المحاضرة الاولى

تعريف علم الأرض (الجيولوجي)

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، (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 مثل 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.

فروع علوم الأرض

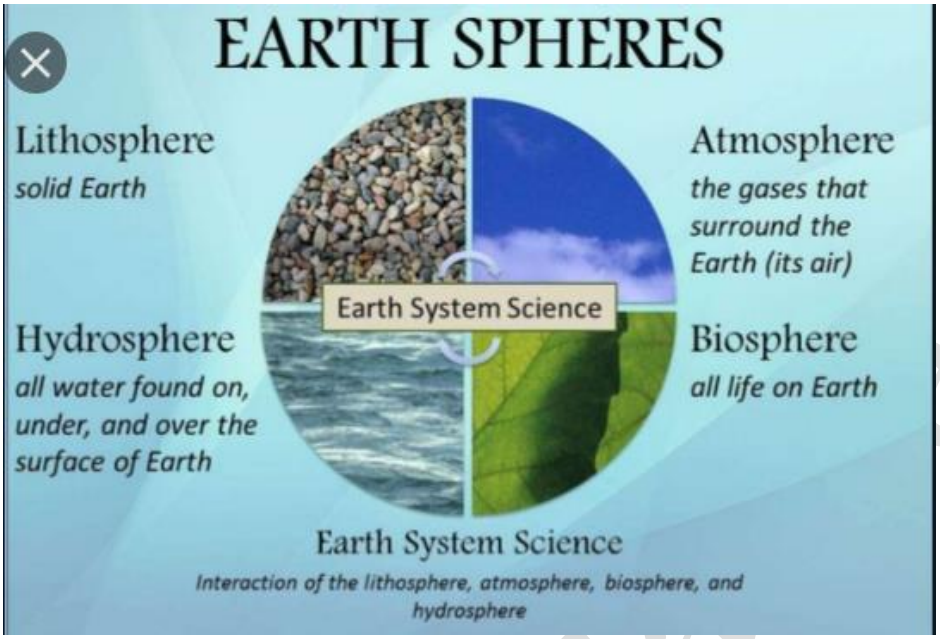
تم الاتفاق حديثا على إطلاق مصطلح علوم الأرض Earth Sciences على الجوانب التي تتناول دراسة الأرض مقسمة على ثلاثة أقسام استنادا على خواص المادة (الصلبة والسائلة والغازية) وكما موضح في المخطط الآتي:

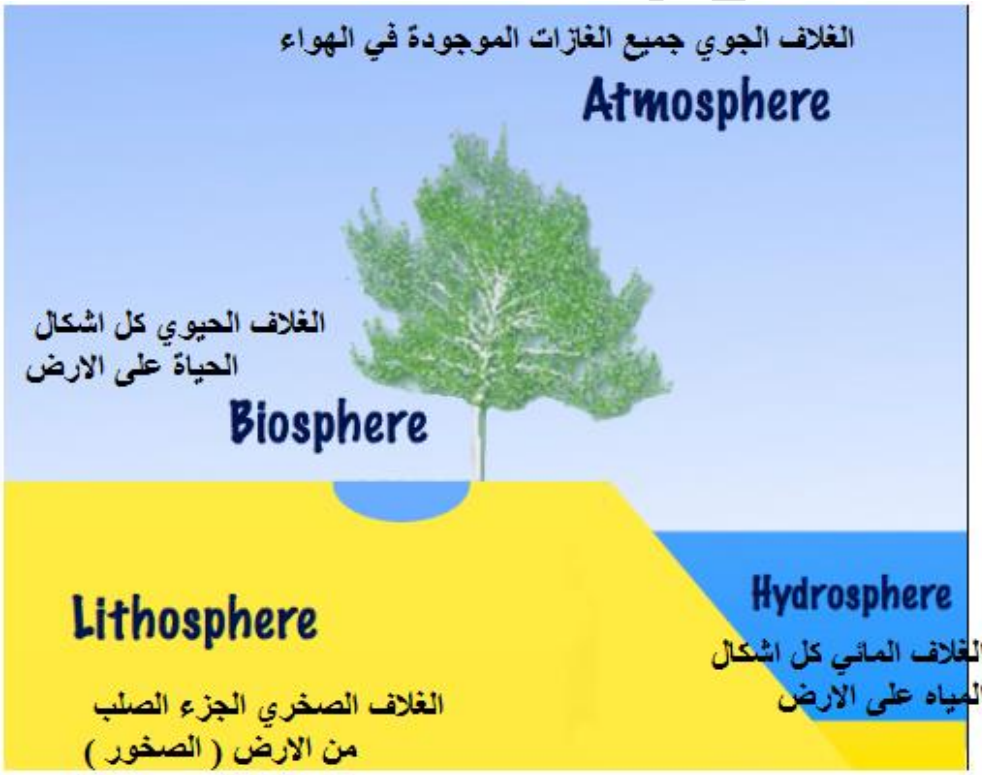
علوم الأرض Earth Science

العلوم الجيولوجية Geological Sciences	**علم المحيطات**	**علم الأنواء الجوية**
يتعلق بدراسة الجزء الصلب من الأرض وهو ما يدعى	**Oceanography**	**Meteorology**
الغلاف الصخري	يتعلق بدراسة الجزء السائل من الأرض وهو ما يدعى	يتعلق بدراسة الجزء الجوي المغلف للأرض وهو ما يدعى
Lithosphere	**الغلاف المائي**	**الغلاف الغازي**
	Hydrosphere	**Atmosphere**

بالاضافة الى ذلك يوجد الغلاف الحيوي **Biosphere** على الارض ويشمل جميع الاحياء والنباتات الموجودة على الارض وبجميع انواعها

Dr. Omar Nabhan





شكل يوضح جميع انواع اغلفة الارض

وتشتمل العلوم الجيولوجية على ثلاثة فروع أساسية هي:

1-الجيولوجيا (أو علم الأرض) Geology

2-الجيوفيزياء Geophysics

3-الجيوكيمياء Geochemistry

اضافة الى 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.

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 الموجودة في الطبقات.
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 والتجوية بانواعها المختلفة.
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.

المحاضرة الثانية

نشاة الارض :- لقدت ظهرت العديد من النظريات التي تبحث في نشاءة المجموعة الشمسية بصورة عامة واصل الارض بصورة خاصة وكل هذه النظريات تتفق على ان الشمس هي ام الكواكب واهم النظريات :-

1-نظرية كانت

تتلخص نظرية كانت بأن المجموعة الشمسية كانت في بادى ء الأمر عبارة عن مجموعة كبيرة جدا من الأجسام الصلبة الصغيرة والمعتمة تسبح بسرعه في الفضاء ثم اصطدمت هذه الأجسام ببعضها البعض بقوة الجذب، ونتيجة هذا الاصطدام واحتكاكها ببعضها ولدت حراره عاليه جدا ونتجت عن هذه الحرارة غازات متوهجة كالغازات التي يتكون منها السديم، وأخذت الغازات بالدوران حول نفسها بسرعة عظيمة جدا ثم انفصلت عن نطاقها إلى حلقات غازية بفعل القوة الطاردة المركزية، ومن هذه الحلقات تكونت الكواكب السيارة ومنها الأرض أما الجزء الأسفل فكون الشمس.

Dr. Oman Nabhan

2- نظرية لابلاس أو النظرية السديمية

3- نظرية المد الغازي

4- نظرية الازدواج النجمي: تفترض النظرية بانه كان في الاصل نجمان كبيران او شمسان وقد انفجرت احدى هذين النجمين مكونا الكواكب 9 المجموعة الشمسية ، بينما بقيت النجمة الاخرى مكونة الشمس الحالية التي يدور حولها الكواكب 9.

بنية وتركيب الأرض CONSTRUCTION OF THE EARTH

أغلفة الأرض

في المحاضرة السابقة ذكرنا الأغلفة التي تحيط بالارض، وحسب رأي العديد من العلماء يمكن تحديد هذه الأغلفة كالآتي:

1-الغلاف الصخري (Lithosphere): الغلاف الصلب الذي يكون 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 حوالي 70% من مساحة الأرض الكلية تقريبا.

3-الغلاف الغازي (Atmosphere): يتكون من خليط من الغازات والأبخرة التي تغلف الكرة الأرضية. يشكل غاز الأوكسجين (O_2) 21% والنتروجين (N_2) 78%، بينما تشمل النسبة المتبقية وهي 1% فقط الغازات الأخرى مثل ثاني أو كسيد الكاربون (CO_2)، والغازات الخاملة (النيون، الزينون، وغيرها). وتكمن اهمية النسب الأعلى للنتروجين والأوكسجين في احتياج الكائنات الحية لديمومة حياتها.

4-الغلاف الحياتي (Biosphere): يتضمن الكائنات الحية التي تعيش في 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 كثافة الصخور عن الصخور التي

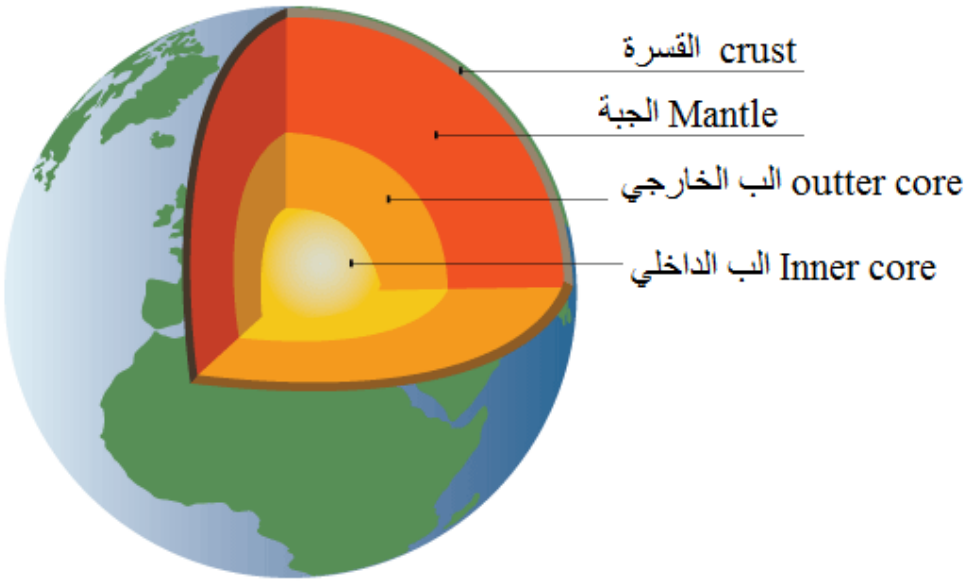
Dr. Omar Habhan

تعلوها. فضلا عن أن أعمق الآبار المحفورة في الارض لم تخترق اكثر من 19 كم وأن أعمق المناجم لم يتجاوز عمقه 3.5 كم تحت الأرض، وهذا العمق غير كاف لمعرفة طبقات الأرض خصوصا من خلال جمع النماذج الصخرية، إذا ما علمنا أن مركز الأرض يقع على عمق 6371 كم .

باطن الارض يقسم الى ثلاثة اجزاء رئيسية وهي :-

1- القشرة الارضية crust 2- الجبة Mantle 3- اللب Core

عمليا يمكن تشبيها بالبيضة المسلوقة حيث يمثل قشر البيضة (القشرة الأرضية) وبياض البيض يمثل الجبة وصفار البيض يمثل اللب .



Dr. C Nabhan

أجزاء باطن الأرض الرئيسة

1 القشرة Crust: - تمتد من السطح إلى خط انقطاع موهو (Moho Discontinuity)وهو الفاصل بين القشرة والجبة على عمق متفاوت بمعدلات تتراوح بين 30 إلى 50 كم تحت المناطق القارية وحوالي 10 إلى 12 كم تحت المناطق المحيطية. لذلك تقسم القشرة إلى نوعين: قارية ومحيطية (ماهو الفرق بينهما ؟؟) .

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.

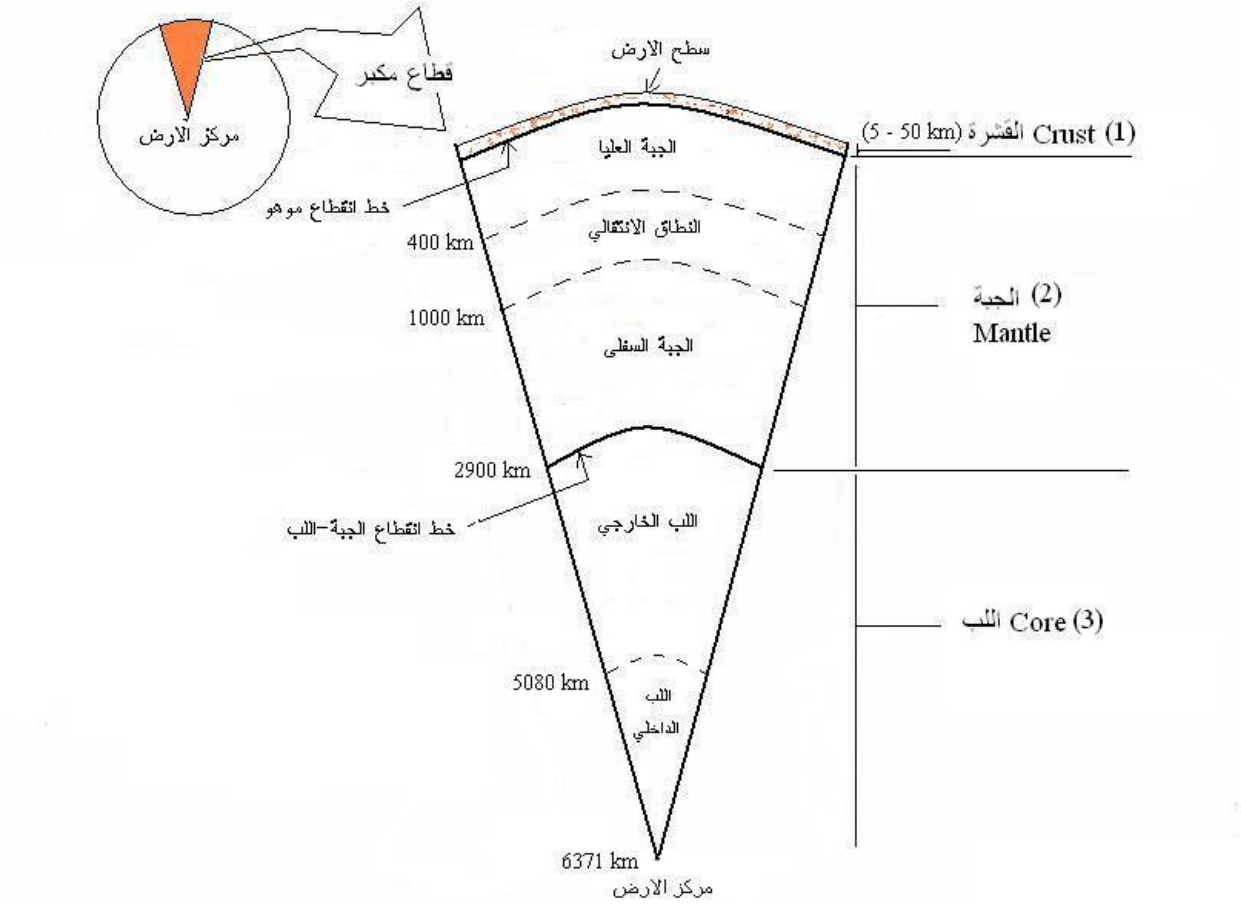
ب-اللب الداخلي Inner Core: يمتاز بكونه في حالة صلبة ويتكون من فلزي الحديد والنيكل، ويمتد بين 5080 كم و 6371 كم.

الفرق بين القشرة القارية والقشرة المحيطية

	القشرة القارية	القشرة المحيطية
التواجد	تحت القارات	تحت المحيطات
معدل السمك	20-70 كم (الجزء ذو السمك العالي يكون تحت الجبال)	السمك اقل بمعدل 7 كم
الكثافة	2.7 غم/سم^3	3 غم/سم^{3}كثافة اعلى
سرعة الموجات الزلزالية نوع p	6 كم/ثانية	7 كم/ثانية
التركيب الصخري المحتمل	Granite , schist صخور الشست والكرنايت (وهي صخور نارية) مع غطاء من الصخور الرسوبية	Basalt and Gabbro صخور الكابرو والبازلت (صخور نارية)

الفرق بين اللب الداخلي والخارجي للارض

اللب الداخلي inner core	اللب الخارجي Outer core
يكون صلب	يكون سائل منصهر
كثافة عالية جدا 12-13 غم/سم^3	كثافته اقل من اللب الداخلي وتتروح بين 10-12 غم/سم^3
توجد موجات زالزالية من نوع S	لا توجد موجات زالزالية من نوع S
يوجد على عمق اكبر ويتراوح 5000- 6300 كم	يوجد على عمق يتروح بين 2900- 5000 كم



شكل(1) مقطع في الارض يظهر التقسيمات باطن الارض بالتفصيل من السطح الى مركز الارض

المحاضرة الثالثة

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:

Dr. Om

(1) 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.

(2) 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.

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

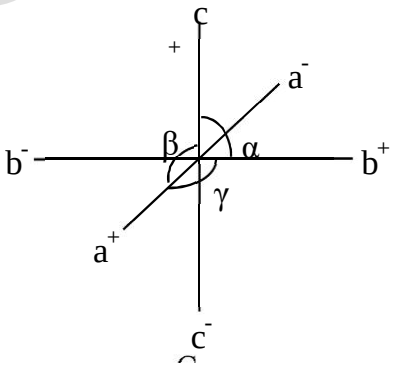
(4) الزاوية الصلبة أو المجسمة Solid angle :هي الزاوية المتكونة من تقاطع أو التقاء ثلاثة أوجه أو أكثر. فمثلاً للمكعب ٨ زوايا صلبة.

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

(6) 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.

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

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



(9) التماثل في البلورة Crystal Symmetry :

Dr. Omar Nabhan

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.

1- النظام المكعبي أو متساوي الأبعاد Cubic or Isometric System :

$a = b = c$ $a \perp b \perp c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^o$

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

2- النظام الرباعي : Tetragonal System

$a = b \neq c$ $a \perp b \perp c$

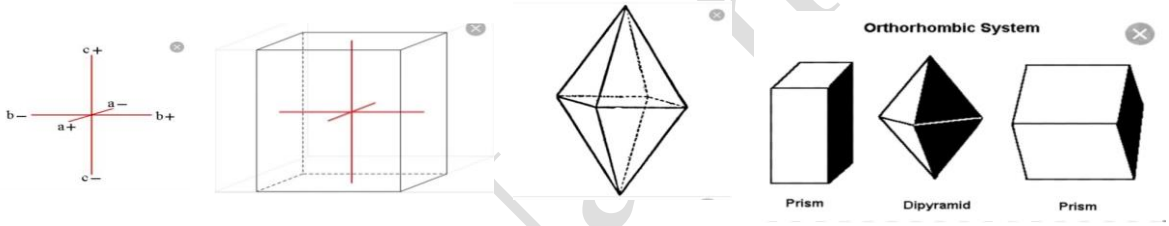
$\alpha = \beta = \gamma = 90^o$

Dr. Omar Nabhan

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

3- Orthorhombic System : النظام المعيني القائم

$a \neq b \neq c$ a □ b □ c $\alpha = \beta = \gamma = 90^o$

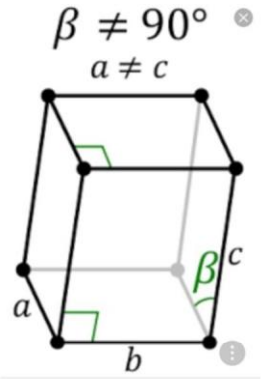


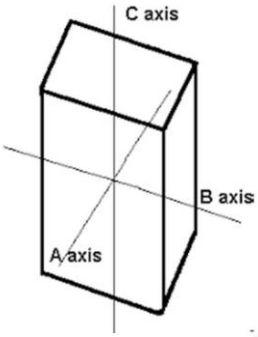
المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
مجموعة المعادن غير الفلزية النقية Native non metallic	S	الكبريت (Sulfur)
مجموعة الكبريتيدات Sulphides	Cu_2S	الجالكوسايت (Chalcocite)
مجموعة الكاربونات Carbonites	$CaCO_3$	الاراكونايت (Aragonite)
مجموعة الكبريتيتات Sulphates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

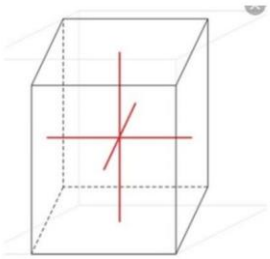
4- Monoclinic System : النظام أحادي الميل

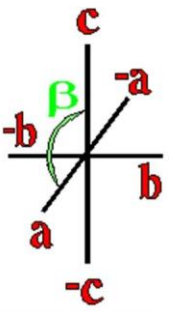
$a \neq b \neq c$ a □ b b □ c a □ c $\alpha = \gamma = 90^o \neq \beta$ □ 90^o

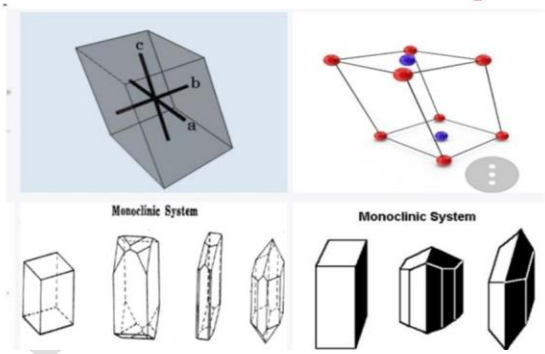
Dr. Omar Alshan









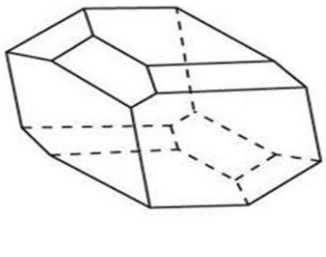


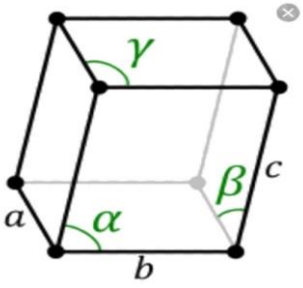
المجموعة المعدنية Minerals groupe	الصيغة الكيميائية Chemical Formula	المعدن Mineral
مجموعة الكاربونات	$Cu_2CO_3(OH)_2$ $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	الملاكايت(Malachite) الازيورايت (Azurite)
الكبريتيتات Sulphates	$CaSO_4 . 2H_2O$	الجبس Gypsam
السليكات	$CaFeSi_2O_6$ $CaMgSi_2O_6$ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}$ $KAlSi_3O_8$	كلاينوبايروكسين (Clinopyroxcene) الهوربنلند(Hornblende) التالك Talk المسكوفايت Muscovite البيوتايت Biotite الكلورايت الاورثوكليس Chlorite Orthoclase

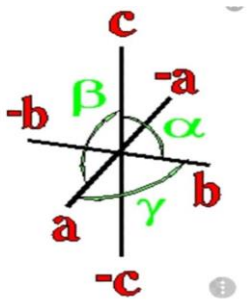
5- Triclinic System : النظام ثلاثي الميل

a ≠ b ≠ c a □ b □ c α ≠ β ≠ γ

Dr. Omar N







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

6- النظام السداسي : Hexagonal System

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

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

في مستوى افقي والمحور (c) عمودي عليها الزاوية بين $\gamma = 120^o$ $\alpha = \beta = 90^o$ 120^o 120^o c (a_1, a_2, a_3)

المحاور = 60^o. تقع (a_1, a_2, a_3) الرابع

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

Dr. Omar Nabil

الكوارتز (Quartiz) الترمالين(Tourmaline)	SiO_2	مجموعة السليكات Silcates

❖ 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:

(1) 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.

(2) 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.

(3) 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

<u>ملاحظة</u>:

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

2- جميع الأنظمة البلورية تحتوي على مركز تناظر واحد.

المحاضرة الرابعة

العناصر الاساسية المكونة للقشرة الارضية تضم 8 عناصر هي

1- الاوكسجين oxygen (O) 46.5%
2- السليكون silicon (Si) 27.7%
3- الالمنيوم Aluminum (Al) 8.1%
4- الحديد Iron (Fe) 5 %
5- الكالسيوم Calcium (Ca) 3.6%
6- الصوديوم Sodium (Na) 2.8%
7- البوتاسيوم potassium (K) 2.6%
8- المغنسيوم magnesium (Mg) 2.1%

وباقي العناصر تشكل حوالي 1.5%

Dr. Omar Nabhan

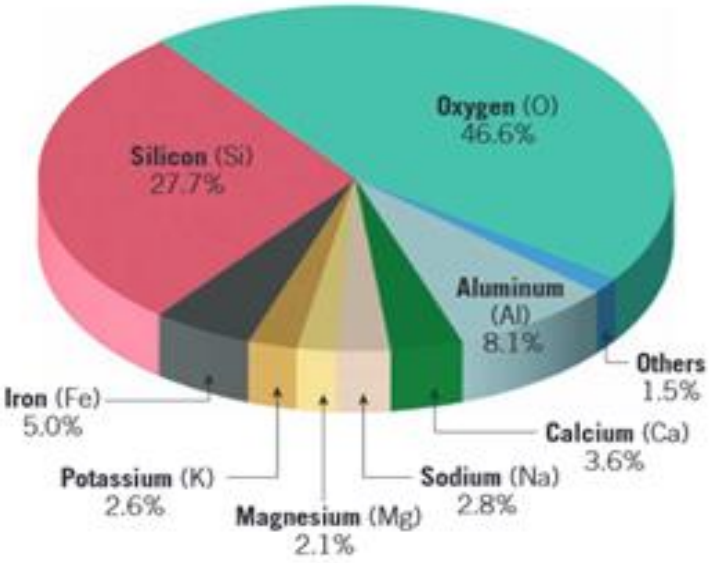


Figure 3.22 The eight most abundant elements in the continental crust

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 .

العناصر الرئيسة المكونة للقشرة الارضية

Elements	wt%	Elements	wt%
O	46.50	Others	1.5
Si	27.72		
Al	8.13	Total	100%
Fe	5.00		
Ca	3.63		
Na	2.83		
K	2.60		
Mg	2.1		
Sum	98.50%		

Dr. Omar

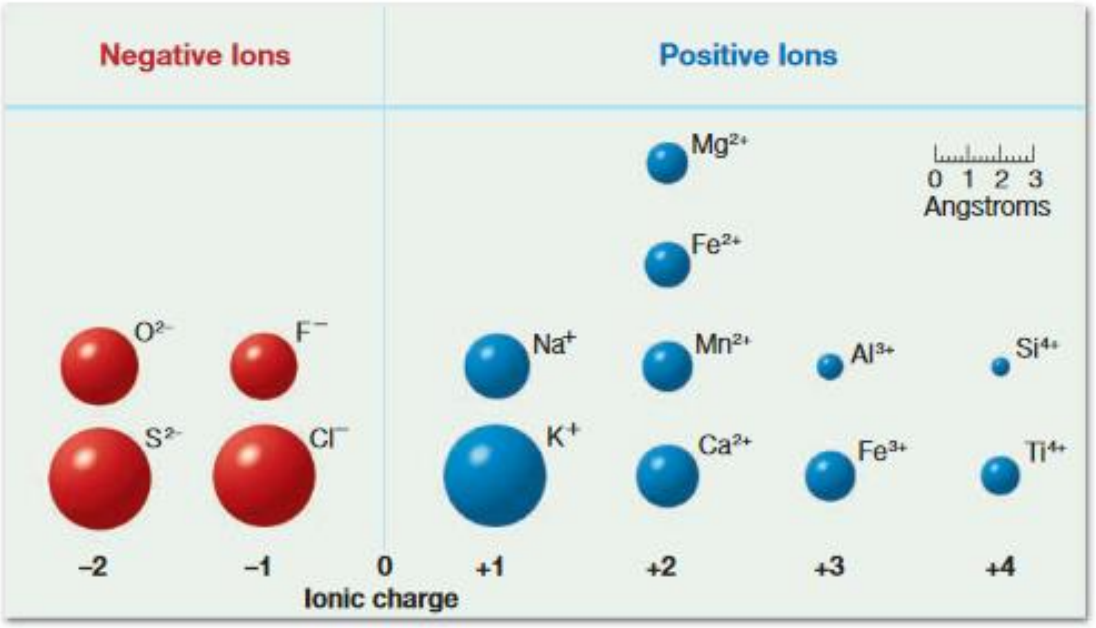


FIGURE 2.23 The relative sizes and charges of ions commonly found in minerals. Ionic radii are usually expressed in angstroms (1 angstrom equals 10^{-8} cm).

تصنيف المعادن Classification of minerals

من المعروف ان هناك اكثر من 4000 معدن، ولحسن حظ الدارسين لها فان المعادن الشائعة لا تزيد عن حوالي 20 . ومن المهم ايضاً الاشارة الى ان معظم هذه المعادن تتركب من 8 عناصر وتشكل ما يزيد عن 98% (من حيث الوزن) من القشرة القارية. والعنصران الاكثر تواجداً هما الاوكسجين O_2 والسليكون Si اللذان يتحدان ليكونا مجموعة المعادن الاكثر شيوعاً والتي تعرف بمجموعة السليكات. 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.

Dr. Omar

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.

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

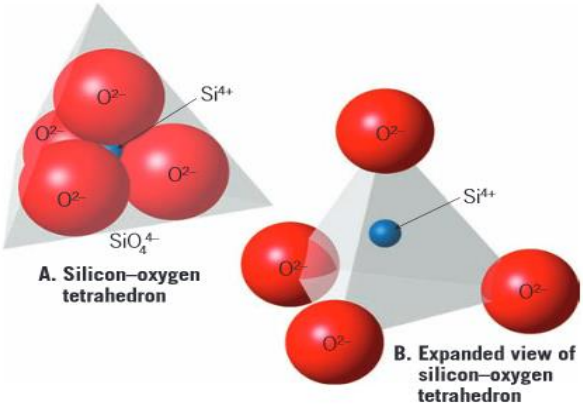
6)- مجموعة الهاليدات Halides: تحتوي على الهالوجينات (وهي العناصر السالبة الشحنة عدا الاوكسجين مثل الكلور والفلور) في تركيبها الكيميائي. مثل الهالايت (ملح الطعام) NaCl والفلورايت CaF_2.

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

Dr. Omar Nabhan



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).

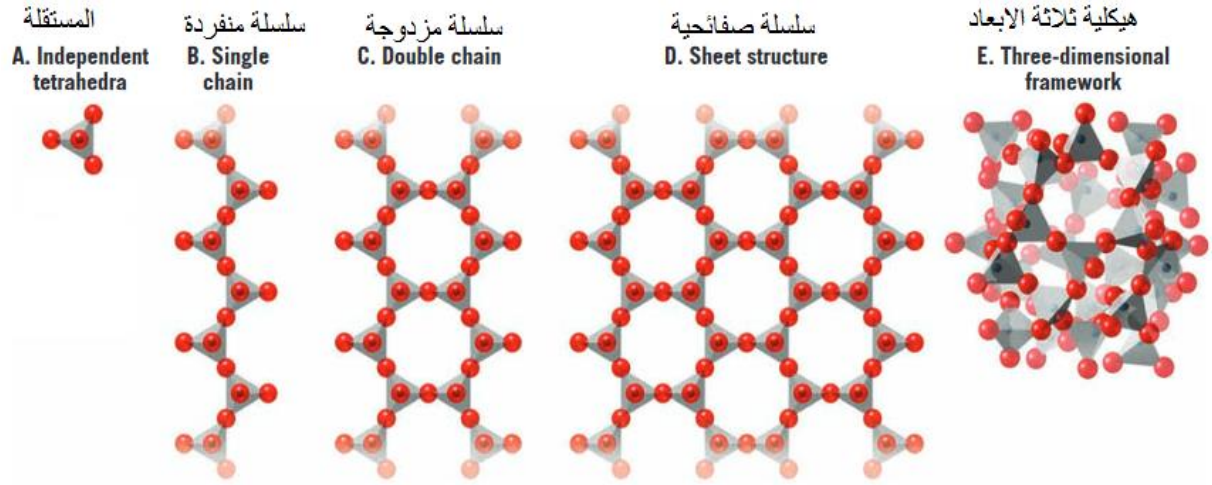
(**5**) مجموعة الأوليفينات Olivines: مثل الأوليفين الغني بالمغنيسيوم المسمى فورستريت Mg_2SiO_4 والأوليفين الغني بالحديد المسمى فايالايت Fe_2SiO_4. في هذه المجموعة (Si : O = 1 : 4).
من الجدير بالذكر ان المجاميع الخمسة الماضية من المعادن السليكاتية تعد كلها سليكات لامائية Anhydrous silicates لعدم احتوائها 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).

(**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).

Dr. Omar Nabhan

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

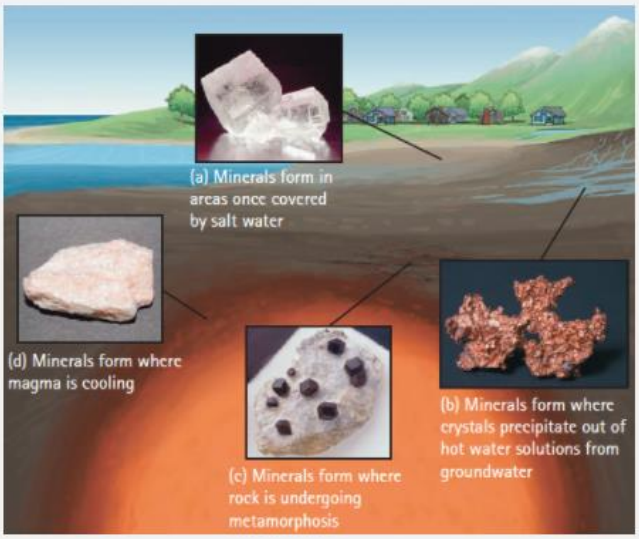
2- **تكون (تترسب) المعادن من المحاليل المائية المشبعة بالايونات :-**
الايونات والاملاح الذائبة في مياه البحر والمحيطات والانهار والمياه الجوفية ،وتكون ناتجة عن مياه الامطار وتغلغلها الماء من خلال الفتحات والشقوق الى داخل الارض والتربة حاملة معها المواد المذابة .وتترسب المعادن المذابة من هذه المحاليل 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 الجبسوم Gypsum 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 .



What type of minerals form within rock undergoing metamorphosis?

ملاحظات عن المعادن :-

1- رغم ان اللون هو اكثر الصفات وضوحاً في المعدن، الا انه اقل الصفات اهمية من حيث الاعتماد عليه في تشخيص المعدن. فقليل جداً من الشوائب في معدن (الكوارتز) مثلا يمنحه عدة ألوان، منها الوردي والاجواني والابيض وحتى الاسود.

2- خاصية المخدش streak يمكن الاعتماد عليها ويساعد المخدش في التفريق بين المعادن ذات البريق الفلزي والمعادن اللافلزية، حيث ان للمعادن الفلزية عادة مخدش داكن كثيف بينما تفتقر الى ذلك المعادن اللافلزية.

3- معدن الكالسيت ($CaCO_3$)، ومعدن الدولومايت ($CaMg(CO_3)_2$). ولتشابه هذين المعدنين طبيعياً وكيميائياً فانه من الصعب التفريق بينهما. فكلاهما له بريق زجاجي، وصلابته تتراوح بين 3 و4، وله انفصام معيني شبه متكامل. غير انه يمكن التفريق بينهما باستعمال حامض الهيدروكلوريك HCl المخفف. اذ يتفاعل معدن الكلسايت بشدة مع هذا الحامض، بينما لا يتفاعل معدن الدولومايت معه، الا اذا كان مسحوقاً. ويتواجد كل من الكلسايت والدولومايت جنباً الى جنب كمعدنين اساسيين في الصخور الرسوبية من نمط الحجر الجيري Limestone والدولومايت.

المحاضرة الخامسة

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:

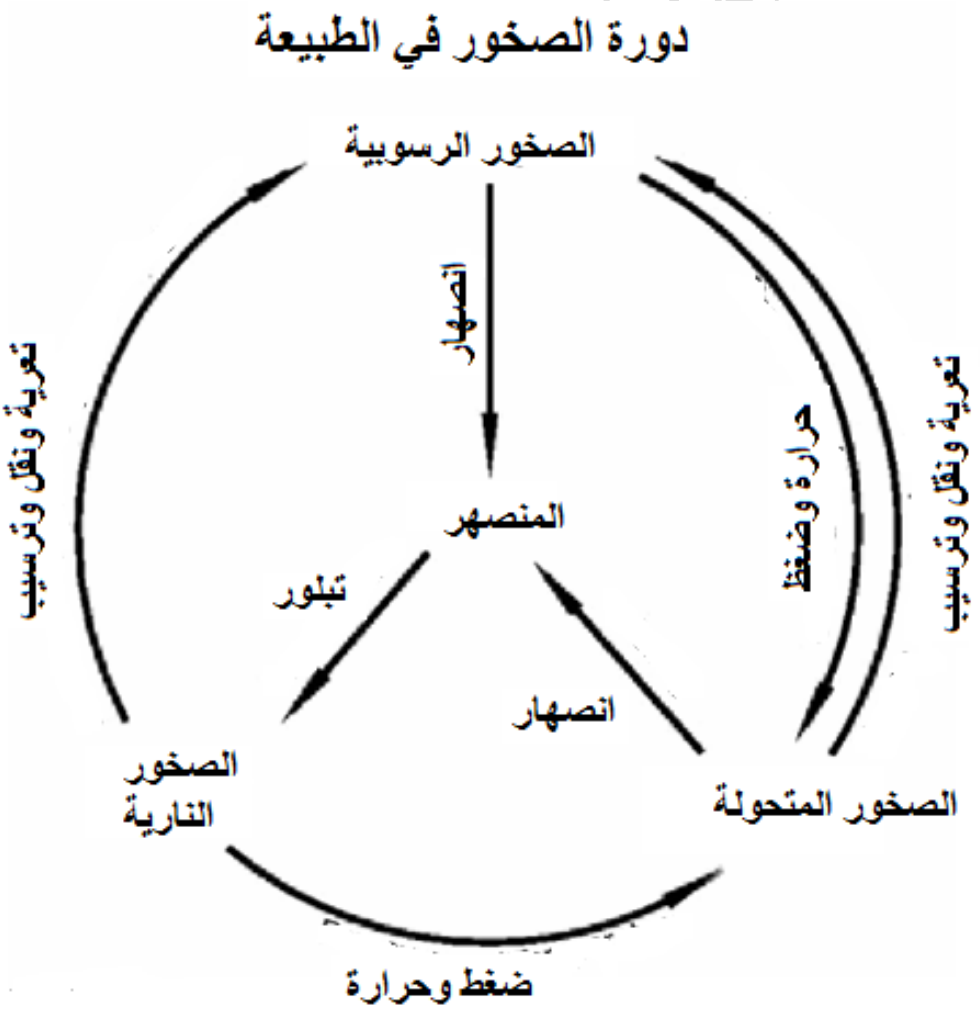
(3) الصخور المتحولة Metamorphic rocks:

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

Dr. Omar Nabhan

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.



المحاضرة السادسة

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 بنسب اكبر،وألمنيوم وبوتاسيوم وكالسيوم وصوديوم وحديد و مغنسيوم بنسب 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.

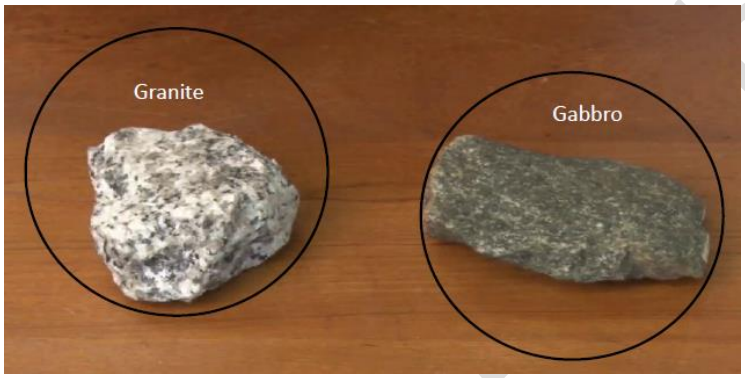
ان الصخور النارية تنشأ عندما يبرد الصهير ويتبلور، المنصهر الذي ينشأ في أعماق تصل الى 200 كم في باطن الارض ، محتوى الصهير الذي هو اخف من الصخور المحيطة به سرعان ما يصعد الى السطح وفي بعض الحالات يندفع فوق السطح مكوناً البراكين بركانية. ينتج عن البراكين انتشار (Lava). وتشبه Lava الصهير، الا ان معظم غازاتها 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

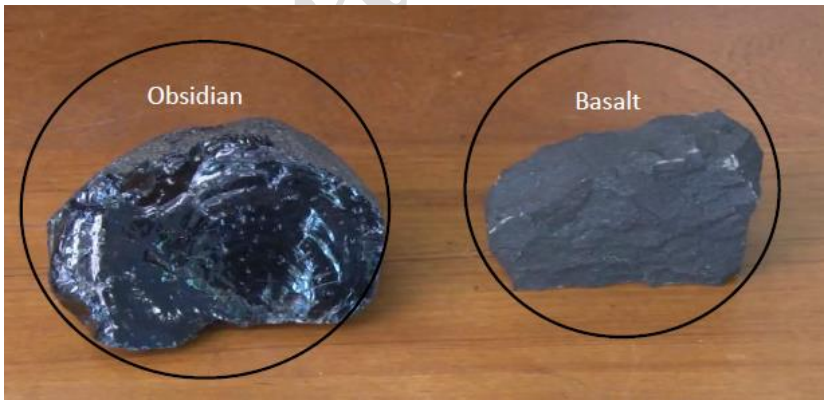
الضحور البركانية **Extrusive Rocks**	الصخور الجوفية **Intrusive Rocks**
حبيبات جدا ناعمة او زجاجية النسيج very small grain size	حبيبات الصخور نسيجها خشن جدا ، حيث يمكن روية الحبيبات البلورية لكل معدن very large grains

Dr. Omar Nabhan

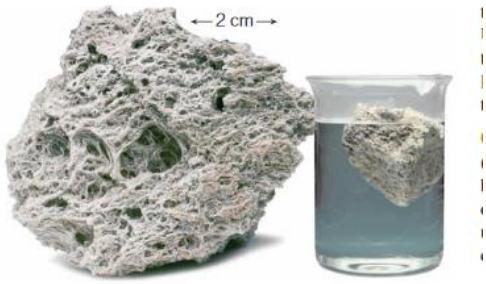
السبب يعود الى التبريد السريع جدا على سطح الارض ، حيث ان التبريد يحصل بشكل مفاجي ولايوجد وقت كافي لنمو البلورات بشكل خشن	السبب يعود الى التبريد البطي داخل الارض بسب العزل ، حيث تاخذ وقت طويل للتبريد والوقت يكون كافي لنمو البلورات بشكل خشن .
من الامثلة عليها صخرة البازلت Basalt و صخرة اوبسيديان Obsidian	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.

المحاضرة السابعة

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

Dr. Omar Nabhan

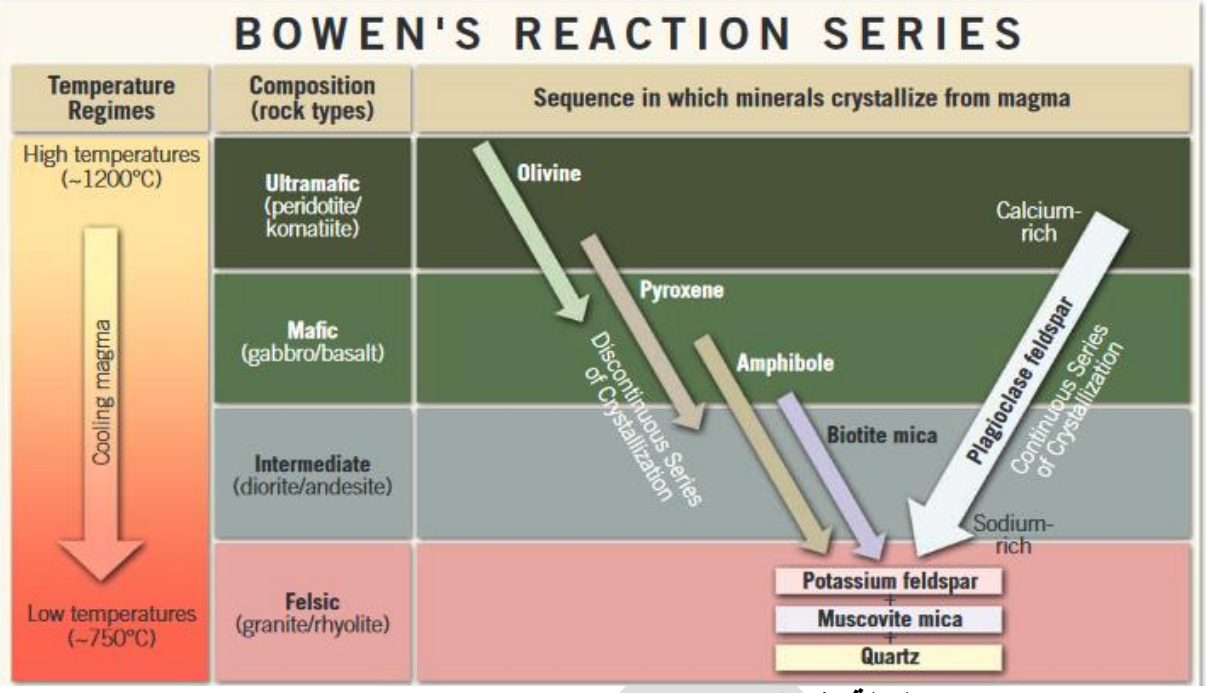
الارض. فأنها تكون صخوراً نارية لها نسيج ذو حبيبات النسيج الخشن بحيث يمكن تحديد المعادن التي تحتويها بالعين المجردة . وقد يتكون النسيج البلوفيري Porphyritic Texture هو النسيج الناتج الذي يتكون من بلورات كبيرة مغمورة في وسط من البلورات .

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 .

Dr. Omar Nabhan



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:

Dr. Omar

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 .

المحاضرة الثامنة

الصخور المتحولةMETAMORPHIC PETROLOGY

عملية التحول :Metamorphism

هي عملية التغير المعدني والنسيجي التي تطرأ على صخرة صلبة تسمى الصخرة الأم Parent rock نتيجة تعرضها لتغييرات في الظروف الفيزيائية او الكيميائية، وهذه التغييرات في درجات الحرارة والضغط بشكل رئيسي يجب ان لاتصل الى حد الانصهار، أي ان التحول يحدث والصخرة في حالة صلبة دون ان تصل الى الانصهار .

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 200 درجة سليزية) وتلك العالية التي تعمل الانصهار والتي تنجم عنها الصخور النارية (حوالي 750 درجة سليزية او احيانا اكثر لتماسها مع الاجسام النارية).

2-الضغط :Pressureيكون على نوعين:

أ-الضغط الاتجاهي او ضغط الاجهاد :Directed or Stress pressureوينتج 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).

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

Dr. Omar Nabhan

3-المحاليل او الموائع :Solutions or Fluids

وهي محاليل حارة او حرمائية Hydrothermal Solutions، 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 700 مئوية .

انواع 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 .

2-التحول الاقليمي :Regional Metamorphism

يحدث في اعماق كبيرة بفعل عاملي الضغط والحرارة. وبما ان هذا التحول يشمل مساحات واسعة فإنه سمي التحول الاقليمي ويقسم حسب شدة التحول وهو على ثلاثة اقسام ايضا:

1-التحول الواطئ :Low-grade Metamorphismضغط وحرارة واطئين.

2-التحول المتوسط :Medium-grade Metamorphismضغط وحرارة متوسطتين.

3-التحول العالي :High-grade Metamorphismضغط وحرارة عاليين.

3-التحول الديناميكي :Dynamic Metamorphism

Dr. Omar Nabhan

ويحدث بفعل عامل الضغط فقط (بدون حرارة) ونوع الضغط فيه اتجاهي. تتكسر فيه الصخور الام وتتجه معادنها مع الضغط.

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 Rocksتمتاز بامتلاكها صفة التورق الناتج من الضغط الاتجاهي، وتتكون نتيجة التحول الاقليمي وكذلك من التحول الديناميكي المصحوب بالحرارة. تضم الصخور المتورقة الانواع الآتية: Slate و Schist و Gneiss

(2) الصخور غير المتورقة :Non-foliated Rocksهي صخور لاتحتوي على صفة التورق وتتكون بدرجة رئيسية نتيجة للتحول الحراري وكذلك للتحول الاقليمي المصحوب بضغط هيدروستاتيكي. وتضم الانواع الآتية: marble و 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 .Mylonite

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

المحاضرة التاسعة

- التجوية Weathering - تحطم وتحلل الصخور عند او قرب سطح الارض.

2-التعرية Erosion - احتواء ونقل المواد الناتجة من عمليات التجوية المختلفة عن طريق ناقل متحرك على سطح الارض، عادة ما يكون الماء والرياح والثلوج.

Dr. Omar Nabhan

3- تبدد الكتل Mass wasting - انتقال مواد الصخور الناتجة عن عمليات التجوية المختلفة الى اسفل المنحدرات تحت تأثير الجاذبية الارضية وبدون عامل متحرك.

التجوية Weathering

تقسم التجوية الى نوعين هما :-

1. التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering

عندما يتعرض الصخر الى التجوية الميكانيكية فانه يتجزأ الى قطع أصغر فأصغر، وتحتفظ كل قطعة بخصائص المادة الاصلية. ليكون تجمعاً لقطع صغيرة كثيرة نتجت عن قطعة واحدة كبيرة. ان تفتت الصخر الى قطع اصغر يزيد من المساحة السطحية المتعرضة للتغير الكيميائي. وتحدث حالة مشابهة عندما يذوب السكر في الماء. ففي هذه الحالة سوف تذوب البلورة الكبيرة ببطء اكثر من حجم مساو من الحبيبات الصغيرة بسبب الفرق في المساحة السطحية. وبذلك فان تكسير الصخور الى قطع صغيرة بواسطة التجوية الميكانيكية من شأنه ان يزيد من المساحة السطحية المتعرضة للتغيرات الكيميائية. وفي الواقع، هناك أربع عمليات طبيعية تؤدي الى تقطيع الصخور: دسر الصقيع، والتمدد الناتج عن تخفيف الحمل، والتمدد الحراري، والنشاط الحياتي.

د. الصقيع Frost wedging : يعتبر تفاوت التجميد والتدفئة من أهم عمليات التجوية الميكانيكية. وفي الواقع، تتسرب المياه الى الشقوق والفراغات التي في الصخور، وعند تجمدها تتمدد وتدسر الصخور وتسمى هذه العملية بدسر الصقيع . ويحدث معظم دسر الصقيع في المناطق الجبلية ، حيث توجد دورة يومية للتجمد والتدفئة. وهنا تتعرض قطاعات صخرية للدسر، وقد تهوى مكونة أكواماً كبيرة تسمى منحدرات ركامية talus Slopes، والتي توجد عادة في قدم البروزات الصخرية .

تخفيف الحمل Unloading: عندما تتعرض الاجسام النارية الكبيرة، خصوصاً تلك المكونة من الجرانيت، الى التعرية، تبدأ صفحات منه في الانفصال. وهذه الطريقة التي تنتج عنها قشور مثل قشور البصل تسمى بالتوريق Sheeting. ويعتقد بأن تكونها يعزى جزئياً الى انخفاض الضغط عندما تنزاح. الصخور التي تعلوها. فالطبقات الخارجية تتمدد اكثر وتنفصل عن بقية الجسم الصخري . ويسبب استمرار التجوية في النهاية في انفصال القشر التي كونتها عملية التوريق بحيث تنزاح عن هذه الكتل الصخرية الكبيرة. وهذه التراكيب تعرف بقباب التقشرExfoliation domes .

التمدد الحراري Thermal Expansion : يعتقد بان التغيرات اليومية في درجة الحرارة تعمل على اضعاف مقاومة الصخور للتعرية وعلى الاخص في المناطق الجافة ذات الحرارة المرتفعة، حيث يزيد الفرق في درجة الحرارة اليومية عن 30˚م. وتسخين الصخور يسبب تمددها ثم تبريدها بعد ذلك بسبب انكماشها. كما ان تعاقب هذه العملية (الانتفاخ والانكماش) في المعادن ذات

Dr. Omar Nabhan

المعدلات المختلفة، يحدث عنه بعض الضغط على القشرة الخارجية للصخور. يسود الى الاعتقاد بأهمية هذه العملية في تفتيت الصخور.

النشاط الحياتي Organic Activity: تتم التجوية ايضا بواسطة نشاط النباتات والحيوانات الحافرة في التربة وبواسطة الانسان.

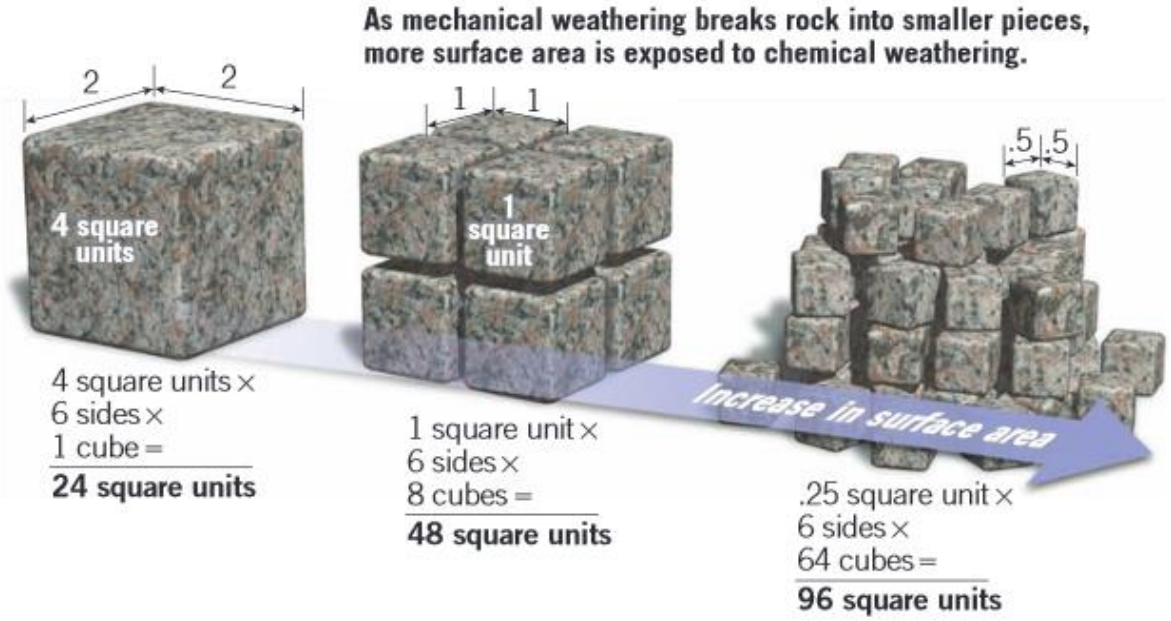
2- التجوية الكيميائية Chemical Weathering

تشمل التجوية الكيميائية عمليات معقدة تغير من البنية الداخلية للمعادن بواسطة اضافة او حذف لبعض العناصر. وتعتبر المياه أهم عوامل التجوية الكيميائية. ورغم عدم نشاط المياه النقية الا ان اضافة كميات قليلة من المواد الذائبة يجعلها نشطة جداً. والعمليات التي تحلل فيها المياه الصخور هي عمليات الذوبان والتأكسد وhydrolysis.

المعدن	الناتج الصلب	النواتج الذائبة
مرو	حبيبات كوارتز	سليكا
فلسبار	معادن الطينة	سليكا $K^+, Na^+ Ca^{2+}$
أمفيبول (هورنبلند)	معادن الطينة ليمونيت هيماتيت	سليكا Ca^+Mg^{2+}
أوليفين	ليمونيت هيماتيت	سليكا Mg^{2+}

وبالاضافة الى تغير التركيب الداخلي للمعادن، تسبب التجوية الكيميائية في تغيرات طبيعية. فمثلاً، عندما تتعرض قطع الصخور المزواة للمياه الجارية في الفواصل الصخرية فان هذه القطع تأخذ اشكالاً مدورة. وتعطى هذه العملية الصخر المجوى مظهراً مكوراً، وعليه فانها تسمى بالتجوية الكروية Spheroidal Weathering.

Dr. Omar Nabhan



التجوية الميكانيكية تعمل على تجوية الصخور الى قطع اصغر وبذلك تزيد من المساحة السطحية ، الذي يودي الى زيادة من فعالية التجوية الكيمائية التي تحصل على السطوح المكشوفة .

ملاحظة : لاينتج تغير في التركيب الكيميائي للصخور خلال عملية التجوية الميكانيكية بعكس التجوية الكيميائية .

٢- التجوية الكيماوية

: حدث بتأثير وجود المياه المتحركة في تشققات وكسور الصخور . وتؤدي الى تحول المعادن من حالة الى اخرى . لذلك فهي تنشط في المناطق الاستوائية لوفرة المياه وتشمل :

أ- الاكسدة Oxidation :

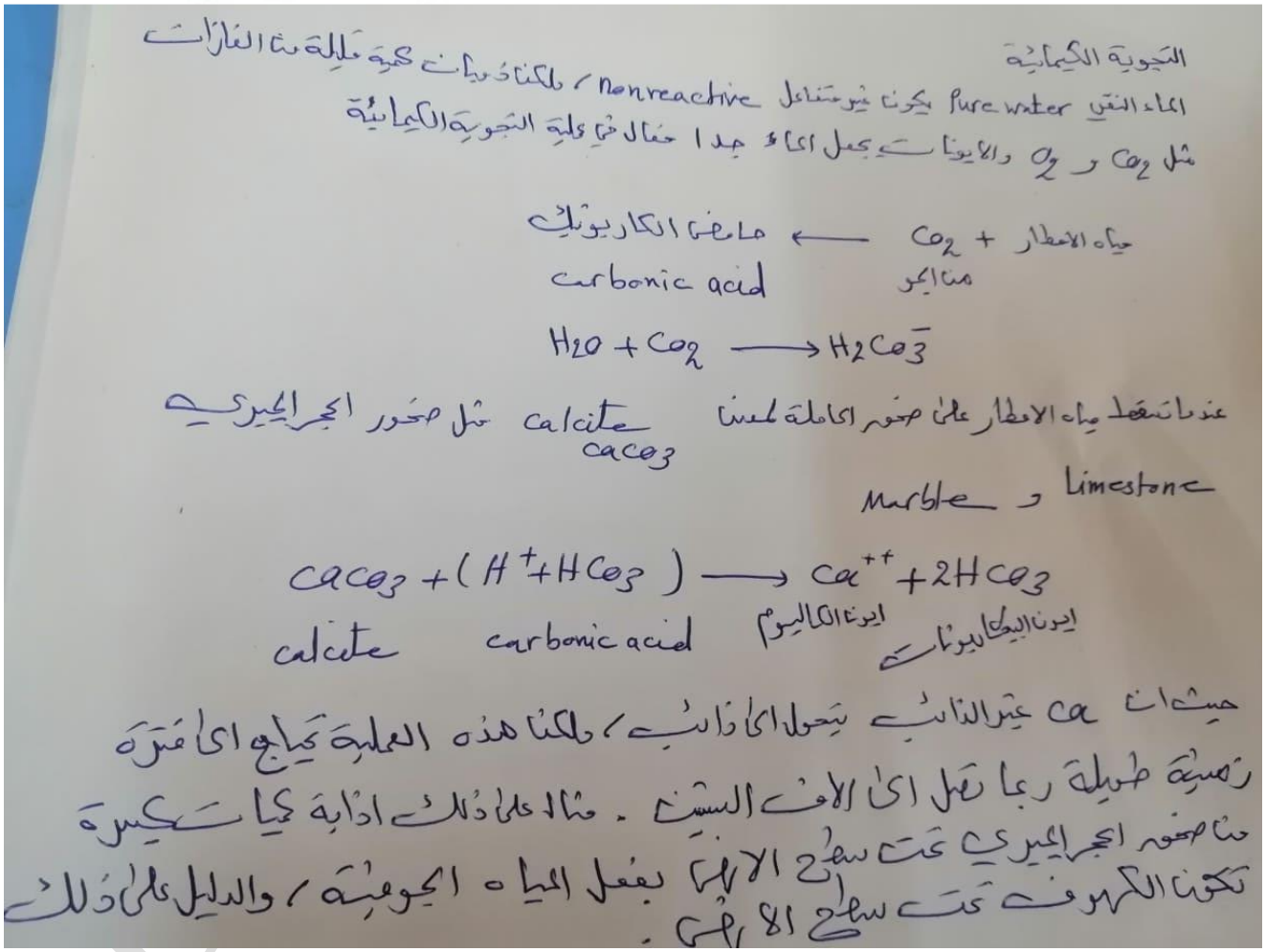
$$FeS_2 + 2O_2 \longrightarrow FeSO_4 + S$$

بايرايت

ب- الكربنة Carbonization :

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

مجرجيري — بيكاربونات الكالسيوم



The only common mineral that is very resistant to both chemical and mechanical weathering is quartz(SiO_2)

المعدن الشائع الذي يقاوم التجوية الميكانيكية والكيميائية هو معدن الكوارتز .

التعرية Erosion : هي تجميع المواد الصخرية ونقلها بواسطة العوامل المتحركة مثل المياه، الرياح، التيارات البحرية، الثلاجات إلى مواقع الترسيب.

الترسيب Deposition : عملية تجميع وتركيز المواد المنقولة بواسطة العوامل الجيولوجية المياه والرياح والثلاجات (Glaciers) في موقع التموضع (deposition) تكوين الصخور الرسوبية.

عوامل التعرية والترسيب Erosion and Deposition Factors

أ. فعل الرياح : تؤدي حركة الرياح إلى تكوين عوامل هدمية ① وعوامل بنائية ② تشبه البحرية الميكانيكية ③ والترسيب ④ بالتعاقب

Dr. Omar

* التجوية الميكانيكية (عوامل هدم) : تتم بفعل طبقات الصخرية بواسطة الرياح وتكوين أشكال جيومورفولوجية (سطحية) رئيسية في الصحراء وغيرها :

أ. تكوين الأسطح الصخرية المصقولة :

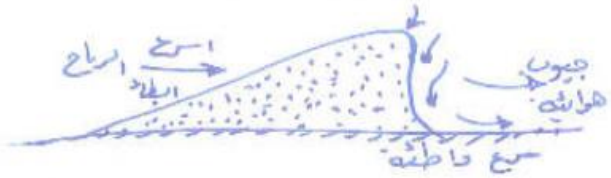
ب. تكوين الوجه رحيات (wind faces) :

ج. تكوين الظواهر الجيومورفولوجية : كالأعمدة ، والتلال الخيمية ، والهضاب

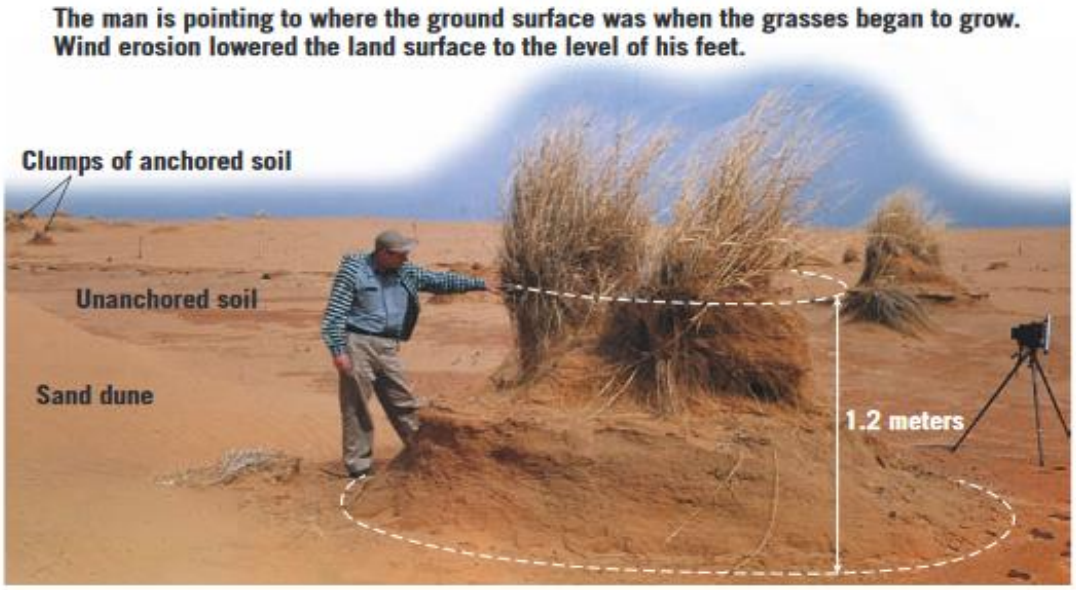
د. تكوين المنخفضات الصحراوية : (Palaya)

* الترسيب (عوامل بناء) : هي عملية ترسيب وبناء المواد الصخرية والتجوية وتكونه بعدة أشكال فيها :

أ. تكوين كثبان رملية (Sand dunes) : من خلال الرياح كثيرة في الصحاري .



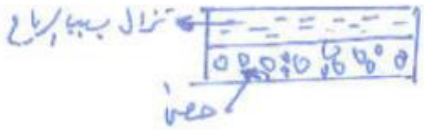
ب. أنواع الكثبان الرملية (Types of Sand dunes) : اعتمادا على شدة واتجاه الرياح .



الشخص يشير الى منسوب سطح الارض عندما بدات الحشائش بالنمو ، حيث يلاحظ تاثير التعرية الريحية التي ادت الى انخفاض الارض حوالي 1.2 م .

ج. الارتصاف الصحراوي (Desert Pavement) :

تتكون نتيجة دفع الرياح للرمال وتثبيت الحصى فقط .



د. ترسبات اللوس (loes deposits) :

وتمثل الغبار المغطي للمواقع جميع البيئات القارية . ويتم التنظيف الدائم لها في المنازل والعمارات السكنية .

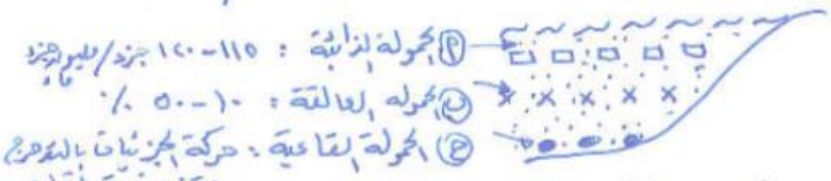
ﻫ. فعل المياه الجارية Running Water :

أ. مياه الانهار والجداول :

وتتم على ثلاثة عمليات هي : التعرية ، النقل ، الترسيب

* التعرية المائية : وتتم بفعل نقل المواد المكونة من الحبوبة والكتل الساقطة على السفوح ومن تحت الماء بجوانبه واذابة طبقات الجبس والاملاح والكلس .

* النقل = خلال قابلية المياه لحمل الحبوم المختلفة من الحبيبات وحسب الطاقة للتيار. وسرعة مياه النهر هي المحدده لمدى الحمل وتكونه مبنية بالرسم أدناه:



* الترسيب = يحدث من خلال تناقص سرعة المياه.

د. المراوح الغرينية Alluvial Fans :

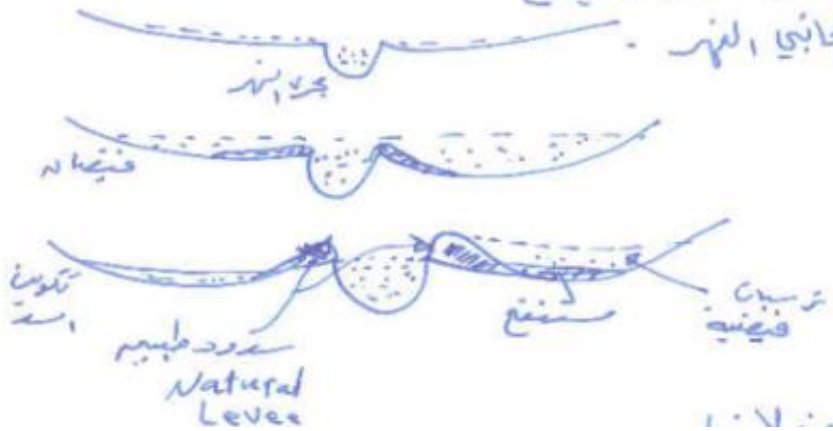
تتكون من خلال تغير سرعة السيول الجارية عند الوديان، وتجمع عدة مراوح غرينية تتكون البجادا (Bajada)

ج. ترسبات الدلتا Delta deposits :

تتكون عند تناقص سرعة مياه الانهار عند ارتطامها بمياه البحار وتكوين مثلثاً تفرعياً للنهر.

د. سدود منخفضات طبيعية Natural Levee :

تتكون من تراكم متكرر للفيضانات النهرية مع تكوين ترسبات فيضية لجانبي النهر.



هـ . الرواسب المتكونة من الانهار :

وتكون عادة بأشكال حسب طبيعة البناطق التي تمر بها الانهر .

و . الترسبات الملحية : وهذه تتكون خلال عمليات التبخر وتركيز الاملاح (ملح الطعام) في بنخفضات الصحراوية (Palaya) وكذلك البحيرات القديمة

٣ . فعل البحار والمحيطات Oceanic and Seas Action :

تمثل حوالي ٧٠٪ من سطح الارض وتصل الى اعماق (٢,٥ كم) واحيانا الى اكثر من هذا العمق ، اضافة الى وجود مرتفعات وسط المحيطات تصل الى ارتفاع (١كم) فوق قاع المحيط . ونعلم بفعل البحار تتدخل عوامل رئيسية هي :

أ . كيمياء البحار : وتمثل المواد المذابة في مياه البحر ، وتنقل تكونه مصادر للمعادن الرسوبية والبيولوجية حيث تظهر فيزيائيا . وتشمل ايونات مثل : Cl^- ، S^{+} ، Mn^{++} ، Mg^{++} ، Si^{++} ، $CO_3^{=}$ ، $SO_4^{=}$ ، Ca^{++} وهذه بأزدياد تركيزها تؤدي الى تكوين الترسبات الكيماوية والاملاح ، كالحجر الجيري ($CaCO_3$) والدولومايت ($CaMg(CO_3)_2$) وملح الطعام ($NaCl$) من خلال تفاعل المحاليل والغازات :

$$Na_2CO_3 + CaCl \longrightarrow CaCO_3 + 2NaCl$$

كربونات الصوديوم — كلوريد الكالسيوم — الحجر الجيري — ملح الطعام

$$Fe(OH)_2 + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3 + 2H_2O$$

هيدروكسيد الحديد — الهيماتايت

معدلات التجوية

يتأثر نوع ومعدل تجوية الصخور بعدة عوامل من اهمها التركيب الصخري والمناخ والتضاريس ويشمل التركيب الصخري الخصائص الكيميائية للصخور بحيث يشمل التركيب المعدني والقابلية للذوبان كما يشمل الملامح الطبيعية التي يمكن ان تتواجد في الصخور مثل الشقوق والاسطح الطبقية والفجوات.

تعتبر العوامل المناخية، وعلى الاخص الحرارة والرطوبة، ذات اهمية اساسية لمعدل تجوية الصخور والبيئة المناسبة للتجوية الكيميائية هي خليط بين درجات الحرارة الدافئة ووفرة الهواء الرطب. ففي المناطق القطبية، ليسى للتجوية الكيميائية اي تاثير لان درجات الحرارة القاسية تحبس الرطوبة على هيئة ثلج. وكذلك الحال في المناطق الجافة، فان انعدام الرطوبة يبطئ من التجوية الكيميائية.

المحاضرة العاشرة

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) **<u>التجوية Weathering</u>:** 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 <u>التجوية الميكانيكية Mechanical weathering</u> 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.

Dr. Omar Nabhan

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 :-

Dr. Omar Nabhan

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

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

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

وتشمل الصخور الطينية Claystone و الصخور الرملية Sandstone

Dr.Omar Nabhan

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.

المحاضرة الحادية عشر

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

Dr Omar Nabian

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:

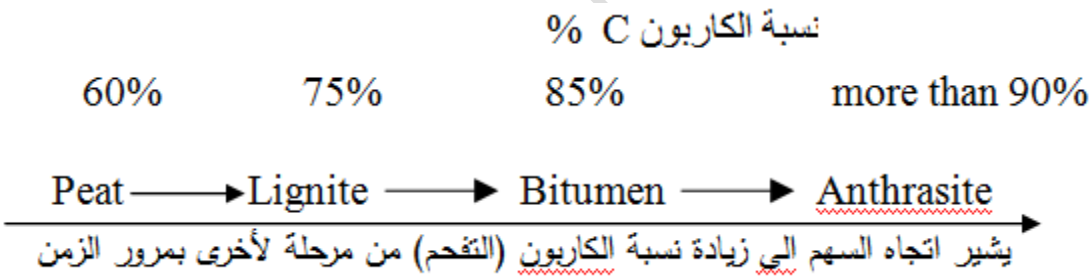
1-**حجر الكلس العضوي Organic Limestone:** وهي صخور جيرية حاوية على هياكل الحيوانات البحرية او اصدافها مع كاربونات الكالسيوم المستخلصة من مياه البحر . هنالك نوع خاص من حجر الكلس العضوي يسمى الكوكوينا Coquina الذي يتكون بصورة رئيسية من اصداف الحيوانات البحرية واجزاؤه غير متماسكة . اما اذا كان حجر الكلس العضوي مكونا

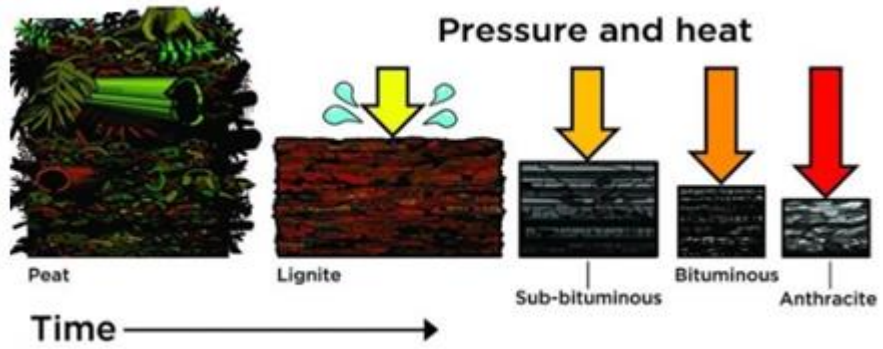
Dr. Omar Nabhan

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.

المحاضرة الثانية عشر

التربة Soil

لماذا ندرس التربة

تبلغ مساحة المياه حوالي 71%، في حين تصل مساحة اليابسة 28% تقريبا ومن تلك المساحة تشغل لترب الطبقة السطحية جزء كبير من سطح اليابسة. وهي عبارةعن الموادالسطحية المفككة وتختلف عن الصخوروالرواسب التي تقع تحتها ، حيث تتميز بخواص بنائية وبيولوجية. تمدالترب النبات بالدعامة والماء والعناصرالغذائية والهواء .كماتمدالترب بموادالبناء،والتخلص من النفايات.

شكل (1) المواد المختلفة على سطح الأرض وكذلك الاستخدامات المتعددة لها.

تعريف التربة:

يختلف تعريف التربة من شخص لآخر حسب درجة اهتمامه ونوع اتصاله وتعامله مع التربة فالتربة للمزارع هي المهد المناسب لنمو النبات أما بالنسبة للمهندس فهي تعني تلك الطبقة المفككة التي تختلف درجة تماسكها حسب طبيعتها أما الجيولوجي فالتربة تعني له الطبقات المفتتة من سطح الصخور وما فيها من عمليات تعرية ونقل وترسيب

لهذا فإن التعريف العام للتربة هو:

(التربة جسم طبيعي معقد له قطاع مميز يوجد على الطبقة السطحية من القشرة الأرضية نشأ من تحلل الصخور والمادة العضوية تحت تأثير عوامل تكوين التربة ويمكن للنبات النمو عليه).

وباختصار فالتربة(Soil) هي:

- جسم طبيعي.
- مكون من مواد عضوية ومعدنية وحية (مفكك).
- يغطي أجزاءً كبيرة من سطح الأرض.

- يحده من أعلى الهواء أو المياه الضحلة.
- ومن الأسفل حيث تنتهي منطقة جذور النبات.
- ويستطيع إمداد النبات بما يحتاجه في الحقل.

تربة الغابات :- تعرف بانها جسم طبيعي يغطي اراضي اشجار الغابات ويحتوي على مجاميع من الاحياء الدقيقة والمواد العضوية تختلف عن معظم الترب الزراعية الاخرى وتعمل بنظام داينمكي لاعادة تدوير العناصر الغذائية وتكوين احماض عضوية من تحلل اوراق وبقايا النباتات .

- **الترب العضوية Organic soil**
- وهي الترب التي تحتوي على مادة عضوية بحدود من 20 الى 30 % من وزنها
- **ترب الغابات والترب الزراعية Forest soil and agriculture soils**

ترب الغابات تختلف عن الترب الزراعية في عدد من الخضائص والصفات ، في الترب الزراعية خصائص الكميائية للترب اكثر اهمية من الخصائص الفيزيائية بعكس ترب الغابات الخصائص الفيزيائية تكون اكثر اهمية .تكون ترب الغابات اقل عمقا من ترب الزراعية واكثر تواجدا للصخور .

- ترب الغابات تحتوي على طبقة سطحية عضوية يمكن تميز ثلاثة طبقات عضوية ، سطحية تمثل بقايا نباتات غير متحللة وطبقة اخرى تحتها شبه محللة والطبقة التي تحتها طبقة متحللة للمادة العضوية ويليها افق (طبقة معدنية) قليلية السمك مع وجود نسبة قليلية للمادة العضوية ومحتويات القواعد (القلويات) . بينما الترب الزراعية تفتقر الى الطبقة السطحية العضوية ولكن نطاق التربة المعدني يكون اكثر سمكا ويحتوي نسبة اعلى من المادة العضوية والقلويات بالمقارنة بالترب الغابات .

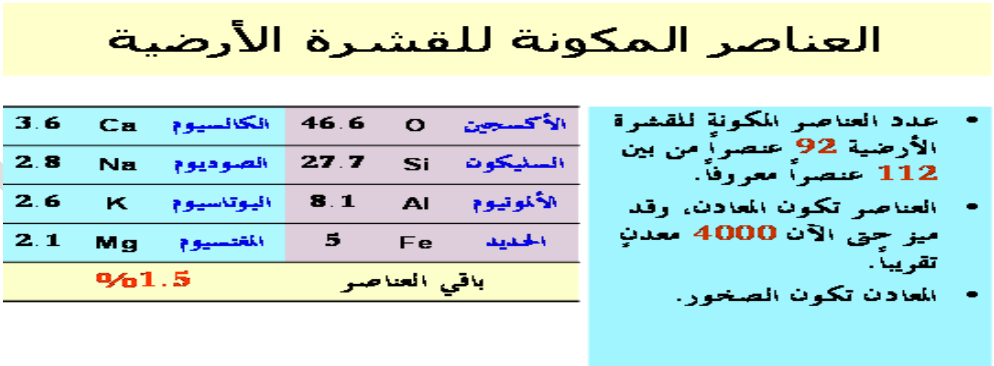
المكونات الأساسية للتربة: (أطوار المادة للتربة):

تتكون التربة من أربعة أطوار هي:

1- الطور الصلب: ويشمل جميع المكونات الصلبة المعدنية والعضوية وهي الهيكل الأساسي للتربة.

ويقسم الطور الصلب إلى:

- جزء معدني - جزء عضوي



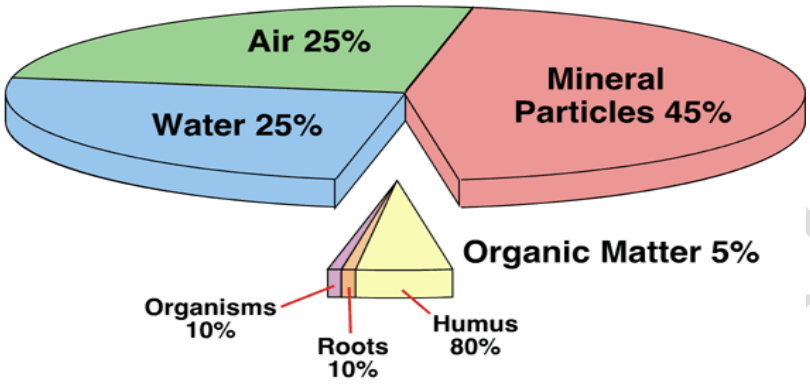
شكل (1) العناصر المكونة للقشرة الأرضية

*لذا من الطبيعي ان تحتوي معظم المعادن المكونةللتربة على هذه العناصر خاصةالأكسوجين والسيلكون

2- الطور السائل: ويعبر عنه بالماء التربة وما به من مواد ذائبة أو معلقة بصورة غروية وهو أهم مكونات التربة حيث تتم فيه جميع التفاعلات.

Dr Omar Nabhan

3- الطور الغازي: يتكون من مجموعة من الغازات المنتشرة في المسام (الفراغات) البينية للحبيبات الصلبة ويختلف عن الهواء الجوي في زيادة (CO_2) وانخفاض نسبة (O_2) نتيجة لتنفس الجذور والكائنات الحية الدقيقة في التربة.
4- الطور الحيوي: ويشمل جميع الكائنات المجهرية واللامجهرية في التربة مثل البكتيريا – الفطريات – الطحالب – الديدان الأرضية – جذور النباتات.

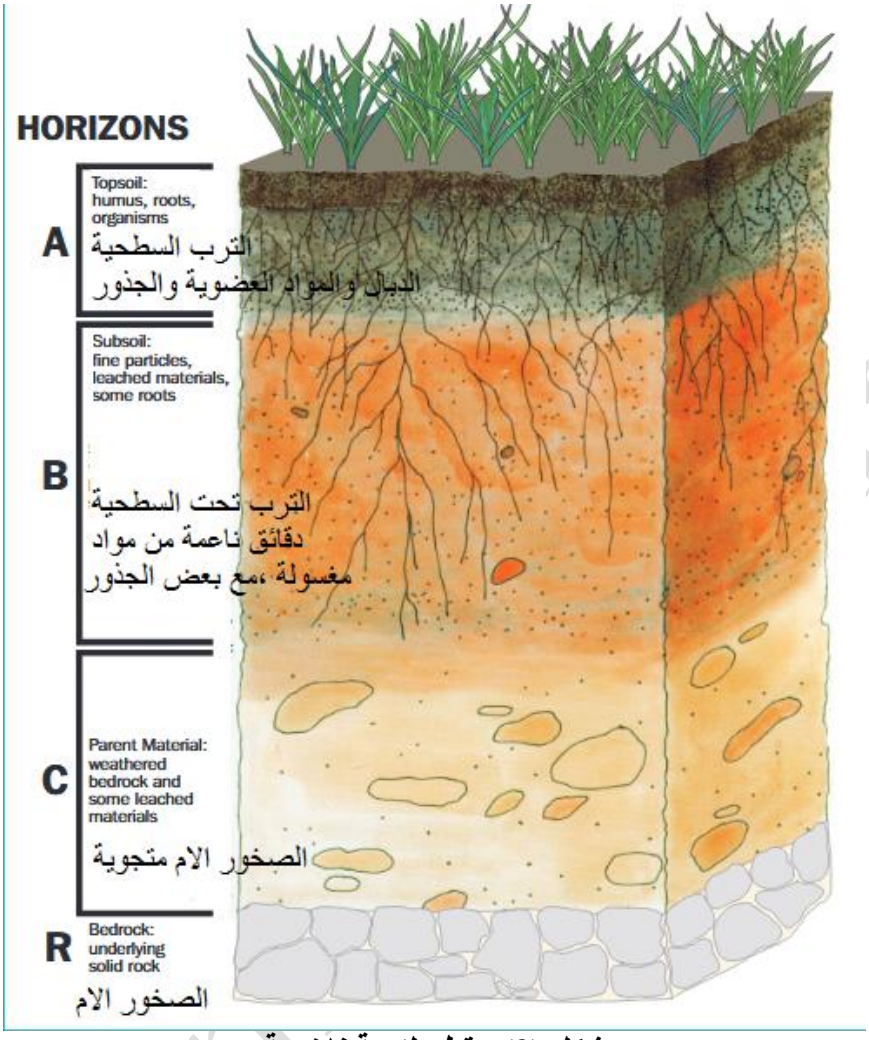


شكل (2) توزيع المكونات الأربعة في التربة المثالية

العمليات التي تحدث في التربة
هي عبارة عن عمليات كيميائيه أو طبيعيه أوحيوية تحدث للتربة وتؤثر على الصخور والمعادن وتحورها إلى تربه مليئة بمظاهر الحياة،

1- عملية الغسيل / إزالة المواد بالإذابة خارج قطاع التربة لذلك تنشط هذه العملية في المناطق كثيرة الأمطار وتقل في المناطق قليلة الأمطار.
2- الإزالة/ وهي حركة التربة داخل قطاع التربة
3- الترسيب والتراكم / وهي ترسيب مواد التربة المتحركة بصورة محاليل أو معلقات داخل قطاع التربة وتكوين أفق طيني .
4- التكلس / وهي عملية ترسيب وتراكم كربونات الكالسيوم. ،وهي من أهم عمليات تكوين التربة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة .
5- التملح / وهي عملية تراكم الأملاح الذائبة، تتجمع على سطح من أهم العمليات في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة .
6- الاكسدة و الاختزال / تحدث بسبب تذبذب الماء الأرضي بين الارتفاع والانخفاض وتحدث ظروف الأكسدة والاختزال في وقت واحد، وتحدث ظاهرة التبقع. وتسود هذه العملية في ترب المستنقعات والمناطق الساحلية.
7- عملية تجمع الطين

Dr. Omar Nazzan



شكل (3) مقطع لتربة ناضجة

عوامل تكوين التربة

عوامل تكوين التربة هي:

مادة الأصل (P) الطبوغرافية (R) الزمن (T) المناخ (CL) الأحياء (O).

والمعادلة هي:

S = f (P.R.T.CL.O) .....

حيث (S) نظام التركيب للتربة (مثل خصوبة التربة، قوام التربة ..)

(f) : دالة العوامل المحددة .

أولا- مادة الأصل (Parent materials):

ويقصد بها نوعية الصخور التي تجوت وتكونت منها التربة فمثلاً التربة مكونة من الصخور النارية الحامضية (جرانيت) فإن الناتج تربة خشنة في قوامها (رملية) وبالعكس لو لدينا صخور نارية قاعدي (بازلت) فالتربة الناتجة تكون تربة ناعمة القوام (طينية) وفي حالة الصخور الرسوبية ينتج لدينا تربة جيرية وكلسية .

ثانياً: الطبوغرافية (التضاريس)

يعتبر عامل الطبوغرافية من أهم العوامل في نشاط عملية تكوين التربة وإعادة توزيع عناصر المناخ ويعبر هذا العامل عن شكل وتوزيع حالة الأرض من حيث الارتفاع والانخفاض، وهذا الارتفاع أو الانخفاض ينشأ من حركة الأرض وعدم

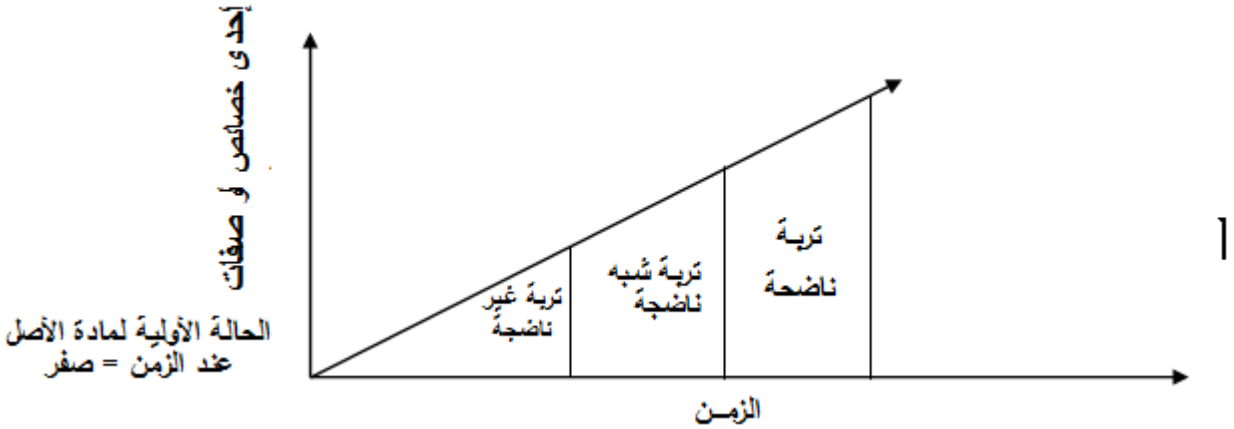
استقرار القشرة الأرضية ،وتأثير حركات التعرية المختلفة سواء التعرية الجليدية أو الهوائية أو المائية في أزمنة وعصور سابقة.
وتقسم الطبوغرافية (التضاريس) إلى ثلاث أقسام حسب تباينها في الارتفاع والانخفاض هي:
1- التضاريس الكبرى ومتوسطة وتضاريس دقيقة

ثالثاً : الزمن Time

(الفترة الزمنية التي استغرقتها التربة من بدأ تأثير عوامل التكوين عليها حتى الاستقرار والنضج، أي أنه الفترة الزمنية التي تمر بها مادة الأصل حتى تصبح تربة). ويقاس غالباً بواسطة وسائل تقريبية منها:
1- دراسة معدل تغير صفة من صفات التربة:
2- استخدام الحفريات النباتية أو الحيوانية.
3- استخدام الكربون المشع.

ويعبر عن نضج التربة وكذلك يقاس الزمن لعمر التربة بوحدات الزمن النسبي مما سهل الكثير من العمل حيث قسم عمر التربة إلى تربة ناضجة أو شبه ناضجة وغير ناضجة.

شكل العلاقة بين الزمن وأحدى خصائص التربة



رابعاً: المناخ:

من أهم عوامل تكوين التربة ، حيث تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة لمعظم الظواهر على سطح الأرض. وغالباً ما يكون لهذا العامل السيادة على العوامل الأخرى ويقسم إلى عاملين هما (الرطوبة والحرارة).

- الرطوبة:

يقصد بها كمية المياه التي تدخل فعلاً في قطاع التربة وتؤثر في عمليات التكوين لها، وتؤثرالرطوبة في خواص التربة كما يلي:
1- العلاقة بين الرطوبة والمادة العضوية.
2- أفق كربونات الكالسيوم والرطوبة .

يزداد عمق أفق تجمع كربونات الكالسيوم بزيادة الأمطار وفي حالة التربة بالمناطق الجافة نجد أن عمق كربونات الكالسيوم بسيط وقريب من السطح

ب- الحرارة:

هناك تناسب وتناسق بين الحرارة والرطوبة في التأثير على عوامل تكوين التربة ويتضح ذلك فيما يلي :
1- الحرارة والمادة العضوية:

كلما زادت الحرارة تقل المادة العضوية بشكل كبير حيث تؤدي الحرارة لزيادة نشاط الأحياء وبالتالي زيادة تحلل المادة العضوية وفقدها.

2- الحرارة والتملح:

كلما زادت الحرارة كثر التبخر من سطح التربة وبالتالي يزداد التملح الثانوي خاصة في المناطق الجافة بواسطة الخاصية الشعرية حيث تزداد سرعة ذوبان العناصر عموماً وتبخرها من التربة .

خامساً : الأحياء :

من العوامل الهامة في تكوين التربة ، ويقصد بها كل ما هو حي فوق التربة أو في باطنها وبذلك تقسم الأحياء إلى :

1- النبات2 - الحيوانات3 - الأحياء الدقيقة 4- الإنسان

1- النبات : وله دور هام في تكوين التربة يتمثل في :

أ) جذور النباتات لها القدرة على تخلل الطبقات الصخرية بما تفرزه من CO_2 الذي يتحول إلى حمض كربونيك ، كما تخترق هذه الجذور الصخور وتشكل قنوات مياه ، كما تمتص الجذور المواد الغذائية من محاليل التربة وتفرز بعض المواد إلى هذه المحاليل.

ب) تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية بعد موت النباتات وتحللها.

ج) تكوين الدبال الذي يخفض من قيمة الـ pH في التربة.

د) تثبيت وحماية سطح التربة من التعرية والهدم.

هـ) التأثير على عناصر المناخ كالحرارة ، والرطوبة.

2- الحيوانات:

ويقصد بها الزواحف والحشرات والديدان بمختلف أحجامها سواء ما يعيش على سطح التربة أو في بطنها، وهذه الكائنات تعمل على إثارة سطح التربة ونقلها بحوافرها من مكان لأخر وتخللها إلى أسفل وعمل قنوات بها كما أن موتها يشكل مادة عضوية في التربة.

3- الأحياء الدقيقة:

وتقسم إلى قسمين:

أ- أحياء دقيقة مجهرية (لا ترى بالعين المجردة) : مثل بكتريا – طحالب ....

ب- أحياء دقيقة غير مجهرية (ترى بالعين المجردة) : مثل نمل – عناكب ....

والأحياء الدقيقة هي المصدر الرئيسي للمادة العضوية فالنمل يعمل على نقل التربة من أسفل الى السطح، كما أن دودة الأرض تعمل على تغيرتركيب التربة الكيميائي بالتربة، كما أن العمليات الحيوية للأحياء المجهرية ذات أهمية كبرى فهى تدخل في دورات العناصر الغذائية (...N,P.C,Fe) ومصدر لـ CO2 في التربة.

4- الإنسان:

ويؤثر الإنسان على تكوين التربة في صور عديدة منها:

أ) نزع الغطاء النباتي الطبيعي وتحويله إلى غطاء نباتي صناعي للزراعة.

ب) عمل المصارف لخفض مستوى الماء الأرضي.

ج) زيادة المادة العضوية بالتسميد العضوي .

د) زيادة وتغير التركيب الكيميائي للتربة بالتسميد.

هـ) استصلاح التربة الغير صالحة وزراعتها.

و) نقل التربة من مكان لآخر .

الخصائص الفيزيائية للتربة (**Soil physical characteristics**)

1- لون التربة **Soil color**

Dr. Omar Nabian

يعتبر اللون من أهم خصائص التربة الحقلية ، فالترب قاتمة اللون عادة تحتوي علي نسبة عالية من المادة العضوية عن الترب فاتحة اللون.

العوامل التي تؤثر علي لون التربة:

1- حالة الأكسدة والأختزال
2- تذبذب مستوي الماء الأرضي
3- مستوي الرطوبة
4- اختلاف مادة الأصل
5- درجة تطور التربة

2- قوام التربة **Soil texture**

يعني مدى خشونة أو نعومة حبيبات التربة – وهذا تعريف وصفي لقوام التربة، أما التعريف الكمي فهو عبارة عن التوزيع الحجمي لمجاميع الحبيبات الأولية في التربة وهي

هي ثلاث مجموعات رئيسية تمثل :

الرمل sand السلت silt الطين clay

وتسمى نسجة التربة ، يطلق عادة علي الترب الطينية (تحتوى علي نسبة عالية من الطين) مسمي ترب ناعمة القوام fine texture soils بينما يطلق علي الترب الرملية (تحتوي علي نسبة عالية من الرمل) مسمي ترب خشنة القوام coarse texture soils أما بالنسبة للترب التي تتكون من نسب متقاربة من الرمل والسلت والطين (ترب مزيجية) تعرف ترب متوسطة القوام medium texture soils. وقوام التربة يعطي صورة عن خصائص التربة الأخرى والمرتبطة بقدرة التربة علي توصيل الماء وكذلك قدرتها علي الاحتفاظ بالماء. فالترب ناعمة القوام والتي يزداد بها نسبة حبيبات الطين تزيد مقدرتها علي حفظ الماء بينما الترب خشنة القوام والتي يزداد بها نسبة حبيبات الرمل تقل مقدرتها علي حفظ الماء بها. من جهة أخري زيادة نسبة الحبيبات الناعمة بالتربة(الترب الطينية) تقلل من أحجام المسام بها ومن ثم تقل قدرتها علي توصيل الماء وحركته – أما زيادة نسبة الحبيبات الخشنة(الترب الرملية) تزيد من حجم المسام بها ومن ثم تزيد من قدرة التربة علي مرور الماء بها

3- بناء التربة **Soil structure**

يعبر بناء التربة عن درجة تجمع وترتيب حبيبات التربة مع بعضها ويؤثر علي بناء التربة العديد من العوامل أهمها كمية الطين والمادة العضوية الموجودة في التربة – كما يتأثر بناء التربة أيضا بدرجة كبيرة بعمليات الحرث والحركة فوق سطح التربة من جراء استخدام الآلات الزراعية المختلفة حيث تؤثر علي قيمة تضاغط حبيبات التربة. وحبيبات التربة تحت الظروف الطبيعية لا توجد في صورة حبيبات فردية وإنما ترتبط الحبيبات الفردية مع بعضها لتكون تجمعات ثابتة من الحبيبات soil aggregates - هذا الارتباط يتم بواسطة بعض المواد الموجودة في التربة تسمي المواد اللاحمة cementing agents وهي:

1- المادة العضوية 2- كربونات الكالسيوم 3- اكاسيد الحديد والألمنيوم
4- الأملاح الذائبة 5- المواد الغروية

تقسيم بناء التربة:

حبيبي –مستدير-, طبقي، منشوري، عمودي، كتلي زاوي، كتلي تحت زاوي
او عديم البناء، ضعيف،

من الوجهة الزراعية يمكن تحسين بناء التربة باستخدام أساليب معينة عند إجراء عمليات خدمة التربة كما يلي:

1- حرث التربة علي أعماق متفاوتة
2- إعادة بقايا المحاصيل الزراعية للتربة (بقايا المحصول السابق)
3- إضافة الأسمدة العضوية والتسميد الأخضر
4- عدم استخدام الآلات الزراعية الثقيلة في إجراء عمليات خدمة التربة نظرا لتأثيرها وكبس طبقات التربة
5- إتباع الدورة الزراعية المناسبة تبعا لنوع التربة (تعاقب المحاصيل الزراعية)

Dr. Omar Nabhan

أهمية بناء التربة :
1- تسهيل عملية تسرب وانتقال مياه الري داخل قطاع التربة
2- تسهيل عملية تخلل الهواء داخل جسم التربة
3- سهولة اختراق الجذور في التربة مما يساعد علي سرعة النمو والانتشار في التربة
4- زيادة نشاط الأحياء الدقيقة النافعة في التربة
5- زيادة سرعة تحلل البقايا العضوية وانطلاق العناصر الغذائية وزيادة صلاحيتها واستفادة النبات منها

4- كثافة التربة **Soil density**
الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة أي أن:

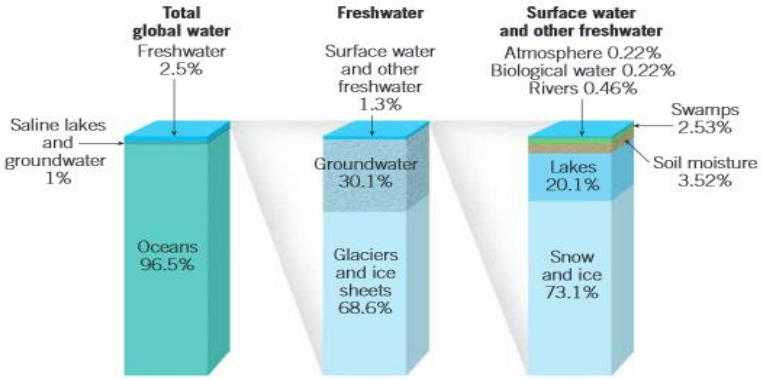
$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

يعبر عن الكثافة بوحدات غرام/سم3 أو كيلوغرام/ م^3
اغلب معادن التربة ذات كثافة اكبر من كثافة الماء(1غرام/سم^3) بينما المادة العضوية تكون كثافتها اقل من الماء.
نظرا لطبيعة التربة وتكوينها فان لها نوعين من الكثافة هما:
1- عليها الكثافة الحقيقية Real density
وهي عبارة عن كتلة وحدة الحجوم من المادة الصلبة للتربة (حبيبات التربة المعدنية)
ومعظم أنواع الترب لها كثافة مادة صلبة تتراوح بين 2,50 - 2,80 غرام / سم^3 وتختلف تبعاً للتركيب المعدني لحبيبات التربة كما أنها تقل مع زيادة المادة العضوية في التربة.
وتأخذ كثافة حبيبات التربة الصلبة قيمة متوسطة هي 2,65 غرام/ سم^3
2- الكثافة الظاهرية للتربة Soil bulk density
وهي عبارة عن كتلة وحدة الحجوم من التربة في حالتها الطبيعية (تشمل الحبيبات الصلبة ومسام التربة)
وتختلف الكثافة الظاهرية للتربة تبعا لحالتها فتقل مع عمليات الحرث وتزيد مع الري وكذلك استخدام الآلات الزراعية المختلفة التي تحدث تضاغط للتربة وتقل كذلك مع إضافة المادة العضوية.
وتتراوح الكثافة الظاهرية للترب المختلفة كالأتي:
الترب الرملية 1,5 – 1,8 غرام / سم^3
الترب الطينية 1,1 – 1,5 غرام - سم^3
الترب المزيجية 1,1 – 1,3 غرام - سم^3
وتقل مع الترب العضوية إلي حوالي 1,0 غرام / سم3
وتختلف قيمة الكثافة الظاهرية للتربة تبعا لقوام التربة وبناء التربة(تزداد بزيادة المكونات الخشنة للتربة) كما تتأثر هذه القيمة بعمليات الخدمة الزراعية (العزيق والحرث) واستخدام المعدات الزراعية الثقيلة وكذلك إضافة المادة العضوية للتربة ، ينعكس تأثير الكثافة الظاهرية علي نسبة ما تحتويه التربة من مسام وسهولة حركة الماء والهواء وانتشار جذور النباتات خلالها.
أهمية الكثافة الظاهرية:
1- معرفة مدى انضغاط التربة
2- معرفة مسامية التربة
3- حساب كتلة التربة في مساحة معينة
4 - تحويل الرطوبة الكتلية إلي رطوبة حجمية.

محاضرة الثالثة عشر

المياه السطحية surface water
توزيع الماء على سطح الأرض

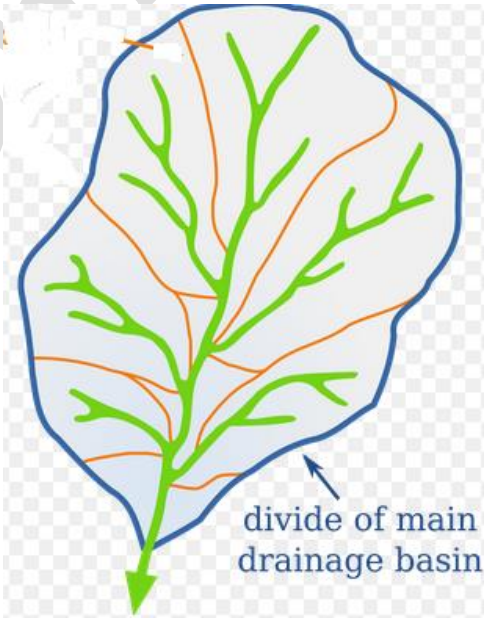
Dr. Omar Nabhan



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 .

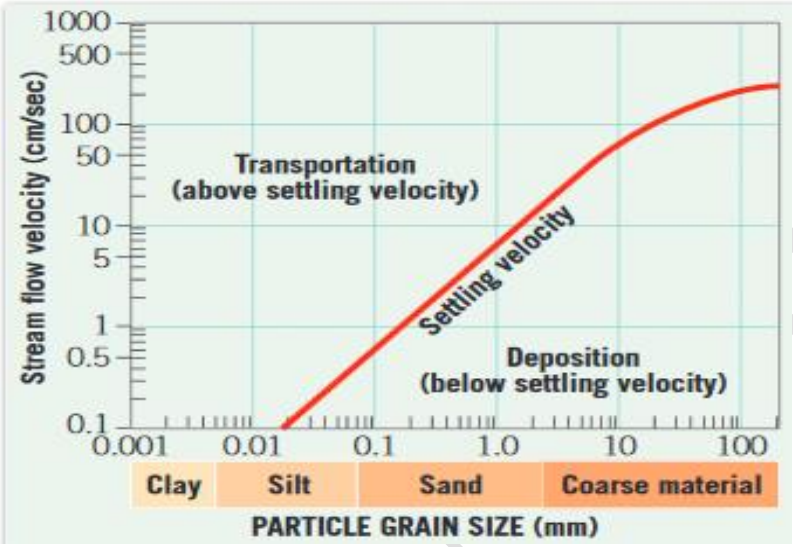
حوض الترسيب Drainage Basin :- لكل نهر حوض تصريف وهي تشمل المساحة الكلية للحوض التي يتم تصريف مياه النهر وجميع تفرعاته ويمكن تحديدها من الخارطة ويوجد عدة انماط من قنوات التصريف Drainage pattern اهما الشجري والمتوازي والمركزي ، معظم التفرعات ترتبط بالجدول الرئيسي بزواية حادة وتكون بشكل يشبه حرف V او .



شكل يوضح حوض التصريف ويشمل النهر الرئيسي وجميع تفرعاته

Dr. Omar Nabhan

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

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

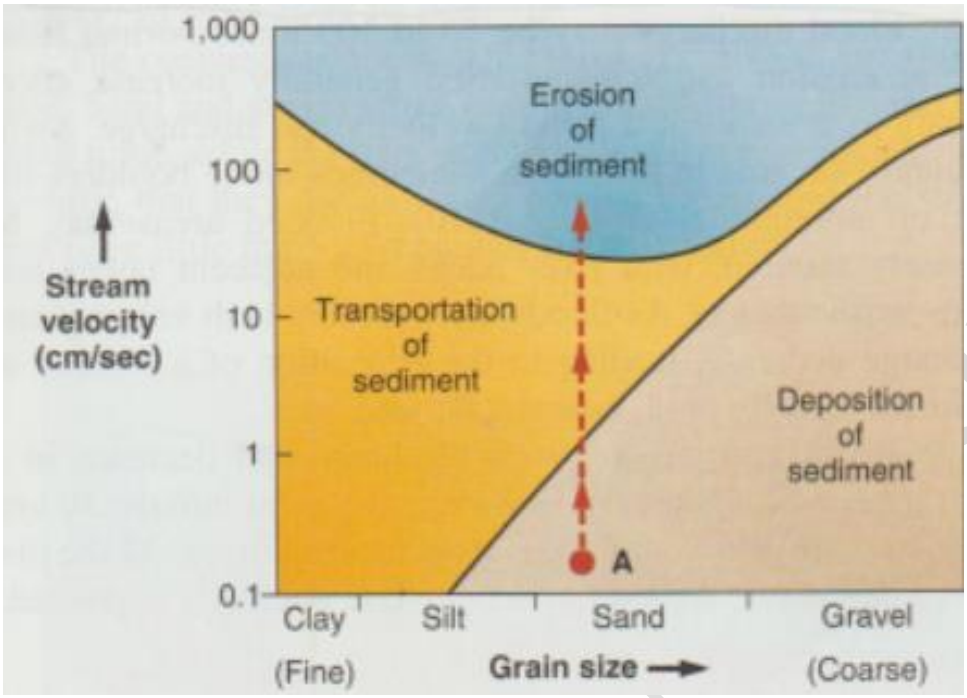
حيث ان Q = التصريف م^3/ ثا

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 .

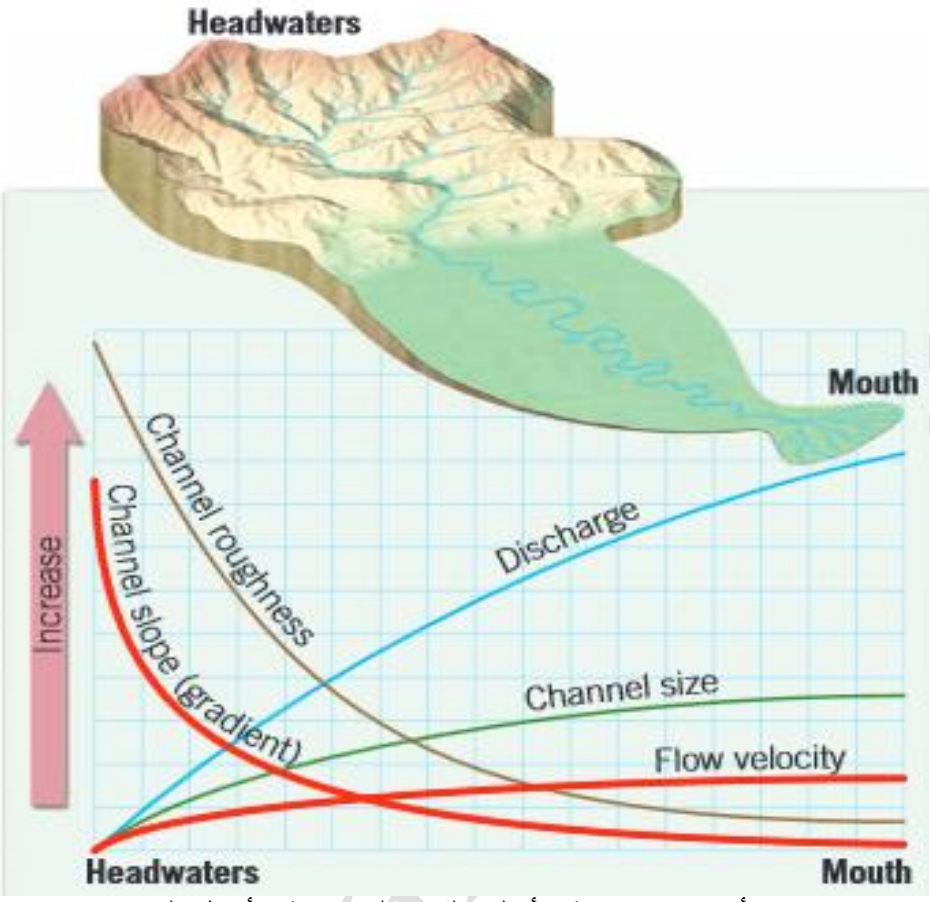
Dr. Omar Hasan



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 .

Dr. Omar Ali



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

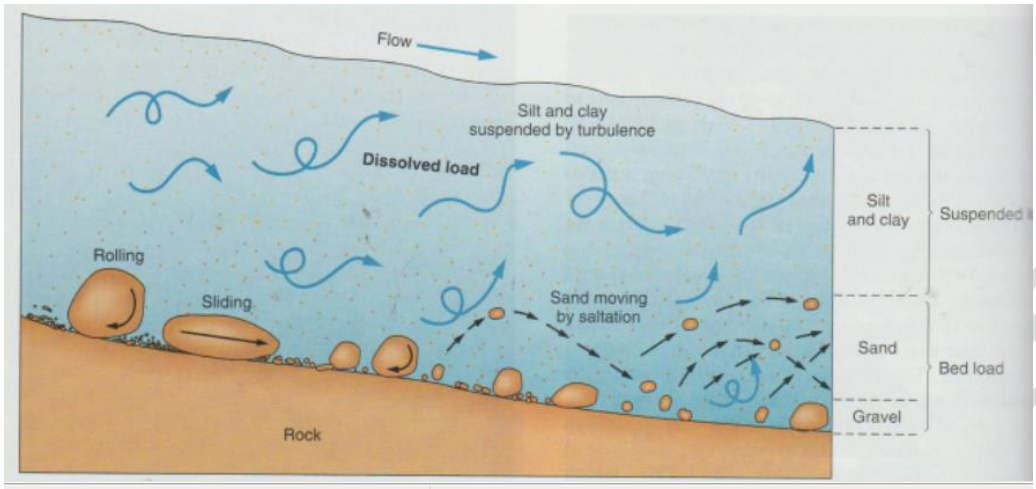
نقل الرواسب بواسطة الانهار

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 Ca, Na, K, Mg, Cl, HCO_3,SO_4 ,NO_3 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 .

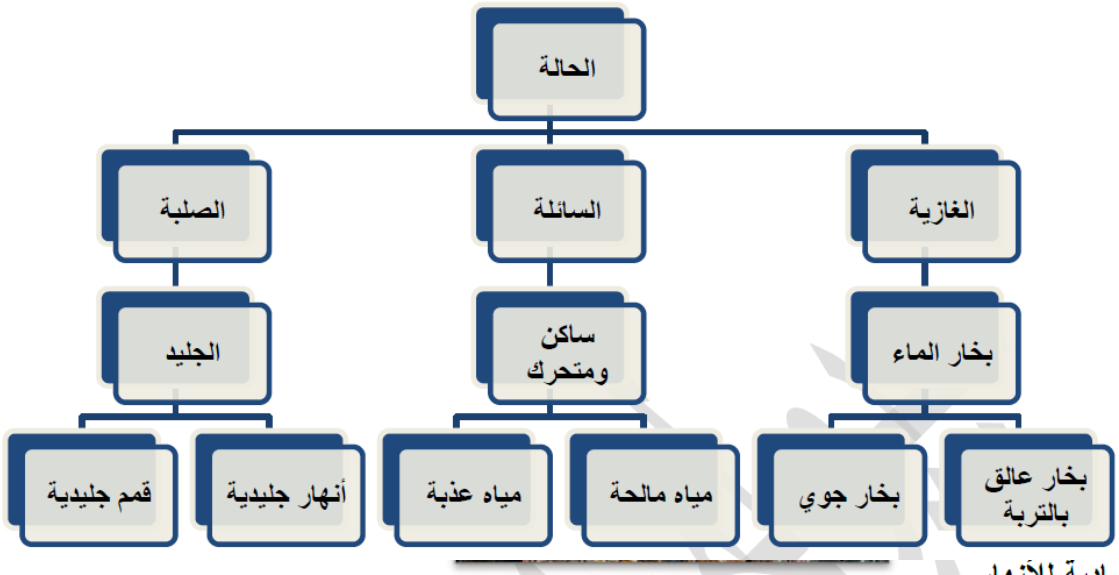
مراحل النهر من المنبع حتى المصب

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

Dr. Omar Labban

الحالات التي يتواجد بها الماء في الطبيعة Phases of Water In the Nature



الأهمية الاقتصادية للأنهار

1. تستعمل مياهها للشرب بعد تنقيتها .
2. تستعمل مياهها في توليد الكهرباء من الشلالات الطبيعية والأنهار بفعل قوة جريانها.
3. تستعمل مياها في السياحة والنقل وركوب الامواج النهرية .
4. تستعمل رواسبها الحصوية المتكونة من أحجام مختلفة كمواد حلي مثل الاحجار الكريمة والمعادن الثمينة
5. استخدام رواسبها دقيقة الحجم كمعادن ثمينة دقيقة جدا مثل الذهب والفضة .
6. تستعمل رواسبها الكبيرة في البناء مثل الجلاميد .
7. تعتبر ترسباتها كتربة فيضية صالحة للزراعة .
8. تدخل ترسباتها التي تكون باحجام دقيقة في صناعة الفخار .

الانهار تعتبر المصدر الرئيسي لتجهيز الرمل والحصى لمشاريع البناء المختلفة .

محاضرة الرابعة عشر

المياه الجوفية Ground water

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

1- الفراغات الاولية (الاصلية) التي نشات اثناء تكون الصخور .

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

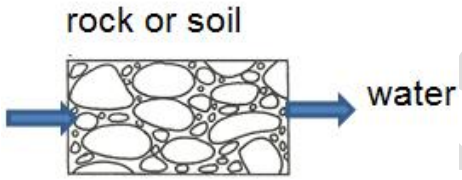
المسامية : تعرف بانها النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في الصخور او التربة الى الحجم الكلي لها . والمسامية تكون بدون وحدة ويعبر عنها بكسر او نسبة مئوية .وقد توجد المسامات الاولية والثانوية في نفس الصخور.

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

تتروح قيم المسامية بين 0-100%
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

التوصيلة 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 التوصيلة 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 .
ملاحظة : 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 او الغرين) 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 بالجريان القاعدي ودعم 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.

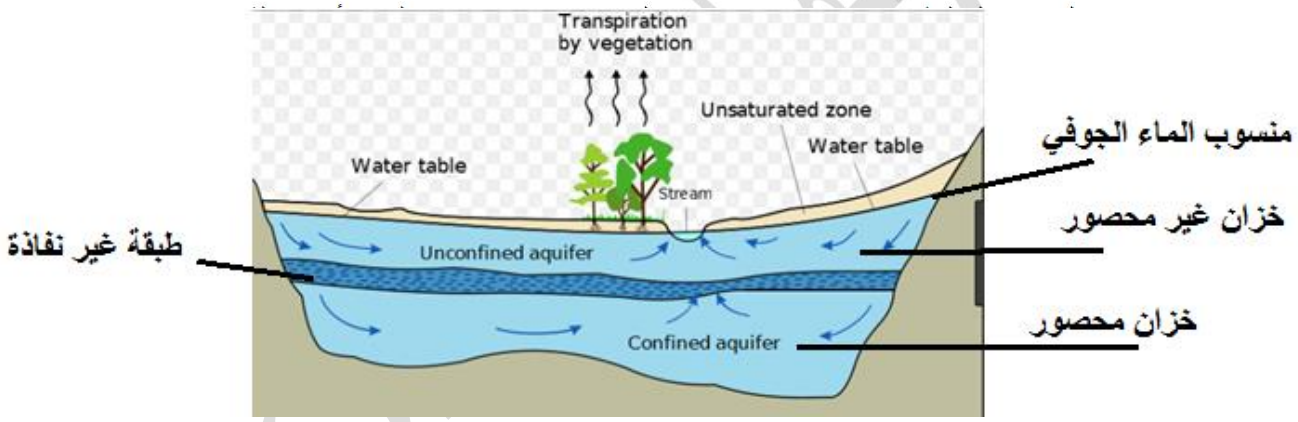
Dr. Omar Tabban

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 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 .

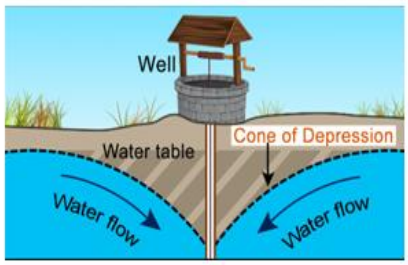
الآبار الإرتوازية Artesian Wells

هي اي حالة تكون فيها المياه الجوفية تحت ضغط يرفعها فوق مستوى مكمن الماء الأرضي .

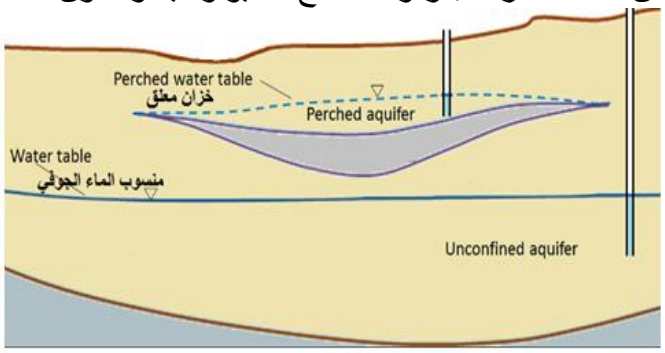


3- الخزان المعلق

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

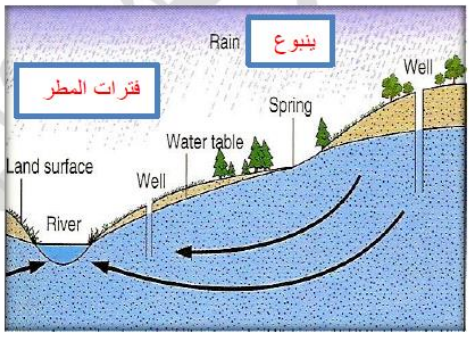
الخزان غير المحصور	الخزان المحصورConfined aquifer
منسوب ماء الجوفي حر	لايوجد منسوب ماء حر (يوجد سطح بيزمتري piezometric surface
الميل الهيدروليكي يتغير بشكل كبير	الميل الهيدروليكي لايتغير بشكل كبير (متجانس اكثر)
تذبذب كبير في منسوب الماء الجوفي مع تغير المواسم	تذبذب قليل في منسوب الماء الجوفي مع تغير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

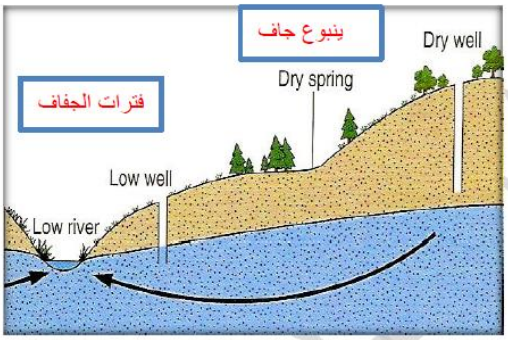
منسوب الماء الأرضي Water Table

هو السطح العلوي من المياه التي تتجمع في منطقة التشبع بالماء ، او هو سطح الإتصال بين منطقة التشبع بالمياه ومنطقة التهوية ، ويكون المنسوب موازيا لسطح الأرض عندما يكون هذا السطح مسطحا بينما اذا كان سطح الأرض غير منتظم والتضاريس غير متساوية فيميل المنسوب المائي وفق الخطوط الكنتورية لسطح الأرض المتحكمة بحركة المياه الجوفية .

العيون الينابيع springs

الينبوع مصدر طبيعي للمياه ينبع من الأرض عندما يرتفع منسوب المياه الجوفية ليتقاطع مع سطح الأرض في فترات المطر مما يؤدي الى التدفق الطبيعي للماء.





أو ينبع عندما يتسرب الماء الجوفي الى سطح الأرض عبر الشقوق والفواصل ليصل قريبا من الصهير فيسخن ويبدأ بالإرتفاع نحو الأعلى الى السطح بفعل البخار المصاحب للمياه الساخنة مكونة ما يعف بالينابيع الحارة (الساخنة) Hydrothermal Springs وتترسب في هذه الحالة بعض الترسبات الإقتصادية بشكل

أهمية الينابيع والينابيع الساخنة The Importance of Springs and Hydrothermal Springs

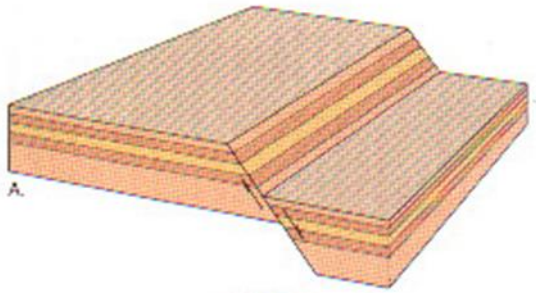
- تستخدم مياه الينابيع والعيون النقية للشرب والري .
- تستخدم مياه الينابيع الحارة المعدنية في معالجة العديد من الامراض كالصدفية والاكزيما و بعض انواع الحساسية و امراض المفاصل و الجهاز التنفسي و الجهاز العصبي و الامراض النسائية و في تنشيط الدورة الدموية وفي معالجة امراض الكلية والكبد (مصر - الاردن -عمان - تونس - ايران - التشيك - العراق) .
- كانت مواقع الينابيع الحارة مركز جذب النشاط والاستيطان البشري منذ اقدم العصور بفعل دورها في حماية صحة الانسان من الامراض وازدادت اهمية الينابيع المعدنية في اوقات الغزوات والحروب والأوبئة يستخدمونها لأغراض الاستحمام في مياهها واستنشاق بخارها وشرب المياه لمعالجة الامراض . وقد تم كشف الكثير من الآثار حول مواقع الينابيع المعدنية الذي يدل علي تعرضها لنشاط اقتصادي وتجاري.
- تحولت مواقع ينابيع المياه المعدنية في العديد من مناطق العالم ومنها الشرق الاوسط الى مناطق سياحية وترفيهية تعرض فيه الحفلات الموسيقية .
- تحتوي الرواسب المعدنية التي تتشكل ضمن الينابيع الساخنة على أهمية اقتصادية كبيرة بسبب تواجد بعض العناصر الاقتصادية ضمن العروق المتكونة في التكسرات والفواصل التي اتخذها الماء مسارا له اثناء حركته نحو سطح الأرض .

المحاضرة الخامسة عشر

جيولوجيا التركيبة

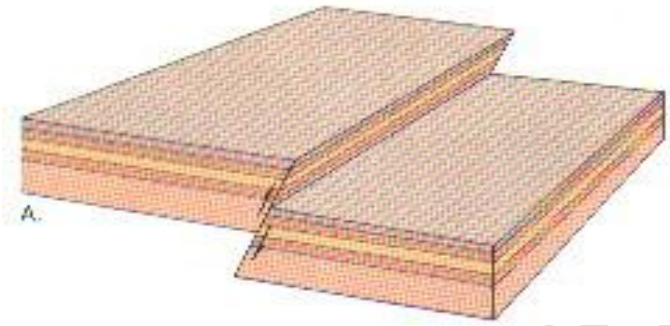
الفوالق Faults

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.

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

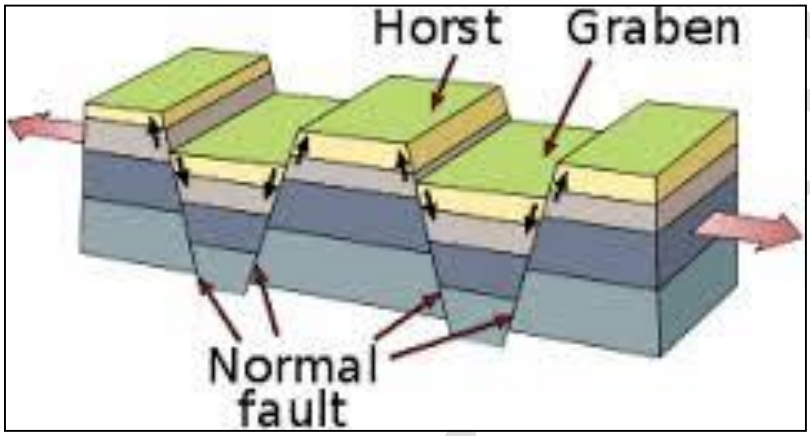
يمكن التعرف على وجود الفوالق من الشواهد التالية :-

5. عدم استمرارية التراكيب.
6. تكرار او حذف الطبقات .
7. معالم مميزة لمستويات الفالق مثل الحزوز .
8. Silicification و التمعدن .
9. التغيرات المفاجئه في السحنات الرسوبية .

Dr. Omar Nazhan

10. معلومات طبيعية .

الخسفةGraben :- 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

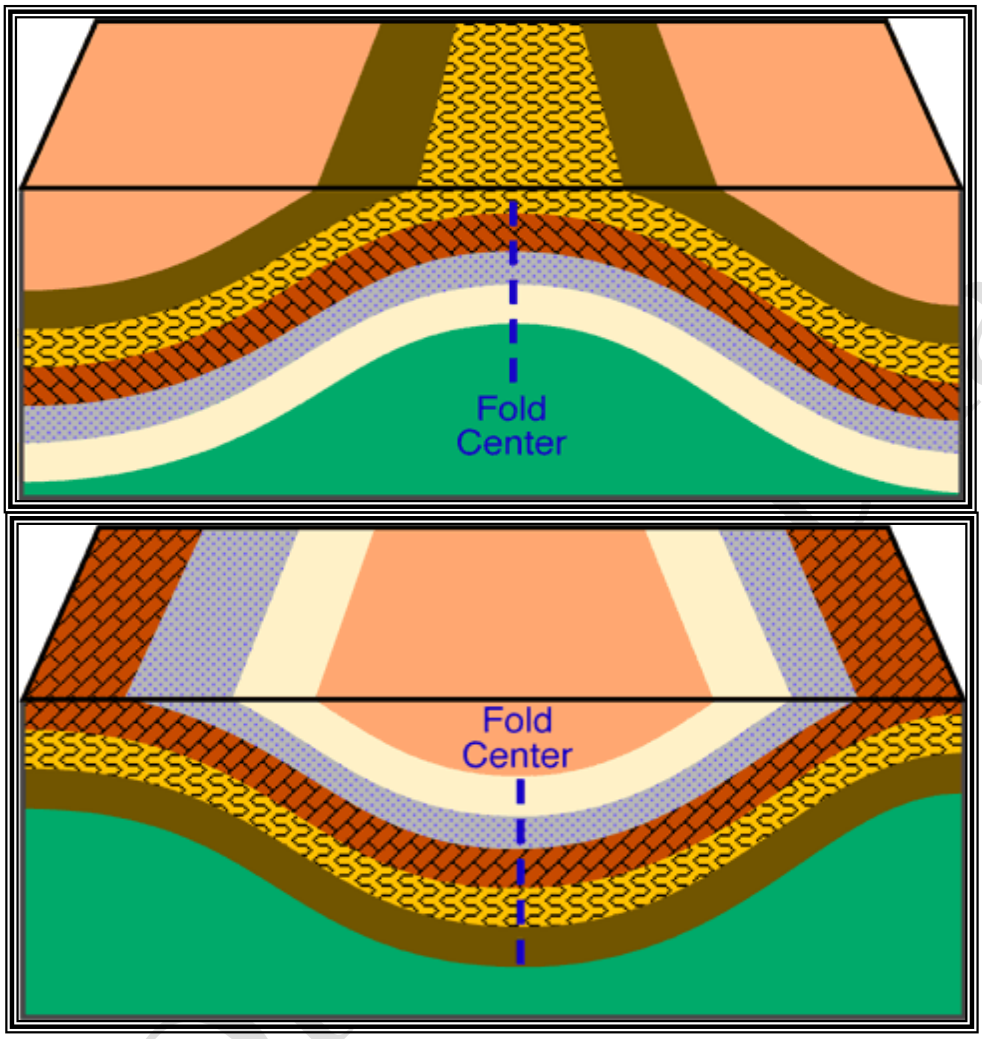
وهي تكسرات او كسور منتظمة في القشرة الارضية وتختلف عن الفوالق بعدم امتلاكها اي حركة موازية لسطح الفاصل . وهنالك نوعين من الكسور او الفواصل , كسور الشد وكسور القص

انواع الجبال

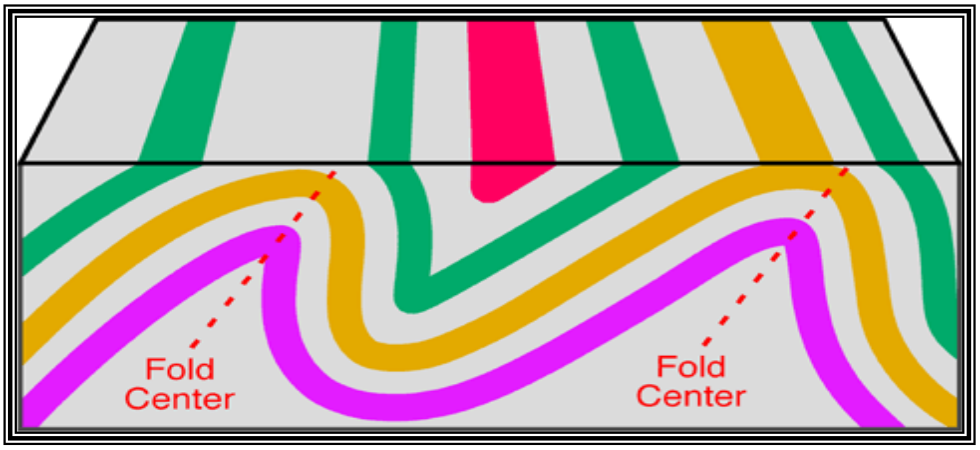
الطيات

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 الطيية 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.

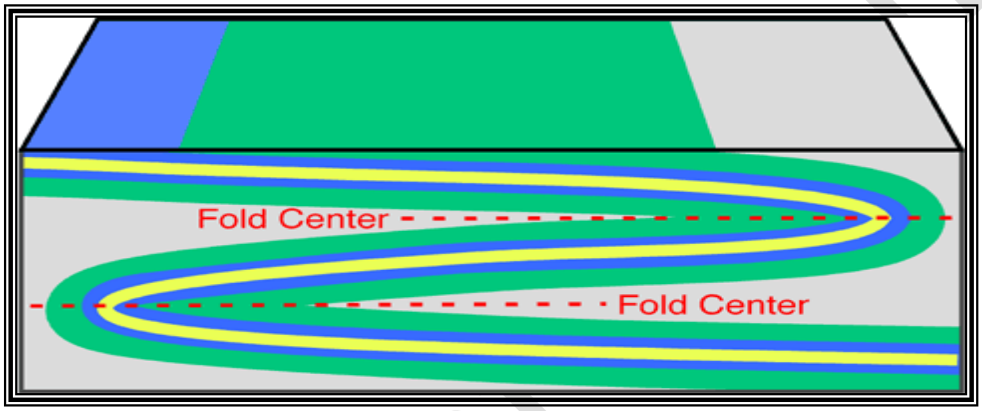
11. الطيةغيرالمتماثلةSymmetrical fold:- وهي الطية التييكون فيها ميل الطبقات في جانبي الطية له قيمة واحدة ويكون المستوى المحوري راسيا.

12. 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.

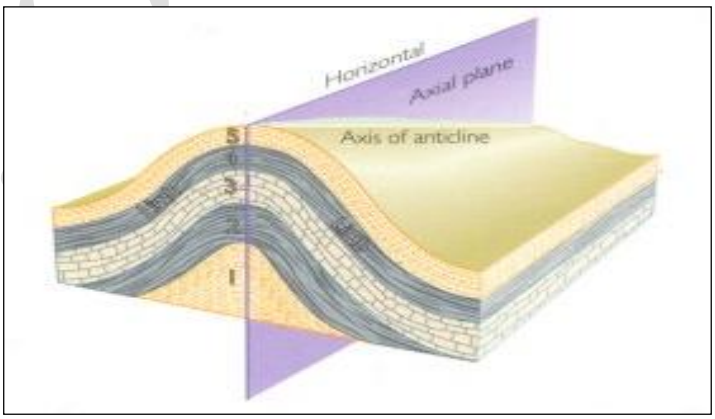
Dr. Omar Nabhan

13. 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.

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



15. 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.

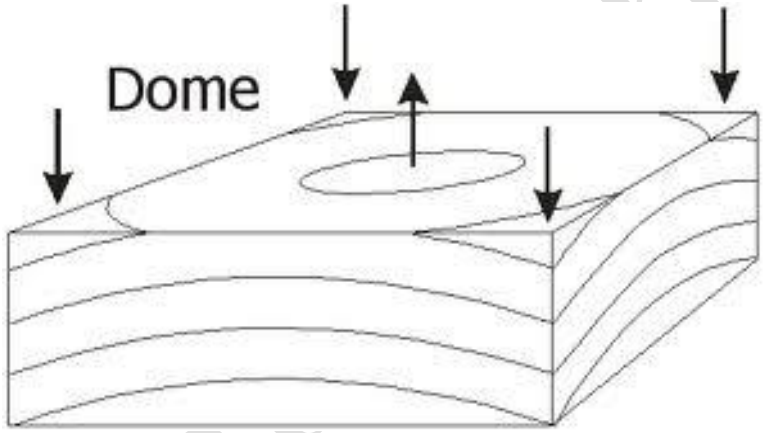


Dr Omar Khan

16. الطية الصندوقية Box Fold :- وهي تلك الطية التي يكون فيها مفصلان على جانبي قمة الطية , وتكون قمة الطية منبسطة وعريضة .

17. 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.



المصادر العربية

الجيولوجيا العامة تاليف د.عبدالهادي الصائغ و د.فاروق العمري

المصادر الاجنبية

Ludman, A., & Marshak, S. (2010). Laboratory manual for introductory geology.

-1 Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Tasa, D. (2005). *Earth: an introduction to physical geology* (p. 744). Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall.

-2 Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., & Tasa, D. (2015). Essentials of geology. Boston, MA, USA: Pearson

-3

Dr. Omar Khan