الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كـلـيــة هـنـدســة الـبـتـرول
Faculty of petroleum engineering

General Geology

الجيولوجيا العامة

الوحدة الثالثة

الفلزات والأنظمة البلورية

لطلاب المرحلة الأولى

أ.د. محمد رياض الغزي

العام الدراسي

2019 - 2020

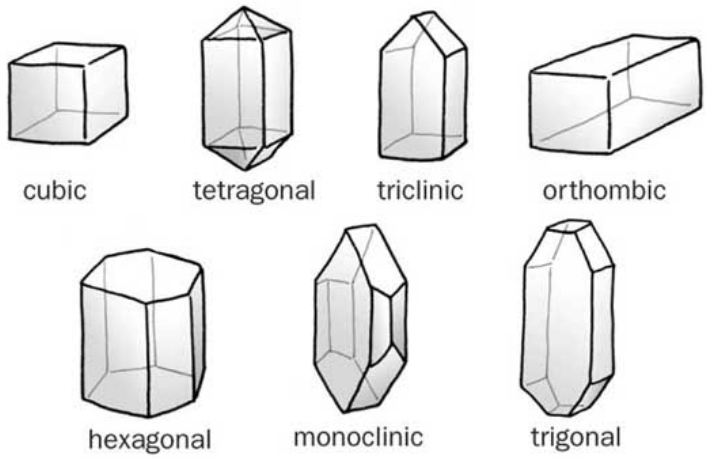
الفلزات والأنظمة البلورية

تمهيد:

يتكون الفلز من مادة ذات تركيب معين ولها صفات فيزيائية وفيزياكيميائية ثابتة، وهو المركب الموجود في القشرة الأرضية ويشارك في تكوين الصخور.
إن تجمع فلزات معينة في تركيب معين وبأجسام معينة يدعى (الصخور)، وتدرس الفلزات عادة من عدة نواح كالأشكال والهياكل التي توجد بها الفلزات إضافة إلى التركيب الكيميائي.
إن دراسة أشكال الفلزات يختص فيه (علم البلورات Crystallography) الذي يدرس الأشكال التي تنتظم فيها المركبات والفلزات من ناحية الشكل الخارجي ومن ناحية الشكل الداخلي (البنية البلورية الفراغية).

تعريف البلورة:

نقول لأول وهلة بأنها عبارة عن جسم صلب له تركيب معين وذو شكل هندسي معين، ويوجد في الطبيعة بأشكال هندسية لاحصر لعددها.



بعض الأمثلة على البلورات

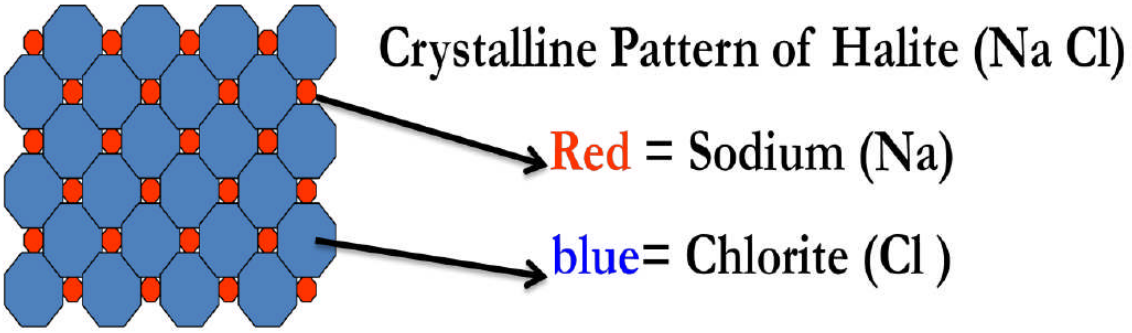
تكون هذه الأشكال الهندسية محاطة بسطوح (وجوه) ندعوها (الوجوه البلورية) ، وإذا ما تقاطعت هذه الوجوه مع بعضها يحدث لدينا (أضلاع/ مستقيمات) تدعى (الأضلاع البلورية)، وتقاطع الأضلاع مع بعضها يعطي (ذروات) تدعى (الرؤوس البلورية أو الذروات البلورية).

لاتوجد البلورات في الطبيعة فقط بالحالة الصلبة، وإنما بحالة " طرية" مثل (التلك) ، فهناك إذاً شذوذ في التعريف العام.
كما أننا إذا نظرنا بتمعن، نلاحظ أن هناك أجسام صلبة لها تراكيب معينةولكنها " غير متبلورة" كالزجاج: فيقال عن الزجاج فيما إذا تحقق فيه الشرطين الأساسيين (الصلابة والتركيب الكيميائي) بأنه غير متبلور، أي لايطلق عليه اسم " بلورة" حتى لو اكتسب الشكل الهندسي البلوري المطلوب.
لفتت الأشكال الهندسية التي تأخذها الفلزات نظر العلماء ، فالعالم الروسي " لامانوسيف" أحاط بكثير من العلوم في القرن الثامن عشر وقال إن الأشكال الموجودة في باطن الأرض لها مايبرر أشكالها، فهناك قدرات داخلية في الفلز تجعله يأخذ هذه الأشكال.

ويقول بعض الجيولوجيين، أن الصخور الاندفاعية أكثرها مبلورة، ولكن إذا درسنا تحت المجهر شريحة صخرية اندفاعية، نلاحظ أن أشكال الفلزات المكونة له لا تأخذ شكلاً منظماً أو كاملاً. وسبب ذلك أنه عندما تبدأ " الماغما" بالانصهار في الأعماق حيث تسيطر الحرارة والضغوط العالية، ثم تنتقل إلى مناطق أخف وطأة من القشرة الأرضية (أماكن ضعف، تشققات)، ضمن أوساط متغيرة الحرارة ونحو الأعلى، فإن العناصر تتجمع مع بعضها وتأخذ بتكوين مركبات معينة وفلزات مختلفة: (فالتأثير إذاً فيزياكيميائي).

مثال: لنفرض أن (SiO_2) تشكل في مكان من الأمكنة فإن شكله يجب أن يكون تاماً ، ولكننا نجد أن الكوارتز لايتشكل لوحده وانما يترافق ذلك مع مواد أخرى تعيق اكتمال بلوراته، فالبلورات في الصخور الاندفاعية تزاحم بعضها ولا تأخذ أشكالها الهندسية المطلوبة.

تقدمت الدراسات العلمية واختبرت أقوال " لامانوسيف" وتبين أن الشكل البلوري الذي تأخذه الفلزات ، ماهو إلا انعكاس كامل لعوامل داخلية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالتركيب الكيميائي للفلز، وبانتظام العناصر المكونة للفلز.
مثال: العناصر المكونة لبلورة ملح الطعام NaCl ، لاتتوضع في بلورة ملح الطعام بشكل عشوائي ، إنما تنتظم في الفراغ وتشكل ماندعوه " بالبنية الفراغية" ، وما الشكل الهندسي الذي تأخذه البلورات إلا تعبير عن انتظام المواد المكونة للفلزات، أي أن الشكل الخارجي مرتبط بقانونية العناصر المركبة للفلزات وتوزعها.



شكل" بلورة " ملح الطعام

2- الفلـزات

تعرف الفلزات عادةً بأنها مواد لاعضوية ، ذات تركيب كيميائي محدد يتميز ببنية ذرية ذات بنية عالية التنظيم. ولاتدخل المواد المركبة صناعياً ضمن قائمة الفلزات.
تبنت الجمعية المينيرالوجية الدولية في عام 1959 تعريفاً جديداً للفلزات، وهو:
الفلز عنصر أو مركب كيميائي، ذو بنية بلورية طبيعية ، وقد تشكل نتيجة للعمليات الجيولوجية.

تتميز الفلزات بتوزيع عالي التنظيم للذرات ، أو الإيونات الداخلة في تركيبها ، وبتركيب كيميائي محدد، أو متغير ضمن حدود ضيقة، وبمواصفات فيزيائية محددة، وهي تشكل حجر البناء لمختلف أنواع الصخور.
تتميز الغالبية العظمى من الفلزات بوجودها في الحالة الصلبة، وهناك من يشترط في تعريفها أن تكون في هذه الحالة تحديداً، إلا أنه يمكن لها في الحقيقة (حالة نادرة) أن تكون في الحالة السائلة (كفلز الزئبق).

3- البنية البلورية – Crystal Structure

تعد البنية البلورية إحدى الخواص الفيزيائية شديدة الأهمية للفلزات، وذلك كونها تؤثر بشكل كبير على بقية خصائصها الأخرى. وهي تعبر عن الترتيب الهندسي الخاص للذرات ، أو الإيونات في البنية الداخلية للفلز، حيث تتميز البنية البلورية بترتيب داخلي منظم للذرات أو الإيونات في الفلز، وينعكس نمط هذا الترتيب على الشكل الهندسي الخارجي الذي تأخذه البلورة.

يوجد 14 نوعاً رئيساً من ترتيب الذرات في الشبكات البلورية في الأبعاد الثلاثة، يشار إليها بشبكات برافيس (Bravais Lattices). وإن كل واحدة من هذه الشبكات يمكن أن تدخل ضمن واحد من سبعة أنظمة بلورية.

يدخل كل فلز من الفلزات في نظام بلوري معين، ويمكن تمييز نظام التبلور في بعض الفلزات بوضوح، إلا أننا نحتاج لتمييز البنية البلورية في بعضها الآخر إلى استخدام الأشعة السينية.

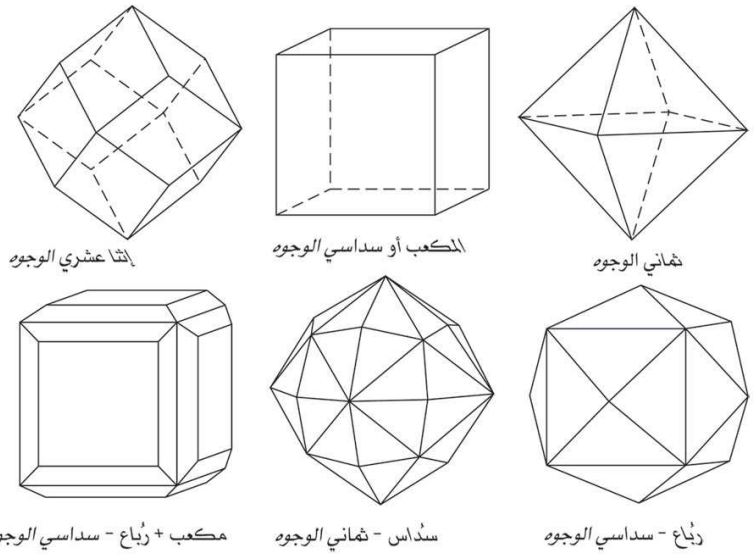
إن التركيب الكيميائي للفلز، وبنيته البلورية هما اللذان يحددان كل الصفات التي يمكن أن يتميز بها الفلز.

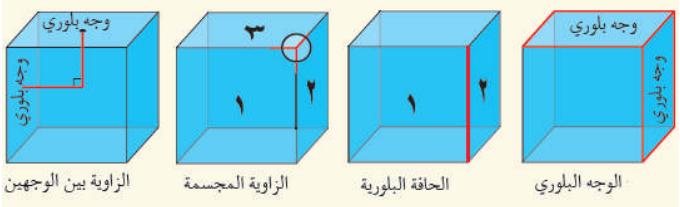
تتميز بعض الفلزات بما يعرف بالتعدد الشكلي (Polymorphism)، حيث يكون لفلزين أو اكثر نفس التركيب الكيميائي، إلا أنهما يختلفان عن بعضهما بنظام التبلور

(نوع البنية البلورية) ، مما يؤدي إلى اختلاف صفاتهما الفيزيائية بشكل كبير:

فالغرافيت والألماس (Diamond) لهما نفس التركيب الكيميائي (من الكربون النقي) ، ويتميز الغرافيت بأنه طري جداً، بينما يتميز الألماس بأنه أقسى الفلزات جميعاً، وذلك لأن ذرات الكربون في الغرافيت تنتظم في وريقات يمكن فصلها عن بعضها بسهولة، بينما تشكل ذرات الكربون في الألماس شبكة بلورية ثلاثية الأبعاد شديدة التماسك.

- من جهة أخرى، يمكن أن تدخل بعض الفلزات على الرغم من اختلاف تراكيبها الكيميائية في نفس نظام التبلور، مثل الغالينا (PbS) والهاليت (NaCl) والبيركليز (MgO) ، وتدخل جميعها في نظام التبلور المكعبي.
- تتحدد البلورات بسطوح مستوية تسمى الأوجه، وتعبر أضلاع البلورة عن الخطوط المستقيمة التي تنتج عن تقاطع الأوجه. ويشكل تلاقي الأحرف رؤوس البلورة، ويسمى كل من الزوايا ، والأحرف والوجوه البلورية بالعناصر الخارجية للبلورة.





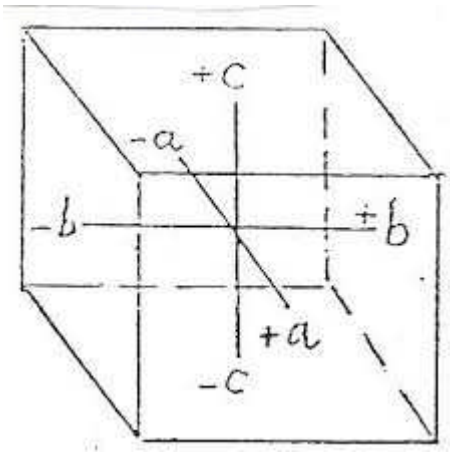
- بينت الدراسات أن زوايا تلاقي وجوه البلورة تمثل أحد المظاهر الأساسية الثابتة في تحديد الفلز، حيث تكون هذه الزوايا ثابتة في الفلز الواحد مهما تبدل حجمه، وهو ما يعرف بقانون ثبات الزوايا بين وجوه الشكل البلوري.

3- عناصر التناظر في البلورات – Symmetry Elements

1) مركز التناظر Center of Symmetry :

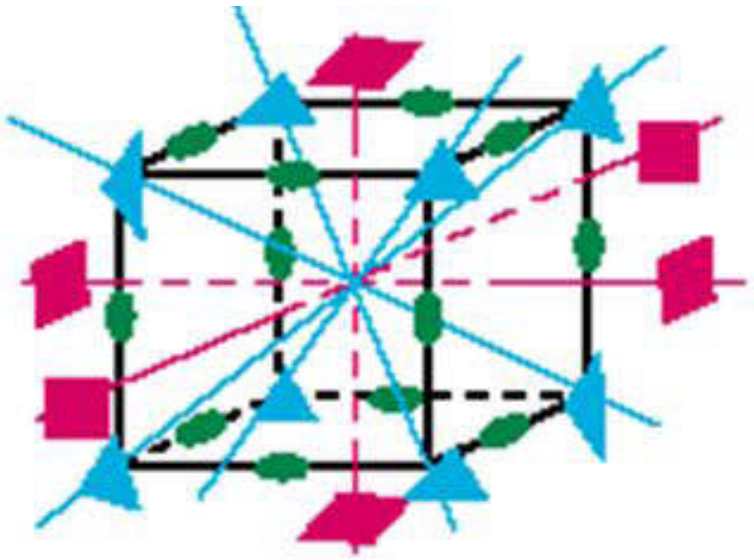
وهو عبارة عن نقطة وهمية داخل الشكل البلوري ، إذا مر عبرها أي خط مستقيم، فإنه سيتقاطع مع الشكل البلوري بنقطتين متكافئتين يفصلهما عنها بعدين متساويين.

لكل جسم بلوري مركز تناظر واحد يرمز له بالرمز c

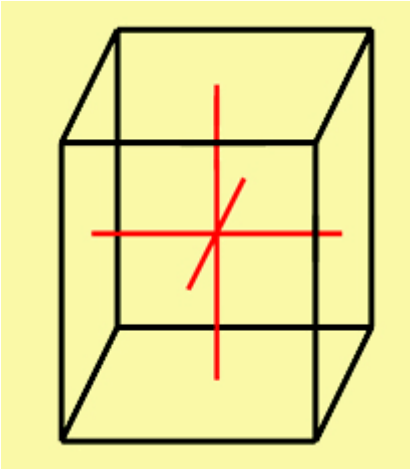


2) محور التناظر Axis of Symmetry :

هو خط وهمي يمر من مركز التناظر، إذا دار الجسم البلوري حوله دورة كاملة، تتكرر الأجزاء المتكافئة منه مرتين على الأقل(يقال أن الجسم البلوري يكرر نفسه) ، ويرمز له بالحرف L ، ويقال إن محور التناظر من الدرجة الثانية إذا كرر الجسم نفسه مرتين L2 ، ومن الدرجة الثالثة L3 إذا كرر نفسه ثلاث مرات، ويمكن أن يوجد في البلورات محاور تناظر من الدرجة الثانية والثالثة والرابعة والسادسة. يمكن أن يوجد في الجسم البلوري أكثر من محور من نفس الدرجة، فإذا كان فيه محوران من الدرجة الثالثة ترمز لهما بـ 2L3 ، وإذا كان عدد هذه المحاور ثلاثة نرمز لعدد المحاور هذه بـ 3L3...إلخ.

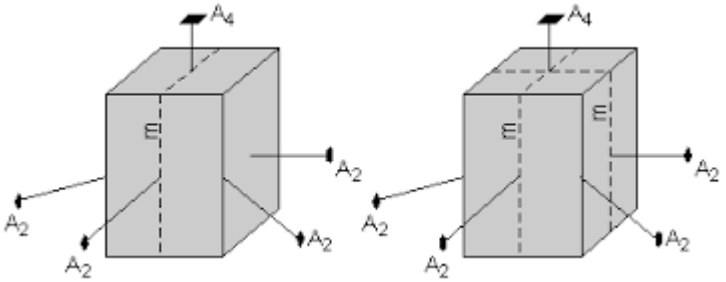


Red : L4 , Blue :L3 , Green: L2



3) مستوي التناظر Plane of Symmetry:

هو عبارة عن مستوي وهمي يمر من مركز البلورة ويقسمها إلى نصفين متماثلين تماماً يمثل كل منها مرآة الآخر بالنسبة لهذا المستوي. يرمز لمستوي التناظر بالحرف P ، ويمكن أن تحتوي البلورة على أكثر من مستوي تناظر فيوضع أمام رمز المستوي رقم يدل على عدد مستويات التناظر في البلورة ... 2P, 3P, 4P . وعموماً فإن عدد مستويات التناظر في البلورة الواحدة يساوي عدد محاور الدرجة الثانية فيها.



4- الأنظمة البلورية – Crystalline Systems:

تتبلور الفلزات في الطبيعة بأشكال بلورية عديدة، يمكن أن تصنف في 32 صف بلوري، وكل صف له غناصر تناظر ثابتة ومحددة. ويمكن تصنيف الصفوف في سبع فئات بلورية كما في الجدول التالي:

	التصنيف الفرنسي	التصنيف الانكليزي والروسي	عناصر التناظر				
1	الفئة ثلاثية الميل	الفئة ثلاثية الميل		C			
2	الفئة وحيدة الميل	الفئة وحيدة الميل	P	C	L2		
3	الفئة المعينية المستقيمة	الفئة المعينية	3P	C	3L2		
4	الفئة المعينية	الفئة الثلاثية	3P	C	3L2	L3	
5	الفئة الرباعية	الفئة الرباعية	5P	C	4L2	L4	
6	الفئة السداسية	الفئة السداسية	7P	C	6L2	L6	
7	الفئة المكعبة	الفئة المكعبة	9P	C	6L2	4L3	3L4

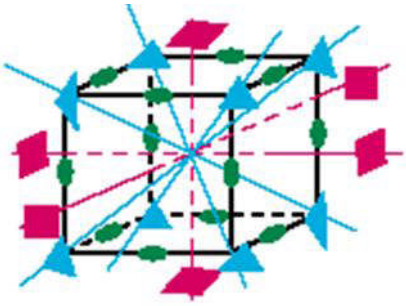
فعناصر التناظر تزداد كلما اتجهنا من الفئة ثلاثية الميل وحتى المكعبة.
ندعو الفئة المكعبة ، والبلورات التي تنضوي تحتها **بالفئة عالية التناظر**، وهذه البلورات متجانسة. وأكبر برهان على ذلك هو تساوي الأبعاد بين الذرات في كل الاتجاهات، كما أن الزوايا تكون قائمة ومتساوية.

4-1 : فئة التناظر العليا :

تضم هذه الفئة نظاماً بلورياً واحداً ، وهو النظام المكعبي (Cubic System) , ويتميز بوجود أكثر من محور تناظر أعلى من الدرجة الثانية، وصيغته التناظرية :

3L4 4L3 6L2 9P C

إن الشكل الهندسي النموذجي للبلورة في هذا النظام هو عبارة عن مكعب ، كما في الشكل:



red : L4 , Blue :L3 , green: L2

2-4 : فئة التناظر الوسطى:

تحتوي البلورة التي تنتمي إلى هذه الفئة على محور واحد أعلى من الدرجة الثانية ، وتنسب إلى هذه الفئة الأنظمة البلورية الآتية:

A. **النظام الرباعي *Tetragonal System***
B. **النظام المعيني /أو الثلاثي *Rhombohedral / or Trigonal***
C. **النظام السداسي *Hexagonal System***

A - النظام الرباعي *Tetragonal System*

صيغته التناظرية : L4 4L2 5P C

تأخذ البلورة النموذجية (غير مكسرة الرؤوس ، أو الأحرف) شكل موشور قائم قاعدته مربعان، وأوجهه الجانبية مستطيلات متساوية

Tetragonal System

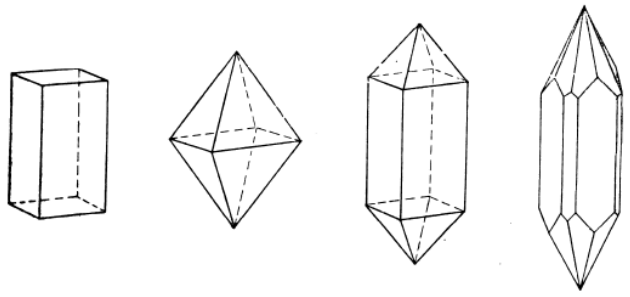
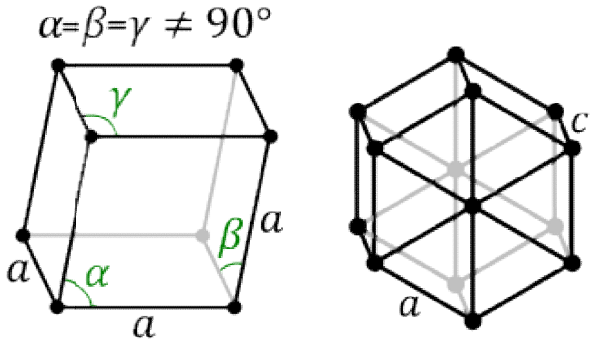


Fig. 8 Prism — Fig. 9 Pyramid — Fig. 10 Prism and pyramid — Fig. 11 Prisms and pyramid

B - النظام المعيني /أو الثلاثي Rhombohedral / or Trigonal

صيغته التناظرية : L3 3L2 3P C

تكون البلورة النموذجية في هذا النظام عبارة عن موشور هندسي مائل جميع وجوهه معينات متساوية.



C - النظام السداسي *Hexagonal System*

صيغته التناظرية : L6 6L2 7P C

تكون البلورة النموذجية في هذا النظام على شكل موشور سداسي قاعدته مسدسان متساويان، وأوجهه مستطيلات متساوية .

Rotational Symmetry planes

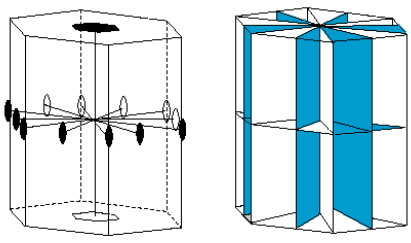


Figure 6.2a — Figure 6.2b

elements Symmetry planes

3-4 : فئة التناظر الدنيا:

لايوجد في بلورات هذه الفئة محاور تناظر أعلى من الدرجة الثانية، وهي تضم الأنظمة البلورية الآتية:

A- النظام المعيني القائم Orthorhombic System

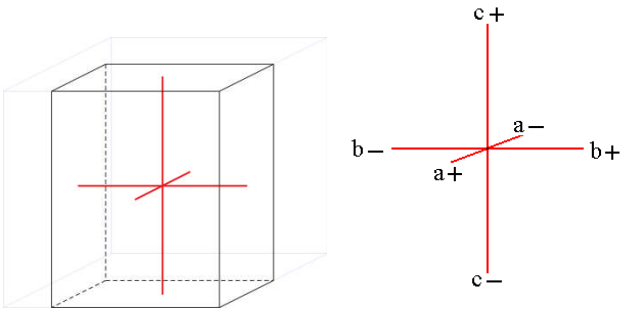
B- النظام أحادي الميل Monoclinic System

C- النظام ثلاثي الميل Triclinic System

A- النظام المعيني القائم Orthorhombic System

صيغته التناظرية : 3L2 3P C

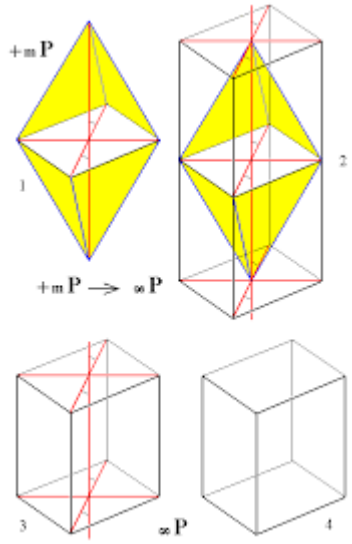
تكون البلورة النموذجية في هذا النظام عبارة عن موشور قائم ، قاعدتاه معينان متساويان ، وأوجهه مستطيلات متساوية:

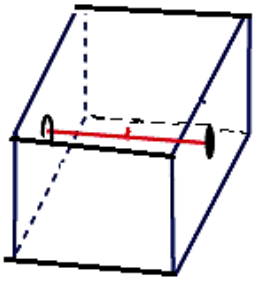


B - النظام أحادي الميل *Monoclinic System*

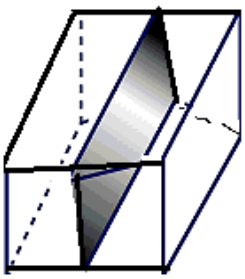
صيغته التناظرية : L2 P C

تكون البلورة النموذجية في هذا النظام عبارة عن موشور مائل ، قاعدته معينان متساويان، ووجوهه متوازيات أضلاع متساوية :





Rotational symmetry elements



Symmetry planes

C- النظام ثلاثي الميل *Triclinic System*

صيغته التناظرية : C

أي لاتحتوي البلورات المنتمية إلى هذا النظام من عناصر التناظر إلا على مركز تناظر.

وتكون البلورة النموذجية عبارة عن موشور مائل قاعدتاه متوازيا أضلاع ، وأوجهه متوازيات أضلاع، وكل وجهين متقابلين متساويان.