتكون الصخور .

2- الفراغات الثانوية نشات بعد الترسيب نتيجة عمليات الاذابة والعمليات التحويرية لتكون الفواصل والشقوق

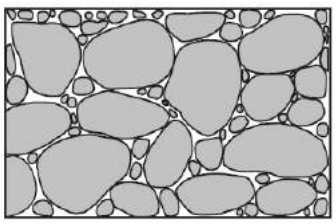
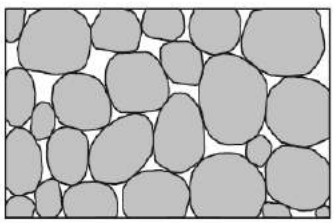
المسامية Porosity

تعرف بانها النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في الصخور او التربة الى الحجم الكلي . ان تلك المسامات pores تكون ذات مدى واسع في الحجم والشكل ،من اقل من 1 µm (مايكرون) مثل الطين ، وقد تصل التكهفات والتشققات في الصخور اكبر من 100 م عرض وتمتد عدة كيلومترات طولا كما هو الحال في في الصخور الجيرية Limestone. والمسامية تكون بدون وحدة ويعبر عنها بكسر او نسبة مئوية% .وقد توجد المسامات الأولية والثانوية في نفس الصخور.

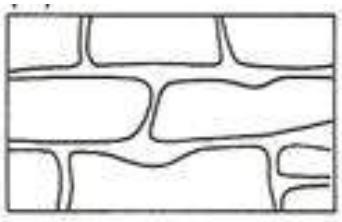
$$\textbf{Porosity (n)} = \frac{Volume\ voids}{Total\ Volume\ of\ Rock}$$

أنواع الفرز وعلاقته بالمسامية

- جيدة الفرز (حبيبات الصخور او الرواسب بنفس الحجم تقريبا) ذات مسامية عالية (A)
- ردئية الفرز(حبيبات الصحور والرواسب مختلفة الحجم كبيرة وصغيرة) ذات مسامية واطئة (B)

- جيدة الفرز ولكن مساميتها معدومة او منخفضة جدا بسب ترسيب المعادن والمواد السمنتية في الفراغات (C)
- صخرة ذات مسامية عالية ناتجة عن فعاليات الاذابة او الشقوق والتكسرات كما في الصخور الجيرية (D)

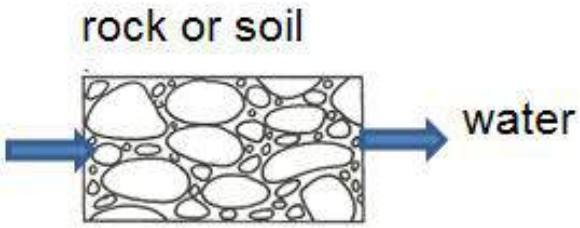


الجدول ادناه يوضح قيم المثالية للمسامية الاولية والثانوية لبعض انواع الترب والصخور .

Material	Primary porosity (%)	Secondary porosity (%)
Clay	45	<1
Sand	15-30	0
Gravel	15-25	0
Limestone	10-35	5
Sandstone	10-35	<1

الايصالية الهيدروليكية (النفاذية) Hydraulic conductivity (K)

قابلية الماء اوالغازات على الحركة خلال وسط مسامي مثل التربة او الصخور وتقاس بوحدة سرعة مثل م/يوم.



العوامل التي توثر على الايصالية الهيدرولكية:-

1- حجم المسام pore size، المسام الكبيرة تعني نفاذية او(التوصيلة الهيدرولكية) عالية.

2- اتصال المسامات مع بعضها خلال الابعاد الثلاثة 3D ، مسامات متصلة اكثر تكون ذات نفاذية اعلى .

3- تعرج مسار الماء خلال الوسط المسامي ويسمى معامل التعرج tortuosity ويمثل النسبة بين معدل مسار المتعرج الى معدل مسار الماء بخط مستقيم .عندما تكون قيمة tortuosity عالية تكون النفاذية منخفضة .

العلاقة بين المسامية و التوصيلة الهيدرولكية:- Relationship between porosity and Hydraulic conductivity

المسامية العالية ليست بالضرورة تعني نفاذية عالية . ربما تكون بعض الصخور او الترب ذات مسامية عالية ولكن ذات نفاذية منخفضة جدا ، بسب كون المسامات دقيقة جدا وربما غير متصلة .

التكوين الحاملة للمياه Aquifer

عبارة عن طبقات صخرية (او رواسب غير متماسكة مثل الحصى و الرمل) تحت سطح الارض لها القابلية على حزن ومرور المياه ، والتي يستخرج منها المياه الجوفية بواسطة الابار wells .والتي هي عبارة عن حفرة في الارض تحفر بواسطة حفارة او يدويا من اجل الوصول الى الماء الجوفي في الخزانات الجوفية. المياه الجوفية تكون مهمة للشرب والزراعة وكذلك مهمة للبيئة والتي تزود الانهار ب Base flow ودعم وجود المياه في المستنقات و الاهوار.

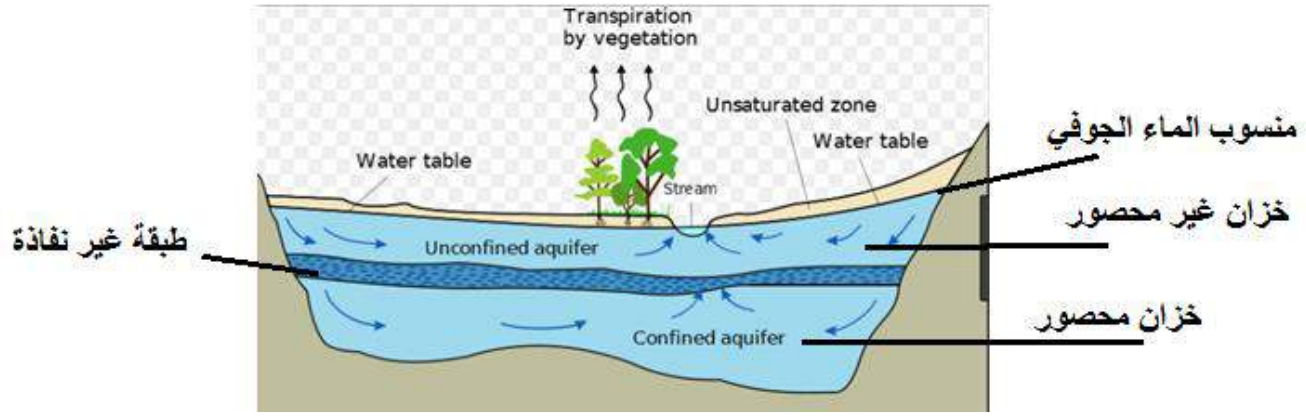
وتقسم الخزانات الحاملة للمياه الى 3 انواع

1- الخزان غير المحصور Unconfined aquifer

يكون منسوب الماء الجوفي هو الحد الاعلى لهذا الخزان ، ولايكون تحت ضغط ومنسوب الماء في الابار هي نفس منسوب الماء الجوفي خارج البئر. ويكون مفتوح بشكل مباشر للجو حيث تكون التغذية مباشرة الى هذا الخزان من خلال نفاذ الماء من التربة او الصخور والتحامها مع المياه الجوفية ويحده من الاسفل طبقة غير نفاذة.

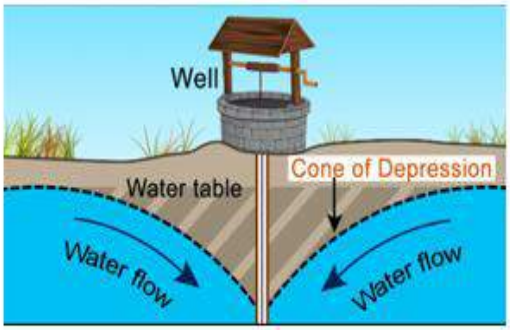
2- الخزان المحصور Confined aquifer

عبارة عن طبقة حاملة للمياه محصور بين طبيقين من الاعلى والاسفل غير نفاذة (ليس لها القابلية على نفاذ الماء من خلالها) ، ومنسوب الماء يسمى المنسوب الانضغاطي pizemoteric pressure حيث يكون الضغط عند اي نقطة في هذا المنسوب اكبر من الضغط الجوي .ومن صفات الابار المحفورة خلال هذا النوع من الخزنات الجوفية قد تكون ابار ارتوازية جارية flowing artesian well والتي تجري بتجاه اعلى البئر بشكل طبيعي وبدون الحاجة الى مضخة، ولكن يوجد ايضا ابار غير جارية non Artesian well ضمن هذا النوع من الحزانات الجوفية .

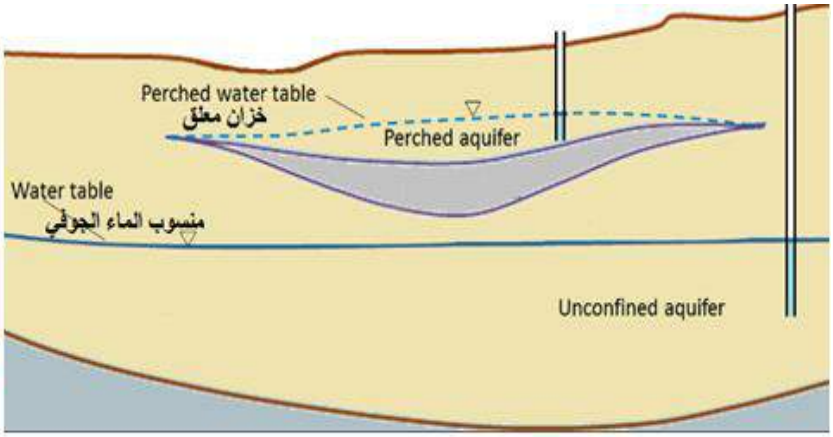


3- الخزان المعلق Perched aquifer

عبارة عن خزان مائي يوجد في النطاق غير المشبعة (فوق النطاق المشبع) وتكون بشكل عدسة جيولوجية لها كيانها المستقل من منسوب الماء وتكون حاملة للمياه ولكن غير ناقلة له وتكون محاطة من الاسفل والجوانب بطبقات غير نفاذة ويمكن الاستدلال عنها من خلال حفر الابار و المقاطع الجيولوجية و تكون محدودة المياه.



تكون مخروط الانخفاض نتيجة لعملية الضخ



مقارنة بين الخزان المحصور وغير المحصور

الخزان غير المحصور	الخزان المحصور Confined aquifer
منسوب ماء الجوفي حر	لايوجد منسوب ماء حر (يوجد سطح بيزمتري piezometric surface
الميل الهيدروليكي يتغير بشكل كبير	الميل الهيدروليكي لايتغير بشكل كبير (متجانس اكثر)
تذبذب كبير في منسوب الماء الجوفي مع تغير المواسم	تذبذب قليل في منسوب الماء الجوفي مع تغير المواسم
الحفر يتم الى منسوب الماء الجوفي	الحفر يتم الى الخزان الجوفي Aquifer
ولايوجد مياه جارية	ربما توجد ابار جارية
التغذية حول موقع البئر	التعذية من مناطق بعيدة عن الابار(مناطق المكاشف الصخرية)
رياضيات والمعادلات معقدة	رياضيات والمعادلات بسيطة
خلال الضخ الخزان الجوفي ممكن يحصل استزاف للماء (جفاف) dewatered	خلال الضخ الحزان الجوفي عادة لايحصل له استزاف للماء dewatered

الغرض من الضخ التجريبي pumping test

1- لمعرفة الهبوط في منسوب الماء draw down نتيجة لعملية الضخ

2- لتحدد الحضائص الهيدرولكية للبئر والتي تشمل

- الناقلية المائية (Transmissivty) T
- معامل الخزن (stoarge coefficent) S
- معامل النفاذية (hydrualic conductivity) K

عند بداية عملية الضخ (خلال الدقائق الاولى) يكون هبوط منسوب الماء الجوفي سريع جدا لان المسامات تكون مقفلة ثم تبدا بالانفتاح وتبدا عملية التغذية recharge من جوانب البئر ولك بعد فترة معينة سوف يهبط منسوب الماء الجوفي بسرعة قليلة، الى ان يصل الى مرحلة الاستقرار (لايوجد هبوط في منسوب الماء) مع استمرار عملية الصخ بسب كون التغذية اصبحت مساوية للتصريف اي ان Qiscahrge = Recharge.

الجيولوجيا التركيبية

الجيولوجيا التركيبية :- وهو العلم الذي يهتم بتحديد وتفسير بنية الصخور ، او هو العلم الذي يهتم بدراسة التراكيب الارضية والعوامل التي ادت نشؤها.

يهتم علم الجيولوجيا التركيبة بثلاث معضلات هي

1- ماهي التراكيب

2- متى تكونت ،

3- تحت اي ظروف تكونت .

الضغط المستقر lithostatic pressure :- وهو الضغط المسلط من قبل عمود من الصخور على نقطة معينة تحت هذا العمود . اذا كان هذا الضغط متساوي في جميع الاتجاهات على تلك النقطة ، يسمى هذا الضغط بالضغط الحاصر Confining pressure ، وان الضغط المستقر يزداد مع العمق داخل الارض.

الجهد Stress :- هو مقدار القوة المسلطة على وحدة المساحة ، ومن الناحية التركيبية الجهد هو الفعل ورد الفعل عبر عنصر سطحي.

الانفعال Strain :- هو التغير في الحجم او الشكل والاثنين معا نتيجة تاثير Stress .

وقد يكون الانفعال توسعيا Dilation او تقلصيا Contraction، اي تغير في الحجم ، او يكون تشويها Distortion اي تغير في الشكل ، اويكون في الشكل والحجم معا .

اذا تعرض جسم الى قوتين متعاكستين بالاتجاه فيسمى هذا النوع بالفتل او الي Torsion .

مراحل التشوه Stages of deformation

1- التشوه المرن Elastic Deformation :- اي ان الجسم يعود الى شكلة وحجمة الاصلي بعد زوال الجهد المسلط علية .

2- التشوه اللدن Plastic Deformation :- اي ان الجسم سوف يسترجع جزيئا شكلة وحجمة الاصلي بعد زوال الجهد المسلط علية .

3- الفصم Rupture :- وهو انهيار الجسم نتيجة الجهد المسلط علية .

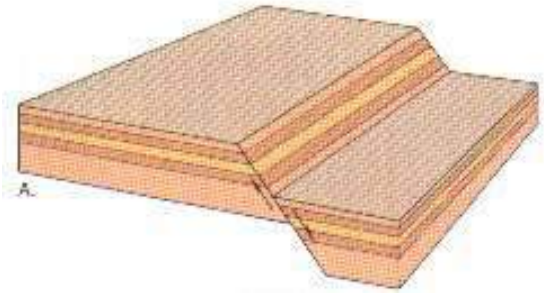
العوامل المؤثرة على سلوك المواد اثناء تعرضها للضغط :-

1. الضغط الحاصر Confining pressure 2- الزمن Time 3- درجة الحرارة

4-المحاليل Solution 5- الضغط المسامي 6- تباين الخواص وعدم التجانس

الفوالق Faults

عبارة عن تشققات في القشرة الارضية حدثت عليها تحركات ملموسة. وتقاس الفوالق بقيمة التحرك النسبي الذي يحدث بين القوالب الواقعة على جانبي سطح الفالق. وقد تكون الحركة افقية، او عمودية او مائلة.



فوالق الميلDip-Slip Faults :- وتسمى الفوالق ذات الحركة المائلة بفوالق الميل، حيث ان الانفصال واقع مع اتجاه ميل سطح الفالق وقد قسمت فوالق الميل الى الفوالق التالية :-

1- الفوالق العادية Normal Faults :- في هذا النوع يتحرك الجدار المعلق Hanging Wall الى اسفل نسبة الجدار القدمي (السفلي) Foot Wall.

2- الفوالق لعكسيةReverse faults :- ويحدث عندما يتحرك الجدار المعلق Hanging Wallالى اعلى بالنسبة للجدار السفليFoot Wall.

3- الفوالق المندفعة thrust Faults :- وهي فوالق عكسية لها زوايا قليلة الميلان تقل عن 45 درجة .

4- فوالق المضرب strike-slip faults :- وهي الفوالق التي تكون فيها الازاحة موازية لمضرب الفالق .

5-الفوالق التحويلية transform faults :- وهي الفوالق التي تكون فيها الازاحة موازية لمضرب الصفحية.

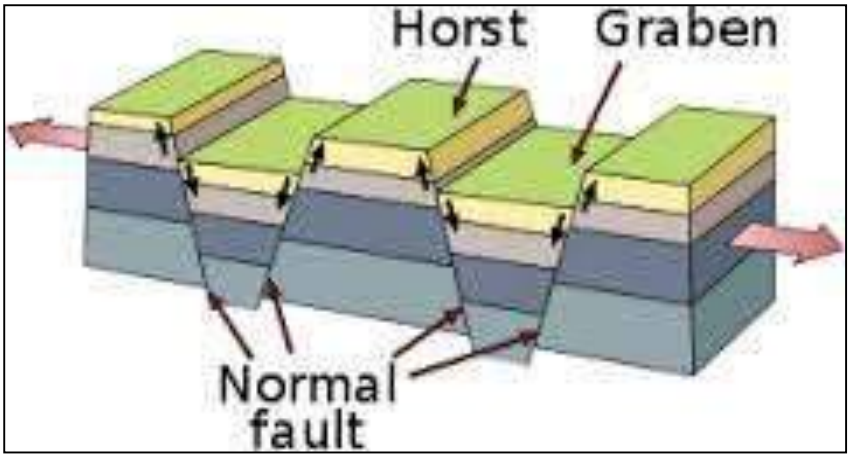
1. الفوالق الوترية oblique-slip faults:- وهي الفوالق التي تتضمن الحركة الفقية والعمودية معا .

يمكن التعرف على وجود الفوالق من الشواهد التالية :-

1. عدم استمرارية التراكيب.
2. تكرار او حذف الطبقات .
3. معالم مميزة لمستويات الفالق مثل الحزوز .
4. التسلكؤ Silicification و التمعدن .

5. التغيرات المفاجئه في السحنات الرسوبية .
6. معلومات طبيعية .

الخسفة Graben :- وهي تركيب جيولوجي ناتج عن الفوالق الاعتيادية يكون بشكل خسفة وكما في الشكل . وهذه الخسفات تنتج وديان مستطيلة محاطة بتراكيب متفلقة الى اعلى تسمى بالنتق horsts.



الفواصل Joints

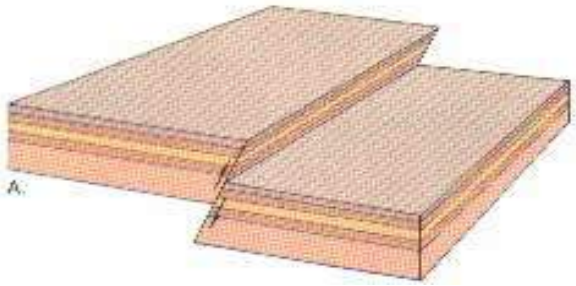
وهي تكسرات او كسور منتظمة في القشرة الارضية وتختلف عن الفوالق بعدم امتلاكها اي حركة موازية لسطح الفاصل . وهنالك نوعين من الكسور او الفواصل ، كسور الشد وكسور القص

انواع الجبال

يمكن التعرف على اربعة انواع من الجبال:

(1) الجبال المطوية (الجبال المركبة) Folded mountains (complex mountains).

(2) الجبال البركانية Volcanic mountains

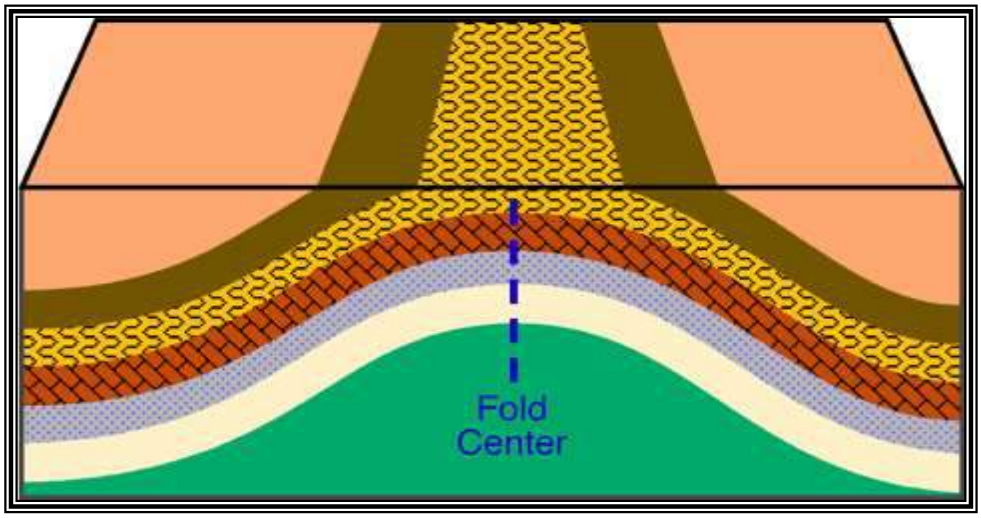


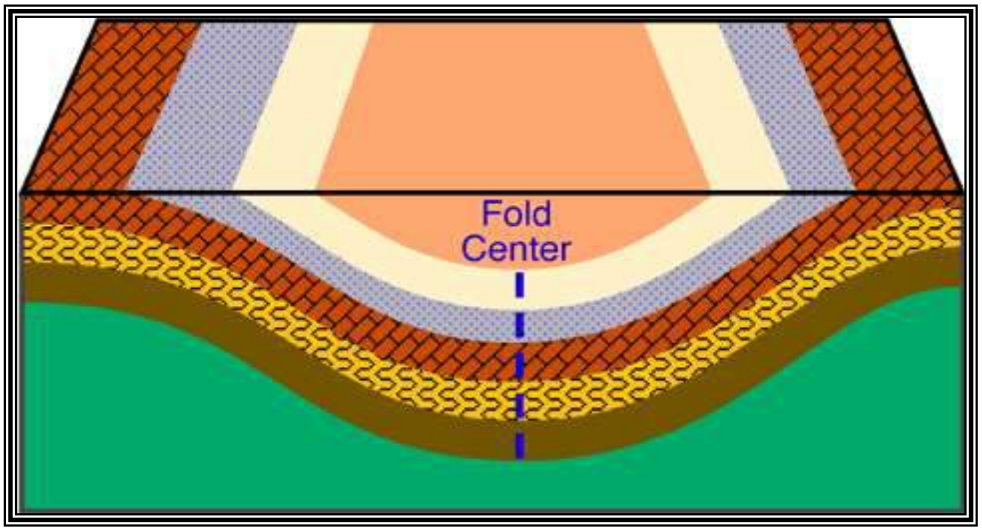
(3) جبال الكتل الصدعيةFault-block mountains

(4) الجبال المقببة Upwarped mountains .

الطيات

هي عبارة عن انثناءات في الصخور المكونة للقشرة الأرضية تتكون بسبب حركات أرضية ممثلة يضغط جانبي عمودي على اتجاه استطالة الطية وان انسب الصخور التي تستجيب لحركات الطي هي الطبقات الصخرية الحديثة العمر الجيولوجي والعظيمة السمك ، إما الطبقات الرسوبية والمتحولة ذات العمر الجيولوجي القديم من النادر إن





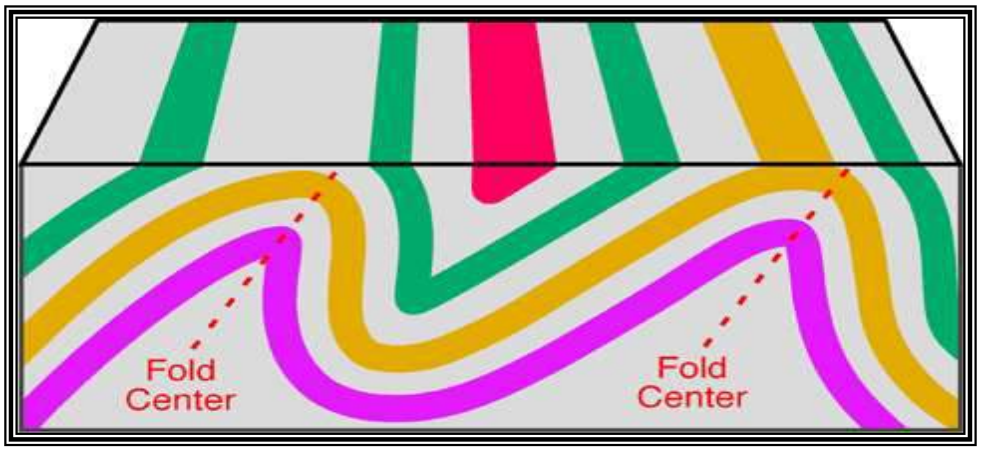
تتأثر بحركات الطي تبعا لصلابة الطبقات الصخرية ، إما إذا تعرضت إلى حركات الرفع التكتوني فأنها سوف تكثر فيها الصد وع والانكسارات

ويمكن إن نميز نوعان من الطيات هما الطيات المحدبة Synclines انظر الشكل (1) التي تتميز بان لها جناحين تمثل طبقاتهما في اتجاه واحد نحو الأسفل ، والطيات المقعرة Anticlines التي تتميز أيضا بجناحين إلا إن طبقاتها تميلان في اتجاهين متعاكسين .انظر الشكل (2) وعلى الرغم من تعدد أشكال الطيات المحدبة والمقعرة إلا إن كلا منها يتألف من عدة عناصر أو أجزاء ثابتة فعندما تنثني الطبقات الصخرية على شكل طية محدبة يصبح لها جانبين تميل فيها الصخور في اتجاهين متضادين يطلق على كل منها اسم جانب الطية Limb، إما أعلى نقطة في الطية المحدبة والتي تعد بمثابة الحد الفصل بين جانبي الطية فيعرف باسم قمة الطية Crest بينما يطلق على الخط الذي ينصف الطية اسم محور الطية ، Axial plane or Anticline axis وليس من الضروري إن يكون

المحور عموديا بل كثير ما يكون مائلا أو شبه أفقي ويطلق على الزاوية المحصورة بين هذا المستوى المائل (مستوى خط قمة الطية) والمستوى الأفقي للمحور من عند نقطة قمة الطية المحدبة اسم زاوية مستوى المحور Pitch.إن هذه الصفات الهندسية للطية المحدبة نفسها تنطبق على الطية المقعرة ، باستثناء قمة الطية التي اشرنا إليها في الطية المحدبة فأنها يطلق عليها هنا اسم قاع الطية المقعرة لتشير إلى النقطة التي تمثل اقل منسوب لأسطح طبقات الطيبة المقعرة.

المضرب Strike :- هو الخط الناتج من تقاطع امتداد الطبقة مع الافق .

الميل Dip :- هو الخط العمودي على مضرب الطبقة .



مفصل الطية Axis :- هو خط الانحناء الاعظم لطبقة مطوية ، وهو يتميز باتجاه وموضع .

المستوى المحوري Axial Plane :- هو السطح الذي يربط جميع المفاصل ، وربما يكون مستويا بسيطا او مسطحا منحنيا .

يدعى جانبي الطية بالطرفين Limbs او الجناحين Flanks.

انواع الطيات

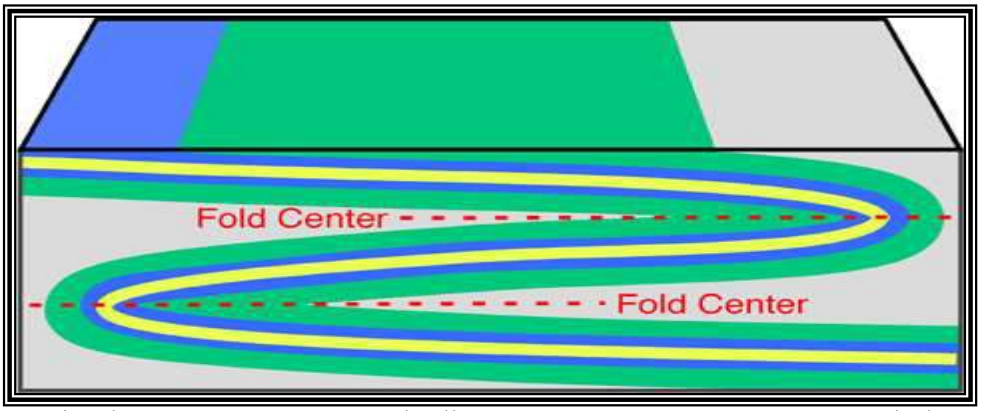
وبناء على تلك الصفات الهندسية للطيات قد نجد أنواع مختلفة من الطيات أخذت أسمائها من التغيير في الصفات الهندسية للطيات ، وبالأخص التغير في ميل محور الطية.

1. الطيةغيرالمتماثلةSymmetrical fold:– وهي الطية التييكون فيها ميل الطبقات في جانبي الطية له قيمة واحدة ويكون المستوى المحوري راسيا.
2. الطية غير المتماثلة Asymmetrical fold :-وهى الطية يكون ميل جناحاها غير متساو وبالتالى فإن المستوى المحورى الذى ينصف الزاوية بين الجناحين يكون مائلا عن الوضع الرأسى.

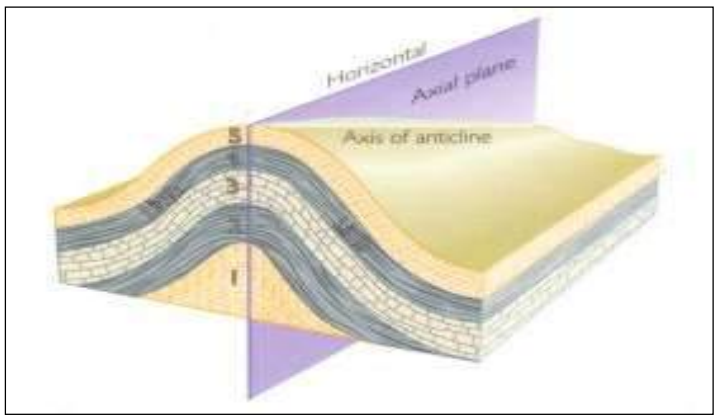
طية متماثلة

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

4. الطية الغاطسة plunging fold :- وهي التي يكون فيها محور الطية مائلا.

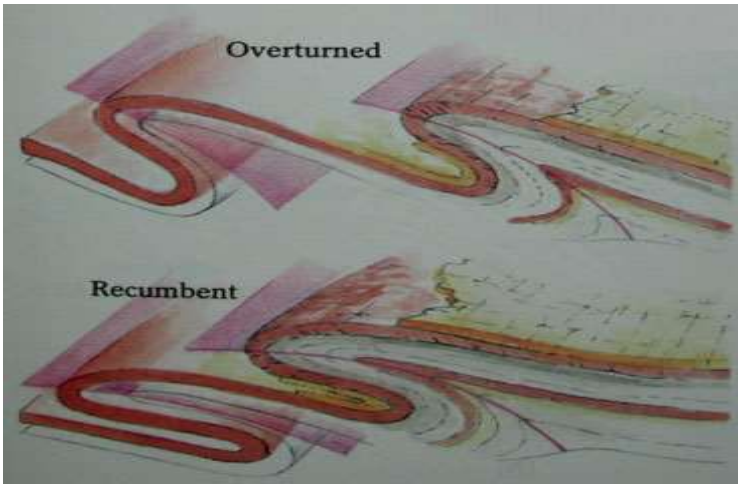


5. الطية المقلوبة Overturned Fold :- هي تلك التي يزيد فيها مقدار عدم التماثل حتى يزيد الميل في أحد جناحيها على 90˚، وفي هذه الحالة يكون المستوى المحوري مائلا عن المستوى الرأسي بدرجة كبيرة وتكون الطبقات المكونة لأحد الجناحين مقلوبة.



6. الطية الصندوقية Box Fold :- وهي تلك الطية التي يكون فيها مفصلان على جانبي قمة الطية ، وتكون قمة الطية منبسطة وعريضة .
7. طية احادية الميل Monocline :- وهي الطية التي يكون احد جناحيها مائلا والاخر يكون افقيا.

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



الحوض Basin :- وهي الطية التي تميل فيها الطبقات إلى الداخل في جميع الإتجاهات نحو نقطة متوسطة تسمى مركز الحوض.

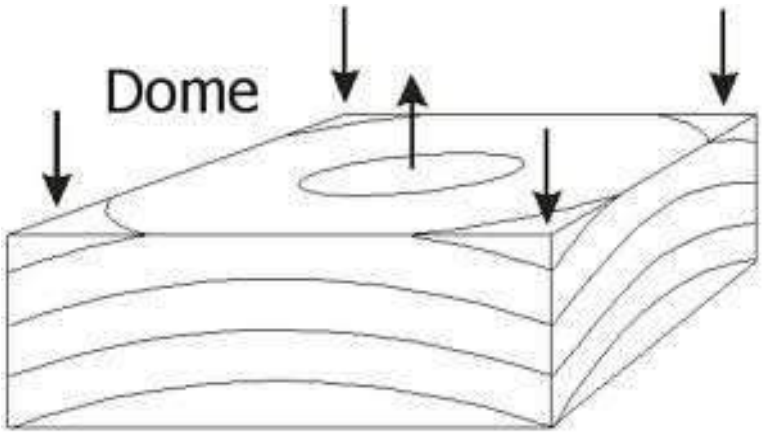
عدم التوافق :- عبارة عن سطح متعرج نسبيا والذي يمثل مجموعتين من الطبقات ، السفلى منها مطوية أو مجعدة والعليا أفقية.

أنواع عدم التوافق :

1- عدم التوافق الزاوي Angular Unconformity :- يمثل سطح يفصل بين طبقات مائلة وأخرى افقيةاي انهما مختلفتين في الميل .

2- عدم التوافق الانقطاعي Disconformity :- يكون على شكل سطح متعرج بين طبقات متوازية أو مائلة أو أفقية.

3- لا توافق Nonconformity :- يتكون هذا النوع من عدم التوافق عندما يتم ترسيب مجموعة من الطبقات الرسوبية فوق صخور نارية أو متحولة.



4- شبه توافق Paraconformity :-يكون سطح عدم التوافق موازيا لأسطح الطبقات ويصعب التعرف عليه في الحقل ولكن يمكن التعرف عليه بوجود طبقة الكونجلوميرات أو بغياب مجموعة من الأحافير.

أنواع الوحدات الطباقية الصخرية (Lithostratigraphic units):

تقسم الوحدات الطباقية الصخرية الى مجموعة من التقسيمات هي:

1. التكوين Formation:

التكوين هو الوحدة الطباقية الرسمية الاساس في التقسيم الطباقي. ويعبر عن كتلة طبقية تتميز بصفة او مجموعة من الصفات الصخرية الطبيعية المميزة والتي تميزها عن الطبقات المجاورة لها. ويتكون اسم التكوين عادة من مقطعين. وهناك طريقتين لتسمية التكوين: الطريقة الاولى هي ذكر اسم الموقع الجغرافي للتكوين يلحقه عبارة " تكوين"، مثل تكوين كولوش او تكوين عقرة، حيث ان كولوش وعقرة اسمين لموقعين جغرافيين في العراق. والطريقة الثانية لتسمية التكوين تكون باضافة لاحقة لاسم التكوين تمثل الصفة الصخرية السائدة فيه. مثل تكوين عقرة الجيري. فكلمة " الجيري" تمثل صفة صخرية لتكوين العقرة حيث تكون معظم صخوره جيرية.

2. العضو Member:

هو وحدة طباقية صخرية تكون اصغر من التكوين. حيث يمكن تقسيم التكوين ثانويا الى مجموعة من الاعضاء (members) وذلك اذا لوحظ ان التكوين يتكون من مجموعة من الصفات الطبيعية يمكن فرزها، وكذلك اذا دعت الحاجة من قبل الجيولوجيين لهذا التقسيم خاصة عند وضع المقاطع الطباقية في الحقل او عند رسم الخرائط الجيولوجية. ومن شروط استحداث العضو هو ان تكون حدوده ضمن حدود التكوين نفسه اذا لايمكن ان تتجاوز حدود اي عضو حدود التكوين الواقع ضمنه. وكذلك يجب تحديد الموقع الجغرافي والموقع النموذجي للعضو عند استحداثه لأول مرة.

3. الطبقة Bed:

الطبقة هي اصغر وحدة طباقية صخرية. وتطلق عبارة طبقة (bed) على وحدة طبقية من الصخور المتطبقة والتي يتراوح سمكها عادة من سنتمتر واحد الى عدة امتار. وعادة ما تميز الطبقات وتسمى وفقا للحاجة الطبقية عند تحديد طبقات مفتاحية او دالة (marker beds, key beds) لغرض المضاهاة مثلا. وعادة ما تتميز الطبقة بصفات صخرية تميزها عن الطبقات التي تعلوها او تسفلها.

4. المجموعة Group:

المجموعة هي وحدة طباقية صخرية تتكون من تكوينين او اكثر تجمعهم صفة صخرية طبيعية مشتركة. وعادة ما يكون الغرض من جمع التكاوين في مجموعة هو لإظهار العلاقات الطبقية فيما بينهم وكذلك في رسم الخرائط بمقياس رسم صغير، مثلا 1 سم: 5 كم. وتسمى المجموعة باسم الموقع الجغرافي المختار مع عبارة مجموعة. مثال على ذلك مجموعة كركوك التي تتكون من تسعة تكاوين هي: ازقند و بابا وشيخ علاس و ابراهيم وتارجيل وبلاني و عنة وباجوان و شورا. ومن الضروري الاشارة الى انه لا يتم تحديد موقع نموذجي للمجموعة لأن المقاطع النموذجية للتكاوين التي تضمها المجموعة تعد كافية.

5. المعقد Complex:

المعقد هو وحدة طباقية صخرية تتكون من مجموعة متنوعة من اصناف الصخور (رسوبية او نارية او متحولة). ويتميز المعقد بخليط من الصخور المختلفة صخاريا او ذات علاقات تركيبية معقدة.

6. الأفق الطباقي الصخري (Lithostratigraphic horizon (Lithohorizon:

الأفق الطباقي الصخري هو سطع مستوي يشير الى حدوث تغير في الصخارية. وعادة ما يكون حدا للوحدات الطباقية او حدا يميز الطبقات الدالة صخاريا ضمن الوحدة الطباقية.

خطوات استحداث الوحدات الطباقية الصخرية

(Procedures for Establishing Lithostratigraphic Units):

لإستحداث الوحدات الطباقية الصخرية لابد من اجراء الخطوات التالية:

اولا: اختيار الموقع النموذجي والمقطع النموذجي: يجب ان يكون لكل وحدة صخرية طبقية موقع نموذجي ومقطع نموذجي دقيق ومحدد بوضوح. فيتم تمييز المقطع النموذجي للوحدات المتطبقة والمقطع النموذجي للوحدات الطباقية غير المتطبقة. ويفضل اختيار مقاطع مرجعية اضافية و مواقع نموذجية اخرى لزيادة الدقة في الاستدلال على الوحدات الطباقية الصخرية.

ثانيا: تحديد حدود الوحدات الطباقية: توضع حدود الوحدات الطباقية عند وجود تغير عمودي او جانبي في الصخارية.

ثالثا: عدم التوافق والفجوات الطباقية: التتابعات الطبقية ذات التركيب الصخاري المتشابه والمفصولة بعدم توافق اقليمي او فجوة كبيرة يجب ان تفصل كوحدات طباقية مستقلة. اما الفجوات المحلية او الثانوية او عدم التوافق ضمن تتابع من نفس الصخارية او من صخارية متشابهة فلا يجب ان تعد اسباب لفصلها الى وحدات طباقية مستقلة وانما تؤخذ كوحدة طباقية صخارية واحدة.

تسمية الوحدات الطباقية الصخرية:

يتكون اسم الوحدات الطباقية الصخرية من مقطعين. يمثل المقطع الاول اسم الموقع الجغرافي ويمثل المقطع الثاني درجة الوحدة الطباقية كأن تكون مجموعة او وحدة او عضو او طبقة. كما يضاف اسم الصفة الصخرية للمميزة للوحدة الطباقية في بعض الاحيان. اما اذا وجدت وحدتان تتدرجان جانبيا في صفاتهما الصخرية فالجزء الذي يمثل تداخل الوحدتين يمكن أن يشار له باسم الوحدتين تفصلهما شارحة، وذلك الى ان يتقرر اعتبار ذلك الجزء تابعا لأحد الوحدتين او استعمال اسم ثالث مستقل له.

مثال على ذلك يتدرج تكوين تانجيرو في العراق جانبيا ولمساحات واسعة مع تكوين شيرانش، ولذلك يشار الى هذه المنطقة المتداخلة بتكوين تانجيرو- شيرانش Tanjero- shiranish formation.

الطباقية الحياتية Biostratigraphy

الطباقية الحياتية (Biostratigraphy) هي احد فروع علم الطبقات (Stratigraphy) نشأت منه كأداة في تقسيم العمود الطباقي وفقا لمحتواه من الاحافير. وبذلك فهو علم وصفي (descriptive) وتجريبي (empirical) معا، هدفه الاساسي هو إجراء المظاهاة (Correlation) مابين الطبقات المختلفة اعتمادا على اساس ما تحتويه من احافير (Fossils) من حيث توزيعها، عمرها، درجة تطورها، كثرتها او ندرتها، وغيرها من الصفات الاحفورية للطبقات.

مع تطور هذا العلم اصبح اداة رئيسة في علم التتابعات الطباقية (Sequence Stratigraphy)، اذ يؤلف مع علم الرسوبيات والطباقية الزلزالية والطباقية الزمنية، اهم ادوات علم التتابعات الطباقية، والذي يعني بدراسة السجل الصخري وتقسيمه الى مسارات الأنظمة (system tract) وفقا لتصنيف الصخور خلال الزمان والمكان.

المجاميع الاحفورية والانطقة الطباقية الحياتية

عرفت الطباقية الحياتية بأنها: "دراسة الطبقات الصخرية وفقا لمحتواها من الاحافير". السؤال البديهي الأول هو : ما المقصود بـ"محتواها من الاحافير" ؟ هل يقصد أنواعها، عمرها، بيئتها، درجة تطورها، توزيعها الجغرافي، عددها، طبيعة وجودها...الخ؟

أما السؤال الثاني فهو: " كيف نقوم بعملية تحديد وتقسيم التتابعات الطباقية وفقا لمحتواها من الاحافير؟

المجاميع الأحفورية:

1- أهمية الأحافير:

تعد الأحافير واحدة من أهم الأدوات المستخدمة في دراسة وتحديد الطبقات الصخرية. وتكتسب هذه الأهمية لأنها تعد دليلا دقيقا وحساساً للبيئة القديمة وأنماط الترسيب وطبيعة المناخ في الماضي، ودرجة ونوع التطور الحياتي، وبذلك فهي تعد سجل جيد للزمن الجيولوجي.

2- مجاميع الأحافير:

هناك أربعة أنواع من الطبقات الصخرية وفقا لوجود الاحافير فيها:

- طبقات لا تحتوي على احافير.

- طبقات تحتوي على احياء عاشت ودفنت في نفس الموقع (مشتركة الحياة **Biocoenosis**).
- طبقات تحتوي على احافير عاشت في مكان مختلف عن المكان الذي وجدت فيه، اذ انتقلت إليه بعد الموت (مشتركة الموتThanatocoenosis).
- طبقات تحتوي على احياء منقولة بعيدا عن بيئتها الطبيعية.

كل هذه الأصناف من الطبقات الحاملة للأحافير يمكن استخدامها كأساس في تحديد الأنطقة الحياتية الطباقية. اما الطبقات التي تفتقد للأحافير الممكن تحديدها او تلك الخالية تماما من الاحافير فهي لا تخضع للتصنيف الطباقي الحياتي.

3- الاحافير المعادة (Reworked Fossils):

وهي الاحافير التي توجد في صخور احدث عمرا منها نتيجة اما لعمليات التعرية او النقل او اعادة الترسيب. ومثل هذه الاحافير يجب ان تعامل بمعزل عن الاحافير الأصلية (indigenous fossils) في الصخور لانها تختلف في معطياتها البيئية والعمرية.

4- الاحافير المتسربة (Introduced or infilterated Fossils):

وهي الأحافير التي تتسرب الى صخور اقدم او احدث منها عمرياً بفعل المائع (Fluids) او الحيوانات الحافرة (animal burrows) او فعاليات الجذور النباتية (root activites) او بفعل السدود او الاختراقات الرسوبية (sedimentary dikes or diapers). وهذه الاحافير يجب ان تميز عن الاحافير الاصلية (indigenous fossils) عند تحديد الانطقة الطباقية الحياتية.

5- المتحجر الدال (Index Fossil):

يستخدم المتحجر الدال في تشخيص الانطقة الحياتية وفي المضاهاة ويجب أن يمتاز بعدة صفات اهمها:

1- العمر القصير.
2- انتشار جغرافي واسع.
3- يوجد بوفرة.
4- تغير مورفولوجي سريع ومميز.

بعض الملاحظات المهمة عند استحداث الوحدات الطباقية الحياتية:

من الضروري أن يكون هناك وصف دقيق وصور للمصنفات العضوية الأساسية المستخدمة في تحديد النطاق او ذكر المراجع التي تحوي على صور المصنفات.

في استحداث وحدة جديدة او اختيار وحدة من بين وحدات مستحدثة سابقاً، فان العامل الأساسي الذي يؤخذ بنظر الاعتبار حين الاستحداث هو الفائدة العملية من هذا الاستحداث.

يجب إعطاء الأولوية (أو الأفضلية) لوحدات يتم استحداثها على أساس وفرة النماذج وتواجدها الواسع وسهولة تشخيصها.

المضاهاة الطباقية الحياتية:

تمم عملية توسيع الوحدات الطباقية الحياتية ومدها بعيدا عن المناطق التي عرفت وميزت بها (أي مقاطعها النموذجية) بواسطة عملية المضاهاة الطباقية ا لحياتية. وهي عملية إيجاد التماثل او التطابق في الصفات الطباقية الحياتية بين المواقع أو المكاشف المنتشر جغرافيا وذلك اعتمادا على محتواها الاحفوري.

قد تكون المضاهاة الطباقية الحياتية في بعض الأحيان مضاهاة زمنية أيضا. إلا أن ذلك ليس دائما فقد تكون المضاهاة الحياتية بين سحنات حياتية مختلفة بالعمر أو تقطع خط الزمن (diachronous).

تسمية الوحدات الطباقية الحياتية:

يتكون اسم الوحدة الطباقية الحياتية من اسم المصنف المستخدم في تحديدها وتعريفها ومن الاسم الرسمي لنوع الوحدة (مثل نطاق-مدى، أو نطاق- تجمع ...الخ). ويجب أن تستند طريقة كتابة اسم الاحفورة إلى القوانين العالمية في التسمية الحياتية (الحيوانية والنباتية)" International Code of Zoological and Botanical Nomenclature". فالحرف الأول من اسم الوحدة يجب أن يكتب بحرف كبير (Capital letter)، مثل: Rang-Zone. وكذلك يكتب الحرف الأول من اسم الاحفورة إذا كانت جنس بحروف كبيرة. بينما يكتب اسم النوع بحروف صغيرة (Small letter). وعند الطبع يجب أن تكتب الأسماء بحروف مائلة (Italics). وفي حالة كتابة الأسماء يدويا فيجب وضع خط تحت اسم الجنس أو النوع للدلالة على إنها حين الطبع يجب أن تكتب بأحرف طباعية مائلة.

ملاحظات:

عند استخدام اسم النوع في تسمية الوحدات الطباقية فيجب ان تحمل التسمية اسم الجنس أيضا.

تستخدم الشارحة (-) في كتابة اسم الوحدات الطباقية الحياتية المركبة. مثل: Range- Zone. بينما لا تستخدم هذه القاعدة عند استعمال صفة تأتي في بداية الاسم. مثل: Biozone.

مراجعة الوحدات الطباقية الحياتية:

إن مراجعة الوحدات الطباقية بصورة عامة هو من اجل توخي الدقة وثبات أو لاتزان التواصل بين الطبقيين. ولذلك فان أول استحداث لنطاق حياتي معين ليس دائما هو الصحيح أو المفيد. لذالك فان مراجعة الأنطقة الطباقية الحياتية أو استحداث انطقة جديدة هو من إعطاء وصف أكثر شمولا ودقة، وقابل للتطبيق بصورة واسعة، ويمتاز بسهولة التحديد والتمييز أيضا.

ومن الاسباب الاخرى التي تدعو الى اعادة تعريف الانطقة الطباقية هو الاخطاء في التسمية او اكتشاف تعاقب اكثر تكاملا ووضوحا واكث احتواءا على الااحافير.

ان التغيير في التسمية يجب ان يتفق مع اسماء المصنفات حسب القوانيين العالمية للتسميات الحياتية (النباتية والحيوانية) "International Code of Zoological and Botanical Nomenclature ". ومن الملاحظات المهمة جدا في التسمية واعادة تعريف الوحدات الطباقية الحياتية، هو إن الاحفورية التي استعملت مرة للدلالة على نطاق او وحدة طباقية حياتية معينة يجب ان لا تستعمل في تسميات وحدات طباقية حياتية اخرى.

العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الأخرى

تشترك كل الوحدات الطباقية بصورة عامة بكونها جميعا تتناول دراسة صخور القشرة الأرضية بصورتها المتطبقة وبدراسة تأريخ الأرض من خلال كتلتها الصخرية. ومن جانب آخر، تهتم كل فئة من فئات الوحدات الطباقية بصفات ومظاهر صخرية مختلفة. وبذلك فان لكل فئة من هذه الفئات أهمية واستخدام معين في حالة معينة ولغرض خاص.

وكما هو معروف الآن، أن الوحدات الطباقية الحياتية تعتمد في تعريفها وتشخيصها على أساس ما تحتويه الصخور من احافير. وبذلك فهي تتميز عن غيرها من أنواع الوحدات الطباقية الأخرى بكون الأحياء التي اعتمد على بقاياها الاحفورية في تعيين هذه الوحدات تظهر تغيرات تطورية Evolutionary changes خلال الزمن الجيولوجي. وهذه التغيرات لا تتكرر في السجل الطباقي، وبالتالي فان المجاميع الاحفورية ستختلف من وقت لآخر.

1- العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الصخرية:

تعرف الوحدات الطباقية الصخرية وتشخص على أساس المكونات او الصفات الصخرية للصخور. وبذلك فهي تختلف في أسس تعريفها عن الوحدات الطباقية الحياتية. وعلى هذا الأساس فالوحدات الطباقية الصخرية تعد الوحدة الأساسية في رسم الخرائط الجيولوجية، فحيثما كان هناك صخور فمن الممكن تصنيفها وفقا لمفهوم الوحدات الطباقية الصخرية. اما الوحدات الطباقية الحياتية فلا يمكن استخدامها إلا في تصنيف الصخور الحاملة للأحافير.

وقد تتطابق حدود الوحدتين الطباقيتين الصخرية والحياتية محليا، لكنهما عادة ما تقعان في أفق طباقية مختلفة أو تقطع احدهما الأخرى. ففي حالة ظهور الاحافير كصفة صخرية مميزة، كان تكون واضحة للعيان وبوفرة عالية، فمن الممكن استخدامها كصفة صخرية، وبذلك يمكن لحدود الوحدتين الطباقيتين الصخرية والحياتية أن تتطابقان. وقد تتطابق حدود الوحدتين أيضا حينما يكون هناك تغير في بيئة الترسيب حيث ينعكس ذلك على نوعية الصخور المترسبة وكذلك على الأحياء التي تعيش فيها. والمعروف أن كل من الوحدتين تعكس البيئة

الترسيبية للعمود الطباقي، إلا إن الوحدات الطباقية الحياتية أكثر دلالة وتأثرا بالعمر الجيولوجي. ويمكن لعدم التوافق أن يؤدي، في بعض الأحيان، إلى تطابق حدود الوحدتين أيضا.

وأخيراً، تعد كلا الوحدتين الطباقيتين الصخرية والحياتية وحدات طباقية أساسية لاغنى عنهما في تصوير المكونات الصخرية وهندسية صخور القشرة الأرضية وتعكسان تطور الحياة والبيئة القديمة على الأرض.

2- العلاقة بين الوحدات الطباقية الحياتية والوحدات الطباقية الزمنية:

تعرف الوحدات الطباقية الزمني بضم كل الصخور المتكونة ضمن فترة معينة من تاريخ الأرض. إن هذه الوحدات، في كل مكان، تتضمن صخور ذات عمر معين وحدودها متساوية العمر Synchronous. وبذلك ففي حين إن كل الوحدات الطباقية الأخرى (الصخرية والحياتية والمغناطيسية ووحدات عدم التوافق) تحدد وتعين على أساس مظاهر فيزيائية معينة، فان الوحدات الطباقية الزمنية تحدد وتعرف على أساس وقت تكونها. الوحدات الطباقية الحياتية قد تقترب من الوحدات الطباقية الزمنية. إلا إن حدود الوحدتين قد تختلف وبشكل أساسي. وكما هو معرف ان حدود الوحدات الطباقية الزمنية يجب أن تكون متماثلة في العمر(Isochronous) على حين تختلف حدود الوحدات الطباقية الحياتية بسبب التغير في ظروف الترسيب واختلاف ظروف حفظ الاحافير او عدم اكتشاف الاحافير والوقت الذي يحتاجه المصنف حين الهجرة وكذلك الاختلافات الموضعية في خطوط التطور، وغيرها من العوامل. وبذلك فان حدود الوحدات الطباقية الحياتية ليست متماثلة في العمر في جميع المناطق.

وقد تتطابق حدود الوحدتين الطباقيتين الزمنية والحياتية في حالة كون الاحافير المستخدمة في تصنيف الوحدة الطباقية الحياتية مهمة من احافير مرشدة لعمر معين عند ذلك قد تتطابق حدد الوحدتين إلا إن معايير تشخيص كل منهما تختلف عن الأخر.

إن الفرق الأساسي بين الوحدتين الحياتية والزمنية هو ان النطاق الطباقي الحياتي يتحدد بالوجود الفعلي لصفة معينة من صفات الاحافير. بينما النطاق الطباقي الزمني يميز جميع الصور المتكونة خلال فترة زمنية معينة من عمر الأرض.