الفصل الثالث

المعادن والصخور

(Rocks and Minerals)

تتكون القشرة الارضية من جميع العناصر الكيمياوية المعروفة وبنسب مختلفة كثيراً عدا عدد قليل جداً من العناصر المعروفة لدينا في الغلاف الجوي .

إن اغلبية العناصر الكيمياوية المكونة للقشرة الارضية بما في ذلك العناصر التي تشكل المعادن القيمة هي في الحقيقة نادرة جداً ، وان عدداً قليلاً من هذه العناصر موجودة بشكل وافر وهذه هي :-

$O_2 - Si - Al - Fe - Ca - Mg - Na - K - H_2 - and Ti$

والتي تكون بمفردها حوالي 99 /. من المادة الطبيعية للقشرة الارضية وباتحادها تكون المعادن والصخور المختلفة والتي تعتبر المكونات الاساسية للقشرة الارضية .

ويوضح الجدول رقم (3 – 1) معدل التركيب الكيمياوي للقشرة الارضيـــة .

جدول (3-1).

العنصـــر	الرمز الكيمياوي	النسبة المئويـــة
اوكســـجين	O	46·71
ســيليكون	Si	27·69
المنيـــوم	Al	8·07
حديـــد	Fe	5·06
كالســـيوم	Ca	3·65
صوديـــوم	Na	2·83
بوتاســيوم	K	2·59
مغنيســـيوم	Mg	2·07
تيتانيـــوم	Ti	0·62
هيدروجين	H	0·14
فســـفور	P	0·12
منغنيـــز	Mn	0·09

اما المعدن (Mineral) فهو مادة غير عضوية ، ويتميز بأن له تركيب كيمياوي وصفات فيزياوية ثابتة ومحددة ومتميزة تكونت بفعل الطبيعة وله شكل بلوري معين ، ويعتبر المعدن وحدة تركيب الصخور مثل الكوارتز أو المرو (SiO_2) والهيلايت NaCl والكالسايت $CaCO_3$ والكبريت S والماس C .

واما الصخر (Rock) فهو خليط طبيعي من المعادن المرتبطة بقوة وبشكل دائم بواسطة قوى التماسك (Cohesion forces) وهنالك عدد من الصخور تتكون من معدن واحد فقط بينما غالبية الصخور متكونة من مجموعة معادن .

وتقسم الصخور بشكل عام الى ثلاثة انواع :-

الصخور النارية (Igneous Rocks) : مثل — الجرانيت (Granite) و البازلت (Basalt)

الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks) : مثل حجر الجير (Limestone) والحجر الرملي (Sandstone) والطين (Clay) وان غالبية الصخور العراقية هي صخور رسوبية .

الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks) : مثل – الرخام (Marble) والكوارتزيت أو المرويت (Quartzite)

وبتاثير الصخور الموجودة على سطح الارض بعوامل المناخ تتكون التربة :- وهي اذن خليط من فتات المعادن والصخور والتي يمكن فصلها عن بعضها بسهولة عند تحريكها في الماء والمتكونة عادة من ناتج عمليتي التجوية والتعرية على الصخور والمعـــــادن .

تصنيف المعادن (Classification of Minerals)

إن أفضل تصنيف للمعادن هو التصنيف المبني على التركيب الكيمياوي (Chemical Composition) وتنقسم المعادن على أساس تركيبها الكيمياوي الى عدة مجموعـات .

آ-المعادن غير السيليكية (Non-Silicate Minerals)

والمعادن غير السيليكية الموجودة هي :-

1- العناصر (Elements) : مثل الكبريت (S) والماس (C) .
2- الاكاسيد (Oxides) : مثل الكوارتز (SiO_2) والماجنيتايت (Fe_3O_4).
3- الكربونات (Carbonates) : مثل الكالسايت ($CaCO_3$) والدولومايت $CaCO_3.2MgCO_3$
4- الكبريتات (Sulphates) :مثل الانهايدرايت ($CaSO_4$) والجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
٥- الكبريتيدات (Sulphides) : مثل الجالينا (PbS) والبايرايت (FeS_2) .
6- الفوسفات (Phosphates) : مثل الاباتايت ($CaSF(PO_4)_3$).

7- الفلوريدات (Florides) : مثل الفلورايت (CaF_2) .
8- الكلوريدات (Chlorides) : مثل الهيلايت (الصخر الملحي (NaCl) .

ب- المعادن السيليكية (المعادن المكونة للصخور) — (Silicate Minerals)
وتقسم الى خمس مجموعات حسب تركيبها الكيمياوي ايضاً :-
1- مجموعة الاوليفين - (Olivine Group) مثل الاوليفين (Olivine).
2- مجموعة البايروكسين - (Pyroxine Group) مثل الاوجايت (Augite).
3- مجموعة الامفيبول - (Amphibole Group)مثل الهورنبلند (Hornblende)
4- مجموعة المايكا (Mica Group) مثل البايوتايت (Biotite) والماسكوفايت (Muscovite) .
5- مجموعة الفلسبار (Feldspar Group) مثل الاورثوكليس (Orthoclase) والبلاجيوكليس (Plagicolase) .

ج- المعادن الطينية - (Clay Minerals) - وتمثل مجموعة المعادن الثانوية السيليكية حيث يشتمل كل واحد منها على قليل أوكثير من سيليكات الألومنيوم المائية المعقدة . (Complex Hydrous Aluminum Silicates) وتنتج بشكل رئيسي من التأثير الكيمياوي على المعادن السيليكية بواسطة العوامل الجوية (التجوية Weathering) وللمعادن الطينية أهمية كبيرة جداً بالنسبة للجيولوجيا والهندسة المدنية وسوف نأتي عليها بالتفصيل في فصل لاحق .

تكوين المعادن (Mineral's Formation)

يمكن للمعادن أن تتكون بعدة طرق أهمها التبلور من سائل منصهر يدعى الماجما (Crystallization from Magma) والترسيب من المحاليل عن طريق التفاعلات الكيمياوية أو الاحياء الدقيقة .

ومن الممكن أيضاً ان تتكون مباشرة من الغازات أو بالتسامي من الابخرة كما قد تتكون بتغير معادن أخرى بفعل الحرارة والضغط . ان معظم المعادن تتكون نتيجة التبلور وعلى شكل أجسام صلبة منتظمة ومحددة بواسطة اوجه مسطحة وزوايا ثابتة وذات تركيب داخلي ثابت من ذرات أو جزيئات دقيقة جداً ومرتبة حسب انظمة خاصة تجعل كل معدن يختلف عن المعدن الآخر وتعرف هذه الأشكال والتي تتبلور عليها المعادن المختلفة بالبلورات وتتكون المعادن بصفة عامة من تبلور المحاليل أو نتيجة لتبريد المواد الصخرية

المنصهرة والتي توجد تحت أعماق كبيرة داخل القشرة الأرضية والتي اطلقنا عليها السائل المنصهر (الماجما) .

وأثناء عملية التبلور من الحالة السائلة تكون الذرات في حالة حركة دائمية حول بعضها البعض .

كما إن المسافات بين هذه الذرات تكون كبيرة نوعاً ما في الحالة الغازية وأقل في الحالة السائلة وكنتيجة لتغير الظروف السائدة كحدوث انخفاض في درجات الحرارة فان السوائل أو الغازات تتحول الى أجسام صلبة ونتيجة لذلك فان المادة ترابط في كتلة متماسكة الأطراف ومرتبة داخلياً بشكل منتظم ، ويطلق على العملية التي بواسطتها تنتظم وتتماسك الذرات لتكون المركبات الكيمياوية على هيئة بلورات – عملية التبلور (Crystallization))

الشكل البلوري للمعادن (Crystal forms of Minerals)

تتبلور جميع المعادن تقريباً وتحت الظروف الطبيعية آنفة الذكر باشكال خارجية منتظمة تدعى البلورات ، ولكل معدن شكله البلوري المتميز والذي ينتمي الى أحد الأنظمة الستة التالية : انظر (شكل 3- 1)

1- النظام المكعب (Cubic System)

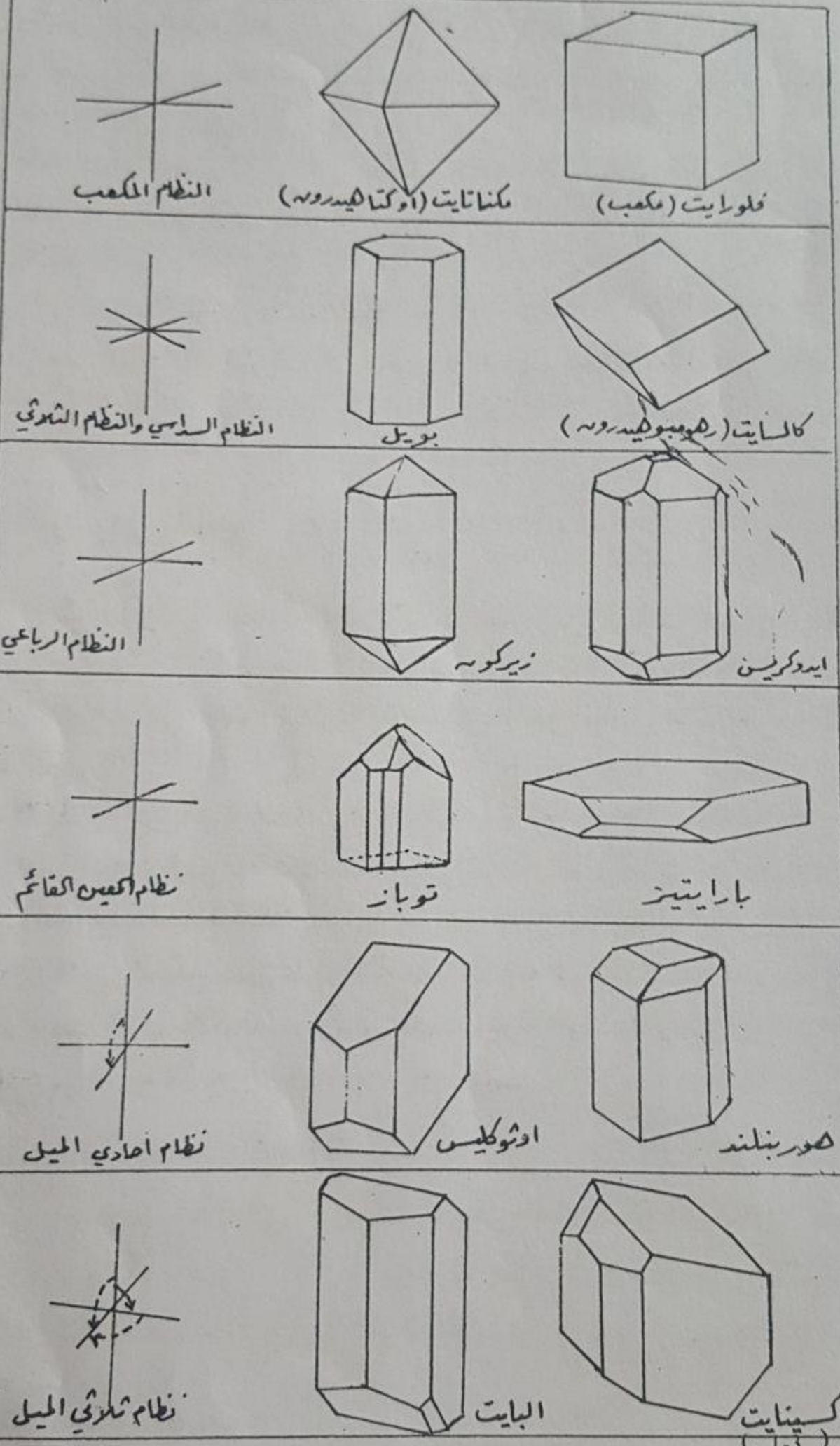
ويطلق على هذا النظام أيضاً – نظام متساوي الأبعاد – وتحتوي البلورة على ثلاثة محاور بلورية متساوية في الطول ومتعامدة على بعضها البعض مثال ذلك ، معادن الجالينا والفلورايت الهيلايت .

2 – النظام السداسي (Hexagonal System)

ويشمل هذا النظام كافة البلورات التي تحوي أربعة محاور بلورية . ثلاثة منها افقية ومتساوية في الطول وتتقاطع في زوايا مقدارها 120° والمحور الرابع عمودي على مستواها ويختلف عنها في الطول . مثال ذلك بلورات الاباتايت والبيرل . ويتفرع عن النظام السداسي نظام تابع له يدعى النظام الثلاثي (Trigonal System) – والذي يشبه بمحاوره البلورية النظام السداسي بشكل كبير عدا اختلاف بسيط في درجة التماثل البلوري . مثال ذلك بلورات الكوارتز ، والكورندم والكالسيات .

3- النظام الرباعي (Tetragonal System) –

ويشمل هذا النظام على البلورات التي تحوي ثلاثة محاور بلورية متعامدة ، اثنان منها افقيان متساويان في الطول والثالث عمودي عليهما وقد يكون اقصر أو أطول منهما : مثال ذلك معادن الزركون والكاسيتيرايت .



شكل (٤-١)
الأنظمة البلورية

4 – نظام المعين القائم (Orthorhombic System)

ويشمل هذا النظام كافة البلورات التي تحوي ثلاثة محاور بلورية متعامدة مع بعضها البعض ولكنها مختلفة الطول فيما بينها مثال ذلك معادن الاولفين والاراجونايت.

5 – نظام احادي الميل (Monoclinic System)

وفي هذا النظام تحوي البلورة محاور بلورية مختلفة الطول وأحد هذه المحاور مائل عن المستوى المحوري الذي يضم المحورين الآخرين ، مثال ذلك بلورات الجبس والبيروكسين والمايكا .

6 – نظام ثلاثي الميل (Triclinic System)

ويشمل هذا النظام كافة البلورات التي تحوي ثلاثة محاور مختلفة الطول وغير متعامدة على بعضها البعض ، مثال ذلك بلورات . الميكروكلاين والبلاجيوكليس وفلسبار .

التعرف على المعادن (Identification of Minerals)

حيث ان اكثرية المعادن غالباً ماتكون عبارة عن مركبات كيمياوية معقدة فمن الضروري ان تكون هنالك بعض الطرق الفيزياوية البسيطة والتي بواسطتها يمكن التعرف على المعدن وبطريقة سريعة في الحقل والمختبر واليك موجزاً لأهم هذه الطرق :–

1 – لون المعدن

ان معظم المعادن ليس لها الوان ثابتة ويتغير اللون عادة نتيجة لاحتواء المعدن على بعض الشوائب المختلفة فمثلاً الكوارتز له عدة الوان بينما هنالك بعض المعادن لها الوان ثابتة من الممكن تمييزها بواسطة هذه الألوان ، مثال ذلك الكبريت والذي يكون أصفر اللون والكرافايت والذي يكون أسود اللون والاوليفين لونه أخضر (زيتوني) .

2. شفافية المعدن (Transparency)

وهي قدرة المعدن على انفاذ الضوء ، حيث ان بعض المعادن تكون شفافة ومن الممكن رؤية الاجسام من خلالها بوضوح ، اما اذا بدت الاجسام غير واضحة من خلال المعدن فيعتبر في هذه الحالة نصف شفاف . اما المعدن المعتم فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء .

3. المخدش - (Streak)

وهو اللون الذي يظهر به مسحوق المعدن وبالامكان الحصول على مسحوق المعدن

عند حك المعدن على قطعة بيضاء من الخزف البلوري الخاص ويكثر الاعتماد على لون المخدش أكثر من لون المعدن في التعرف على المعادن وذلك لكون المخدش ذو لون أقل تغيراً من لون المعدن نفسه ، فمثلاً لون مخدش الكوارتز غالباً ما يكون ابيض ونجد ان الهيماتايت الاسود اللون له مخدش احمر اللون في حين ان الماجناتايت الاسود اللون له مخدش اسود . كما وان البايرايت لونه نحاسي اصفر في حين ان لون مخدشه اسود .

4- البريق (Luster)

هو مظهر سطح المعدن تحت الضوء المنعكس وتتميز المعادن ببريق معين فيقال ان بريق هذا المعدن فلزي . او زجاجي وهناك اصطلاحات عدة تستعمل لوصف انواع البريق أهمها : -

أ- بريق فلزي (Metallic) مثل الجالينا والماجناتايت والبايرات .

ب- بريق زجاجي (Vitreous) مثل الكوارتز والكالسايت .

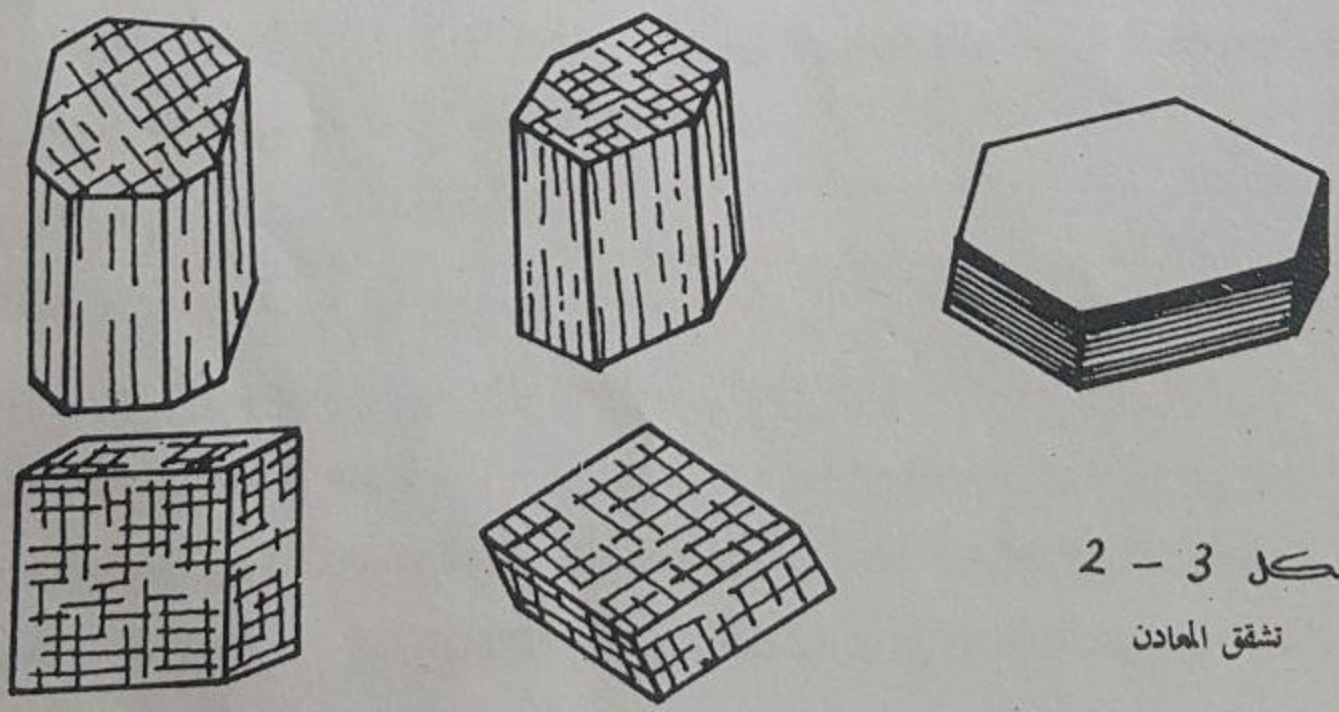
جـ- بريق لؤلؤي (Pearly) مثل المايكا والتالك .

د- بريق معتم او ارضي (Dull) للمعادن التي لايوجد لها بريق مثل الكاؤولين .

5- التشقق (Cleavage)

وهي قابلية المعدن للتشقق والانقسام في اتجاهات موازية او على امتداد سطوح ملساء تمثل اوجه البلورات . كما وان مستويات التشقق (Planes of Cleavge) تمثل مستويات الضعف في المعدن ضمن التركيب الداخلي له . ان درجة التشقق للمعدن يمكن ان تكون كاملة (Perfect) جيدة (Good) واضحة او غير كاملة (Imperfect) حسب نوعية التشقق .

ويجوز ان يحتوي المعدن على اكثر من مجموعة من اوجه التشقق انظر (شكل 3-2).



شكل 3 - 2

تشقق المعادن

6 – الصلابة (Hardness)-

وهي من أهم الصفات التي تساعد على معرفة وتمييز المعادن عن بعضها البعض وهي مقياس مقاومة سطح المعدن لعملية الخدش فاذا ما خَدش معدن معدناً آخر فالمعدن المخدوش تكونّ صلابته اقل من المعدن الخادش . وفي عام 1824 وضع العالم موه (Moh) مقياساً لقياس الصلابة يعرف بمقياس موه للصلابة (Moh's scale of hardness) وقد استخدم لذلك عشرة معادن ثابتة ورتبت ترتيباً تصاعدياً حسب درجة صلابتها اي من الاقل صلابة الى المعادن الاكثر صلابة كما في الجدول التالي :-

1 – تالك (Talc) 2- جبس (Gypsum) 3 – كالسايت (Calcite) 4 – فلورايت (Fluorite) 5- اباتايت (Apatite) 6 – اورثوكليس (Orthoclase) 7 – كوارتز (Quartz) 8 – توباز (Topaz) 9– كورانـدوم (Corundum) 10– ماس (Diamond)

فالمعدن الذي يخدش الكالسايت ولا يخدش الفلورايت تكون صلابته بين 3 و4 وهكذا .. وباستعمال هذه المعادن الثابتة الصلابة بإمكان الجيولوجيين استخراج صلابة المعادن الاخرى وفي حالة عدم وجود المجموعة السابقة كاملة (في الحقل مثلاً) فيمكن استعمال أدوات اخرى مثل :-

اظفر الابهام حيث ان صلابته حوالي 2.5 ، كما ان صلابة قطعة النقود النحاسية حوالي 3 ، اما الزجاج كزجاج النوافذ فصلابته حوالي 5.5 ، والمبرد او لوحة الخدش (Streak Plate) صلابتها حوالي 6.5 ، وبهذه الطرق يمكن التعرف على صلابة كثير من المعادن بمقارنة صلابته مع معدن آخر معروف الصلابة او بأحدى المواد المذكورة آنفاً .

والجدير بالذكر ان صلابة المعدن مهمة في عمليات هندسية عديدة كالحفر وعمليات صقل وتهذيب حجارة الطرق لانها تعكس الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعدن حيث تشكل مؤشراً مهماً على سلوكه في مثل تلك العمليات .

7 الوزن النوعي (Specific Gravity)

تختلف المعادن في وزنها فبعضها خفيف والبعض الآخر ثقيل ويمكن تعريف الوزن او الثقل النوعي للمعدن بأنه نسبة وزن المعدن في الهواء الى وزن حجم مساو له من الماء . ان الوزن النوعي للمعادن عموماً يتراوح بين 1 الى 23 كما ان متوسط الوزن النوعي للمعادن كلها حوالي 2.6 ويساعد الوزن النوعي بدرجة كبيرة في عملية التعرف على المعادن .

فمثلاً – الوزن النوعي للوذرايت الذي تركيبه الكيمياوي ($BaCO_3$) هو 4.3 وصلابته

3.5 في حين ان الكالسايت الذي تركيبه الكيمياوي ($CaCO_3$) وزنه النوعي 2.7 وصلابته 3. ولتشابه المعدنين المذكورين في كثير من الخواص فبالامكان التعرف عليهما من خلال مقارنة الوزن النوعي لكل منهما.وتجدر الاشارة الى حقيقة واضحة وهي ان الوزن النوعي للمعدن يعتمد على العناصر المشتركة في تركيبه الكيمياوي فاحتواء الوذرايت على عنصر الباريوم (ذو الوزن الذري العالي) أدى الى ازدياد الوزن النوعي لهذا المعدن مقارنة مع الكالسايت والذي يحتوي على الكالسيوم . والجدول التالي يبين الوزن النوعي لبعض المعادن الشائعة

جدول رقم (3 – 2) يوضح الوزن النوعي لبعض المعادن الشائعة :–

المعـــدن	الوزن النوعي
لوسايت	2410
اورثكليس فلسبار	2.55
بلاجوكليس فلسبار	2.77–2.61
نيفيلين	2.62
كالسايت	2.71
مسكوفايت	2.88–2.78
بايوتايت	3.3–2.9
اوجايت	3.5–3.3
هورنبلند	3.5–2.9
اوليفين	3.3
بارايت	4.5

وهناك صفات اخرى تساعد في التعرف على المعادن منها :–

أ– المكسر Fracture

وهو طبيعة شكل السطح المكسور للمعدن

ب– المذاق (Taste)

جـ– الملمس (Feel)

د– الرائحة (Odour)

هـ– الجذب المغناطيسي للمعدن (Magnetism)

و– الخواص المجهرية (Optical Properties) ضرورية جداً في حالة عدم امكانية التعرف على المعدن باستخدام خواصه الفيزياوية الآنفة الذكـــر ..

كما تستخدم الخواص المجهرية كوسيلة مهمة للتعرف على المعادن المكونة للصخور وعلاقة المعادن ببعضها داخل الصخرة ولاستخدام هذه الطريقة للتعرف على المعادن يتوجب قطع الصخرة وتحضير عينة من مقطع رقيق جداً من الصخرة وعند النظر الى هذه العينة تحت المجهر يصبح بالامكان التعرف على المعادن المختلفة التي تدخل في تركيب الصخرة. ان الصفات المساعدة هذه تصبح احياناً ضرورية للتعرف على المعادن . وفي حالة صعوبة تمييز المعادن باستخدام الصفات الفيزياوية والمجهرية فبالامكان التعرف عليها بواسطة التحليل الكيمياوي .

الصخور (Rocks)

تعتبر الصخور والمعادن من المكونات الاساسية للقشرة الأرضية وقد تتكون الصخرة من معدن واحد او قد تكون خليطاً لعدد من المعادن .

وكما ذكرنا آنفاً فان الصخور الموجودة على سطح الكرة الارضية بالامكان تقسيمها الى ثلاثة اقسام رئيسية حسب طريقة تكوينها :-

الصخور النارية : تصلبت من الحالة المنصهرة .

الصخور الرسوبية : ترسبت بعوامل الترسيب من صخور قديمة (نارية او متحولة او رسوبية قديمة) .

الصخور المتحولة : تكونت من الصخور الأخرى نتيجة لتأثرها بالضغط والحـــرارة .

الدورة الطبيعية للصخور :

من المؤكد ان جميع الأجزاء الاصلية لسطح الكرة الارضية مرت خلال الحالة المنصهرة والتي تصلبت منها الصخور النارية . وخلال الازمان الجيولوجية المتعاقبة تعرضت الصخور النارية الى عوامل التعرية وتفتتت تدريجياً وقد ترسبت هذه الفتات اما في محلها او بعد الانتقال الى محل آخر والتحمت مع بعضها ومن ثم تصلبت لتكون صخوراً صلبة تعرف بالصخور الرسوبية .

وفي حالة حمل الصخور النارية والرسوبية الى أعماق شاسعة داخل الأرض بواسطة الحركات الأرضية ستتأثر هذه الصخور وتقع تحت تأثير الحرارة والضغط الشديدين وهذا بدوره يغير الصفات الأصلية للمواد الصخرية وينتج عنها نوع جديد من الصخور تعرف بالصخور المتحولة . وأي نوع من أنواع الصخور المذكورة اذا وجد على عمق كبير داخل القشرة الأرضية وتعرض الى حرارة وضغط أشد فانه ينصهر ويكون الصخور المنصهرة (الماكما) مرة اخرى والتي بتصلبها تعطي الصخور النارية الجوفية او السطحية .

وهذه الدورة تعرف بالدورة الطبيعية للصخور (لاحظ شكل 3-3)