Engineering Geology
DWE2304-Second Semester

كلية الهندسة-جامعة الانبار
قسم السدود والموارد المائية-المرحلة الاولى
اعداد: د.رافد سعدون

Geology :

It is the science which is devoted to the study the earth. It deals with all features of the earth's surface and with origins, composition, structures of the earth. (geo means earth, and ology means study of).

الجيلوجيا: هو العلم الذي يكرس لدراسة الارض وهو يتعامل مع جميع ملامح سطح الارض واصل ومركبات وهيكل الارض.

Definition and Scope of Engineering Geology

Engineering geology forms the bridge between geology and engineering. It is mainly concerned with the application of geology to civil and mining engineering practice. The purpose is to ensure that geological factors affecting the planning, design construction and maintenance of engineering works and the development of groundwater resources are recognized, adequately interpreted and presented for use in engineering practice.

Includes an overview of geology, engineering geologic mapping, and specific consideration of engineering applications such as dams, reservoirs, and tunnels

الجيولوجيا الهندسية هي الرابط بين المواد الجيولوجية (الصخور والتربة) والأعمال الهندسية والأخذ في الاعتبار العوامل الجيولوجية المؤثرة على:

1-التخطيط ٢- التصميم ٣- البناء ٤- الصيانة.

وتشمل الجيلوجيا الهندسية نظرة عامة على الخرائط الجيولوجية وكذلك ترتبط بهندسة السدود والبحيرات والانفاق.

اهداف الجيولوجيا الهندسية Objectives of Engineering Geology:

1. دراسة وفحص التربة والصخور واجراء التجارب المختبرية والميدانية لتقييم الطبيعة الجيولوجية والتركيبية في المواقع الهندسية.
2. تقديم الاستشارة الجيولوجية في المواقع الهندسية كمشاريع الطرق والانفاق والسدود والمنحدرات وحماية الشواطئ وغيرها.
3. المساهمة في حل المشاكل الهندسية والبيئية الناتجة اوالمصاحبة لاقامة المشاريع الهندسية.
4. تقييم الاثار الناتجة عن الفيضانات والزلازل والبراكين والتصحر وايجاد الحلول المناسبة لها.
5. المساهمة في نشر التوعية البيئية والجيولوجية من كل مايهددها من مخاطر والمساهمة في درء هذه المخاطرمن خلال تقديم البحوث والمنشورات العلمية في مجالات الجيولوجية الهندسية والبيئية.

Branches of Geology:

The subject of geology is divided into several branches such as follows:

1-Geophysical: It is study the physical properties of earth.

2-Petrology: It is study the physical, mechanical and chemical properties of rocks.

3-Mineralogy: It is study the types of minerals.

4-Stratigrahy:It is study of rock layers and their formation.

5-Paleontology: It deals with the study of fossils.

6-Structural Geology: It deals with the study of folds, faults, joints.

7-Economic Geology: It deals with the study of minerals and rocks of economic importance.

8-Seismology: It deals with the study of distribution and reasons of earthquakes.

9-Engineering Geology: It includes the study of application of geology in the engineering fields.

10- Hydrogeology – The study of the distribution and movement of groundwater

11-Marine geology – The study of the history and structure of the ocean floor.

ينقسم موضوع الجيولوجيا إلى عدة فروع ، على النحو التالي:

1 - جيوفيزيائي: يدرس الخصائص الفيزيائية للأرض.

2- جيلوجيا البترول: يدرس الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للصخور.

3 – جيلوجيا المعادن: هو دراسة أنواع المعادن.

4-جيلوجيا الطبقات : وهي دراسة طبقات الصخور وتشكيلها.

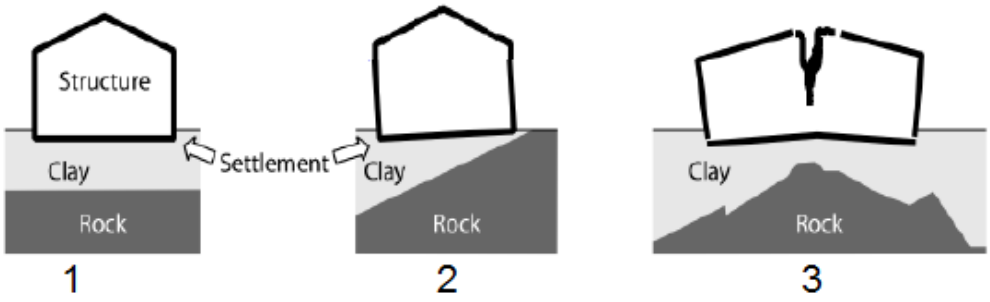
5 - جيلوجيا الحفريات: وهو يتناول دراسة الحفريات.
6 - الجيولوجيا الهيكلية: وهي تتعامل مع دراسة الطيات والأعطال والمفاصل.
7- الجيولوجيا الاقتصادية: وهي تتعامل مع دراسة المعادن والصخور ذات الأهمية الاقتصادية.
8- جيلوجيا الزلازل: يتناول دراسة التوزيع وأسباب الزلازل.
9- الجيولوجيا الهندسية: ويشمل دراسة تطبيق الجيولوجيا في المجالات الهندسية.
10- الهيدروجيولوجيا - دراسة توزيع وحركة المياه الجوفية
11- الجيولوجيا البحرية - دراسة تاريخ وهيكل قاع المحيط

The importance of studying geology for civil engineer and dam engineer

اهمية دراسة الجيولوجيا بالنسبة للمهندس المدني ومهندس السدود

1- **جميع المنشأت المدنية تقام على او تحت الارض لذلك لا بد من معرفة تفاصيل الارض التي يتم انشاء المشروع عليه لكي يتم التصميم بما يتلائم وطبيعه طبقات وتضاريس الارض.**
2- **يحتاج الى معرفة اماكن وخواص و مواد الارض للاستفاده منها في انشاء المشروع.**
3- **المعرفة المسبقة بجيولوجية المنطقة يساعد على تقليل الكلف والوقت واختيار الطرق الاكثر دقة وامانا بالحفر والتنفيذ.**
4- **المعرفة المسبقة لجيولوجية الارض تساعد على تجنب المخاطر المستقبلية التي قد تحدث.**
5- **توفر الخبرة الجيولوجية للمهندس تساعده على فهم الخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية وقراءة التقارير الجيولوجية.**

Effect of Geology on the Safety of Engineering Facilities



اثر البيئة الجيولوجية على سلامة المنشآت الهندسية

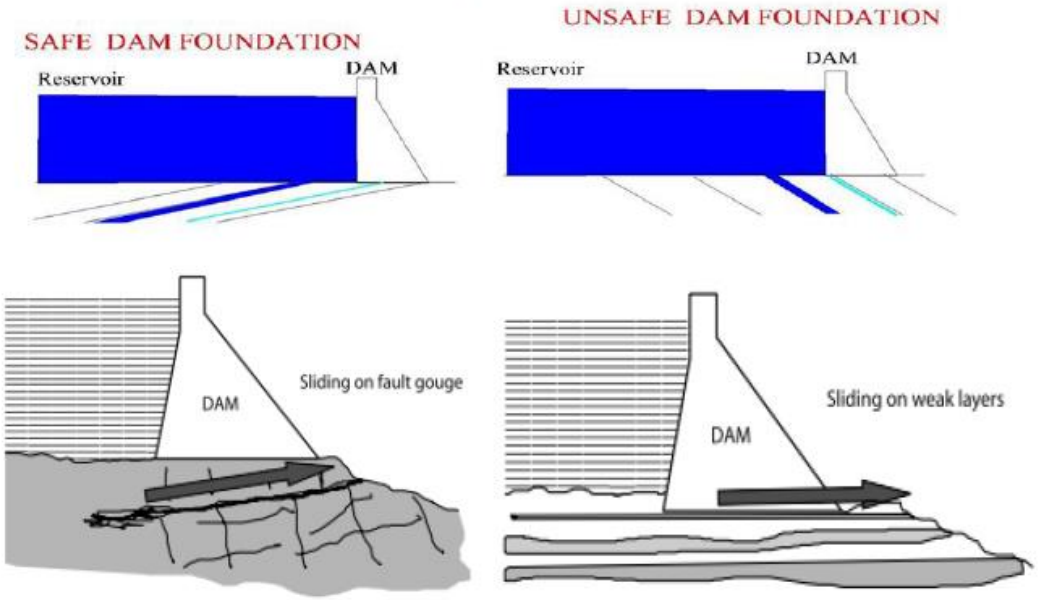
في الشكل رقم 1 فان البناية تستقر على ترسبات طينية قابلة للانضغاط Compressible Clay ذات سمك متماثل فوق صخور صلبة غير قابلة للانضغاط Incompressible rock وفي هذه الحالة فان البناية قد تتعرض الى هبوط **Settlement** متساوي في الارض بحيث لايؤثر عليها.

اما في **الشكل رقم 2** فان عدم تساوي سمك الترسبات الطينية قد يسبب هبوط غير متماثل وبشكل اكبر فوق المنطقة ذات السمك الكبير للطين لذا قد فان البناية قد تميل وقد تتعرض للشقوق **Cracks** لكنها قد لاتتعرض الى اضرار بالغة.

في الشكل رقم 3 فان سمك طبقة الطين اقل في الوسط مقارنة بالاطراف مما قد يسبب هبوط غير متساوي واضرار بالغة في البناية. ان المثال البسيط اعلاه يوضح اهمية المعرفة بالتوزيع الجيولوجي للتربة والصخور تحت سطح اللارض في استقرارية وسلامة التراكيب الهندسية.

Choose the right location (examples):

اختيار الموقع الملائم- اثر العوامل الجيولوجية (امثلة):



تعرض جسر صغير للانهيار بسبب وجود تربة هشة تعرضت للتعرية بفعل المياه

تهدم الطرق نتيجة لتقلص التربة

Structure of the Earth مكونات الارض

تتكون الارض من 3 طبقات رئيسية وهي موزعة من باطن الارض كالتالي:

1-Core لب او مركز الارض

ويمثل الجزء المركزي للأرض وهو يقسم الى جزئيين مختلفيين بالخواص الفيزيائية اللب الداخلي (Inner core)ويكون بحالة صلبة وبسمك تقريبا 1200كم اما اللب الخارجي (outer core)

ويكون بحالة منصهرة بدرجة حرارة تصل الى 4000 درجة سيليزية وسمك تقريبا2200 كم

2- Mantle الوشاح

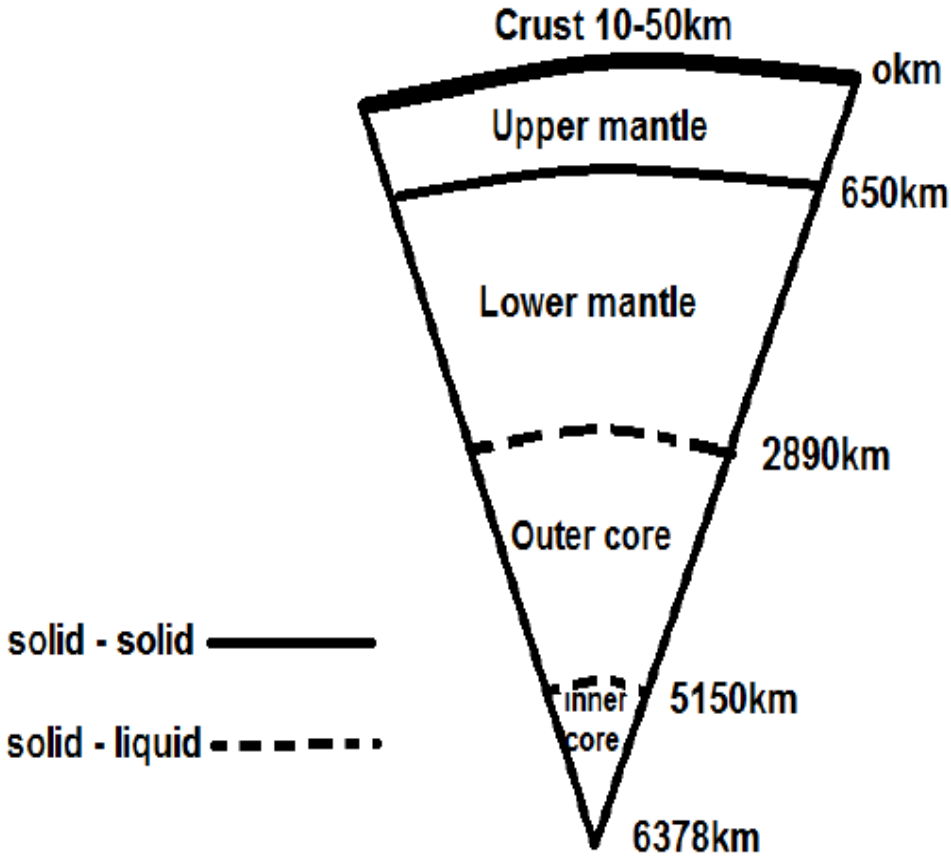
تحيط باللب وتكون بحالة صلبة من جزئيين وشاح علوي ووشاح سفلي

Upper mantle & Lower mantle

حيث تكون الطبقة العليا بسمك 650 كم والسفلى بسمك 2240 كم

3-Crust القشرة

وهي تتكون من مجموعة طبقات تحيط بالجزء اليابس ويتراوح سمكها من 15 الى 50 كم



ويحيط الجزء الخارجي من الأرض (Crust) ثلاثة انواع من الأغلفة :

1 ـ الغلاف اليابس (Lithosphere)
2 ـ الغلاف المائي (Hydrosphere)
3 ـ الغلاف الجوي (Atmosphere)

<u>الغلاف اليابس(Lithosphere):</u>

هو الجزء الخارجي الذي يمثل سطح القشرة الأرضية (Soil) او الطبقات العليا التي تتكون منها الأرض وتتم الكشف عن خصائص هذه الطبقات التحت السطح بواسطة الطرق الجيوفيزيائية والابار اما الطبقات السطحية (التربة او الصخور) فتدرس وتحلل مباشرة.

تتكون القشرة الأرضية من انواع مختلفة من الصخور الثي يتكون بعضها من معدن واحد او مجموعة معادن او قد يتكون البعض من الصخور من بقايا المواد العضوية ونتيجة لهذا الأختلاف في مكونات الصخور فأنه يؤدي لأختلاف خواص هذه الصخور المختلفة.

ويمكن حصر الأنواع المختلفة من العناصر المكونة للقشرة الأرضية بأكثر من مائة عنصر تتركب منها المعادن المكونة للصخور بنسب مختلفة حيث يكون الأوكسجين هو العنصر الأساسي حيث يكون متحداً مع غيره من العناصر مكوناً الأكاسيد كما مدرج من الجدول الاتي:

Whole earth		Crust	
Element	Weight Percent	Element	Weight Percent
Iron	32.4	oxygen	46.6
oxygen	29.9	silicon	27.7
Silicon	15.5	Aluminum	8.1
Magnesium	14.5	Iron	5.0
Sulfur	2.1	Calcium	3,6
Aluminum	1.3	Magnesium	2.1
Nickel	2.0	Sodium	2.8
Calcium	1.6	Potassium	2.6
All other, total	0.7	All other, total	1.5

99% من القشرة الأرضية تكونها عشرة عناصر فقط بينما (1%) من وزن القشرة الأرضية لها اهمية اقتصادية مثل الذهب وافضة والنحاس والرصاص والزنك والنيكل والكبريت .

الغلاف المائي (Hydrosphere) :

يتكون من جميع المياه الموجودة على سطح الأرض سواء أكانت مياه انهار او بحيرات او محيطات او مياه جوفية او الجليد القاري اوالمياه التي تتخلخل في الصخور المسامية او في الفجوات والشقوق في الأنواع الأخرى من الصخور . وهذا الغلاف المائي يغطي حوالي 72% من مساحة الكرة الأرضية . وحركة المياه اما ان تكون سطحية على هيئة امواج او على اعماق مختلفة تسمى التيارات المائية والمد والجزر نوع اخر من التحركات المائية التي ينشأ عنها ارتفاع وانخفاض في مستوى البحر وهذا ينتج من قوة الجذب المتبادلة بين الكرة الأرضية بما فيها من غلاف مائي من جهة والشمس والقمر من جهة اخرى.

الغلاف الجوى (Atmosphere) :

هو الغلاف المحيط بالكرة الأرضية ويبلغ سمكه حوالي (320 km) ويتكون من الأوكسجين وبخار الماء والنتروجين وثاني اوكسيد الكاربون والغازات النبيلة.

ولهذا الغلاف تأثير كبير في تشكيل سطح القشرة الأرضية والسبب في ذلك يعود لكون الأمطار والرياح والثلوج واشعة الشمس موجودة ضمن هذا الغلاف وكلها تعتبر من العوامل الفعالة التي لها الفدرة الميكانيكية في التأثير على السطح الخارجي للكرة الأرضية.

المعادن (Minerals) :

هي مركبات كيميائية ذات تركيب بلوري خاص تنشأ من عنصر واحد او اتحاد مجموعة من العناصر مع بعضها بفعل العوامل المختلفة مثل الحرارة والضغط . وبصورة عامة فأن المعادن تتجمع على هيئتان وهذه تشمل :

1 - معادن تتجمع لتكون الصخور (Rocks)
2 - معادن متجمعة على شكل خامات معدنية (Ore)

تكوين المعادن :

هناك طرق طبيعية مختلفة لتكوين المعادن ومن هذه الطرق :

1 - **التبلور المباشر من الصهير (Magma)** : وينتج من هذه المعادن الصخور النارية
2 - **التبلور من محاليل مائية (Aqueous Solution)**: ممكن ان تكون هذه المحاليل موجودة على سطح القشرة الأرضية . فالمعادن التي تتكون بهذه الطريقة سوف تكون الصخور الرسوبية الكيميائية (Chemically Sedimentary Rocks) واذا كان للكائنات الحية دور في تكوين الصخور فأن الصخور الناتجة تسمى الصخور الرسوبية العضوية (Organically Sedimentary Rocks) ويمكن ان تتكون المحاليل المائية من تأثير الصهير الناري اثناء عملية التبلور وفي هذه الحالة تسمى هذه المحاليل بالمحاليل الصهيرية او المحاليل الحارة (Hydrothermal Solution) والمعادن المتكونة بهذه الطريقة قسم منها يكون ذو قيمة اقتصادية .
3 - **التبلور (Crystallization)** : نتيجة لأعادة ترتيب الذرات في بلورات المعادن السابقة التكون وتتم هذه العملية بأزالة او اضافة بعض الذرات عند تكوين المعدن الجديد فأذا تم هذا التغيير بتأثير الضغط والحرارة العاليين فأن تجمع المعادن المتكونة يؤدي لتكوين الصخور المتحولة .

طريقة تمييز المعادن :

يمكن تمييز المعادن من خلال معرفة خصائص العناصر المكونة لهذه المعادن وهذه الخصائص اما ان تكون خصائص كيميائية او خصائص طبيعية (فيزيائية) او خصائص اشعاعية مثل اليورانيوم وهناك بعض الخصائص التي يتم دراستها بواسطة الميكروسكوب مثل الشكل البلوري والخصائص الضوئية .

الخواص الكيميائية للمعادن (Chemical properties of minerals) :

يمكن ان نتعرف عليها من خلال معرفة التركيب الكيميائي للمعادن ومن خلال معرفة الخصائص الكيميائية لكل عنصر وبالتالي معرفة خصائص الصخرة المكونة من مجموعة من المعادن وبالأعتماد على الخصائص الكيميائية للمعادن (التركيب الكيميائي) فقد صنفت المعادن الى عدة مجاميع :

1 - **المعادن العنصرية (Native elements minerals)** مثل الذهب والفضة واماس والكرافيت .
2 - **الأكاسيد (Oxides)** واشهرها هو اوكسيد السليكون (Sio_2) المكون لمعدن الكوارتز (quartz) واوكسيد الحديد .

3 - **الكبريتيدات (Sulfides)** : تشمل الكثير من المعادن ذات الأهمية الأقتصادية وتكون مركباتها قليلة الذوبان بالماء مثل معدن البايرات (Pyrite) ويكون لونه ذهبي .

4 - **الكبريتات (Sulfates)** : تتكون من محاليل مائية فوق سطح الأرض وأهم أنواعها الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) والأنهايدرات ($CaSO_4$) .

5 - **الكاربونات (Carbonates)** : تتكون على سطح الأرض مكونة صخور رسوبية كيميائية مثل الكالسايت ($CaCO_3$ Calcite) والدولومايت ($CaMg(CO_3)_2$ Dolomite) .

6 - **الهاليدات (Halides)** : تتبلور من محاليل مائية واشهرها الملح الصخري (NaCl) وهو صخر رسوبي كيميائي .

7 - **الفوسفات (Phosphates)** : تتكون هذه المعادن من تراكم الحيوانات الفقرية ولذلك فهي تعتبر معادن رسوبية عضوية ومثالها معدن الأباتايت (Apatite) .

8 - **السليكات (Silicates)** : تتكون من الصهير الناري (Magma) وتعتبر اكثر المعادن انتشاراً في الكرة الأرضية وبعد تجمع هذه المعادن تتكون الصخور النارية مثل معدن الأوليفين (Olivine) وكذلك معدن الكوارتز (Quartz) .

الخصائص الطبيعية او الفيزيائية للمعادن (Physical properties of minerals) :

توجد العديد من الخواص الفيزيائية التي من خلالها نستطيع تمييز المعادن وهذه الخواص تشمل :

1 - **اللون (Color)**: بعض المعادن لها لون معين مثل اللون الأخضر لمعدن الكلورايت ومن الصعب استخدام هذه الصفة في تمييز المعادن بسبب تغير هذه الصفة حسب نوع الشوائب الموجودة في المعادن وبذلك من الممكن ان تكون المعادن على ثلاثة حالات من ناحية اللون :

a- معادن اصلية اللون مثل الكروم والمغنيسيوم

b- معادن متغيرة اللون مثل الكوارتز الذي قد يكون ذو لون وردي او رمادي او اصفر

c- معادن كاذبة اللون : هنا توجد العديد من الألوان لبلورة المعدن بسبب احتوائها على شوائب ذات اشكال شريطية .

2 - **البريق (Luster)** : هو شكل او لون المعدن خلال الضوء المنعكس ويتوقف هذا اللون على مقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن. وبصورة عامة يمكن تقسيم المعادن حسب البريق الى قسمين

a - معادن لها بريق مثل الكوارتز

b - معادن ليس لها بريق (معتمة)

3 - **الصلابة (Hardness)** : هو قدرة المعدن على مقاومة الخدش وتقاس بالمقارنة مع صلابة معادن قياسية اخرى معروفة الصلابة وضعت من قبل العالم موه (Moh) وترتيب هذه المعادن حسب درجة صلادتها كما موضح في الجدول التالي

No	Mineral	Hardness
1	Talk	1
2	Gypsum	2
3	Calcite	3
4	Fluorite	4
5	Apatite	5
6	Orthoclase	6
7	Quartz	7
8	Topaz	8
9	Corundum	9
10	Diamond	10

وبذلك فأن صلابة الجبس اعلى من صلابة معدن التالك وكذلك فأن صلابة معدن الكوارتز اعلى من صلابة معدن الأورثوكليز ..... وهكذا .

4 - **التشقق (Cleavage)** : هو قابلية المعدن على الأنفصال في مستويات معينة نتيجة الحرارة والضغط او الطرق , والمستويات التي ينفصل اليها المعدن تسمى مستويات التشقق ومثال على ذلك هو تشقق معدن المايكا (Mica) الى مستويات على شكل صفائح رقيقة في اتجاه واحد وبشكل عام **هناك ثلاث درجات من تشقق المعادن وهي كامل التشقق وجيد التشقق وغير كامل التشقق** .

5 - **تكسر المعدن (Fracture)** : هو الشكل الذي تأخذه الأسطح الخارجية للمعدن اثناء تكسرها , فقد يكون السطح الناتج عن الكسر مستوياً او خشناً او منحنياً , وان الكسر الجديد للمعدن يمثل اللون الحقيقي للمعدن .

6 - **الوزن النوعية (Specific gravity)** : هو النسبة بين وزن حجم من مادة المعدن (mineral) في الهواء الى وزن نفس الحجم من الماء بدرجة حرارة معينة . واغلب المعادن لها وزن نوعي يتراوح بين (7 – 2) ومن المهم ان نعرف ان الوزن النوعي (G_S) هي قيمة عددية بدون وحدات قياس .

7 - **الخواص المغناطيسية للمعدن (Magnetic properties)** : هو قابلية المعدن للأنجذاب نحو احد اقطاب المغناطيس وتنافره مع القطب الاخر ومثال على ذلك هو معدن (Magnetite) الذي يملك خواص مغناطيسية .

8 - **درجة حرارة الأنصهار** : هي درجة الحرارة التي يتحول عندها المعدن من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة وتعتمد درجة الأنصهار للمعادن على التركيب الأيوني للمعدن .

9 - **الخواص الكهربائية للمعدن (Electric properties)** : وتحدد هذه الخاصية قابلية المعدن على امرار التيار الكهربائي وتختلف بأختلاف المعدن.

10 - **الذوبان** : هو قابلية المعدن للذوبان بالماء ومثالها معدن الهالايت او ملح الطعام (Halite) وكل معدن له درجة ذوبان خاصة .

الخواص الضوئيه للمعادن : Optical minerology

للمعادن المتبلورة خصائص ضوئية ثابتة من ناحية الأنعكاس والأنكسار للضوء المار خلال هذه المعادن وتحلله داخل اجسام البلورات ولهذا فالخصائص الضوئية تعتبر ذات اهمية كبيرة في تمييز المعادن عن بعضها عند فحصها بالميكروسكوب ومن اهم هذه الخصائص الضوئية هي الأنكسار , ويكون على نوعين :

1 - **انكسار منفرد** : عند سقوط شعاع ضوئي على سطح معدن فأن الشعاع عند مروره من الهواء الى داخل المعدن سوف ينكسر مما يؤدي لأنحراف مسار الشعاع . ولكل معدن معامل انكسار ثابت ويحسب معامل الأنكسار بواسطة قانون سنل :

Reflection Coefficient (R) = Sin i / Sin r

معامل الأنكسار = جيب زاوية السقوط/ جيب زاوية الأنكسار

2 - **انكسار مزدوج** : هو انكسار الشعاع الساقط الى شعاعين بزاويتين مختلفتين .
Double Reflection