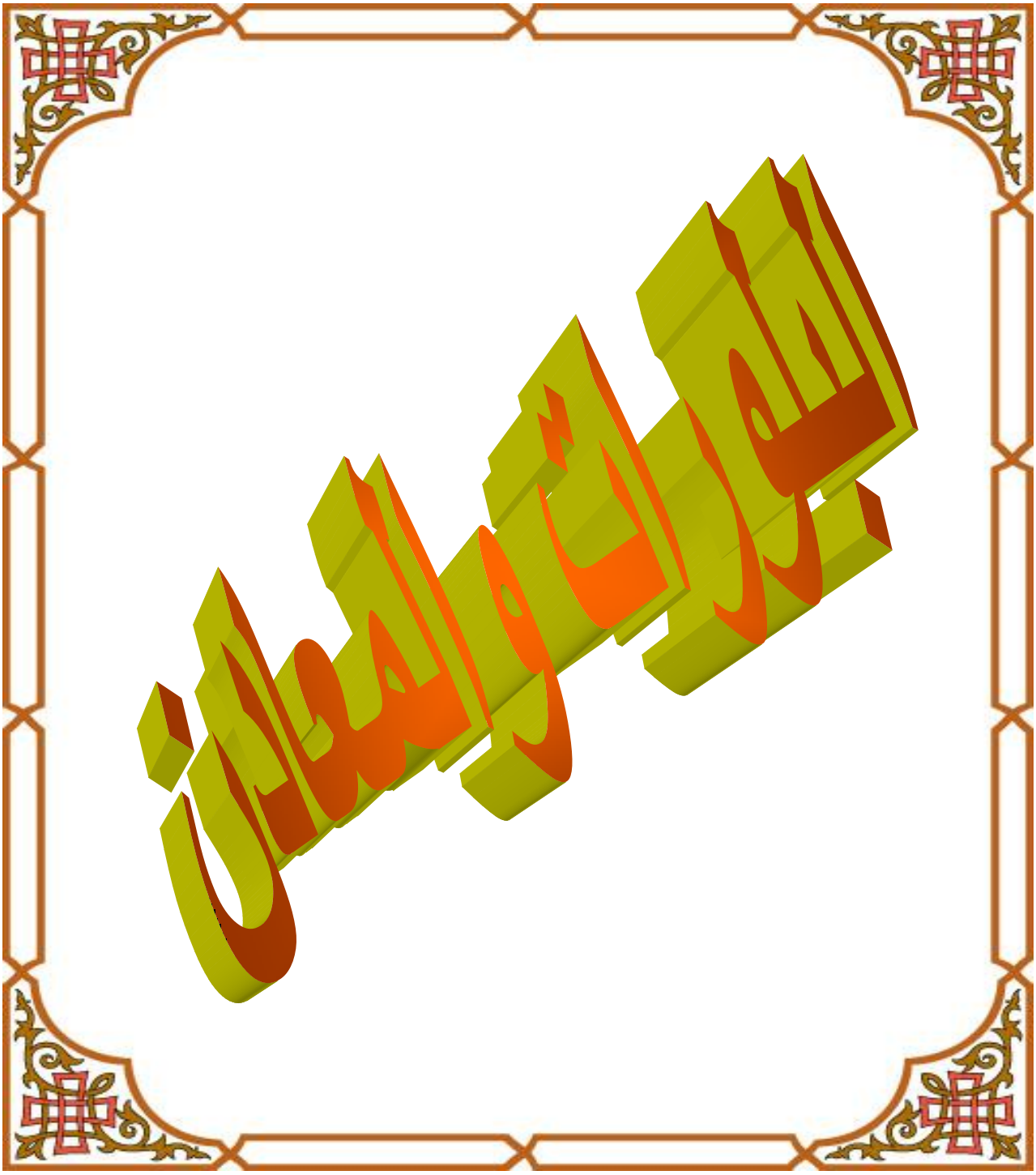


ملاحظة : المقرر الدراسي جزء لا يتجزأ من مذكرة الوظائف الإشرافية

البلورات والمعادن

اعتمد الإنسان منذ القدم اعتمادا كليا علي المعادن في صناعة أسلحته ووسائل راحته وزينته فكان يبحث عن الحديد ، النحاس، الذهب والأحجار الكريمة مما ساهم في بناء حضارته المتطورة بصورة أو بأخرى حتى أنه كان يعرف العصر باسم المعدن الشائع استخدامه، فكان عصر الحديد وعصر النحاس وعصر الذرة ، وغالبا ما توجد المعادن في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا للعروق Veins ومالئا للفجوات ومعظم معادن هذا النوع الأخير تكون ذو فائدة اقتصادية وتع رف باسم الخامات Ores ومنها تُستخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها.

ما هو المعدن ؟

اندرج لفظ المعدن في كثير من الألفاظ التي يستعملها معظم الناس، فغالبا ما يُ طلق لفظ " معدن " علي الفلزات التي يتم الحصول عليها من خاماتها مثل الحديد والنحاس والألمنيوم ..... أو الجواهر الصناعية مثل الياقوت والزمرد والتي تصنع معمليا أو تلك المواد الناتجة عن النشاط الحيواني أو النباتي مثل الفحم أو النفط أو الكهرمان ... والتي لها قيمة اقتصادية إلا أن الجيولوجيين عرفوا المعدن " على أنه كل مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيب كيميائي محدد ونظام بلوري مميز " .

والصفات التي يجب أن تتوفر في المادة لكي تسمي معدن هي :

١ – مادة صلبة : لذلك لا يعتبر الزئبق معدنا لأنه في حالة سائلة.

٢ – متجانسة : جميع جزيئاته متشابهة في الخواص الكيميائية والفيزيائية.

٣ – تكون طبيعية : وهذا يعني أن المواد المصنعة كيميائيا والتي تدخل الإنسان في تصنيعها لا تعتبر معادن.

٤ – غير عضوية : لا يدخل النشاط الحيواني أو النباتي في تكوين المعدن فاللؤلؤ والصدفة والكهرمان لا يصنفون ضمن المعادن.

٥ – تركيب كيميائي محدد : فالمعدن إما أن يكون عنصرا أو مركبا كيميائيا ، ويعبر عن تركيبه الكيميائي بقانون النسب الثابتة والمضاعفة . فمثلا معدن الكوارتز يعبر عنه بقانون SiO_2 بنسبة ذرة سليكون إلى ذرتين أوكسجين ومعدن الهاليت يعبر عنه بقانون NaCl بنسبة ذرة واحدة من الكلور وهذه النسب ثابتة لا تتغير مهما تغير المكان الذي يوجد فيه الكوارتز أو الهاليت، أما معدن الأوليفين فتركيبه الكيميائي SiO_4 (Mg Fe)$_2$ ومثل هذا القانون يدل على أن المغنيسيوم والحديد يوجدان في جميع معادن الأوليفين بنسب تختلف من مكان لآخر ، ولكن النسبة بين مجموع ذرات المغنيسيو م والحديد إلى عدد ذرات السليكون والأكسجين نسبة ثابتة.

٦ – بنية بلورية مميزة : تتميز كل المعادن سواء المركبة أو العنصرية بأن الذرات المكونة للمعدن تكون مرتبة ترتيب هندسي منتظم في الأبعاد الثلاثة . وهذا الترتيب ينعكس على شكل المعدن من الخارج مكونا السطوح التي تحد بالمعدن مكونا بلورة المعدن .

التصنيف الكيميائي للمعادن

قُسمت المعادن كيميائياً إلى معادن عنصرية ومعادن مركبة وقُسمت المعادن المركبة علي أساس نوع الأنيون أو الشق الحمضي الداخل في تركيب المعادن إلى عدة مجموعات منها الأكاسيد والكبريتات وغيرها، ويعتبر هذا التقسيم مناسباً جداً كيميائياً وجيولوجياً حيث تتبع معظم الخواص الكيميائية والبلورية والفيزيائية للمعادن نوعية الأنيون (الشق الحمضي) في ترئيب المعدن عن ارتباطها بالكاتيون.

فمعدنا الكالسيت $CaCO_3$ ومعدن ماجينزيت $MgCO_3$ متماثلان في الشق الحمضي لذلك فه ما متماثلان في الخواص البلورية ، بينما يختلف معدن الكالسيت تماما مع معدن الفلورايت (CaF_2) في الشق الحمضي رغم تواجد كاتيون الكالسيوم في تركيب كل من المعدنيين .

وتصنف المعادن في مجموعات أساسية بحسب تركيبها الكيميائي وخاصة الشق السالب لها كما يلي :-

أ – المعادن العنصرية :

وهي المعادن التي تتكون من عنصر كيميائي واحد . وقد تكون معادن عنصرية فلزية مثل الذهب والفضة والبلاتين ، أو قد تكون عنصرية لا فلزية مثل معادن الكبريت والألماس والجرافيت . وعموما المعادن العنصرية توجد في الطبيعة بكميات نادرة ، حيث يوجد اكثر من عشرين معدن عنصري . وتعتبر ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

ب – المعادن المركبة وتشمل :

١ – معادن الكبريتيدات :

تتكون معادن هذه المجموعة من اتحاد فلز الكبريت حيث يكون الكبريت (S) هو الأنيون (أو الشق الفلزي الحمضي) وتعتبر معادن هذه المجموعة من أهم المجموعات المعدنية إذ تضم أغلب الخامات المعدنية ذات القيمة الاقتصادية . ومن أمثلة معادن الكبريتيدات معدن البيريت (FeS_2) ، الجالينا (pbs) ، سفاليرايت (ZnS) ، كالكوبيرايت$CuFeS_2$.

٢ – معادن الهاليدات :

حيث تتكون معادن هذه المجموعة من أحد العناصر التالية : الكلور (Cl) ، الفلور (F) ، بروم (B) ، يود (I) مثل معدن الفلورايت (CaF_2) .

٣ – معادن الأكاسيد والهيدروكسيدات Oxides and Hydrate Oxides :

تتكون معادن الأكاسيد من اتحاد الأكسجين مع أحد العناصر الفلزية وتشمل معادن كثيرة ذوات أهمية اقتصادية مثل معدن الهيماتيت (Fe_2O_3) ، الكورانـدوم (Al_2O_3) . أما معادن الهيدروكسيدات أو الأكاسيد المتميئة فتتركب من أكسيد فلز مع مجموعة (OH) ، أي أنها تحتوي علي شق الهيدروكسيل (OH) ضمن تركيبها الكيميائي مثل معدن جوثيت (FeO (OH) ، مانجانيت (MnO (OH) .

٤ – معادن الكربونات :

وتضم مجموعة المعادن التي تحتوي علي مركب الكربونات (CO_3) ضمن تركيبها الكيميائي ويعتبر هو (الشق الحمضي) ومن اكثر معادن هذه المجموعة انتشارا معدن الكالسيت ($CaCO_3$) ، دولوميت $Ca Mg (CO_3)_2$ ، سيديرايت $FeCO_3$ ، ملاكيت $Cu_2 (OH)_2 CO_3$.

٥ – معادن الكبريتات :

هي معادن تحتوي علي مركب الكبريتات $(SO_4)^{-2}$ ضمن تركيبها الكيميائي ويعتبر هو الأنيون (الشق الحمضي) في المعدن ومن أهم معادن هذه المجموعة وأكثرها انتشارا معدن الجبس ($CaSO_4-2H_2O$) ، معدن الأنهيدريت $Ca SO_4$ ، ومعدن البارايت $BaSO_4$.

٦ – معادن الفوسفاتية :

هي معادن تحتوي علي مركب الفوسفات $(PO_4)^{-3}$ ضمن تركيبها ومعظم هذه المجموعة تعتبر نادرة مع أن أنواعها كثيرة . ومن أهم هذه المعادن معدن الاباتيت $Ca_5(F,CL,OH)PO_4)_3$.

٧ – السيليكات Silicates :

تتكون معادن هذه المجموعة من اتحاد عنصر أو اكثر مع مركب السليكون والأكسجين $(SiO_4)^{-4}$. ومعادن السليكات تعتبر أهم مجموعات المعادن أكثرها انتشارا . إذ أن معظم المعادن المكونة للصخور النارية والمتحولة هي معادن سليكاتية وهذه الصخور تكون اكثر من ٩٠ % من تركيب القشرة الأرضية ومن أمثلة المعادن السليكاتية الفلسبار ، والميكا ، و الأوليفين ، والكوارتز .

والجدير بالذكر أن التركيب الجزيئي للمعادن السليكاتية أكثر تعقيدا من التركيب الجزيئي للمعادن الأخرى . وتتكون الوحدة الأساسية في تركيب السليكات من أربع ذرات أكسجين تتمركز داخلها ذرة سليكون تنتظم في شكل هندسي فراغي علي هيئة هرم رباعي الأوجه ويسمي هذا التركيب رباعي الأوجه . وترتبط رباعيات الأوجه مع بعضها البعض عن طريق المساهمة بذرة أو اثنين أو ثلاثة أو أربعة ذرات أكسجين لتعطي تراكيب

معقدة من المعادن السليكاتية وتبعا لنوع الرابطة بين رباعيات الأوجه قسمت معادن السليكات إلى الأنواع التالية :

١ – السليكات المنعزلة . وتعتبر أبسط أنواع السليكات ووحدتها الأساسية $(SiO_4)_4$ مثل معدن الأوليفين $(MgFe)_2\ SiO_4$.

٢ – السليكات المتجمعة Sorosilicates هي سليكات ثنائية رباعي الأوجه . ووحدتها البنائية الأساسية $(Si2O7)^{-6}$ مثل معدن لوسونيت $CaAl_2SiO_7(OH)_2H_2O$ Lawsonite .

٣ – السليكات الحلقية : حيث تترابط وحدات رباعيات الأوجه في حلقات سداسية والوحدة الأساسية لهذه المعادن $^{-12}$ (Si6 O8) مثل معدن البريل $Be_3\ Al_2\ Si_6\ O_{18}$.

٤ – السليكات السلسلية :

حيث تنتظم رباعيات الأوجه في سلاسل إما مفردة أو مزدوجة والوحدة الأساسية للسلاسل المفردة (SiO_4) n^{-2} مثل عائلة البيروكسين SiO_3 (FeMg) . وأما الوحدة الأساسية للسلاسل المزدوجة $(Si_4O_{11})^{-6}$ (مثل عائلة الأمفيبول $CaMg_5(SiO_{11})_2(OH)_2$.

٥ – السليكات الصفائحية Phyllosillicates حيث تنتظم رباعيات الأوجه علي هيئة صفائح والوحدة الأساسية هي $(Si_4O_{10})n^{-2}$) مثل عائلة الميكا (المكسوفيت) $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$.

٦ – السليكات الهيكلية Tectosilicates ويكون التركيب البنائي لها في صورة إطار ذي ثلاثة أبعاد حيث تشترك كل الوحدات البنائية رباعية الأوجه علي الأكسوجينات الأربعة علي رؤوس الشكل الرباعي الأوجه مع الوحدات المجاورة مثل الكوارتز SiO_2 ، فلسبار الأركوثوكليز $K(AlSi_3O_8)$ ، ومعدني البلاجيوكليز الصودي والكلسي ،.

<u>التمييز بين المعادن :</u>

وكما أشرنا سابقا أن المعادن تتكون إما من اتحاد ذرات العنصر الواحد أو عدة عناصر . ويصل عدد المعادن المعروفة قرابة ثلاثة آلاف معدن في الطبيعة أمكن التعرف عليها ومن الصعب الإلمام بها جميعا .

وفي الحقيقة هناك معادن كثيرة تتشابه إما في تركيبها الكيميائي وتختلف في الخواص الفيزيائية أو أنها تتشابه ببعض الخواص الفيزيائية وتختلف في التركيب الكيميائي .

فنلاحظ أن معدن الماس ومعدن الجرافيت متشابهان تماما في التركيب الكيميائي الكربون (C) إلا أنهما مختلفان عن بعضهما في جميع الخواص الفيزيائية . وكذلك الحال لمعدن البيرايت ومعدن المركازايت فهما معدنان يختلفان في كثير من الصفات الفيزيائية مع أن تركيبهما الكيميائي واحد وهو كبريتيد الحديد (FeS_2) في حين أن هناك أعداد كبيرة من المعادن تتشابه في بعض الخواص الفيزيائية مثل اللون والشفافية لكل معدن الجبس والكلسيت والكوارتز إلا أنها تختلف في التركيب الكيميائي .

وللتعرف علي أي معدن ما فإن ذلك يتم من خلال دراسة الخواص التالية إلى جانب التركيب الكيميائي :

أولا : الخواص البلورية للمعدن .

ثانيا : الخواص الفيزيائية للمعدن .

الخواص البلورية للمعادن Crystal Properties For Mineral

- لقد أثبتت الدراسات الخواص البلورية للمعادن من أهم الخواص التي يمكن بواسطتها التعرف علي المعدن ، إذ أن هذه الخواص وحدها تكفي غالبا لتمييز معدن عن غيره من المعادن ، لأن معظم المعادن توجد في صورة متبلرة (تكون المعادن غير المتبلورة في المملكة المعدنية قلة وتعتبر استثناء وليست قاعدة ومن أمثلة المعادن غير المتبلورة الأوبال ($SiO_2.NH_2O$) والكريزوكولا سليكات النحاس المائية) ،أي أن ذرات وأيونات العناصر المكونة لها تكون مرتبة ترتيبا هندسيا منتظما بحيث أصبح لكل معدن شكل خاص مميز له . وهو الشكل الذي يعبر عنه باسم البلورة .

وتعرف البلورة بأنها جسم صلب متجانس يحده من الخارج أسطح ملساء مستوية تعرف بالأوجه البلورية والتي تعكس الترتيب الذري الداخلي المميز للمادة المتبلورة .

ويتضح الفرق بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة في البناء الداخلي . فإذا كانت الذرات مرتبة في نظام معين فالمادة متبلورة ، أما إذا لم تكن كذلك أي أن الذرات غير مرتبة فالمادة أذن غير متبلورة وهنا يكمن الفرق بين الزجاج والكوارتز واللذان يتركبان من عنصري الأكسجين والسليكون . وعلي الرغم من وجود أسطح مشطوفة ومصقولة في قطعة من الزجاج إلا أنه من الناحية العلمية لا يعتبر بلورة مهما أبدع الإنسان في تشكيل مظهرها الخارجي وذلك لأن ذرات السليكون والأكسجين تكون مختلطة بعضها البعض بلا نظام ويكون ترتيبها خاليا من أي تماثل . ومن ثم يفقد الزجاج التركيب الذري وبالتالي فهو غير متبلور لذلك لا يعتبر الزجاج معدنا . بينما في الكوارتز تترتب ذرات السليكون والأكسجين ترتيبا منتظما في الأبعاد الثلاثة لذلك فالكوارتز مادة صلبة متبلورة وبالتالي فهو معدن . وعندما لا توجد أوجه بلورية للمعادن فإنه لا يمكن التفرقة بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة إلا بواسطة الميكروسكوب المستقطب وفي بعض الأحيان بالأشعة السينية . ولكن إذا كانت الأوجه البلورية موجودة كلها أو بعضها فإن دراستها تساعد كثيرا في التعرف علي المعدن ، لأن الأوجه البلورية ما هي إلا تعبير عن البناء الذري الداخلي المميز للمعدن .

ويعتمد شكل البلورة علي :

أولا : البناء الداخلي للبلورات .

ثانيا : الخواص الخارجية للبلورات .

[١] البناء الداخلي للبلورات The Interal Atomic Structure Of Mineral

يقصد بالبناء الذري الداخلي بترتيب ذرات أو أيونات العناصر المكونة للمعدن ترتيبا هندسيا داخليا منتظما في الأبعاد الثلاثة . فالمعدن يتكون من بلورات والبلورات تتكون من ذرات أو أيونات يضمها إلى بعضها البعض روابط كهربائية تنتظم كوحدة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة . ومن المعروف أن الصفات والخواص

الكيميائية والطبيعية لأي مادة تتوقف علي التركيب الكيميائي لهذه المادة ، ويعود السبب في اختلاف الخواص الطبيعية للمعادن ذات التركيب الكيميائي الواحد كما في الماس والجرافيت إلى اختلاف البناء الداخلي لبلورات هذه المعادن أو ما نسميه التركيب الذري البلوري ويتحدد البناء الداخلي للبلورة بما يأتي .

أ – الترتيب الفراغي للذرات أو الأيونات أو المجموعة الأيونية في البلورة .

ب – طبيعة الروابط الكيميائية التي تضم هذه الذرات أو الأيونات إلى بعضها البعض ومدي قوة هذه الروابط .

أ – الترتيب الفراغي للذرات أو الأيونات في البلورة :

تترتب الذرات أو الأيونات المتشابهة في البلورة عند نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل ذرة أو أيون في البلورة لها نفس الظروف المحيطة بالذرات أو الأيونات الأخرى وينشأ عن مثل هذا الترتيب تركيب شبكي مفتوح مجسم يعرف بالتركيب الشبكي الفراغي أو الشبكة الفراغية .

يوضح التركيب الشبكي الفراغي لبلورة معدن الهاليت (ملح الطعام) حيث أن أيونات كل من الصوديوم والكلور تترتب في الاتجاهات الثلاثة من الفراغ ويبعد بعضها عن بعض أو تتكرر علي مسافات متساوية في هذه الاتجاهات . يوضح التركيب الشبكي الفراغي لبلورة معدن الكبريت (S) حيث أن الذرات تترتب في الاتجاهات الثلاثة بطريقة متعامدة وتتكرر علي مسافات مختلفة.

وعلى ذلك فإن شكل البلورة يتحدد بترتيب الذرات أو الأيونات في أبعاد أو اتجاهات البلورة الثلاثة كما يتحدد بالمسافات التي تتكرر عندها الذرات أو الأيونات في هذه الاتجاهات .

ويتحدد التركيب الشبكي الفراغي لذرات أو أيونات البلورة من تكرار معين لوحدات صغيرة جدا تعرف الواحدة باسم الوحدة البنائية المبينة.

وعلى ذلك فتعرف الوحدة البنائية علي أنها أصغر جزء من البلورة لها نفس الصفات المميزة للبلورة .وتتكون كل وحدة بنائية من ثماني نقاط فراغية مرتبة في أركانها الثمانية وتتخذ شكل متوازي الأوجه وهي أبسط وحدات الترتيب الفراغي من (١٤) نمطا من الوحدات البنائية ، علما بأن بقية الوحدات البنائية لها نقاط إضافية قد تكون عند مراكز جميع الأوجه وتعرف باسم ممركزة الأوجه (F) ، أو نقطة في مركز وجه ونقطة أخري في مركز الوجه المقابل فيعرف بممركزة الوجهين المتقابلين (C). أما إذا كانت نقطة في مركز الوحدة البنائية بالإضافة إلى ثمان نقاط المتواجدة في الأركان الثمانية فيعرف بممركزة في الداخل (I) .

ومما هو جدير بالذكر أن النظام البلوري لأي معدن تتحكم فيه عادة صفات العناصر المكونة والتي أهمها عدد التناسق لكل عنصر ونوع الرابطة الموجودة بين أيونات تلك العناصر .

عدد التناسق Coordination Number :

ويقصد به عدد الذرات أو الأيونات التي يرتبط بها عنصر ما مع ذرات العناصر الأخرى . ويعتمد عدد التناسق علي تكافؤ العنصر Valency Electrons ونصف قطره الذري ونصف قطر العنصر الذي يرتبط به . فمثلا لتكوين شكل رباعي الأوجه (SiO_4) نجد أن ذرة السليكون تحاط بـ (٤) ذرات من الأكسجين ، وحيث أن عدد إلكترونات التكافؤ للسليكون (٤) فإنه يحتاج إلى أربع ذرات أحادية التكافؤ أو ذرتين ثنائية التكافؤ ، وبما أن ذرة الأكسجين ثنائية التكافؤ فإن لكل ذرة من ذرات الأكسجين تشارك بإلكترون واحد مع السليكون

وبإلكترون آخر مع ذرة سليكون أخري وعليه يقال أن عدد تناسق السليكون يساوي (٤) ويعتبر رباعي الأوجه في حد ذاته وحدة بنائية Unitcell والتي بتكرارها تتكون البلورة .

تختلف الوحدات البنائية بعضها عن بعض فى أطوال حدودها والزوايا المحصورة بين هذه الحدود ويتحدد شكل الوحدة البنائية علي أساس :

١ – أطوال حدود كل وحدة بنائية (المحاور البلورية) والمقصود بالأطوال هي المسافة بين كل نقطتين في الأبعاد الثلاثة وهذه الأبعاد الثلاثة هي ما تعرف بالمحور البلوري (أ) والمحور (ب) والمحور (ج) وهذه المحاور الثلاثة تلتقي في نقطة مركزية ..

٢ – الزوايا المحصورة بين هذه الأطوال . (سيتم توضيحها في أشكال البلورات)

أما حجم الوحدة البنائية فيتوقف علي تكرار الوحدات البنائية في الاتجاهات الثلاثة مما يؤدي إلى نمو البلورة وزيادة في الحجم شرط أن تظل النسبة بين أطوال المحاور وقيم الزوايا المحورية ثابتة لبلورة المعدن الواحد ، ونمو البلورة متوقف علي طبيعة الوسط الذي تنمو فيه هذه البلورة بمعني أن تكون الأيونات أو الذرات المكونة لهذه البلورة متواجدة بوفرة وهناك عوامل كثيرة لها أثر في نمو البلورة مثل درجة الوسط – الحيز والضغط والأس الهيدروجيني .

تتكون حدود البلورة من تقابل وجهين بلوريين متجاورين في البلورة .

وتنتج الزاوية بين وجهين من تلاقي وجهين بلوريين ، وتقدر بقيمة الزاوية المكملة للزاوية المحصورة بين وجهين بلوريين ومقدارها ثابت للمعدن الواحد .

ويعرف الترتيب المنظم للحدود والأوجه والزوايا البلورية بالتماثل (التناسق) البلوري .

[ب] طبيعة وقوة الروابط الكيميائية التي تضم الذرات أو الأيونات إلى بعضها البعض في البلورة :

تعتبر الروابط بمثابة الوصلة التي تربط بين ذرات أو أيونات العناصر المكونة لبلورات المعادن . وحسب طبيعة العلاقة بين ذرات الجزيئات وارتباطها معا توجد أربعة أنواع من الروابط الكيميائية .

١ – الرابطة الأيونية :

تتكون الروابط الأيونية نتيجة قوة الجذب الكهروستاتيكية لأيونات موجبة وأخري سالبة تكونت نتيجة فقد أو اكتساب إلكترونات . ويتواجد هذا النوع من الروابط في كثير من المعادن ، ومن أمثلتها معدن الهاليت Na) (Cl (حيث يفقد الصوديوم (Na) إلكترون ويصبح أيون موجب ، ويكتسب الكلور (Cl) الإلكترون ويصبح أيون سالب. وتتميز بلورات المعادن التي ترتبط ذراتها بالرابطة الأيونية بصلادة متوسطة ووزن نوعي متوسط ودرجة انصهار وغليان مرتفعة ومعظم هذه المعادن رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء أما محاليلها فجيدة التوصيل للكهرباء لأنها تتأين عند إذابتها بالماء ومن أمثلة هذه المعادن الفلورايت ، فلوريد الكالسيوم (Ca_2F) .

٢ – الرابطة التساهمية :

يحدث هذا النوع من الروابط بين الذرات التي يوجد في مستواها الأخير عدد من الألكترونات أقل مما يلزم ذلك المستوي بإلكترون أو اكثر ومثل هذه الذرات ترتبط عن طريق تداخل المستويات الأخيرة بحيث تشكل

مستويات مشتركة تدور فيها الإلكترونات حول ذرتين بدلا من دورانها حول ذرة واحدة للوصول إلى حالة الاستقرارأو التشبع

ويتضح ذلك في تداخل المستويات الأخيرة لذرتين من الكلور عن طريقة الرابطة التساهمية لتكوين جزئ لغاز الكلور وكذلك الرابطة التساهمية في جزئ الماء وكذلك في معظم معادن السليكات مجموعة رباعي الأوجه (SiO_4) الناتجة عن الرابطة التساهمية لأربع ذرات من الأكسجين بذرة واحدة من السليكون . وتتميز المعادن التي ترتبط ذراتها بالرابطة التساهمية بأن بلوراتها غير قابلة للذوبان في الماء ودرجة انصهارها وغليانها مرتفعتان جدا وأنها رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء لذلك تستعمل هذه المعادن كمادة عازلة في الأجهزة الكهربية مثل معدن المايكا كما أن هذه المعادن لا تتأين وتتميز بالصلادة العالية كما في الماس والكوارتز . وتعتبر هذه الروابط الكيميائية ومعادنها اكثر استقرار.

٣ – الرابطة الفلزية :

يوجد هذا النوع من الروابط بين ذرات الفلزات حيث أنها تميل لفقد الإلكترونات من المستويات الخارجية لتصبح أيونات موجبة مما ينتج عن ذلك سحابة من الإلكترونات المفقودة والتي تكون طليقة وحرة في البناء الذري للفلز ولا تخص ذرة معينة في البلورة بل تخص التركيب البلوري كله كوحدة . وتعمل هذه السحابة علي ربط الكاتيونات بعضها ببعض وتتميز الفلزات بانخفاض درجة غليانها وانصهارها وصلادتها وتتميز بقابلية هذه المعادن للطرق والسحب وسهولة تشكيلها إلى جانب تعتبر مواصلات جيدة للحرارة والكهرباء وتوجد هذه الرابطة في المعادن العنصرية كالذهب والبلاتين .

٤ – رابطة فاندرفال :

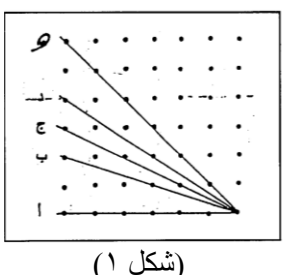
تعتبر من اضعف الروابط الكيميائية والتي تتكون من قوي جذب ضعيفة متخلفة علي سطح جزيئات متعادلة في المعدن إلى جانب قوي ارتباط أخري . ومن أحسن أمثلتها معدن الجرافيت حيث ترتبط ذرات الكربون مع بعضها في مستوي أفقي بواسطة روابط تساهمية قوية مكونة مجموعات سداسية(صفيحة رقيقة) . وترتبط الصفائح بعضها مع بعض في مستوي رأسي برابطة فاندرفال الضعيفة ولذلك يسهل تشقق المعدن إلى صفائح في مستويات متوازية نتيجة لضعف القوة الرابطة بين الصفائح . وكذلك الحال في معدن الميكا حيث ترتبط ذرات الأكسجين بذرات السليكون في الصفائح بالرابطة التساهمية القوية ترتبط الصفائح بعضها مع بعض برابطة فاندرفال الضعيفة .والجدير بالذكر أن اغلب المعادن مثل الأوجيت والهورنبلند تربط بين الذرات المكونة لبلوراتها اكثر من رابطة كيميائية .

[٢] الخواص الخارجية للبلورات The External Properties of Crystals

إن من أهم المكونات للشكل الخارجي للبلورة هي الأوجه البلورية وأحرف البلورة والزوايا بين الوجهية

١ – الأوجه البلورية :

مما سبق اتضح أن المواد المتبلورة تكون ما يعرف بالبلورات . والتي يحدها عدد من الأسطح أو الأوجه مرتبة في نظام هندسي معين تحدد الشكل الخارجي للبلورة وتعرف هذه الأسطح بالأوجه البلورية .إذن فالأوجه البلورية هي الأسطح أو المستويات التي تحد البلورة



(شكل ١)

من الخارج والتي تعين شكلها الهندسي المنتظم . ونجد لهذه الأوجه البلورية علامة علي النظام الذري الداخلي حيث أن ترتيب الذرات أو الأيونات في الشبكة الفراغية أثناء نمو المادة المتبلورة تتكون في عدة أسطح مستويات تمر بعضها بأكبر عدد من الأيونات أو الذرات وأخري تمر بأعداد قليلة من الأيونات والذرات . إلا أن الأوجه البلورية تكون في المستويات التي تشمل اكبر عدد من الذرات شكل (١) . نلاحظ أن الأسطح أو الأوجه البلورية المحتمل تكونها هي التي تشمل اكبر عدد من الذرات لذا نجد أن السطح أو الوجه أب . أد . أهـ تكون المستويات الأكثر احتمالا لتكوين أوجه بلورية والأوجه البلورية إما أن تكون متشابهة في البلورة الواحدة أو غير متشابهة وتتوقف طبيعة الوجوه البلورية علي الظروف الفيزيائية والكيميائية المحيطة بالبلورة أثناء نموها فقد تكون بلورات المعدن الواحد صغيرة أو كبيرة ، مكتملة الشكل أو مشوهة لذلك فقد قسمت بلورات المعادن إلى :

أ – بلورات كاملة الأوجه :حيث تكون جميع الأوجه البلورية للمعدن ظاهرة .

ب – بلورات ناقصة الأوجه : حيث تكون بعض الأوجه واضحة والبعض الآخر غير ظاهرة .

ج – بلورات عديمة الأوجه : حيث ينعدم ظهور أي وجه من أوجه البلورة وعندها يظهر المعدن علي شكل حبيبات متبلرة متجمع بعضها مع بعض .

٢ – أحرف البلورة Crystal Edges

هي الحدود الخارجية للبلورة وتنتج عن تلاقي وجهين بلوريين متجاورين . والحرف يوازي الخط الذي يقع عليه اكبر عدد من الذرات .

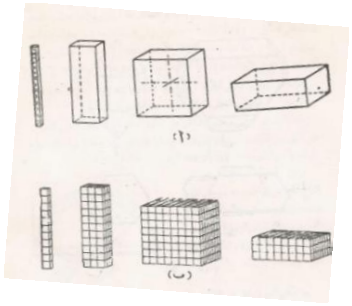
٣ – الزوايا بين الوجهية Inter Facial Angles

كما تم توضيح أن الأوجه البلورية لها علاقة وثيقة بالترتيب الذري الداخلي للبلورة وينتج عن ذلك علاقة ثابتة بين الأوجه البلورية والزوايا التي تكونها هذه الأوجه والتي تعرف بالزوايا بين الوجهية وهي الزوايا الناتجة عن تلاقي أي وجهين بلوريين متجاوريين وتقدر بلوريا بقيمة الزاوية المحصورة بين العمودين الساقطين علي هذين الوجهين (أي يساوي قيمة الزاوية المكملة للزاوية المحصورة بين الوجهين البلوريين) .

وهذه الحقيقة تعرف بقانون ثبات الزاوية بين الوجهية .

و ينص هذا القانون علي ثبات قيمة الزاوية بين الوجهية في بلورات المعدن الواحد عند درجة الحرارة الواحدة مهما صغر أو كبر حجم البلورة وتقاس الزوايا بين الوجهية بواسطة جهاز الجونيومتر وابسط هذه الأنواع جونيومتر التماس وهو جهاز يشبه المنقلة ويستعمل في قياس الزوايا بين الوجهية علي البلورات الكبيرة ويمكن التعرف علي كثير من المعادن من خلال معرفة قيمة الزاوية بين الوجهية للمعدن.

وتختلف بلورة المعدن الواحد في الطبيعة من ناحية مظهرها الخارجي إلا أن الزاوية بين الوجهية تبقي ثابتة فمثلا بلورة المكعب توجد في الطبيعة بشكل المكعب أو المفلطح أو المنشوري أو الأبري ، ولكن في جميع الحالات تبقي الزاوية بين الوجهية ثابتة القيمة لأن البناء الداخلي وترتيب الذرات لم يتغير فالوحدات البنائية (



المكعب) تكون ثابتة في جميع المظاهر الخارجية للبلورة إلا أثناء عملية نمو البلورة قد تؤثر الظروف المحيطة علي النمو مما يجعل الوحدة البنائية تضاف بنسب متساوية في الأبعاد الثلاثة فينتج المكعب أو تضاف بسرعة كبيرة في بعدين فقط وبسرعة كبيرة نسبيا في بعد واحد فقط تتكون بلورة منشورية أو أن تكون السرعة كبيرة جدا فينتج بلورة إبرية الشكل شكل (٢) .

ويعود السبب في اختلاف حجم البلورات أو مظهرها الخارجي علي ظروف المحيطة علي النمو مثل نوع المحلول درجة نقاوة المحلول ومعدل التبريد أثناء عملية التبلور والحيز الذي يتم فيه التبلور والتي سبق توضيحها .

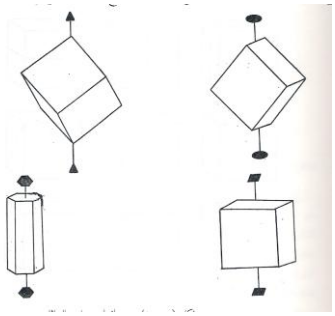
٤ – الزوايا الركنية (الزوايا الصلبة) :

هي الزاوية الناتجة عن تلاقي اكثر من وجهين في البلورة .

٥ – التماثل البلوري :

أن التوزيع الهندسي للأوجه البلورية وأحرف البلورة والزوايا الركنية تخضع لنظام خاص وتنسيق معين يعرف بالتناسق أو التماثل البلوري وأساس التماثل هو التكرار فمثلا وجه البلورة أو أحد أحرفها يتكرر عدة مرات ويعتبر التماثل أساسا في دراسة البلورات وتختلف درجة التماثل من بلورة إلى أخري .

أ – محور التماثل الدوراني :



شكل (٣)

هو خط وهمي يمر بمركز البلورة والذي تدور حوله البلورة حيث يتكرر ظهور وجه أو أحرف أو الزوايا الركنية مرتين أو اكثر خلال دورة كاملة (٣٦٠) . ويوصف محور التماثل بأنه ثنائي أو ثلاثي أو رباعي أو سداسي حسب عدد المرات التي يظهر منها الوجه علي البلورة في الدورة الكاملة شكل (٣).

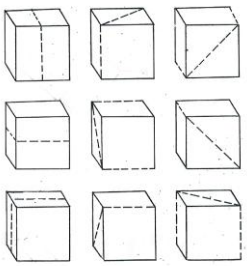
– فإذا كان تكرار الأوجه المتشابهة مرتين في الدورة الكاملة أي أن البلورة تعيد الوضع نفسه كل (١٨٠) يسمي محور التماثل بأنه ثنائي ويرمز له بالعلامة ( ) أو بالعدد ٢ .

– أما إذا كررت البلورة الوضع نفسه ثلاث مرات في الدورة الكاملة أي كل ١٢٠ حول المحور فعندئذ يسمي ثلاثي التماثل ويرمز له بالعلامة ( ) أو بالعدد ثلاثة .

– وإذا تكرر الوضع الواحد في البلورة أربع مرات في الدورة الكاملة أي كل ٩٠ فإن المحور يكون رباعي التماثل ويرمز له بالعلامة ( ) أو بالعدد ٤ .. وأخيرا إذا تكرر الوضع الواحد في البلورة ست مرات في الدورة الكاملة أي كل ٦٠ فإن المحور يكون سداسي التماثل ويرمز له بالعلامة ( ) أو اكبر من ذلك لا وجود لهما في البلورات بسبب ان الوحدة البنائية ذات التماثل البلوري (الثنائي – الثلاثي – الرباعي –

السداسي) تكرر في الفراغ دون ترك أي فجوات أو مسافات . أما الأشكال الخماسية والسباعية عند تكرارها تترك فراغات وهذا لا يتفق مع الترتيب الذري في النظم البلورية المختلفة .

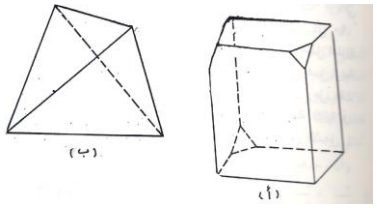
ب – مستوي التماثل :



شكل (٤)

هو المستوي الذي يقسم البلورة إلى نصفين متساويين ومتشابهين بحيث يكون أحد النصفين صورة مرآة للنصف الآخر شكل (٤) ويلاحظ أن كل وجه أو حرف في البلورة علي أحد جانبي مستوي التماثل يناظره وجه أو حرف يشابهه علي الجانب الآخر من مستوي التماثل والجدير بالذكر أن قد تتعدد مستويات التماثل في بلورة واحدة مثل معدن الهاليت في حين لا يوجد مستوي تماثل علي الإطلاق في بلورة مثل معدن البيت .

ج – مركز التماثل :



شكل (٥)

هو عبارة عن نقطة وهمية مركزية في البلورة تترتب حولها الأوجه البلورية والأحرف والزوايا في ازدواج وفي أوضاع متماثلة في اتجاهين متضادين وعلي مسافتين متساويتين من هذه النقطة. شكل (٥) فإذا وجد لكل وجه بلوري أو حرف زاوية ركنية في ناحية من مرلثو البلورة وعلي مسافة مساوية فإذن البلورة تحتوي علي مركز تماثل .

والبلورة إما أن تحتوي علي مركز تماثل واحد فقط أو لا تحتوي علي مركز تماثل إطلاقا .

التعرف علي المعادن من خلال أشكال بلوراتها :

صنف العلماء البلورات إلى سبع مجموعات أو فصائل بلورية استنادا إلى المحاور البلورية . وتعرف المحاور البلورية بخطوط وهمية تتقاطع في مركز البلورة وتمتد إلى وسط الأوجه أو الأحرف أو الزوايا الركنية المتناظرة في البلورة . ويعتمد التمييز بين هذه الفصائل علي الصفات التالية للمحاور البلورية :

١ – عدد المحاور البلورية :

ويكون عددها غالبا ثلاثة محاور باستثناء السداسي والنظام الثلاثي يكون عددها أربعة محاور ، وهذه المحاور هي :

أ – المحور (أ) (a–axis) أفقي ممتد من الأمام إلى الخلف بالنسبة لماسك البلورة ويعتبر طرفه الأمامي موجب الإشارة (+) وطرفه الخلفي سالب الإشارة (–) .

ب – المحور (ب) (B–axis) وهو محور أفقي ممتد من اليمين إلى اليسار بالنسبة لماسك البلورة ويعتبر طرفه الأيمن (+) موجب وطرفه الأيسر (–) سالب الإشارة .

ملاحظة : المقرر الدراسي جزء لا يتجزأ من مذكرة الوظائف الإشرافية

ج – المحور (ج) (c–axis) وهو محور رأسي ممتد من أعلي إلى أسفل ويعتبر طرفه العلوي (+) موجب أما طرفه السفلي (–) سالب الإشارة.

٢ – الزوايا المحورية :

تتقاطع المحاور البلورية في مركز البلورة وتحصر فيما بينها زوايا تعرف بالزوايا المحورية ويرمز للزاوية المحصورة بين المحور أ ، والمحور ب بالزاوية جاما ويرمز لها (γ) . أما الزاوية الناتجة عن تلاقي المحور (أ) والمحور (ج) فهي الزاوية بيتا ويرمز لها (β) وينتج عن تلاقي المحور (ج) مع المحور (ب) زاوية تسمي ألفا ويرمز لها (α) .

٣ – أطوال المحاور :

تتساوى المحاور البلورية الثلاثة في الطول في بعض الفصائل البلورية وفي فصائل أخري يتساوي اثنان فقط وفي البعض تختلف المحاور البلورية الثلاثة في الطول .

الفصائل البلورية Crystallographic Systems

١ – فصيلة المكعب Cubic System :

يشمل هذا النظام جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية متساوية . وبما أن المحاور الثلاث متساوية فإنه لا يمكن تمييز أحدهما عن الآخر ولذلك يرمز جميعا بالرمز (أ١ = أ٢ = أ ٣) وتكون المحاور البلورية متعامدة أي

(α = β= γ =٩٠) . وتعتبر بلورات هذه الفصيلة اكثر البلورات تناسقا وتماثلا.

وينتمي إلى هذا النظام معظم بلورات الكبريتيدات والهاليدات والأكاسيد وعلي سبيل المثال معدن الجالينا (Pbs)البيرايت (FeS) والهاليت (Na Cl) والفلورايت (Ca Fe) والماس (C) .

٢ –فصيلة الرباعي :

وتشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية المحوران الأفقيان متساويان في الطول ويرمز لها بالرمز أ١ = أ ٢ أما المحور ج فقد يكون أطول أو اقصر منهما أي أن :(أ= ب ولا يساويان ج) وتكون المحاور البلورية الثلاثة متعامدة أي أن(α = β= γ =٩٠).

وتمسك البلورة الرباعية بحيث يكون المحور الرأسي (ج) دائما محور رباعي التماثل . ومن المعادن الشائعة معدن كاسيتريت SnO_2 ومعدن روتايل TiO_2 ومعدن الزركون $ZrSiO_4$.

٣ – فصيلة المعين القائم :

تتميز جميع بلورات هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور متعامدة ومختلفة الأطوال أي أن (أ لا يساوي ب لا يساوي ج) و (α = β= γ =٩٠) وعادة تمسك البلورة بحيث يكون المحور الأطول هو المحور (ج) . (ج > ب > أ) . ومن أمثلة معادن هذه الفصيلة معدن الكبريت المعيني ، بارايت $BaSO_4$ ، أرجونيت $CaCO_3$ ، سلستيت $SrSO_4$ التوباز ، أوليفين .

٤ – النظام السداسي :

تتميز بلورات هذه الفصيلة بوجود أربعة محاور بلورية ، ثلاثة منها متساوية في الطول وتقع في مستوي أفقي أما المحور الرابع وهو المحور الرأسي (ج) والعمودي علي مستوي المحاور قد يكون أقصر أو أطول من المحاور الأفقية (أ١ = أ٢ = أ٣ ولا يساوي ج) وتتقاطع المحاور الثلاثة الأفقية في زوايا متساوية قيمة كل منها ١٢٠ .

وتمسك البلورة السداسية بحيث يكون المحور الرأسي (ج) دائما محور سداسي التماثل (دوراني) ويتبع هذا النظام عدة معادن مثل الكوارتز SiO_2 ، البيريل ، الزمرد ، الجرافيت ، الأباتيت.

٥- فصيلة أحادي الميل :

تتميز بلورات هذه الفصيلة بوجود ثلاثة محاور بلورية مختلفة الأطوال (أ ≠ ب ≠ ج) ويتعامد المحور ب مع المحور الرأسي (ج) أما المحور (أ فيميل إلى الأمام بالاتجاه إلى ماسك البلورة . أي أن(γ = ٩٠ = α) والزاوية β منفرجة أكبر من ٩٠ وتعرف بالزاوية الموجبة أما الزاوية β الحادة فتعرف بالزوايا السالبة ويختلف قيمة الزاوية β من معدن لآخر وهذا ما يساعد في التعرف علي المعادن . ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة الجبس ، الملاكايت ، ازواريت ، مسكوفيت.

٦- فصيلة ثلاثي الميل :

تتميز البلورات هذه الفصيلة بعدم تساوي المحاور البلورية وعدم تعامدها أي أن(أ ≠ ب ≠ ج) ($\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq$ ٩٠) ومن أمثلة المعادن التي تتبع هذه الفصيلة أنورثيت ، البيت .

ويتفرع من النظم البلورية السبعة السابقة نظم بلورية ثانوية متعددة فمثلا المكعب له خمس نظم بلورية ثانوية في حين النظام الرباعي له سبعة نظم بلورية ثانوية . والسداسي له سبعة نظم بلورية والذي غالبا ما يوجد في الطبيعة علي شكل الهرم السداسي وهكذا لبقية النظم البلورية .

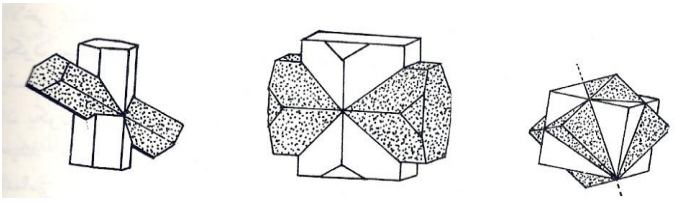
علما بأن ٥٠% من مجموع المواد المتبلرة تتبع نظام أحادي الميل ،٢٥% تتبلور في نظام المعين ،و ١٥ % تتبع نظام الثلاثي الميل أما النظم البلورية الأخرى فتشكل فقط ١٠ % من مجموع المعادن المتبلرة .

الأشكال التي توجد عليها بلورات المعادن في الطبيعة :

توجد بعض المعادن في الطبيعة في هيئة بلورات مفردة أو وحيدة ولكن الغالبية العظمي من المعادن توجد بلوراتها متجمعة في هيئة مجموعات قد تكون منظمة في ترتيبها أو غير منظمة .

وتصنف مجموعات البلورات إلى قسمين حسب التركيب الكيميائي لأفرادها فإذا كانت جميع البلورات ذات تركيب كيميائي واحد فإنها تعرف باسم المجموعة المتجانسة (من معدن واحد) .

وتصنف إلى ثلاثة أقسام هي :



١ - مجموعات البلورات المنتظمة .

٢ - مجموعات البلورات التوأمية شكل (٧)

٣ - مجموعات البلورات غير المنتظمة .

أما إذا كانت من بلورات مختلفة التركيب الكيميائي

(من معادن مختلفة) ، فإنها تعرف باسم المجموعة غير المتجانسة والتي تضم ثلاث مجموعات هي:

١ – مجموعات البلورات النطاقية (المتشاكلة).

٢ – مجموعات البلورات المنتظمة .

٣ – مجموعات البلورات غير المنتظمة .

تكون المعادن في الطبيعة

تتكون المعادن في القشرة الأرضية بثلاثة طرق هي :

١ – طريقة التبلور من الصهارة :

تتكون هذه المعادن من تيلور صهارة الصخور النارية وينتج عنها معادن الصخور النارية .

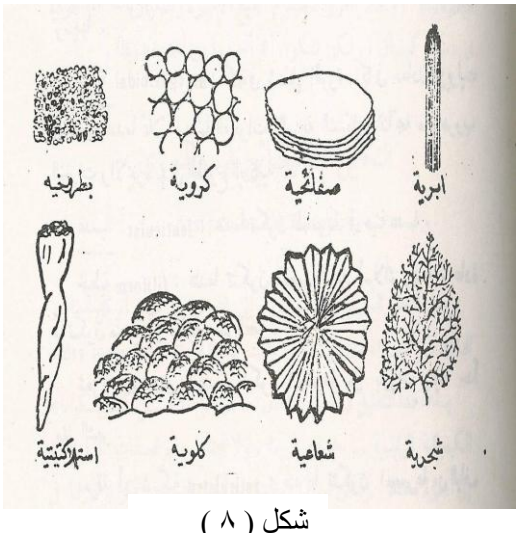
٢ – طريقة التبلور من المحاليل المائية :

والمعادن التي تتبلور من المحاليل المائية الموجودة علي سطح الأرض تكون الصخور الرسوبية والغنية من الخامات الفلزية .

٣ – طريقة إعادة التبلور :

والمعادن التي تنتج عن إعادة الذرات في بلورتها تحدث تحت ظروف من الضغط العالي والحرارة العالية لتكون الصخور المتحولة داخل الشقوق بالطبيعة ، أو نتيجة عوامل التعرية علي الصخور القديمة ولا سيما الصخور النارية لتحولها إلى رسوبيات ومعادن طينية .

وفي الحقيقة توجد المعادن في الطبيعة علي صو رة متبلرة لها بناء ذري داخلي منتظم ولكن ينقصها الأوجه البلورية ولكن الكثير منها يوجد علي شكل حبيبات متجمعة والتي تأخذ في الطبيعة عدة أشكال مختلفة ومن أمثلة هذه الأشكال التي تأخذها تجمعات الحبيبات المعدنية شكل (٨) .



شكل (٨)

١ – اليافية اسبتوس ، إبرية (جبس) ، عمدانية (تورمالين).

٢ – صفائحية حبيبات المعدن مجموعة في هيئة صفائح .

٣ – كروية في شكل كرات صغيرة .

٤ – بطروخية حبيبات مستديرة صغيرة تشبه البطارخ (بيض السمك) .

٥ – شجرية عندما تصبح المجموعة في شكل شجرة متفرعة .

٦ – تجمعية أو شعاعية : علي هيئة أشعة دائرية .

٧ – كلوية كتل مستديرة من المعدن كل واحدة تشبه الكلية kidney .

٨ – استلاكتيتية كتل في هيئة مخروط أو اسطوانة .

الخواص الفيزيائية للمعادن Physical Properties Of Minerral

الصفات التي تساعد في التعرف علي المعادن خاصة عندما يصعب تحديد الشكل البلوري له إما بمجرد النظر إليها أو باستخدام وسائل بسيطة وهي ذات أهمية كبيرة . وتعتمد الخواص الفيزيائية للمعادن علي التركيب الكيميائي والبناء الذري الداخلي لكل منها . وتشمل الخواص الفيزيائية للمعادن علي عدة خواص منها :

[١] الخواص الضوئية (البصرية) :

وهي الخواص التي تعتمد علي لون ومقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن وتشمل الخواص الضوئية :

١ – اللون :

ينتج لون المعدن من قدرة المعدن علي امتصاص بعض الموجات الضوئية المكونة للضوء الأبيض العادي الساقط علي سطح المعدن ويعكس نوع معين من هذه الموجات والذي يظهر المعدن بلونه . فالمعدن الأحمر اللون يمتص جميع الموجات المكونة للضوء العادي ويعكس الموجات الحمراء والمعدن الأسود اللون يمتص جميع الأشعة الساقطة علي المعدن ، في حين المعدن الأبيض اللون يعكس جميع ألوان الطيف بنسب متساوية والمعادن الشفافة عديمة اللون ينفذ منها الضوء العادي بنسب متساوية .

ويعتبر لون المعدن من أولي الخواص الفيزيائية التي تلاحظ . وهناك معادن لها لون ثابت (متأصل) تساعد في التعرف عليها مثل الكبريت الذي يتميز بلونه الأصفر الفاقع ، معدن الجرافيت يتميز بلونه الأسود ، ومعدن الملاكيت يتميز بلونه الأخضر ، السينبار (HgS) يتميز بلونه القاني ، والأزورايت (كربونات النحاس القاعدية) لونه أزرق.

أما المعادن التي ليس لها لون ثابت فيعزي اختلاف اللون فيها إلى عدة أسباب منها :

أ – اختلاف التركيب الكيميائي من عينة إلى أخرى فمثلا معدن سفاليرايت بسبب اختلاف نسبة الحديد يختلف لونه من البني الأصفر إلى الأسود .

ب – احتواء المعدن علي شوائب تعمل عمل الأصباغ (لون دخيل) فالكوارتز النقي يكون عديم اللون . ولكن عندما يحتوي علي أكاسيد الحديد الحمراء فيظهر باللون الوردي . وإذا احتوي علي اكاسيد المنجنيز فيظهر باللون البنفسجي والمعروف باسم أمثيست.

ملاحظة : المقرر الدراسي جزء لا يتجزأ من مذكرة الوظائف الإشرافية

ج – تغير في البناء الذري للمعدن حيث توجد بعض الروابط بين الذرات " مكسرة " كما هو الحال في معدن الكوارتز المدخن .

د – توزيع الشوائب في المعدن الواحد قد يكون في هيئة حلقات أو نطاقات أو أحزمة حول بعضها البعض مثل معدن العقيق الذي يعتبر نوعا من أنواع الكوارتز المستتر التبلور ، أو أن يكون توزيع الشوائب في المعدن علي هيئة بقع أو نقط مثل معدن الياقوت الأزرق.

وهناك بعض الظواهر الخاصة باللون تتميز بها بعض المعادن ومن هذه الظواهر :

١ – ظاهرة تلاعب الألوان :

حيث يتغير لون المعدن نتيجة لتغير زاوية سقوط الضوء عليه أو الإنعكاس الانتقائي الذي يقوم به أو لكليهما كما هو الحال في الماس .

٢ – ظاهرة تغير الألوان Change of colours :

يتغير لون المعدن نتيجة لتداخل أشعة الضوء المنعكسة من أسطح مستويات متوازية تحتوي علي صفائح رقيقة من معادن أخري يكتنفها المعدن مثل معدن اللابرادورايت إذ يعطي المعد ن عند تحريكه أمام العين الألوان الزرقاء – الخضراء والحمراء .

٣ –خاصية عين الهر :

حيث تنتج هذه الخاصية من اختلاف الانعكاسات الضوئية علي سطوح المعادن الليفية ، فيظهر المعدن في لون متوهج يختلف باختلاف زاوية الرؤية فيشبه بذلك بريق عين النمر (بني ذهبي) وعندما يكون (أزرق) يسمي عين الهر .

٤ – ظاهرة التصدؤ :

تتكون نتيجة عمليات الأكسدة للأسطح الخارجية للمعدن ألوان مختلفة عن لون المعدن الأصلي كما هو الحال في معدن الكالكوبايرايت .

٥ – ظاهرة الألأة :

تنتج عن انعكاسات ضوئية داخل المعدن بسبب اختلاف ترتيب بعض الجزيئات مثل معدن الأوبال .

٢ – المخدش :

هو لون مسحوق المعدن الناعم الذي يمكن أن ينتج من حك المعدن علي السطح غير المصقول للوح من الخزف الأبيض المعروف باسم لوح المخدش .

ومن الجدير بالذكر أن صلادة لوح المخدش حوالي ٦ وبالتالي يصعب فحص مخدش المعادن التي تزيد صلادتها عن ذلك بهذه الطريقة . وفي هذه الحالة نستدل علي مخدش هذه المعادن عن طريق طحن قطعة صغيرة من المعدن طحنا كاملا . كما أنه ليس بالضرورة أن يتشابه لون المعدن مع مخدشه .فمثلا معدن

بيريت (FS) لونه أصفر نحاسي إلا أن مخدشه أسود . ولخاصية المخدش أهمية كبري في التعرف علي كثير من المعادن التي تشترك في لون واحد ولكن تختلف في مخدشها فمثلا بعض عينات الماجنتيت (Fe_3O_4) تكون سوداء اللون ولكن تختلف في المخدش فالمجناتيت مخدشه أسود ، في حين الهيماتيت مخدشه أحمر ، أما الجوتيت فمخدشه بني مصفر .

٣ – البريق :

هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن . وتعتبر زاوية سقوط الضوء من العوامل التي تتحكم في كمية الضوء المنعكس وتنقسم المعادن تبعا لخاصية البريق إلى قسمين رئيسيين :

أ – معادن ذات بريق فلزي :

وهو اللمعان الذي تبديه سطوح الفلزات كما في معدن الذهب والجالينا وتتميز هذه بأنها ثقيلة الوزن ومعتمة مثل الكورمايت وهناك معادن لها بريق لا فلزي .

ب – معادن ذات بريق لا فلزي :

والمعادن التي تتميز بهذا النوع من البريق تكون بصفة عامة فاتحة اللون أو شفافة . ويشمل البريق اللافلزي الأنواع الآتية :

١ – البريق الماسي :

وهي المعادن التي لها بريق ساطع مثل الألماس ومعظم هذه المعادن تكون ذات صلادة عالية ووزن نوعي مرتفع ومعامل انكسار عالي مثل معدن الكورونـدم والألماس .

٢ – البريق الزجاجي :

وهي المعادن التي لها بريق مثل بريق الزجاج وتمتاز هذه المعادن بأنها شفافة وذات معامل انكسار أقل من البريق الماس . ومن المعلوم أن حوالي ٧٠ % من المعادن لها هذا النوع من البريق . ومن أمثلة المعادن ذات البريق الزجاجي الكوارتز والتوباز أما الكوارتز فيصنف لبريق تحت الزجاجي لأن بريقه زجاجي ضعيف .

٣ – البريق الصمغي (الراتنجي) :

ويشبه بريق الصمغ مثل معدن الكبريت .

٤ – البريق اللؤلؤي :

ويشبه بريق اللؤلؤ كما في معدن التلك .

٥ – البريق الحريري :

يشبه لمعان الحرير كما في معدن الجبس الليفي المعروف باسم جبس ساتان ، والاستبتوس .

٦ – البريق الترابي (القاتم) :

عندما يكون السطح غير براق أو مطفئ مثل الكاولين .

٧ – البريق القاري أو الزفتي :

مثل معدن البتشبلند .

٤ – التضوء :

يوصف المعدن بأنه متضوء إذا حول الأشكال الأخرى من الطاقة (الحرارة ، الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية ، .... الخ) إلى ضوء وهاج باهر بلون معين يختلف عن لونه الأصلي . فمثلا يصدر معدن الكاليست ضوءا أحمر متوهجا عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية . والتضوء نوعان :

أ – التفلور Fluorescence حيث يتضوء المعدن في أثناء تعرضه للمؤثر الخارجي فقط ويزول بزوال المؤثر الخارجي مثل معدن الفلورايت .

ب – التفسفر Phosphorescence حيث يستمر تضوء المعدن حتي بعد زوال المؤثر الخارجي مثل الأحجار الكريمة (الالماس – الياقوت) ويستعان بخاصية التضوء كثيرا في الكشف عن المعادن داخل الكهوف والمناجم .

٥ – الشفافية :

وهي خاصية تعبر عن مقدرة المعدن علي إنفاذ الضوء وعلي أساسها قسمت المعادن إلى ثلاث أنواع هي :

أ – معادن شفافة . وهي تسمح بنفاذ معظم الضوء الساقط عليها ورؤية الأجسام من خلالها بسهولة ووضوح مثل معدن الكاليست .

ب – معادن نصف شفافة :

وهي معادن تسمح بنفاذ كمية أقل من الضوء الساقط عليها ، ولا تسمح برؤية الأجسام من خلالها بسهولة مثل الفلورايت .

ج – معادن معتمة :

وهي معادن تمتص معظم الضوء الساقط عليها ولا تسمح له بالنفاذ ولا يمكن رؤية الأجسام من خلالها ، مثل الجالينا .

[٢] الخواص التماسكية :

هي الخواص التي تدل علي قوة تماسك أجزاء المعدن وتعتمد علي البناء الداخلي لبلورات المعادن . أي علي الترتيب الذري الداخلي . ونوع الرابطة الكيميائية بين الأيونات أو الذرات المكونة لبلورات المعادن . وأن هذه الخواص تعتبر من الصفات الثابتة والمميزة للمعدن الواحد . وتشمل هذه الخواص كل من :

١ – الصلادة Hardness :

مقدار مقاومة أحد أسطح المعدن الناعمة للخدش أو الكشط الأكبر . ولتعيين صلادة معدن ما يستخدم مقياس خاص لتقدير الصلادة تقديرا نسبيا ويعرف هذا المقياس بمقياس موهس للصلادة . وسمي بذلك نسبة إلى واضعه العالم النمساوي فريدريك موهس . ويتكون هذا المقياس من عشرة معادن مرتبة علي عشر درجات تصاعديا حسب الصلادة . فتبدأ من درجة (١) لمعدن التلك وتنتهي بدرجة (١٠) لمعدن الماس . والجدير بالذكر أن مقدار التدرج في المقياس غير ثابت بين المعادن العشرة المذكورة . إذ ليس حقيقيا أن

صلادة الماس عشرة أمثال صلادة التلك فإنها أكثر من ذلك بكثير . ولتعيين صلادة المعدن بدقة يستخدم مقياس موهس من الأقل إلى الأكبر صلادة إلى أن تحدد موضعه بين المعدن الذي يخدشه والمعدن الذي ينخدش به . فمثلا نجد أن معدن الهاليت يخدش معدن الجبس (٢) ولا يخدش معدن الكاليست درجة (٣) أي صلادة معدن الهاليت درجة (٢.٥) . ولتعيين الصلادة بسهولة يتم خدشه أول بالظفر حتي (٢.٥) درجة وعمله نحاسية حتي (٣) درجة . والسكين وزجاج النافذة حتي (٥.٥) درجة لوح المخدش حتي (٦.٥) مبرد الصلب (٦ – ٧) درجة . ومن الضروري عند تحديد صلادة أي معدن اختيار سطح نظيف حتي لا تتهشم أو تتفتت تجمعات المعادن الترابية أو الحبيبية أو إبرية الشكل عند محاولة خدشها قبل أن تخدش . ولقد دلت الاختبارات الدقيقة أن صلادة معظم المعادن تختلف اختلافا بسيطا تبعا للاتجاه الذي تخدش فيه وتسمي هذه الخاصية عدم تجاهي الصلادة Hardness Anisotropy مثل الكيانايت صلادته (٤ –٥) درجة في اتجاه طول البلورة (axis– c) أما في الاتجاه العمودي (axis – b) تكون (٦ – ٧) درجة ولكن هذه الاختلافات ليست ذات أهمية من الناحية العلمية . وتتوقف صلادة المعدن علي :

<u>أ – البناء الذري الداخلي :</u>

- **نوع الرابطة التي تربط بين الذرات أو الأيونات .**
- **طول الرابطة (التقارب بين الأيونات في التركيب الشبكي)**
- **حجم الأيونات (كلما قل حجم الأيون زادت صلادة المعدن)**
- **تكافؤ الأيونات المكونة للمعدن .**

<u>ب – وجود الماء أو مجموعة (OH) الهيدروكسيل :</u>

تقل الصلادة في المعادن التي تحتوي علي الماء ومثال ذلك معدن الجبس صلادته اقل من صلادة معدن الأنهيدريت بسبب احتواء تركيبه علي الماء .

<u>٢ – التشقق أو الانفصام :</u>

هو قابلية المعدن للتشقق (الانقسام) بسهولة في اتجاهات منتظمة ثابتة إذا ما طرقت طرقا خفيفا أو ضغط في اتجاه معين ليعطي سطوحا مستوية ناعمة تعرف بمستويات التشقق أو الانفصام . وتعتمد طريقة تشقق المعدن علي البناء الداخلي لبلورات المعادن . عادة يكون التشقق موازيا لأحد المستويات الرئيسية في التركيب الشبكي البلوري حيث تكون الذرات متقاربة (مزدحمة) والروابط بينها قوية . ويكون عموديا عندما تكون الذرات متباعدة نسبيا وقوة الربط بينها ضعيفة ، وتكون سطوح التشقق في المعدن موازية دائما لوجه حقيقي أو لوجه يحتمل وجودة في البلورة .

حينما تتشقق بعض المعادن في اتجاه واحد مثل معدن الميكا يتشقق إلى صفائح رقيقة ويكون مستوي التشقق عمودي علي الروابط الضعيفة بين أيونات الأكسجين والبوتاسيوم التي تربط الصفائح بعضها ببعض . وقد يكون التشقق في بعض المعادن في اتجاهين متعامدين كما في البيروكسين أو اتجاهين غير متعامدين كما في الأمفيبول . وقد يكون التشقق في بعض المعادن في ثلاث اتجاهات غير متعامدة كما في الكالسيت أو ثلاث اتجاهات متعامدة كما

في الجالينا والهاليت حيث يلاحظ سهولة فصل بلوراتها في اتجاهات توازي أوجه بلوراتها المكعبة الشكل بحيث تعطي كل منهما أسطح ملساء . وبعض المعادن لا يوجد لها تشقق مثل معدن الكوارتز.

ويكون التشقق حسب درجة كماله وسهولته علي نوعين :

١ – الانفصام الجيد (الواضح) .

٢ – الانفصام غير الجيد (غير الواضح) .

٣ – المكسر Fracture

هو شكل أو هيئة سطح المعدن الناتج عن كسر المعدن في اتجاهات أخرى غير مستوي التشقق ، ويكون التشقق واضحا في المعادن التي لا تتشقق . ويظهر المكسر بعدة أشكال مختلفة أهمها :

١ – المكسر المحاري : يكون السطح المكسور علي هيئة خطوط مقوسة تشبه خطوط النمو في صدفة المحار كما في الكوارتز.

٢ – المكسر المستوي : سطح الكسر يكون منبسطا أو مستويا مثل الشيرت .

٣ – المكسر الخشن : سطح الكسر يكون خشن لوجود بروزات دقيقة عليه كما في البيريت .

٤ – المكسر المسنن : ويظهر سطح الكسر فيه كأسنان حادة مدببة مثل مكسر قطعة من النحاس.

ثالثا – الوزن النوعي :

الوزن النوعي هو نسبة وزن حجم معين من مادة إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند درجة حرارة ٤ درجة سيليزية . وبعبارة أخرى هو نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء

ويعتبر الوزن النوعي من الصفات الأساسية المميزة للمعدن إذ أنه ثابت للمعدن الواحد عند ثبات درجة الحرارة والتركيب الكيميائي للمعدن . ويعتمد الوزن النوعي علي عدة عوامل منها :

١ – الوزن الذري : يزيد الوزن النوعي بزيادة الوزن الذري مثال الجالينا pbs حيث إن الوزن الذري للرصاص كبير .

٢ – طريقة ترتيب الذرات أو الأيونات في التركيب البلوري . فمثلا معدنا الجرافيت والماس لهما نفس التركيب الكيميائي ، إلا أن الوزن النوعي للماس اكبر من الوزن النوعي للجرافيت بسبب تراص ذرات الكربون في الماس رصا محكما في نظام المكعب أما في الجرافيت فذرات الكربون متباعدة بطريقة النظام السداسي .

وتقسم المعادن حسب وزنها النوعي إلى أربعة أقسام هي :

١ – معادن خفيفة وزنها النوعي أقل من ٢.٤ مثل الجرافيت .

٢ – معادن متوسطة وزنها النوعي بين ٢.٤ – ٣.٢ مثل الكوارتز .

٣ – معادن ثقيلة وزنها النوعي بين ٣.٢ – ٥ مثل البيرايت .

٤ – معادن ثقيلة جدا وزنها النوعي أكثر من ٥ مثل الذهب .

وعموما المعادن الفلزية أثقل من المعادن اللافلزية .

ولتعيين الوزن النوعي للمعادن بدقة فيجب خلو العينة من الشوائب والفجوات الهوائية ومن آثار التحلل بفعل العوامل الجوية (التأكسد والتميؤ والكربنة) .

رابعا : الخواص الحسية Sense Properties

بعض المعادن يمكن التعرف عليها والتمييز بين المعادن باستخدام حواس الإنسان وتعتبر صفة مميزة للمعدن لتساعد في التعرف عليه .

١ – الرائحة :

بعض المعادن لها رائحة خاصة ومميزة خاصة عند احتكاكها أو تسخينها . ومن أهم هذه الروائح :

أ – رائحة الثوم :

تصدر عن المعادن المحتوية علي عنصر الزرنيخ عند حكها أو تسخينها كما في معدن الارسينوبرايت .

ب – الرائحة الكبريتية :

تصدر رائحة الكبريت عند تسخين الكبريت أو معادن الكبريتيدات مثل معدن البايرايت .

ج – الرائحة الطينية :

تنبعث من الصخور الطينية المبللة بالماء مثل معدن الكاؤلين .

د – الرائحة العفنة :

انبعاث رائحة البيض الفاسد عند تسخين بعض عينات الحجر الجيري القطراني .

٢ – الطعم (المذاق) :

تستخدم هذه الخاصية للتعرف علي المعادن عديمة اللون أو البيضاء أما المعادن الملونة فغالبا ما تكون سامة وتنقسم هذه الخاصية إلى :

أ – مذاق ملحي : مذاق ملح الطعام كما في معدن الهاليت .

ب – مذاق حمضي (مزز) .

ج – مذاق مر : مثل ملح الايسوم .

٣ – الملمس Touch : هو التأثير المتكون عند لمس العينة باليد وقد يكون :

أ – ناعم : سطحه أملس مثل أوبال Opal

ب – خشن (هيئة كتل حبيبية صغيرة) : مثل معدن الاوليفين .

ج – دهني (صابوني) : مثل معدن التلك .

خامسا الخواص المغناطيسية :

معظم معادن الحديد لها خاصية مغناطيسية فمعدني الماجنتيت والبيروهوتيت ينجذبان للمغناطيس اليدوي العادي ، بينما لا ينجذب الهيماتيت للمغناطيس . في حين هناك معادن تنفر أو لا تتأثر بالمغناطيس مثل الزركون . وعلي أساس هذه الخاصية يتم استخدام المغناطيس الكهر بائي لفصل المعادن ذات الدرجة المغناطيسية المختلفة . ولهذه الخاصية قيمتها وأهميتها في فصل خامات المعادن وتركيزها.

سادسا : الخواص الأنصهارية :

فبعض المعادن تنصهر حروفها الحادة في لهب الشمعة ومعادن أخري تنصهر بواسطة لهب مصباح بنزين . وبعضها تنصهر بلهب البور ي ومعادن أخري لا تنصهر في اللهب البوري .. وهذه الخاصية هامة وثابتة الدرجة ومميزة للمعدن الواحد اذا كان نقيا . فمثلا ينصهر معدن الهاليت عند ٨٠٠ س درجة . والذهب ينصهر عند ١٠٦٣ س درجة . والكوارتز ١٧١٠ س درجة .

سابعا – الخواص الكهربية :

هناك معادن جيدة التوصي ل الكهربائي مثل الذهب، الفضة، والنحاس الحر . وهناك معادن تكتسب شحنات كهربائية عند تعرضها للاحتكاك أو التدليك فتلتقط الأشياء الخفيفة مثل قصاصات الورق، ومن أمثلة هذه المعادن (معظم مجموعة معادن الكبريتيدات) . وهناك معادن رديئة التوصيل للكهرباء مثل السليكات إلا هناك معادن قابلة للتكهرب بخاصية :

١ – الكهرباء الحرارية Pyroelectricity :

وهي خاصية تتميز بها بعض المعادن نتيجة تسخينها ، حيث تتولد عليها شحنات كهربائية مختلفة عند طرفي البلورة، وتوجد هذه الخاصية في البلورات التي ينقصها مركز التماثل ولها محاور قطبية ل لتماثل تنتهي بأوجه غير متشابهة مثل بلورات معدن التورمالين التي لها طرفان أحدهما حاد الزاوية والآخر منفرج الزاوية . فعند تسخين البلورة تكتسب شحنة سالبة عند طرفها المنفرج وشحنة موجبة عند طرفها الحاد . للتعرف علي هذه الأطراف يتم رش البلورة بمسحوق مخلوط من الكبريت الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر . فيلاحظ انجذاب أكسيد الرصاص الأحمر نحو الطرف السالب بينما الكبريت ينجذب ناحية الطرف الموجب . ويستعمل بلورات التورمالين بسبب هذه الخاصية في مقياس درجة حرارة انفجار القنابل ودرجة حرارة افران المصانع.

ب – الكهرباء الضغطية Piezoelectricity : حيث تتكون هذه الخاصية لبعض بلورات المعادن بتوليد شحنات كهربائية نتيجة تسليط ضغط موجه توجيها مناسبا علي البلورات فتتولد شحنات كهربائية علي الأطراف المختلفة للمحاور البلورية . ومن أمثلة المعادن التي لها هذه الخاصية معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة المذياع للتحكم في التردد ويستعمل كذلك في صنع ساعات الكوارتز الدقيقة .

ثامنا : الخواص الإشعاعية Radioactivity :

تمتاز بعض المعادن بخواص إشعاعية نتيجة التحلل الذاتي لذراتها وذلك بسبب احتوائها علي عناصر مشعة مثل البوتاسيوم (إشعاع ذري بسيط) أو اليورانيوم والراديوم (إشعاع ذري قوي) . وهذه الإشعاعات لا تري ولا نشعر بها ويمكن الكشف عنها بواسطة الألواح الفوتوغرافية الحساسة أو أجهزة خاصة مثل عداد جيجر Geiger Counters أو عدادات الوميض Scintillometer ومن أمثلة هذه المعادن البتشبلند والثورايت .

تكون بلورات المعادن في الطبيعة

ترجع طرق نشأة وتكوين المعادن في الطبيعة إلى أربعة أصول :

أولا : تجمد الصهير (المجما) Magma أو اللافا (Lava) :

والمجما (الصهير) سائل صخري ذو درجة حرارة عالية موجود اسفل القشرة الأرضية علي أعماق متفاوتة أما اللافا فهو السائل الصخري الذي يظهر علي سطح الأرض . والسائل الصخري هو محلول معقد ثقيل تتحرك فيه العناصر المختلفة بحرية وتتكون المعادن نتيجة اتحاد العناصر بعضها مع بعض تحت ظروف خاصة . وعند انخفاض درجة حرارة الصهير فإن بلورات المعادن تنفصل علي مراحل حسب درجة حرارة الصهير والمعروف أن التبريد البطئ يساعد علي نمو كبر حجم البلورات . أما التبريد السريع فيؤدي إلى تكوين بلورات صغيرة الحجم . وفي حالة تجمد اللافا علي سطح الأرض فإن البلورات لا تتكون بسبب التبريد المفاجئ ، وتتبلور السليكات أولا من المجما لتعطي المعادن السليكاتية الهامة ا لمكونة للصخور مثل الفلسبارات البلاجيوكليز والأوليفين – الأمفيبول – الميكا – الفلسبارات البوتاسية – والكوارتز . إلى جانب تبلور أكاسيد وكبرتيدات الفلزات الناتجة من المجما لتكون رواسب الخامات . إلى جانب نمو بلورات ذوات أحجام كبيرة لمعادن ذات قيمة اقتصادية مثل الأحجار الكريمة مثل التوباز والزمرد والتورمالين .

ثانيا – تكوين المعادن من المحاليل :

تتكون كثير من المعادن في الطبيعة نتيجة لتبلورها من المحاليل بطريقتين :

١ – بخر السائل المذيب :

بسبب عملية التبخر التي تتعرض لها مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة فإن نسبة الأملاح المذابة فيها تتركز مما يؤدي إلى تبلور هذه الأملاح وترسبها من المحلول حسب درجة ذوبانها .

فتتبلور أولا المعادن الأقل ذوبانا مثل كربونات الكالسيوم ثم كربونات المغنسيوم ثم تنتهي عملية التبلور بالأملاح الأكثر ذوبانا مثل كلوريد الصوديوم (الهالیت) .

٢ – فقد الغاز الذي يعمل كمذيب من المياه الجوفية :

إذ أن المياه الجوفية التي تحتوي علي نسبة من غاز ثاني أكسيد الكربون تتحول إلى حمض ضعيف هو حمض الكربونيك الذي يعمل علي إذابة الصخور الجيرية (كربونات الكالسيوم) ويحولها إلى بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء وهو مركب غير مستقر حيث يفقد ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء ليتحول إلى كربونات الكالسيوم لا تذوب في الماء . ومثل معدن الكاليست الذي يتكون في هيئة استلاكيتيت (هوابط) واستجلاجميت (صواعد) في الكهوف .

٣ – انخفاض درجة حرارة المحلول وضغطه :

في المرحلة الأخيرة لتجمد الصهير فإن الجزء المتبقي من الصهير يكون علي هيئة محلول مائي حار جدا ذا نشاط كيميائي كبير . ويعرف هذا المحلول (بالمحاليل المائية الحارة) أو (المحاليل المجماتية) وعندما تبرد هذه المحاليل ويقل ضغطها تبدأ عملية ترسيب المعاد ن المذابة . فتترسب أولا المعادن قليلة الذوبان ثم يليها المعادن الأكثر قابلية للذوبان . ومن أمثلتها معادن الجالينا ، كالكوبيرايت ، السنابر . الكاليست ، والفلورايت و الأوبال وغيرها من المعادن .

٤ – تفاعل المحاليل مع المواد الصلبة (عملية الإحلال) :

وهي عملية يتغير فيها المعدن إلى معدن آخر جديد بفعل المحاليل ويحدث ذلك بإذابة المحلول للمعدن الذي يصادفه ويرسب مكانه في نفس الوقت معدن آخر جديد يختلف عنه في التركيب الكيميائي . ومثال علي ذلك معدن سميثونيت Smithsonite (كربونات الزنك) والذي يتكون نتيجة تفاعل محلول مائي محتوي علي كبريتات الزنك مع الحجر الجيري بعملية الإحلال .

ثالثا : تكوين المعادن من الغازات :

مما هو جدير بالذكر إذ المجما تحتوي علي غازات ومواد طيارة مذابة فيها تحت ضغط كبير وفي درجة حرارة عالية . وتشمل هذه المواد الطيارة والغازات بخار الماء (الأكثر وجود) والكلور والفلور والبورون والكبريت . فأما أن تتفاعل هذه الغازات و الأبخرة مع بعضها البعض أو مع الصخور المحيطة بها ، وأما أن تتحول مباشرة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة نتيجة التبريد والتجمد السريع (عملية تسامي) . ومن أمثلة المعادن التي تتكون بهذه الطريقة بلورات الكبريت الصفراء اللامعة النقية حول فوهات البراكين النشطة.

رابعا تكوين المعادن من المواد صلبة بواسطة التحول :

يتغير بناء وخواص المعادن تغيرا كاملا إذا أثرت عليها عوامل خاصة مثل الحرارة والضغط وبخار الماء والتفاعلات الكيميائية وينتج عن ذلك معادن جديدة وتعرف هذه التغيرات باسم التحول.

ومثال علي ذلك تكون معدن الجرافيت من تحول الكربون الموجود في الصخور بفعل الحرارة العالية . وتكون معدن الجارنيت نتيجة اتحاد اكاسيد وسليكات الحديد والألمنيوم بفعل الحرارة العالية.

الاهمية الاقتصادية للمعادن

تكمن اهمية المعادن بانها تعتبر المصدر لعناصر معدنية هامة جدا للإنسان فهى تعتبر خامات معدنية وهذه الخامات موجودة على هيئة تكتلات من معدن واحد ضمن الشقوق والفجوات الصخرية او تتكون منها الصخور المختلفة التى تكون القشرة الارضية وبعض المعادن تستغل من قبل الانسان فى كثير من الصناعات سواء كانت الانشائية او الكيميائية او صناعة المواد العازلة او المواد المخصبة للتربة وصناعة الاحجار الكريمة لأنها تحتوى على بعض الصفات التى تؤهلها لذلك ،معظم المعادن مثلا لها الوان جذابة ومتعددة لذلك يستخدم بعضها فى صناعة الاصباغ لان درجات الوانها غير موجودة فى مواد اخرى وايضا بسبب ثبات هذه الالوان وعدم تغيرها اذا تعرضت الى الضوء الطبيعى او الصناعى فمثلا يستخلص اللون الاحمر من معادن البروسي والسينبار والريلجار اما اللون البرتقالى الفاقع فيستخلص من معادن مثل الكروكيت والولفينيت والفانيدنيت اما اللون الاصفر فيستخلص من معادن مثل الكبريت واوربيمينت اما اللون الاصفر المخضر فيمكن الحصول عليه من معادن مثل اوتونايت ومعادن اليورانيوم كما يمكن الحصول على الون الاخضر الساطع من معادن مثل الديوبتيس والزمرد والملاكيت ويمكن الحصول على اللون الازرق من معادن مثل لابيس لازولى والفيفيانيت والازوريت اما اللون البنفسجى فيكن الحصول علية من معادن مثل الاماثيست والفورايت والكاميريت .

كما ان بعض المعادن بامكانها ان تبعث شحنات كهربايئة عند تعرضها لاى نوع من القوى الخارجة الفيزيائية فمثلا معدن التورمالين ويصبح مشحون ڤهربائيا عندما يتعرض لاختلاف فى درجات الحرارة وهذة الخاصية تعرف بالكهرباء النارية او الكهباء الحرارية فعندما يعرض التورمالين فى مكان مفتوح وتعرضة لارتفاع فى درجة الحرارة بسبب الضوء الطبيعى او الصناعى فهو سوف صبح مشحون كهربائيا مما يتيح لذرات الغبار ومواد أخرى إن تلتصق على اسطحة البلورية ومن المعادن الاخرى التى تحتوى على خاصية الكهرباء النارية معادن مثل الهيميورفيت والسكويتيت وتوجد معادن اخرى تحتوى على خاصية كهربائية تعرف بالكهرباء الاجهادية وتعنىالضغط على الشى مثلا معدن الكوارتز بعد تعرضة لعملية ضغط اوكبس او ضرب او شد فانه سوف يشحن كهربائيا او عندما يتعرض معدن الكوارتز لمجال كهربى فانة سوف ينضغط او ينبسط واذا كان ذلك التيار ذو مجال كهربائى متذبذب فانه سوف يؤدى الى تذبذب بلورات الكوارتز على نفس الدرجة وهذة الخاصية تتيح استخدام معدن الكوارتز فى صناعة الساعا ت وذلك للحصول على التوقيت الدقيق والصحيح على مر الوقت.

وكثير من المعادن تحتوى على ظاهرة المغناطيسية او بامكانها ان تصبح مغناطيس ومن افضل الامثلة على ذلك هو معدن الماجنتيت والذى يعتبر المغناطيس الطبيعى وهو شائع فى الصخور النارية والمتحولة كما ان من افضل المعادن التى بامكانها ان تصبح مغناطيس هو معدن الهيماتيت الذى بامكانة ان يتحول الى مغناطيس عند تسخينة كما ان بعض العناصر المعدنية التى تتكون منها المعادن الاحجارالكريمة تعتبر غير مستقرة فهى بامكانها ان تتحلل الى عناصر اخرى ويصاحب ذلك التحلل انبثاق اشعة الفا و بيتا وجاما وهذة

الخاصية تعرف بالنشاط الاشعاعى وهى تستخدم فى توليد الكهرباء وتحديد عمر الصخور والاثار وايضا تستخدم فى صناعة القنابل النووية ورؤوس الصواريخ للحروب واكثر المعادن اشعاعا هى التى تحتوى على اليورانيوم مثل اليورانينيت واليورانوسباثيتوالتوربيرينيت والبتشبليند.