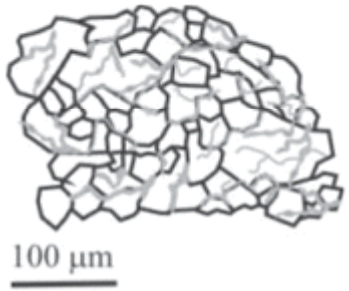
علم البلورات CRYSTALLOGRAPHY

يدرس هذا العلم البنية البلورية للمواد وتركيبها، ويبحث في فيزيائية المواد والمعادن التي تشكلها تلك البلورات.

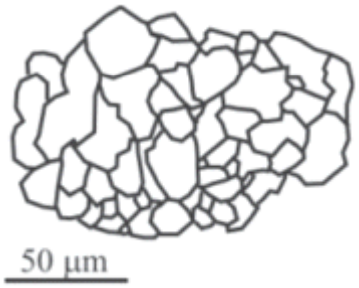
والبلورة هي عبارة عن جسم صلب متجانس، لها تركيب كيميائي، تكونت بفعل عوامل طبيعية، تحت ظروف مناسبة من الضغط و درجة الحرارة، يحدها خارجيا اسطح مستوية تسمى أوجه بلورية تعكس الترتيب الذري الداخلي المنتظم

أشكال البلورات:

تنقسم البلورة من حيث تشكل الاوجه الى :



بلورة عديمة الأوجه ANHEDRAL

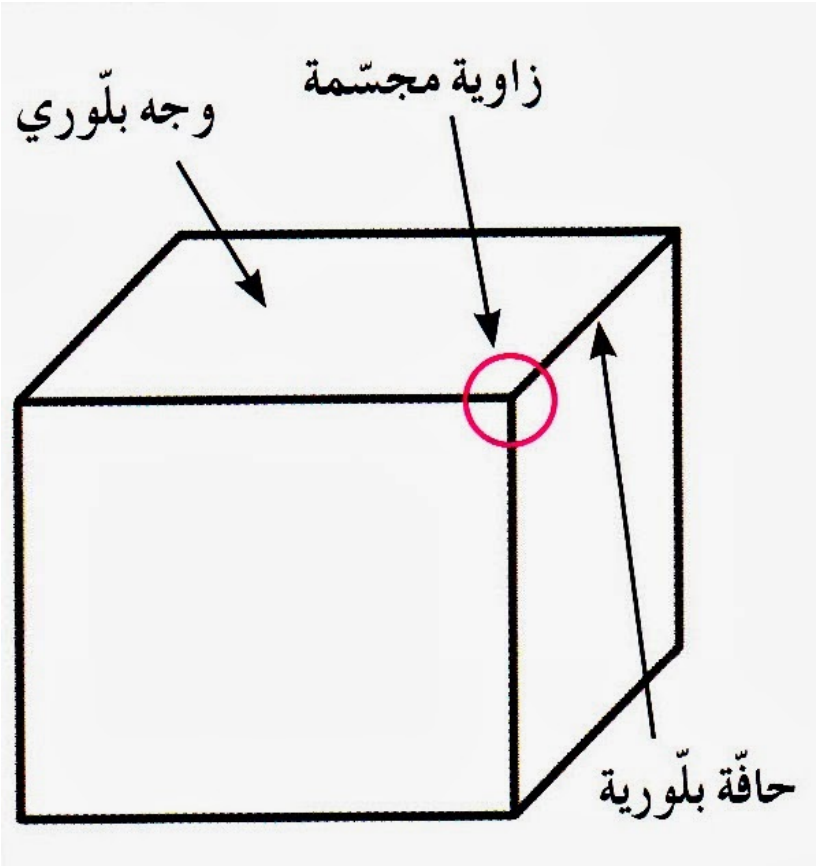


بلورة ناقصة الأوجه SUBHEDRAL

بلورة مكتملة الأوجه EUHEDRAL

خواص البلورة:

الأوجه البلورية: الاسطح الخارجية المستوية التي تحدد شكل البلورة



الأحرف البلورية: التقاء وجهين بلورين متجاورين

الزوايا المجسمة: التقاء اكثر من وجهين بلورين

الشكل البلوري: مجموعة من الاوجه البلورية المتساوية و المتشابهة في الشكل و الوضع و المساحة.

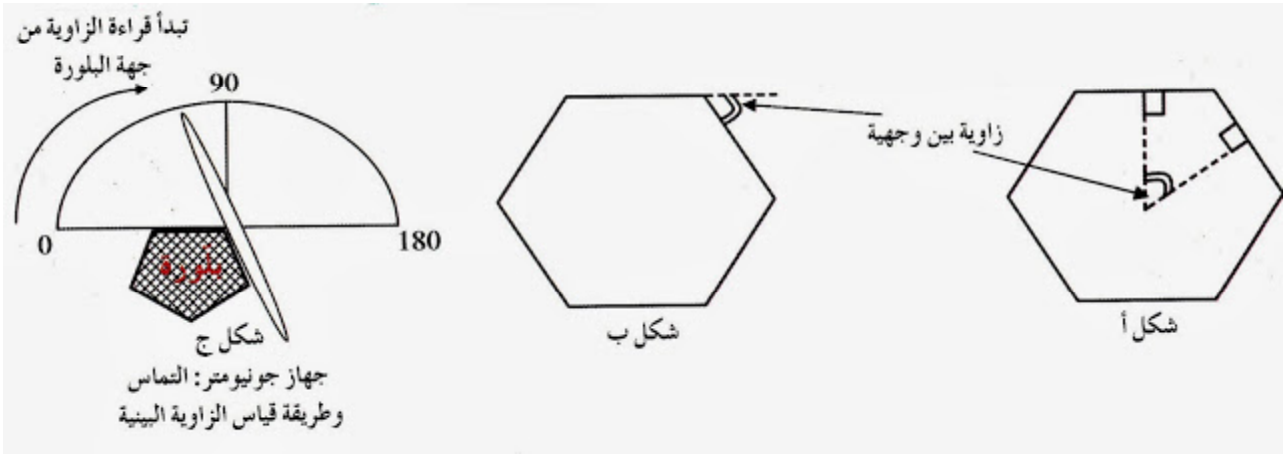
خواص البلورة:

الزاوية بين الوجهية :

هي الزاوية المحصورة بين العمودين المقامين على وجهين بلوريين متجاورين ، يمكن قياسها عن طريق جهاز جونيوميتر التماس و تقدر بقيمة الزاوية المكملة على جونيوميتر التماس

الزاوية المجسمة :

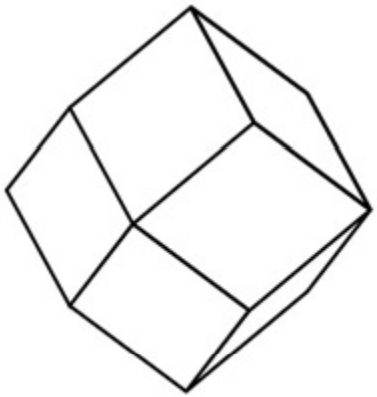
هي الزاوية الناتجة عن تلاقي اكثر من وجهين في البلورة



خواص البلورة:

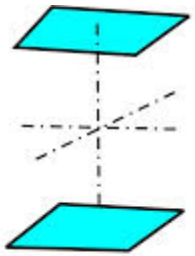
ويقسم الشكل البلوري الى:

شكل بلوري مقفول، حيث تتكون البلورة من شكل بلوري واحد يشغل بمفرده حيزا معينا من الفراغ

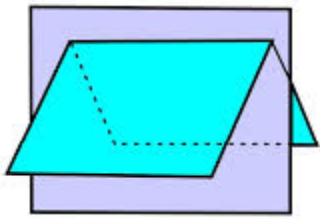


الغارنت

شكل بلوري مفتوح، حيث تتكون البلورة من عدة اشكال بلورية مركبة يسمى كل واحد منها شكل بلوري مفتوح لأنه لا يتم لأي واحد منها منفردا ان تشغل حيز معين من الفراغ.



مسطوح



مستوف

الباريت

خواص البلورة:

المحاور البلورية

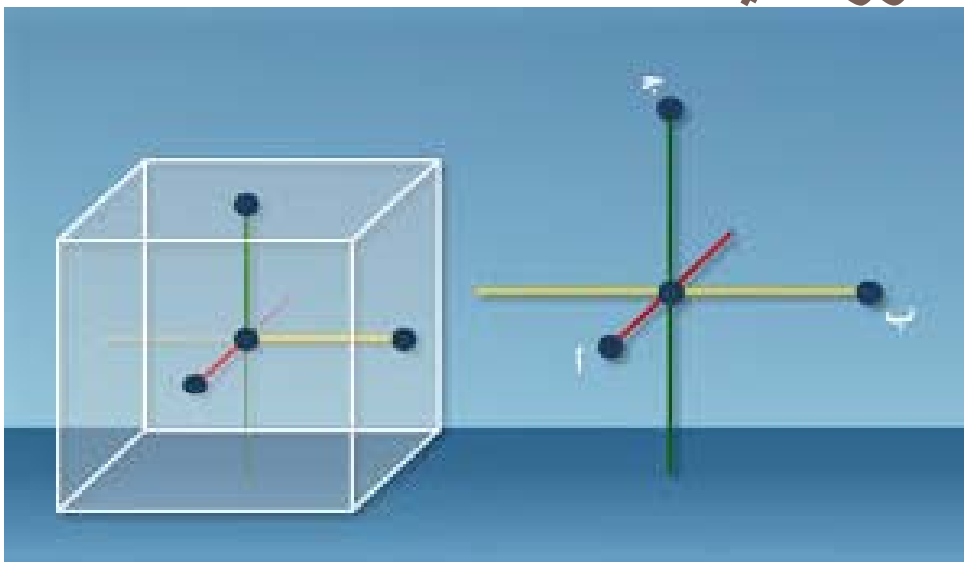
وهي الابعاد الداخلية للبلورة:

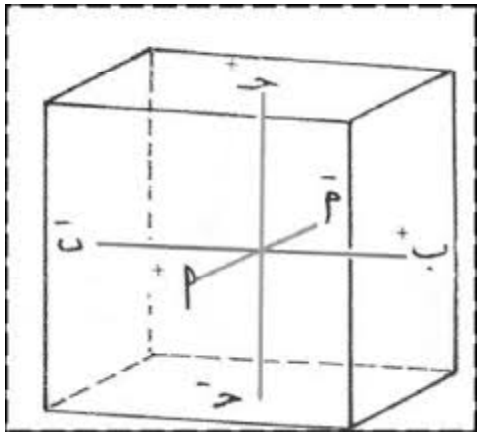
المحور الأفقي الأمامي: من الامام الى الخلف و يرمزله (أ).

المحور الأفقي الجانبي: من اليمين الى اليسار و يرمز له (ب)

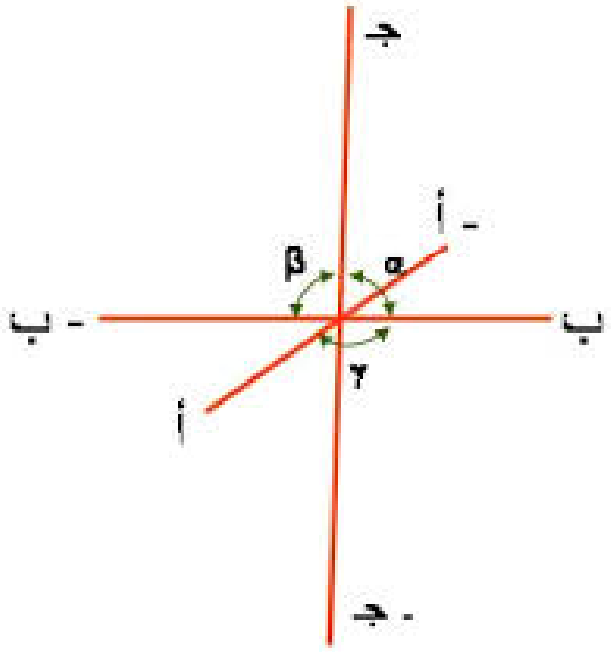
المحور الرأسي: من اعلى الى اسفل و يرمز له (جـ)

وبعض البلورات تحوي ثلاثة محاور أفقية نرمز لها: A1, A2, A3





خواص البلورة:



والمحاور البلورية هى محاور وهمية تتقاطع جميعها فى مركز البلورة وتمكن أهمية المحاور البلورية فى وصف وتحديد مواضع الأوجه البلورية إذ أن الوجه البلورى لابد أن يتقاطع مع محور أو أكثر.

والمحاور البلورية عادة ثلاثة فى الفصائل البلورية باستثناء فصيلتين فقط.

وتتوزع المحاور البلورية على النحو التالى:

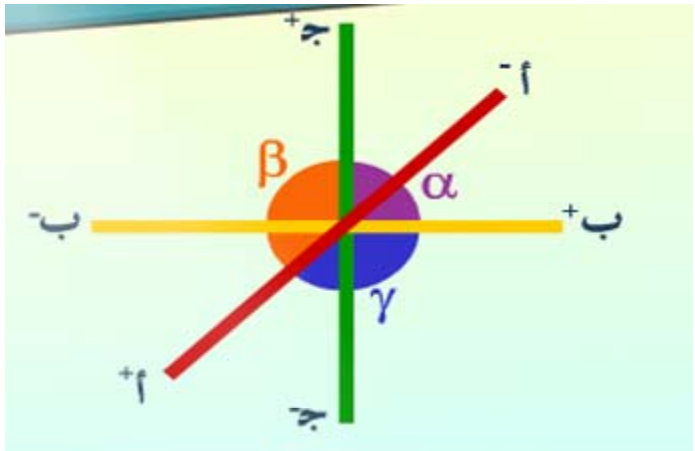
- محوران أفقيان أحدهما وهو المحور (أ) الذى يمتد من الأمام للخلف والآخر وهو المحور (ب) الذى يمتد من اليمين لليسار .
- محور رأسي وهو المحور (جـ)

خواص البلورة:

وتسمى الزاوية المحصورة بين المحورين (أ، ب) بالزاوية ALPHA

والزاوية المحصورة بين (ب ، جـ) بالزاوية GAMA

والزاوية المحصورة بين المحورين (جـ ، أ) بالزاوية ß (BETA)



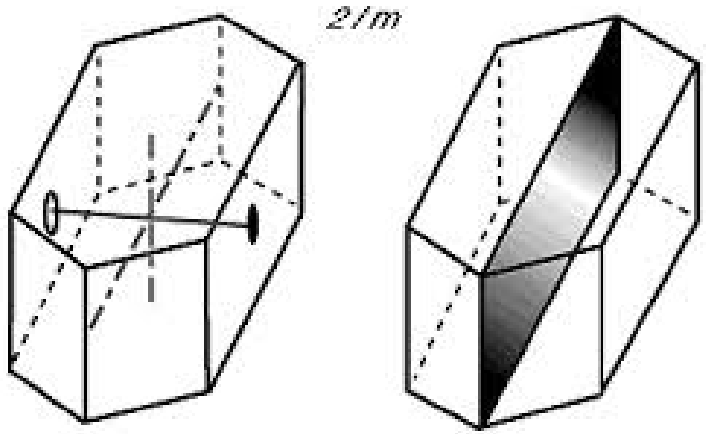
الزوايا المحورية هي الزوايا المحصورة بين المحاور البلورية، وهي: زاوية ألفا (α) وهي محصورة بين المحورين (ب و ج) والزاوية بيتا (β) وهي الزاوية المحصورة بين المحورين (ج وأ) والزاوية جاما(γ) وهي المحصورة بين المحورين (أ وب)

خواص البلورة:

تماثل البلورة:

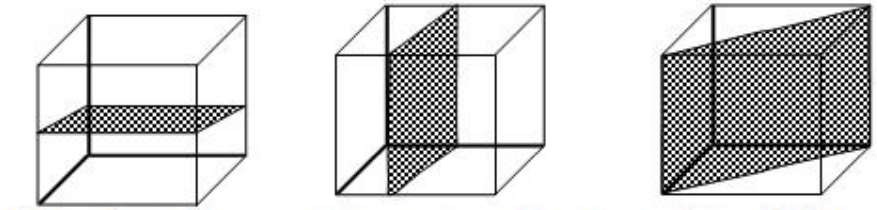
إن أجزاء البلورة تعكس فى الواقع درجة انتظام وتناسق الشكل الخارجى للبلورة أو ما يعرف بتماثل البلورة CRYSTAL SYMMETRY، الذى يعتبر الأساس فى دراسة البلورات .

وتحدد درجة التماثل بثلاث عناصر: -



مستوى تماثل PLANE OF SYMMETRY:

وهو المستوى الذى يقسم البلورة إلى نصفين متساويين ومتشابهين بمعنى أن يكون أحدهما صورة المرآة للآخر.

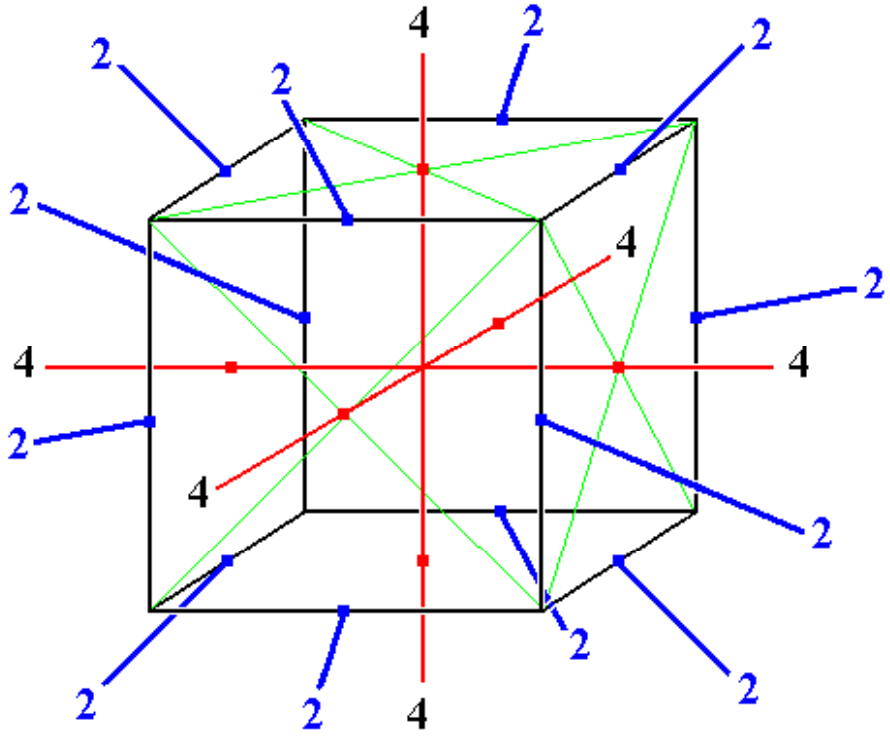


Plane of symmetry | Rectangular plane of symmetry | Diagonal plane of symmetry

خواص البلورة:

محور التماثل AXIS OF SYMMETRY

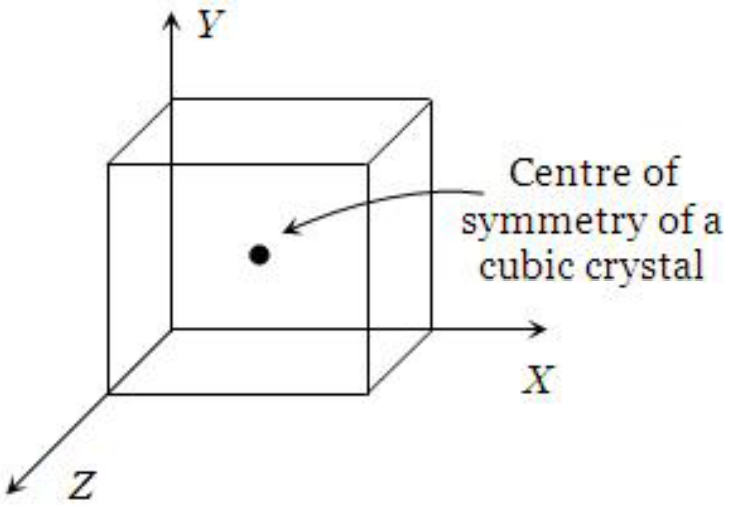
وهو مستقيم وهمى يمر بمركز البلورة إذا إديرت حوله بدون إزاحة دورة كاملة فإنها تعود لنفس الموضع السابق أو تكرر نفسها عددا من وتتحدد درجة تماثل المحور بعدد المرات التى تكرر البلورة وضعها .



فإذا تكرر وضع البلورة مرتين فإذا محور الدوران فى هذه الحالة **محور ثنائى التماثل**

وإذا تكرر وضع البلورة ثلاث مرات فى الدورة الواحدة فإن المحور فى هذه الحالة **محور ثلاثى التماثل** ..... وهكذا.

خواص البلورة:



مركز التماثل CENTER OF SYMMETRY

وهو نقطة وهمية تتوسط البلورة بحيث أن كل وجهين أو حرفين أو زاوتين مجسمتين متقابلتين يمر الخط الواصل بينهما بمركز البلورة .

قانون التماثل الكامل SYMMETRY FORMULA

يعبر قانون التماثل عن مجموعة عناصر التماثل الموجودة في بلورة ما بالأضافة الى العلاقة بين محاور التماثل و مستويات التماثل ويشار الى محاور الدوران التماثلية بالأرقام 6 ، 4 ، 3 ، 2 على حسب ما إذا كانت ثنائية أو ثلاثية أو رباعية أو سداسية و يستخدم الحرف (م) للدلالة علي مستوي التماثل ، والحرف (ن) علي مركز التماثل إذا تعامد محور التماثل مع مستوى التماثل فيكتب بصيغة (\) فمثلا إذا آان المحورالثنائي متعامد على مستوي التماثل فيكتب القانون في مثل هذه 2/م وهكذا.....

يزيد عدد الأشكال البلورية على مائتي شكل، وكل مجموعة من هذه الأشكال تتشابه في تماثلها بحيث أرجعت الى (٣٢ قسماً)،

وكل مجموعة من هذه الأقسام تتشابه في العلاقة بين أطوال محاورها (a, b, c) وفي الزوايا الموجودة بين هذه المحاور (α, β, γ)، بحيث أرجعت الى الأنظمة البلورية السبع المعروفة، وقد صنفها العالم برافيس عام ١٨٤٨م.

انظمة التبلور:

وفقا لدرجة التماثل وللابعاد النسبية فان البلورات تقسم الى النظم التالية:

Crystal systems

Cubic	Three equal axes, mutually perpendicular $a=b=c \quad \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Tetragonal	Three perpendicular axes, only two equal $a=b\neq c \quad \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Hexagonal	Three equal coplanar axes at 120° and a fourth unequal axis perpendicular to their plane $a=b\neq c \quad \alpha=\beta=90^\circ \quad \gamma=120^\circ$
Rhombohedral	Three equal axes, not at right angles $a=b=c \quad \alpha=\beta=\gamma\neq 90^\circ$
Orthorhombic	Three unequal axes, all perpendicular $a\neq b\neq c \quad \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Monoclinic	Three unequal axes, one of which is perpendicular to the other two $a\neq b\neq c \quad \alpha=\gamma=90^\circ\neq \beta$
Triclinic	Three unequal axes, no two of which are perpendicular $a\neq b\neq c \quad \alpha\neq \beta\neq\gamma\neq 90^\circ$

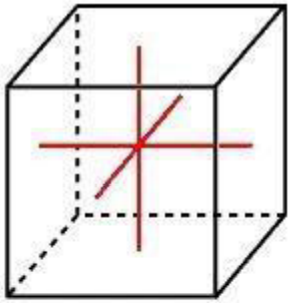
المكعب،
الرباعي،
المعين القائم،
آحادى الميل،
ثلاثي الميل،
سداسي
وثلاثي

انظمة التبلور:

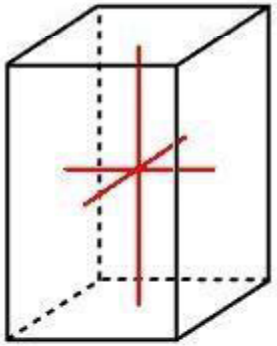
جدول (٢) : الأنظمة البلورية السبعة

النظام	طول الوحدة	الزوايا	أمثلة
المكعب cubic	a = b = c	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	الماس، ملح الطعام (rock salt)NaCl، ZnS، CaF_2
رباعي الأوجه Tetragonal	a = b ≠ c	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	الزركون Zr، ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2، SnO_2، KH_2PO_4
سداسي الأوجه Hexagonal	a = b ≠ c	$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$	الزنكايت، المغنسيوم Mg، HgS، SiO_2 (silica)
ثلاثي الأوجه Rhombohedral	a = b = c	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	الكالسيت(Calcite) $CaCO_3$، البزموث Bi، $NaNO_3$
المعيني Orthorhombic	a ≠ b ≠ c	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	البارايت، البروم Br_2، $BaSO_4$، $MgSO_4.7H_2O$ (epsomite)
أحادي الميل Monoclinic	a ≠ b ≠ c	$\alpha = \gamma = 90°, \beta \neq 90°$	كبريتات الصوديوم المائية $Na_2SO_4.10H_2$، $CaSO_4.2H_2O$
ثلاثي الميل Triclinic	a ≠ b ≠ c	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	كبريتات النحاس المائية $CuSO_4.5H_2O$، $K_2Cr_2O_7$ (Potassium Dichromate)

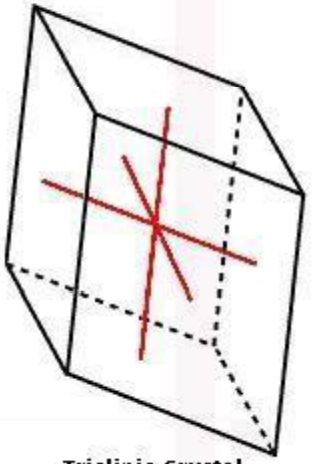
6 BASIC CRYSTAL SYSTEMS



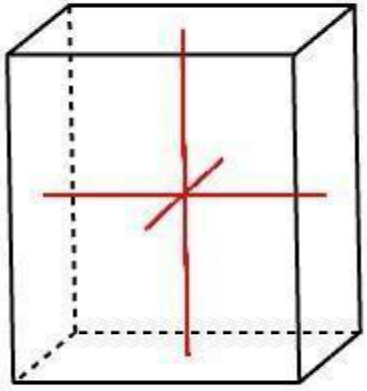
Isometric Crystal



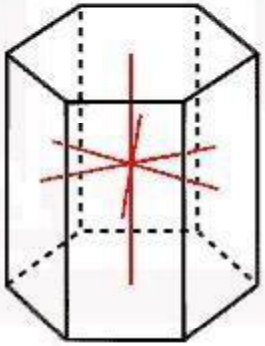
Tetragonal Crystal



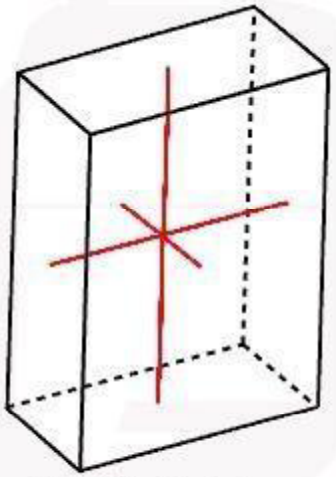
Triclinic Crystal



Orthorhombic Crystal



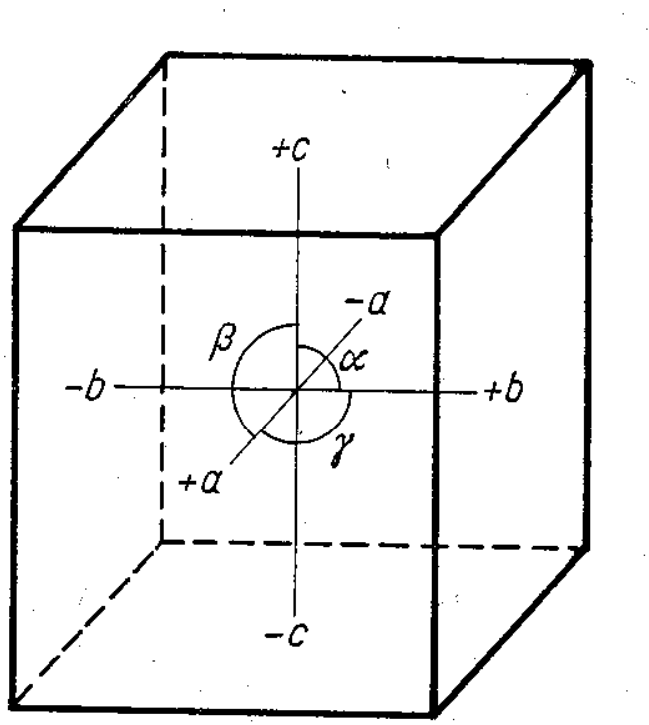
Hexagonal Crystal

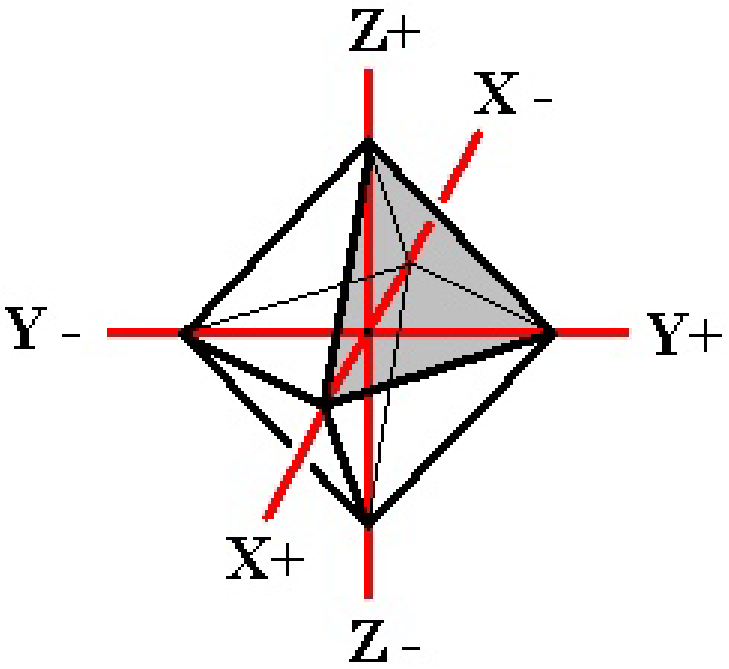


Monoclinic Crystal

نظام التبلور المكعب (الايزومتري) CUBIC SYSTEM

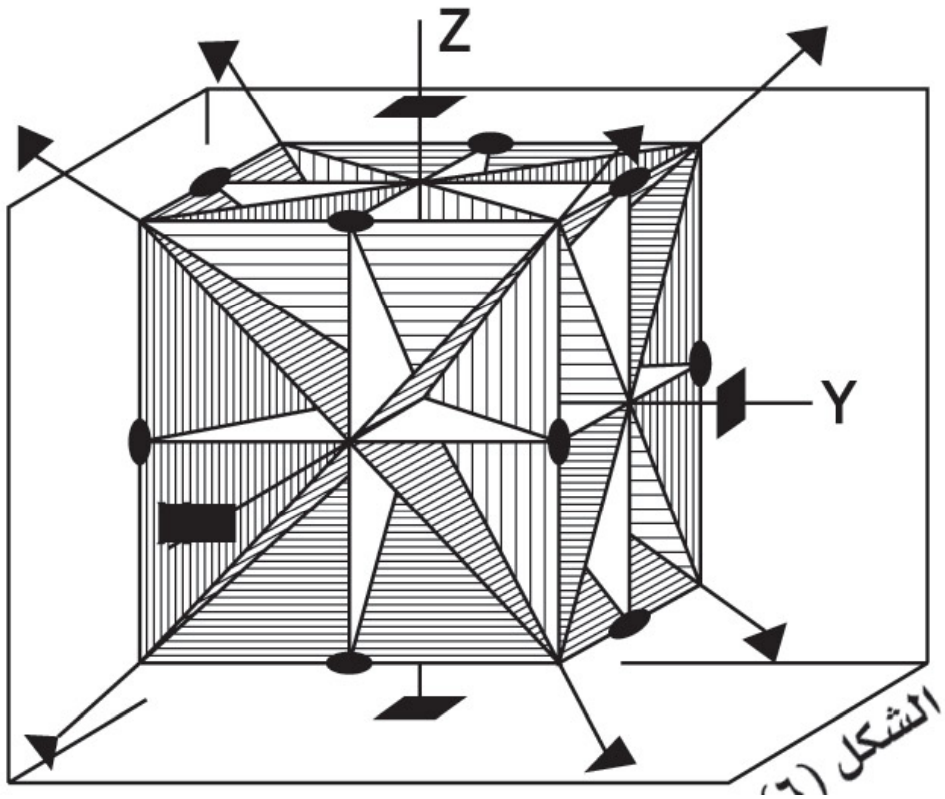
ويمتاز هذا النظام أن كل زوايا المكعب قائمة ($\alpha = \beta = \gamma = 90°$) وأحرفه متساوية ($a = b = c$).





عناصر التماثل في المكعب

ويتكون قانون تماثل المكعب من المقاطع الأتية 4^3/م 3^4/م 2^6/م ن



الشكل (٦)

Three 4-fold rotation axes, coincident with the three crystallographic axes.

Four 3-fold rotation axes, in diagonal directions.

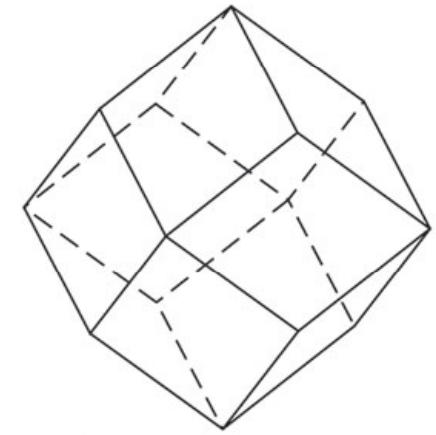
Six 2-fold rotation axes, bisecting the angles between the crystallographic axes.

Three primary mirror planes (symmetry planes), each one parallel to two crystallographic axes.

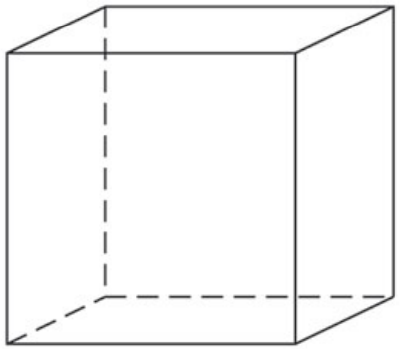
Six secondary mirror planes bisecting the angle between two primary mirror planes while perpendicular to a third.

Center of symmetry.

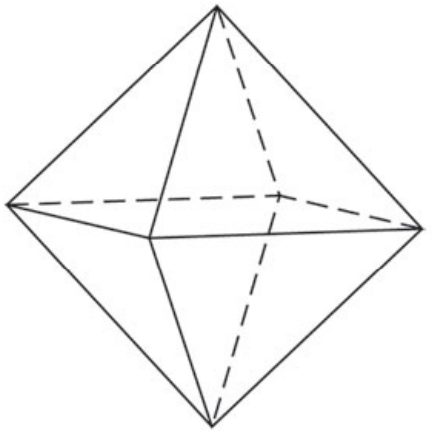
الاشكال البلورية في المكعب



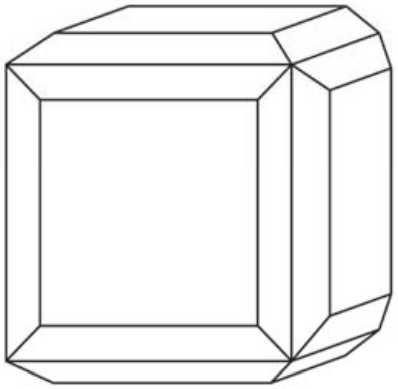
إثنا عشري الوجوه



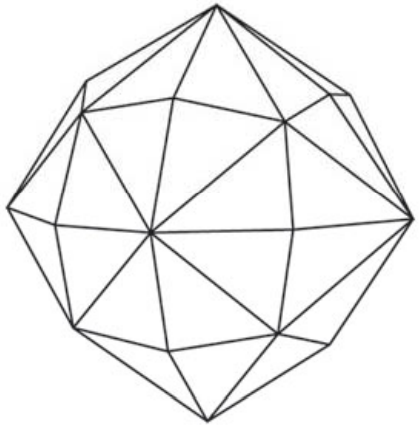
المكعب أو سداسي الوجوه



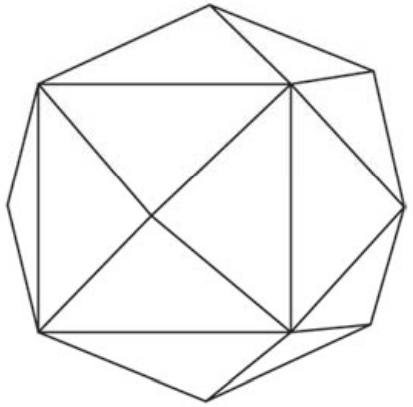
ثماني الوجوه



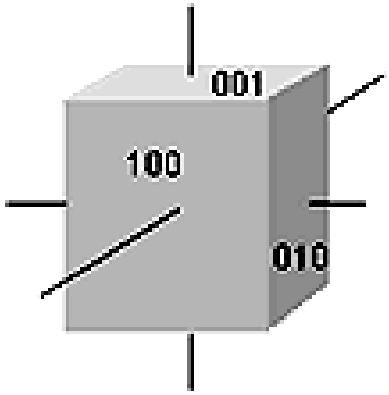
مكعب + رُباع - سداسي الوجوه



سدُاس - ثماني الوجوه

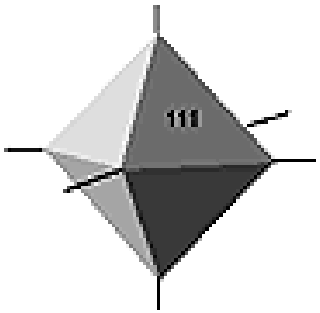


رُباع - سداسي الوجوه



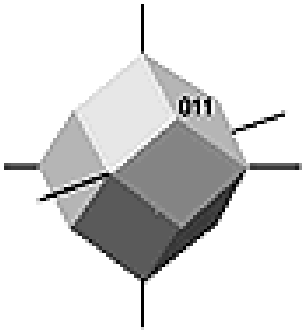
3.2 Cube

CUBE-- The cube is composed of 6 square faces at 90 degree angles to each other. Each face intersects one of the crystallographic axes and is parallel to the other two.



3.3 Octahedron

OCTAHEDRON-- The octahedron is a form composed of 8 equilateral triangles. These triangle-shaped faces intersect all 3 crystallographic axes at the same distance, thus the form notation of (111).



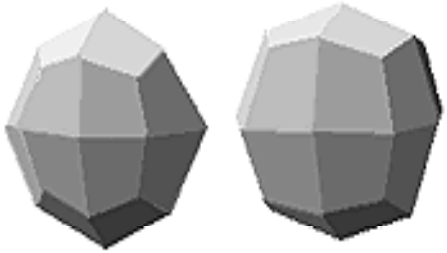
3.4 Dodecahedron

DODECAHEDRON (Rhombic Dodecahedron) -- This form is composed of 12 rhomb-shaped faces (fig. 3.4). Each of these rhomb-shaped faces intersects two of the axes at equidistance and is parallel to the 3rd axis, thus the notation {011}.

3.5 Tetrahexahedron

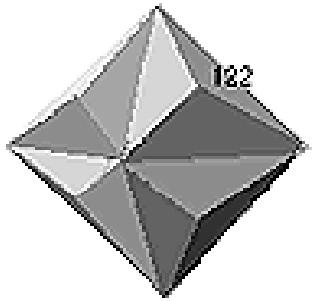
TETRAHEXAHEDRON-- This form has 24 isoceles triangular faces. A cube that on each face has 4 equal-sized triangular faces (fig. 3.5) that have been raised from the center of the cube face. Each triangular face has its base attached to the edge of the cube and the apex of the two equal-length sides rises to meet the 4-fold axis. Because of the variation of inclination to this axis, there exists a number of possible tetrahexahedral forms, but all meet the general notation of {0hl}.

Cube and
Tetrahexahedron



3.7 Trapezohedrons

TRAPEZOHEDRON (Tetragon-trisoctahedron) -- This form has 24 similar trapezium-shaped faces. If my Webster's is correct, a trapezium is a 4-sided plane that has no sides parallel. Each of these faces intersects a crystallographic axis at a unit distance and the other two axes at equal distances, but those intersections must be greater than the unit distance. It sounds pretty complicated, but see the drawing (fig. 3.7).



3.9 Trisoctahedron

TRISOCTAHEDRON (Trigonal Trisoctahedron) -- This is another 24-faced form, but the faces are isoceles triangles. Each face intersects two crystallographic axes at unity, and the third axes at some multiple of unity.

3.11 Hexoctahedron

HEXOCTAHEDRON-- This form has 48 triangular faces, 6 faces appearing to be raised from each face of a simple octahedron. These may be envisioned by drawing a line from the center of each of the 3 edges of an octahedral face, through the face center to the opposite corner. Repeat this for the remaining 7 faces of an octahedron and you have a hexoctahedron (fig. 3.11).

نظام التبلور الرباعي TETRAGONAL SYSTEM

ويمتاز هذا النظام أن كل زواياه قائمة ($\alpha = \beta = \gamma = 90°$) وبالنسبة لأحرفه فان اثنين منهما متساويين والثالث يختلف في الطول ($a = b \neq c$).

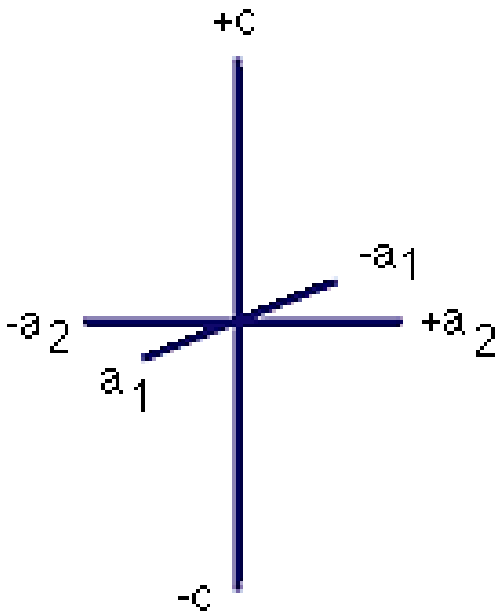


Figure 4.1a

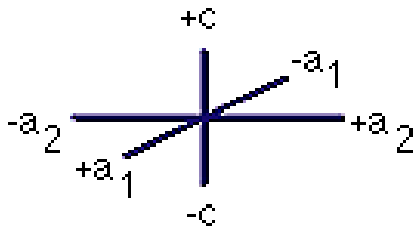
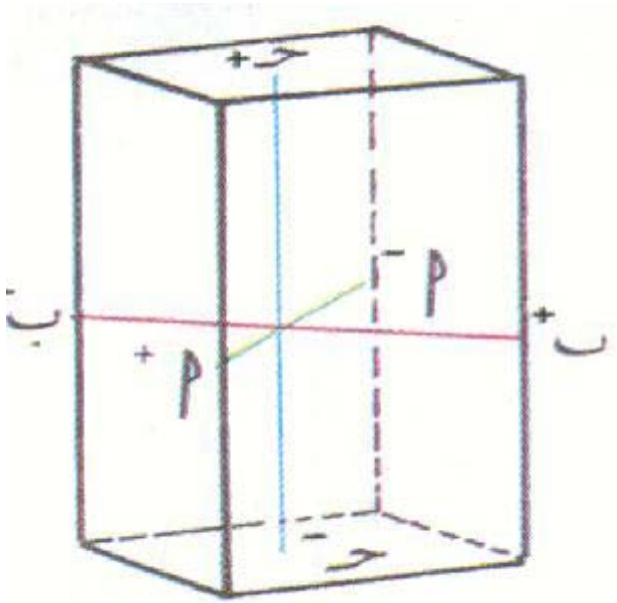


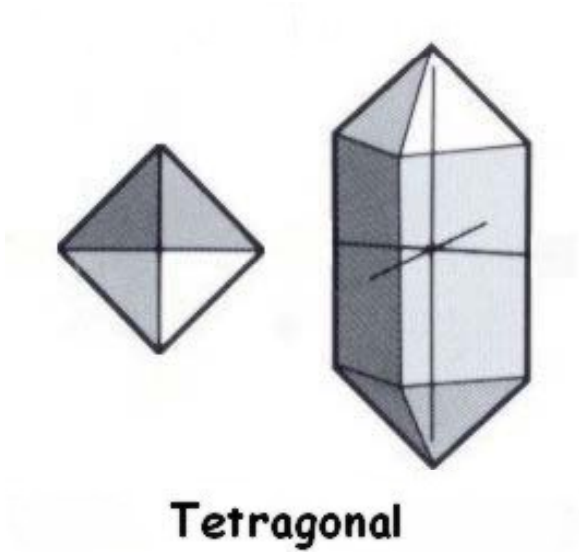
Figure 4.1b

اطول او اقصر



التماثل في الرباعي

إن النظام كامل التماثل لفصيلة الرباعي (نظام الهرم المزدوج الرباعي الثنائي) الذي يمثل بلورة الزيركون نموذج له يحتوي على ما يلي :



خمسة محاور للتماثل والتي تتألف من :

1. محور تماثل رباعي ، ينطبق على المحور البلوري(c).
2. أربعة محاور تماثل ثنائية أفقية منها محورية واثنان متوسطان بينهما .

أما مستويات التماثل فعددها خمسة : أحدهما أفقي محوري وعمودي على محور التماثل الرباعي ،وأربعة رأسية :اثنان محوريان واثنان متوسطان بينهما.

ولهذا النظام مركز تماثل .

ويمكن كتابة قانون التماثل للنظام الكامل للرباعي كما يلي : $4/م\ 2^4/م\ ن$

الاشكال البلورية في الرباعي

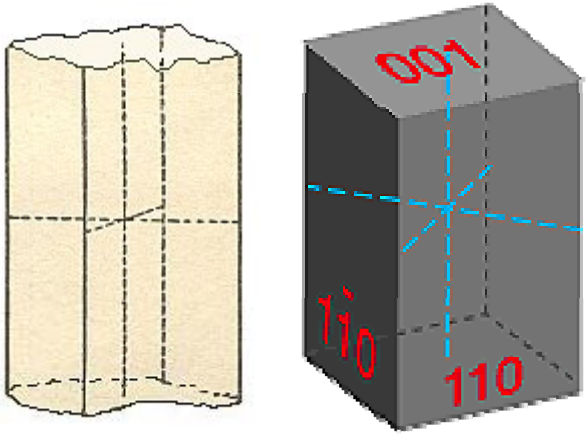


Figure 4.2a

The **tetragonal prisms**. There are 3 of these open forms consisting of the 1st order, 2nd order, and ditetragonal prisms. Because they are not closed forms, a simple pinacoid termination, designated as c. The pinacoid form intersects only the c axis, so its Miller indices notation is (001). It is a simple open 2-faced form.

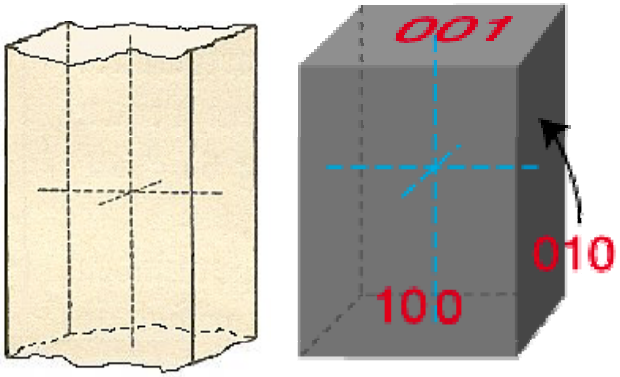


Figure 4.2b

The **ditetragonal prism** (210) may easily be confused with the combination form of the first and second order prisms, especially if they are equally developed. But compare the orientation of the ditetragonal prism to the a axes in relation to the combination form.

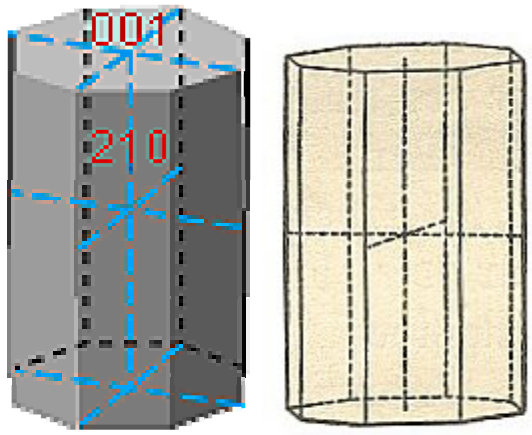


Figure 4.3

الاشكال البلورية في الرباعي

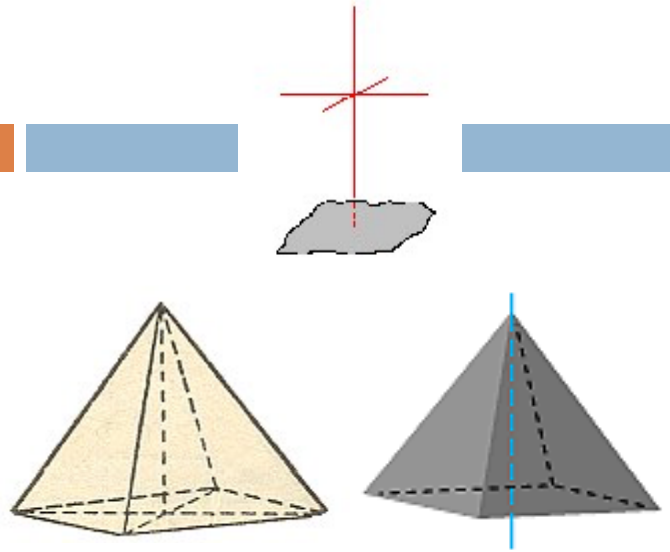


Figure 4.14

The **tetragonal pyramid** is an open form with only a 4-fold axis of rotation corresponding to the c axis (fig. 4.14). **No center of symmetry or mirror planes** exist in this class.

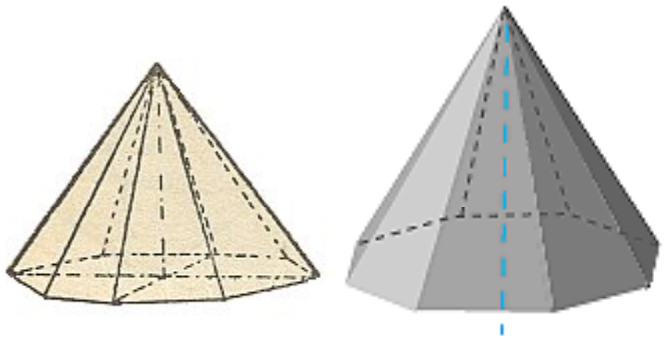


Figure 4.10
Ditetragonal pyramid

An open form in this system is the **ditetragonal pyramid**, whose general notation is {hkl} (fig. 4.10). This form has **no symmetry plane** in relation to the 2 horizontal a axes. The symmetry notation is 4mm. The pedion will be a single face perpendicular to the c axis that "cuts off" the sharp termination of the ditetragonal pyramid.

الاشكال البلورية في الرباعي

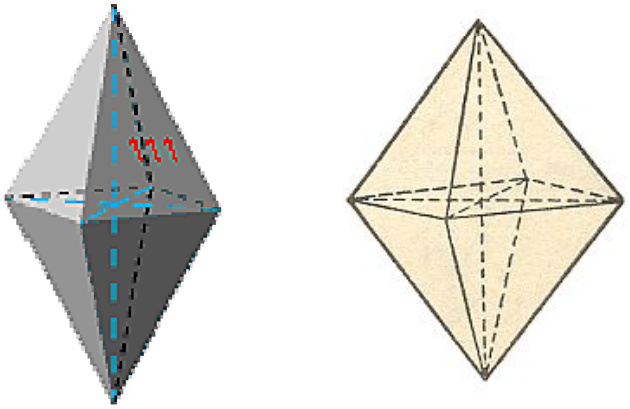


Figure 4.4

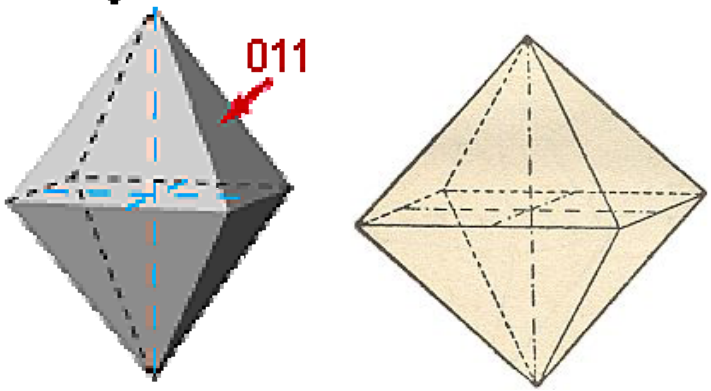
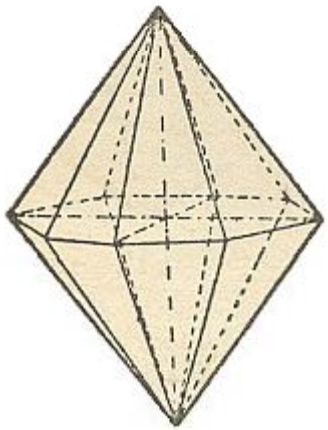


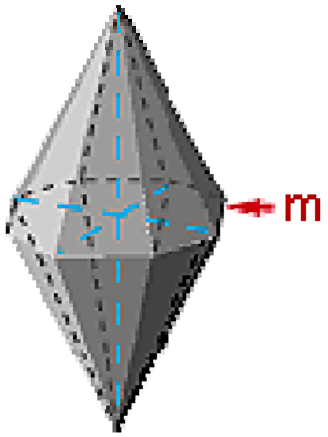
Figure 4.5

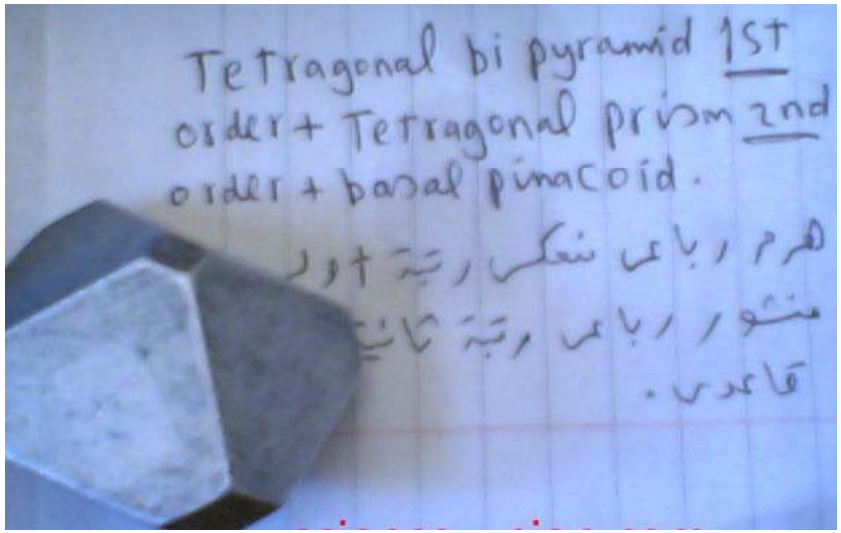
The **bipyramid** is a closed form whose plane intersects all three axes. There are 3 types of bipyramids, corresponding to the three types of prisms.

Note the orientation to the axial cross (fig. 4.4, the common {111} form). The second order dipyramid has the basic shape as the form of the first order dipyramid, differing only in its orientation to the axial cross (fig. 4.5, the common {011} form).

الاشكال البلورية في الرباعي



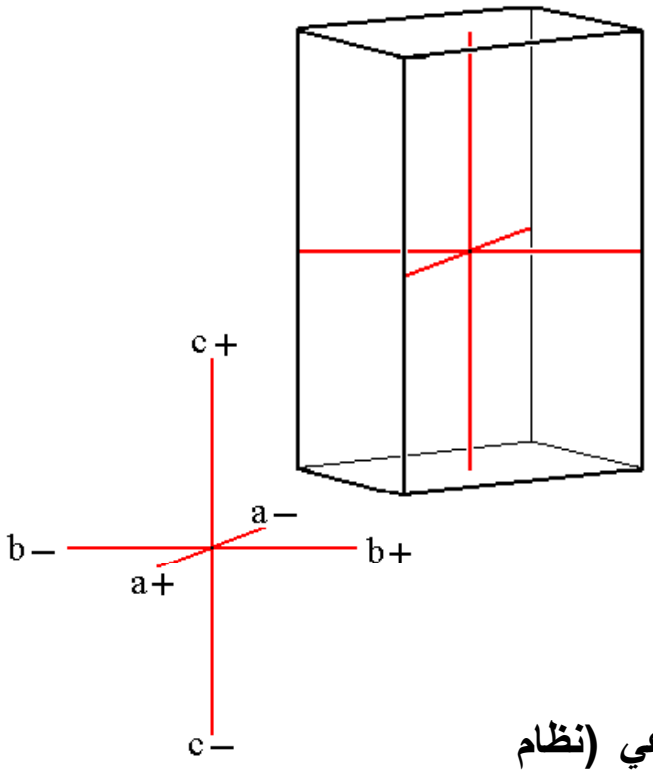




The **ditetragonal bipyramid** Is a closed termination form having 16 faces (fig. 4.7). The general symbol is {hkl}. The ditetragonal prism is often combined with the 1st order prism. In figure 4.7, although the prism is not present and therefore is simply at the junction of the two faces, we have marked its position if it had been expressed by an arrow and the letter **m**.

نظام التبلور المعيني القائم ORTHORHOMBIC SYSTEM

ويمتاز هذا النظام أن كل زواياه قائمة ($\alpha = \beta = \gamma = 90°$) وبالنسبة لأحرفه فانها مختلفة في الطول ($a \neq b \neq c$).

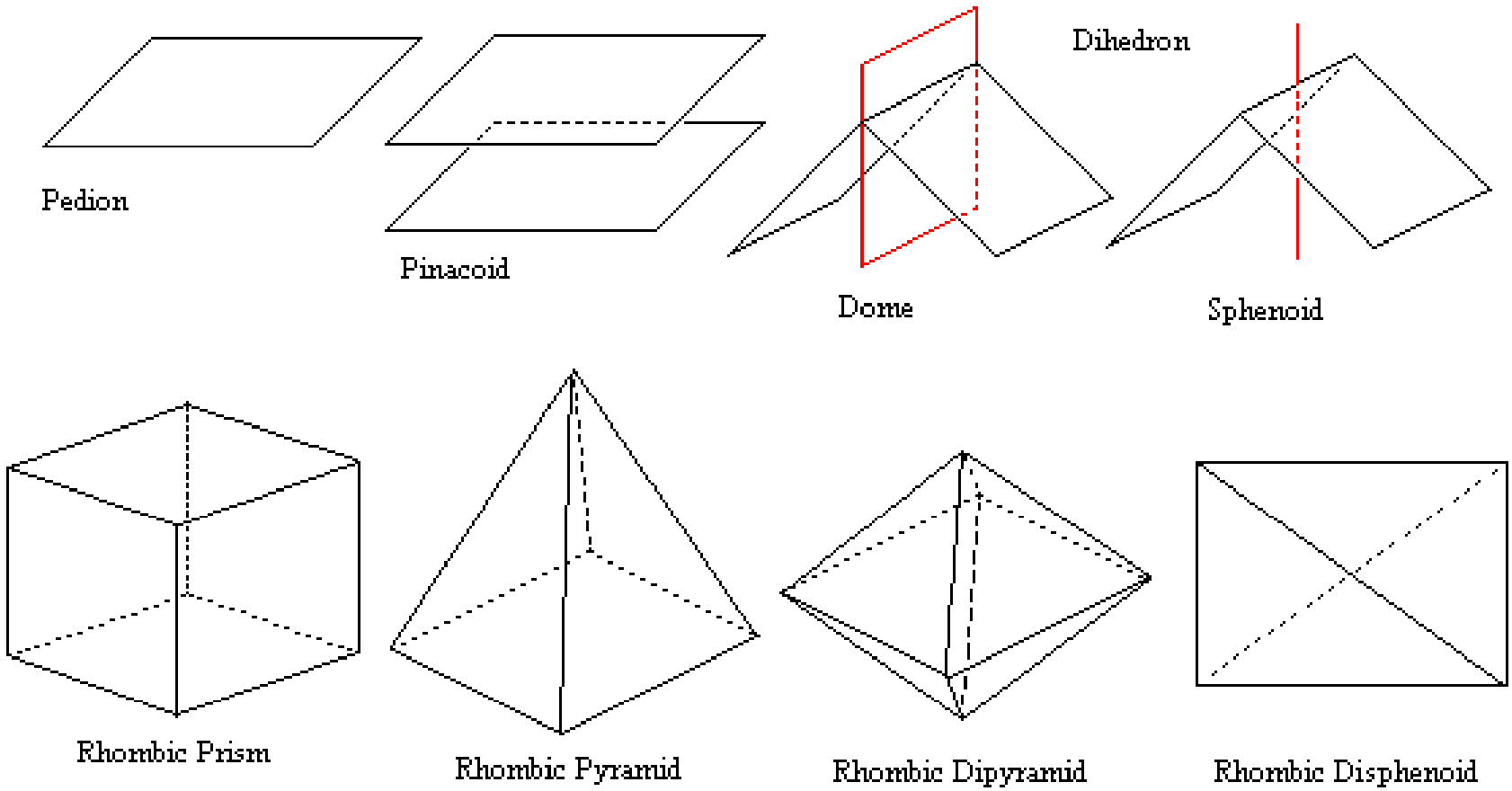


إن النظام كامل التماثل لفصيلة المعيني القائم) نظام الهرم المزدوج المعيني القائم (والذي تمثل بلورة الباريت نموذج له يتميز بما يلي :

1. وجود ثالثة محاور تماثل ثنائية تأخذ اتجاهات المحاور البلورية الثالثة .
2. مستويات التماثل عددها ثلاثة مستويات متعامدة في اتجاهات المحاور البلورية . 3
3. يحتوي النظام على مركز تماثل .

بناء على ما سبق يمكن كتابة قانون التماثل للنظام الكامل للرباعي (نظام معدن الباريت) كما يلي : 2^3/م ن

الاشكال البلورية في المعيني القائم



الاشكال البلورية في المعيني القائم

مسطوح أمامي + مسطوح جانبي + مسطوح قاعدي

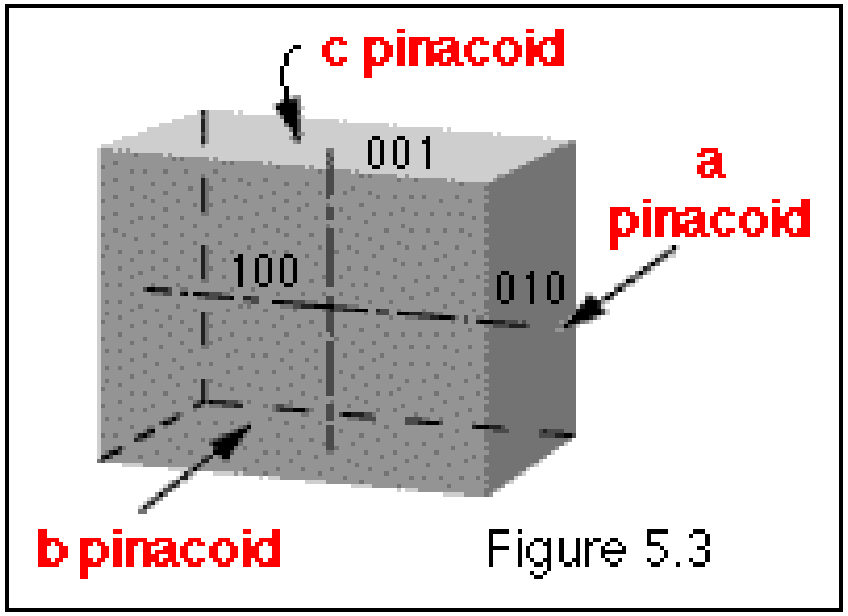
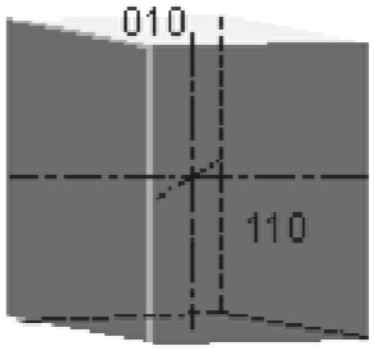


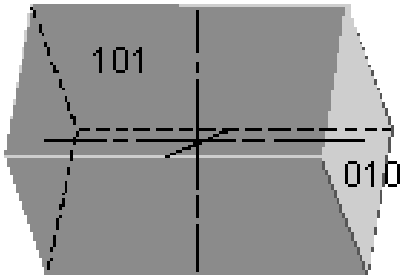
Figure 5.3

The **pinacoid** consists of 2 parallel faces, and can occur in the 3 different crystallographic orientations. These are the pair that intercept the c axis and are parallel to the a and b axes {001}; the pair that intercept the b axis and are parallel to the a and c axes {010}; and the pair that intercept the a axis and are parallel to the b and c axes {100}. They are called the c pinacoid, the b pinacoid, and the a pinacoid, respectively (fig. 5.3).

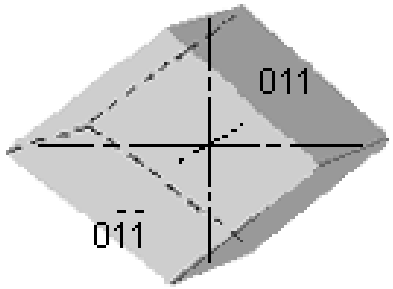
الاشكال البلورية في المعيني القائم



5.4a Prism {110} and pinacoid {001}



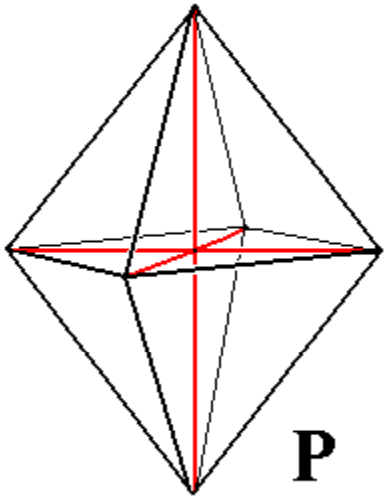
5.4b Prism {101} and pinacoid {010}

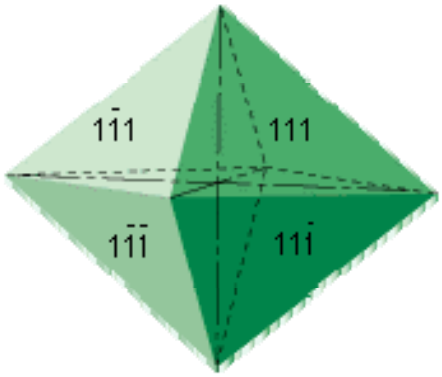


5.4c Rhombic prism {011} and pinacoid {100}

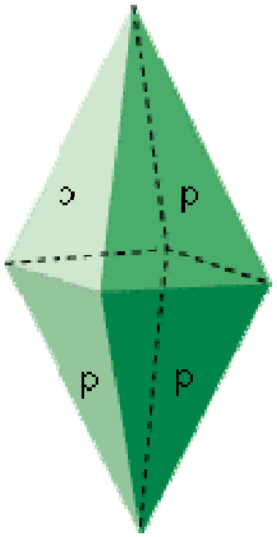
The **rhombic prism**, an open form, consists of 4 faces which are parallel to 1 axis and intersect the other two. There are 3 of these rhombic prisms and they are given by the general notational forms: {hk0}, which is parallel to the c axis; {h0l}, which is parallel to the b axis; and {0kl}, which is parallel to the a axis. Figure 5.4 a,b,c present the 3 rhombic prisms, each in combination with a corresponding pinacoidal form. Only the positive face of the rhombic prism is labeled in these examples.

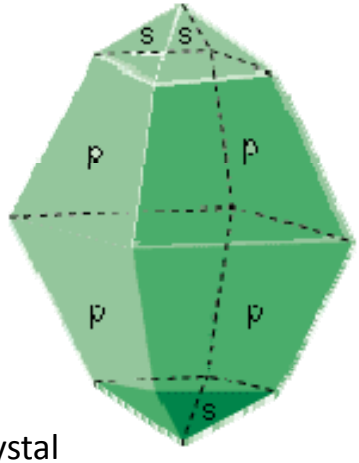
الاشكال البلورية في المعيني القائم





5.6a Rhombic dipyramid



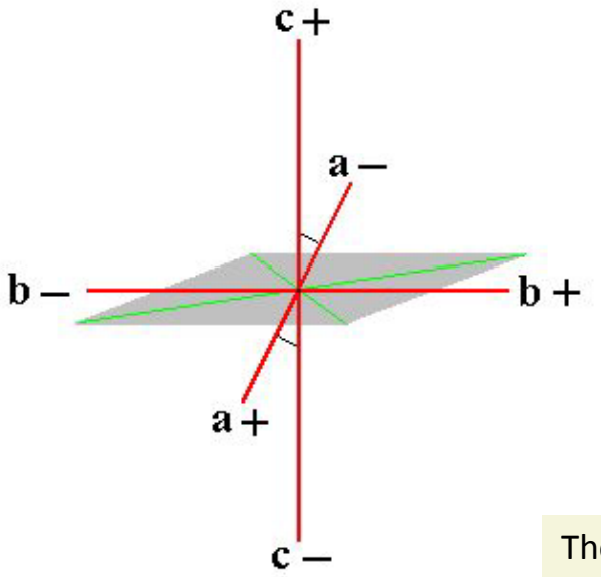


5.6c Sulfur crystal

The **rhombic bipyramid** is designated by the general form {hkl} and consists of 8 triangular faces, each of which intersects all 3 crystallographic axes. This pyramid may have several different appearances due to the variability of the axial lengths (figs. 5.6 a,b,c).

All the Forms of the highest symmetrical Class can be derived from this Basic Form.

MONOCLINIC SYSTEM نظام التبلور احادي الميل



هذا النظام له أربعة وجوه مستطيلة ووجهان متوازيان أضلاع، وله زاويتان قائمتان والثالثة غير قائمة ($\alpha = \gamma = 90°, \beta \neq 90°$)
وأحرف هذا النظام غير متساوية ($a \neq b \neq c$)
واقصى تماثل هو محور ثنائي (المحور البلوري ب) عمودي على مستوى تماثل رأسي

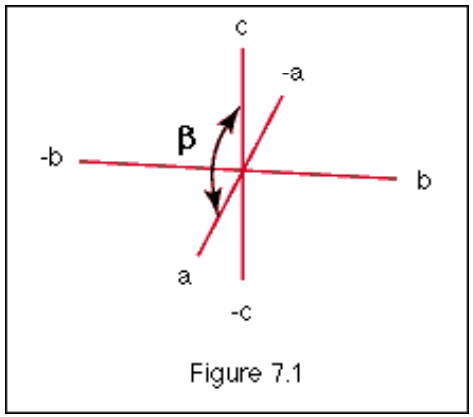


Figure 7.1

The system of crystallographic axes (red lines) for the (description of the) Monoclinic Crystal System.
The **c+ c-** axis is the Vertical Axis.
The **b+ b-** axis is the Ortho Axis.
The **a+ a-** axis is the Clino Axis.
The vertical axis and clino axis are <u>not</u> perpendicular to each other **:** an oblique angle (as indicated) obtains between them.

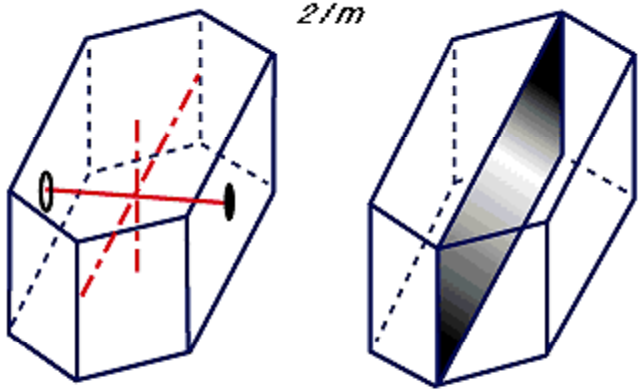


Figure 7.3

الاشكال البلورية في نظام احادي الميل

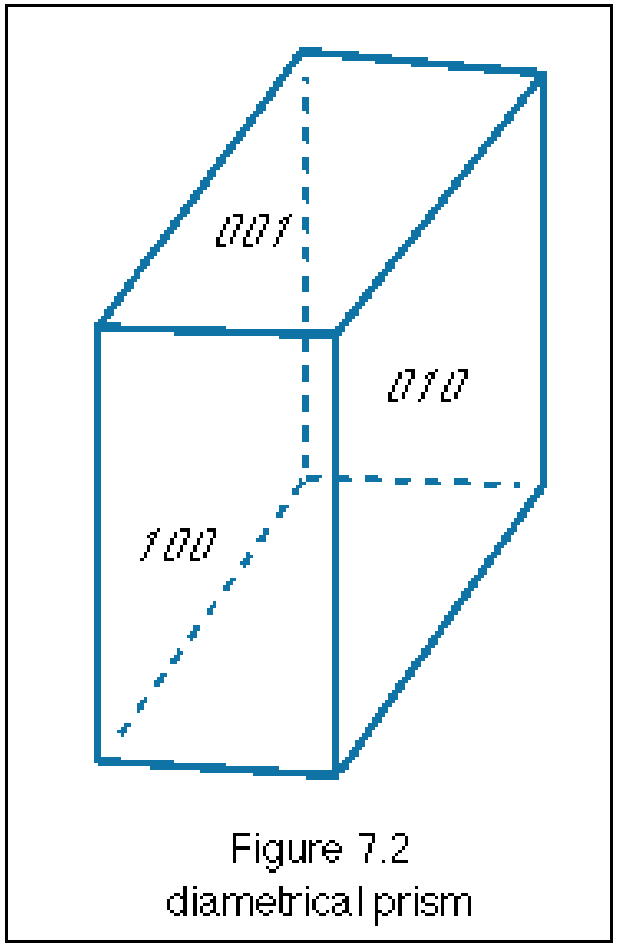


Figure 7.2
diametrical prism

In the 2/m symmetry class, there are 2 types of forms, pinacoids and prisms.

A pinacoid form consists of 2 parallel faces (open form).

The **a** pinacoid is also called the front (used to be called the **orthopinacoid**), the **b** is called the side pinacoid (used to be called the **clinopinacoid**), and the **c** is termed the **basal pinacoid**.

الاشكال البلورية في نظام احادي الميل

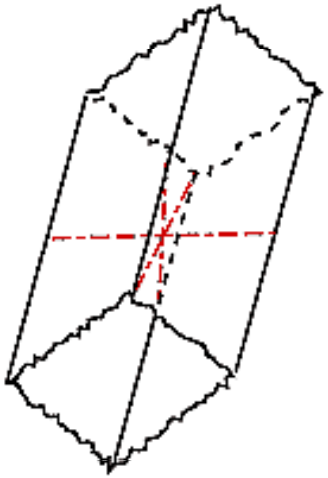
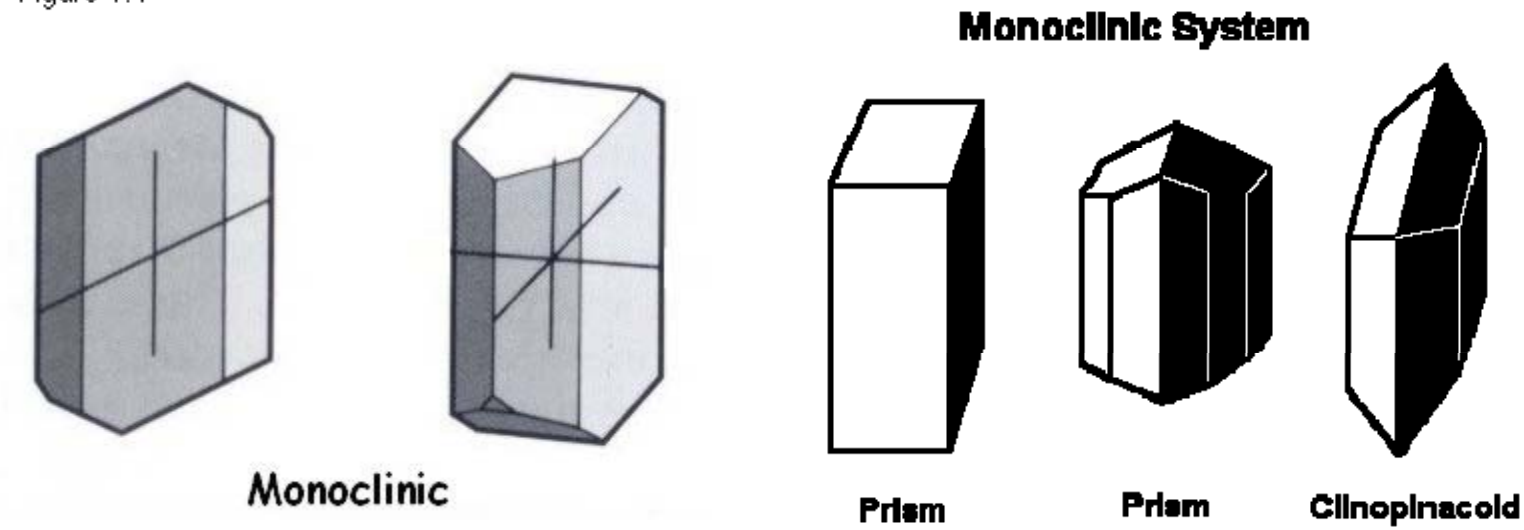


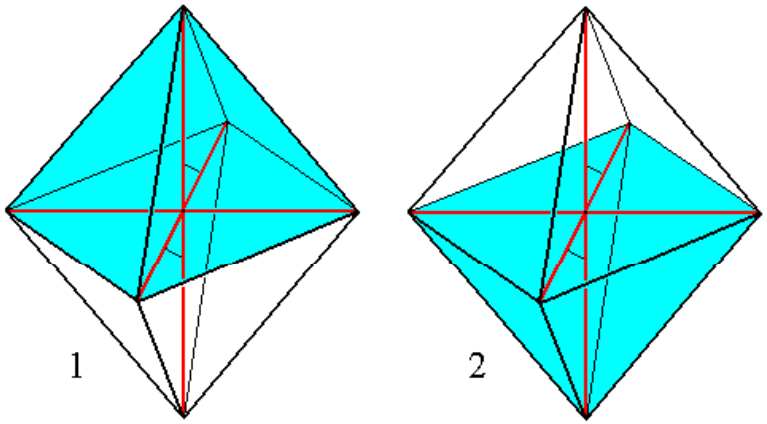
Figure 7.4

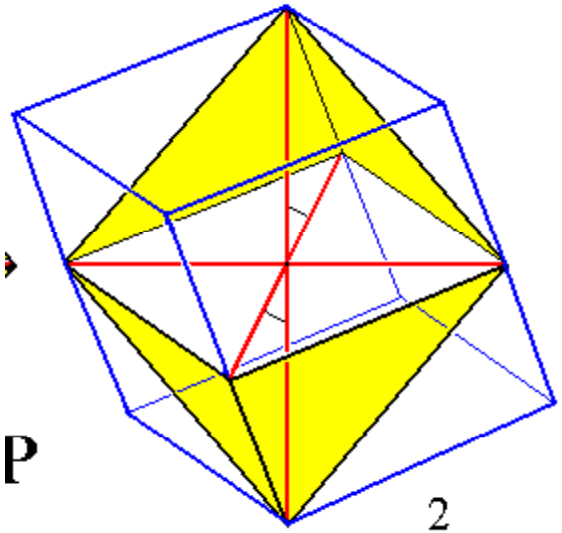
The 4-faced prism {hkl} is the general form. A monoclinic prism is shown in Figure 7.4. The general form can occur as two independent prisms {hkl} and {-hkl}.

Some illustrations of some relatively common monoclinic minerals. In these drawings you should recognize the letter notation where a, b, and c are the pinacoid forms (the diametrical prism, remember?); m is the unit prism and z is a prism; o, u, v, and s are pyramids; p, x, and y are orthodomes; and n is a clinodome.



الاشكال البلورية في نظام احادي الميل





A form consisting of four faces, a negative **hemipyramid**. When we subject the face **a : b : -c** to these same symmetry elements we get a second Form, also consisting of four faces, a positive **hemipyramid**. Each of these Forms is an **open** Form, implying that they can only exist in real crystals in the form of **combinations** such that the whole face configuration is now closed. When we combine these two Forms with each other a closed figure will emerge, a bipyramid, called a **monoclinic pyramid**.

الاشكال البلورية في نظام احادي الميل

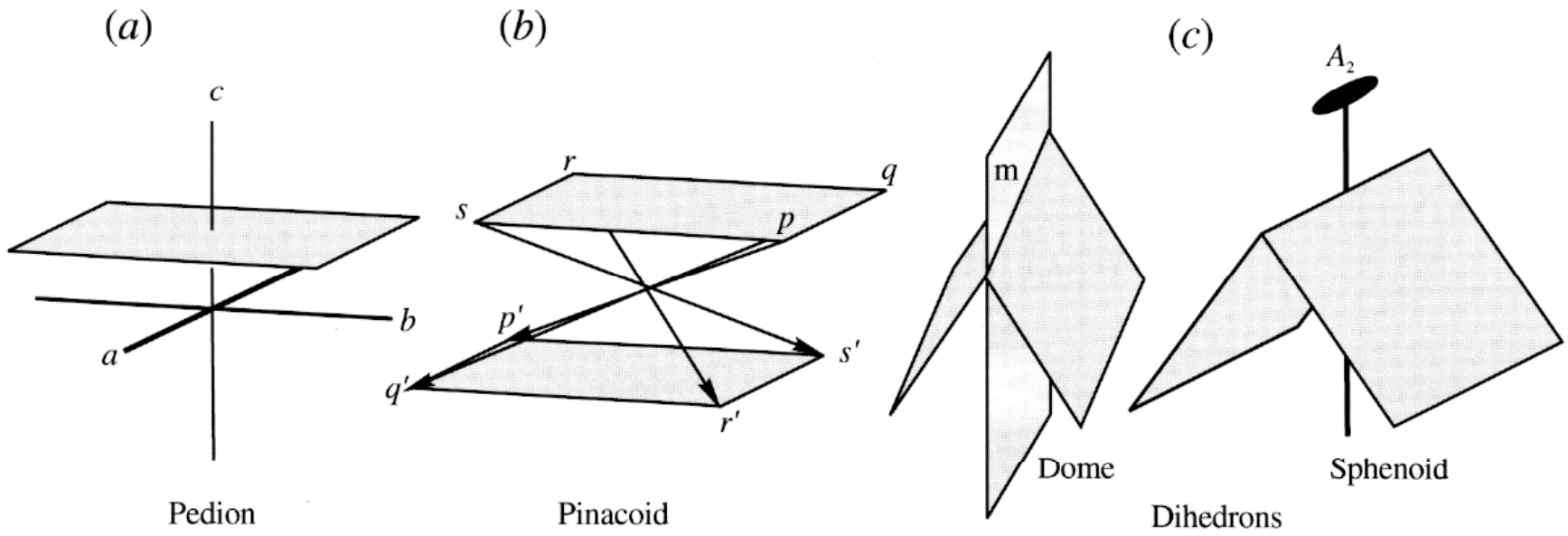
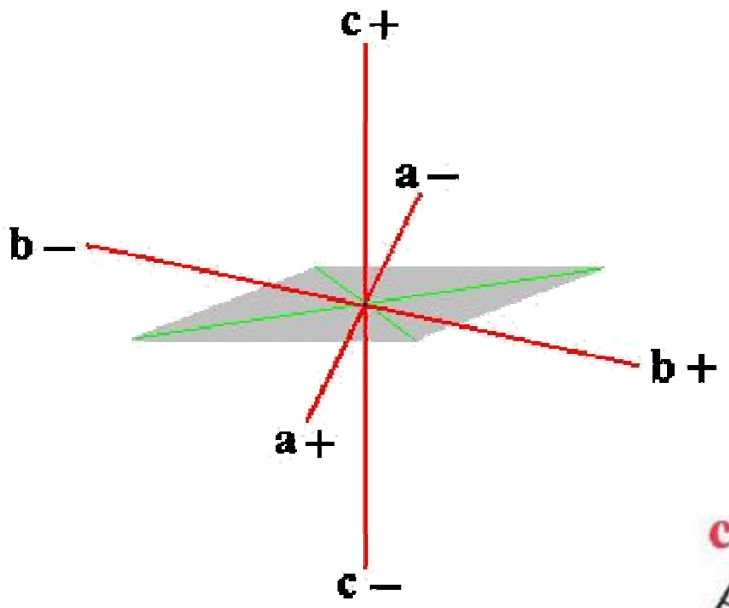
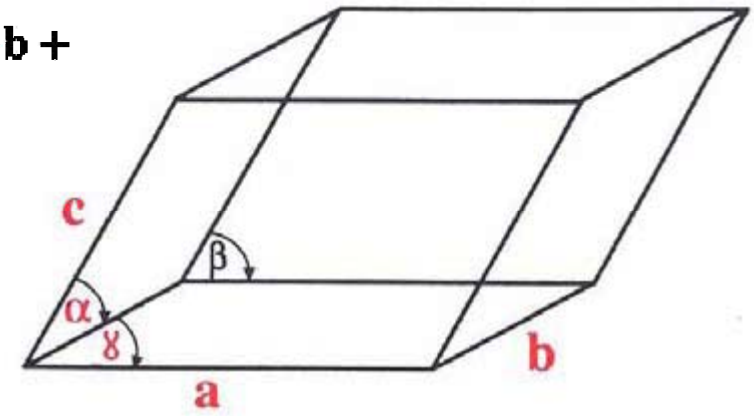


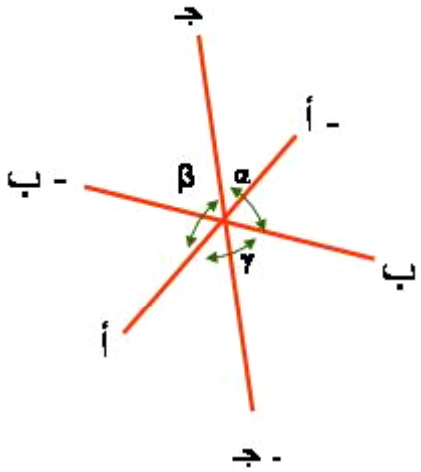
Figure 2.31 Crystal forms in the nonisometric crystal systems. (*a*) Pedion. (*b*) Pinacoid. (*c*) Dihedrons (dome and sphenoid).

نظام التبلور ثلاثي الميل TRICLINIC SYSTEM

كل زوايا هذا النظام غير متساوية وغير قائمة $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
وأحرفه غير متساوية $(a \neq b \neq c)$







الاشكال البلورية في نظام ثلاثي الميل

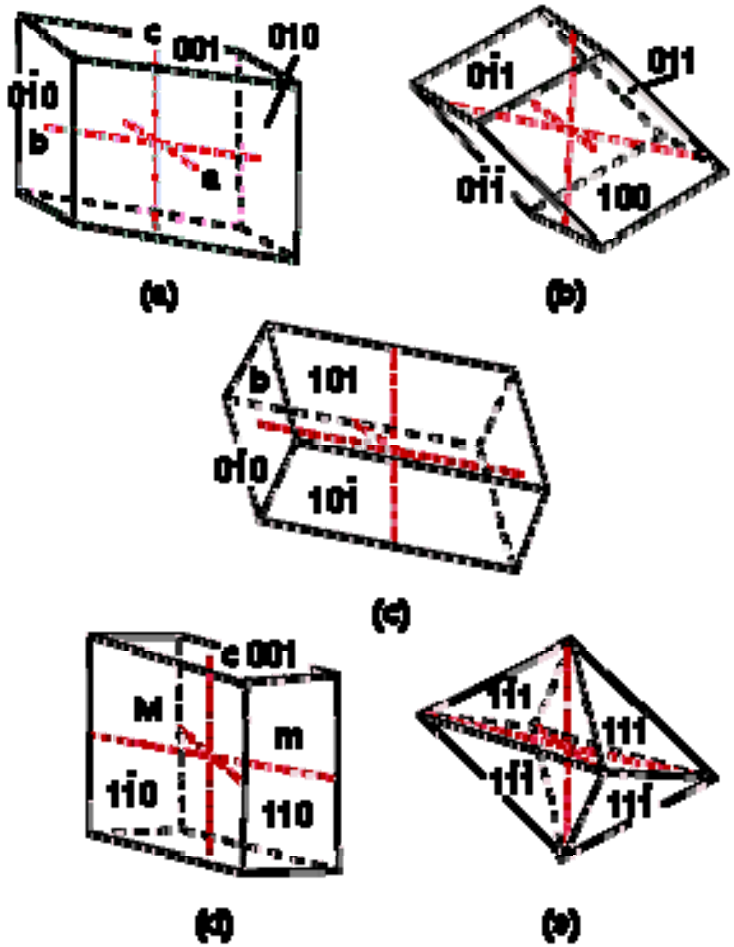


Figure 8.3 Triclinic pinacoids, or parallelohedrons

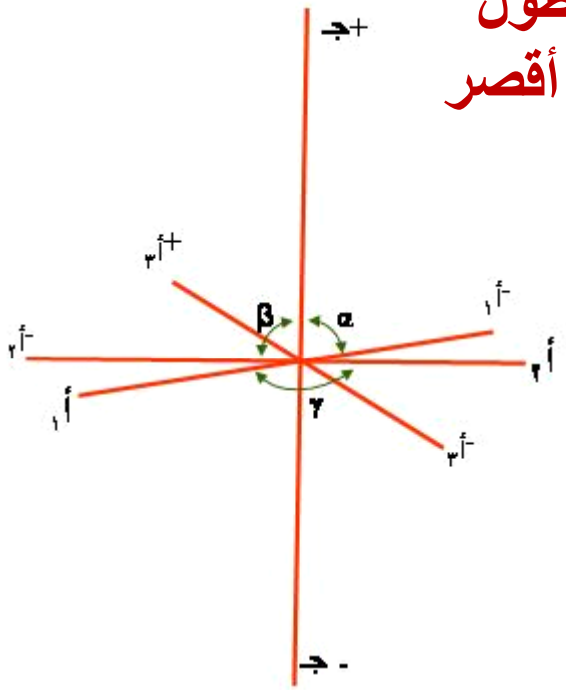
There are 3 general types of pinacoids: those that intersect only one crystallographic axis, those that intersect 2 axes, and those that intersect all 3 axes. The first type are the pinacoids {100}, {010}, and {001}. The {100} is the front pinacoid and intersects the a axis, the {010} is the side or b pinacoid and intersects the b axis, and the {001} is the c or basal pinacoid and intersects the c axis. All of these forms are by convention based on the + end of the axis.

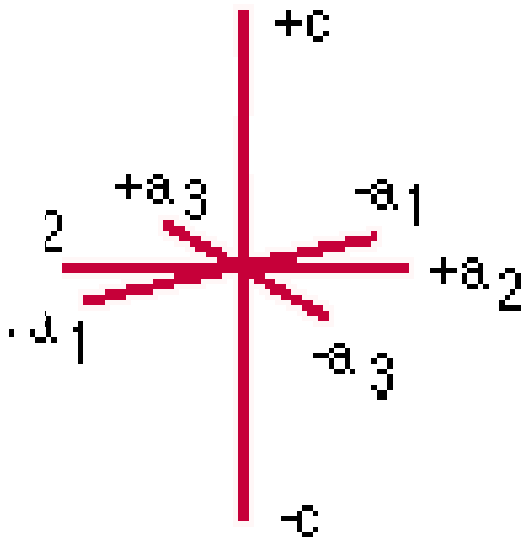
The second type of pinacoid is termed the {0kl}, {h0l}, and {hk0} pinacoids, respectively. The {0kl} pinacoid is parallel to the a axis and therefore intersects the b and c axes. It may be positive {0kl} or negative {0-kl}. The {h0l} pinacoid is parallel to the b axis and intersects the a and c axes. It may be positive {h0l} or negative {-h0l}. Finally, the {hk0} pinacoid is parallel to the c axis and intersects the a and b axes. It may be positive {hk0} or negative {h-k0}.

The third type of pinacoid is the {hkl}. There exist positive right {hkl}, positive left {h- kl}, negative right {-hkl}, and negative left {-h-kl}. Each of these 2-faced forms may exist independently of the others. Figure 8.3 shows some of the pinacoidal forms in this class. A number of minerals crystallize in the -1 class including plagioclase feldspar pectolite, microcline, and wollastonite.

نظام التبلور السداسي HEXAGONAL SYSTEM

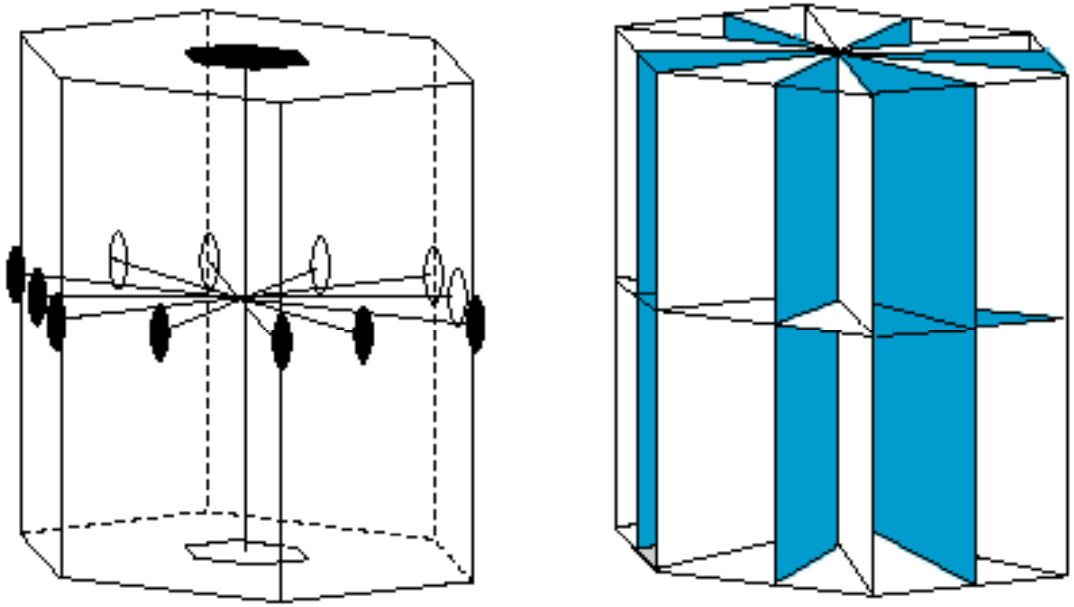
تتميز بلورات فصيلة السداسي
بوجود أربعة محاور بلورية منها ثلاثة أفقية متساوية الطول وتتقاطع في زوايا 120 والمحور الرابع رأسي أطول أو أقصر منها ويتعامد علي المستوي الذي يشملها
وبذلك تكون النسبة المحورية أ 1= أ 2= أ 3 ≠ جـ ،
β = α =90° و γ = 120





عناصر التماثل في نظام السداسي

The Normal or **Dihexagonal dipyramidal** class has **6-fold symmetry around the c or vertical axis**. It also has **6 horizontal axes of 2-fold symmetry, 3 of which correspond to the 3 horizontal crystallographic axes and 3 which bisect the angles between the axes**. **$6\ 2^6/m\ N$**



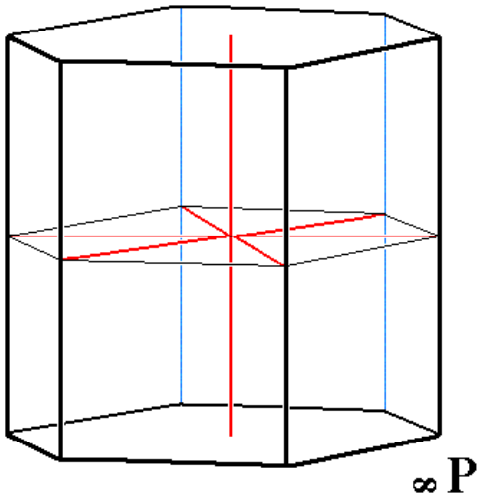
الاشكال البلورية في نظام السداسي

There are 7 possible forms present in the Dihexagonal bipyramidal class:

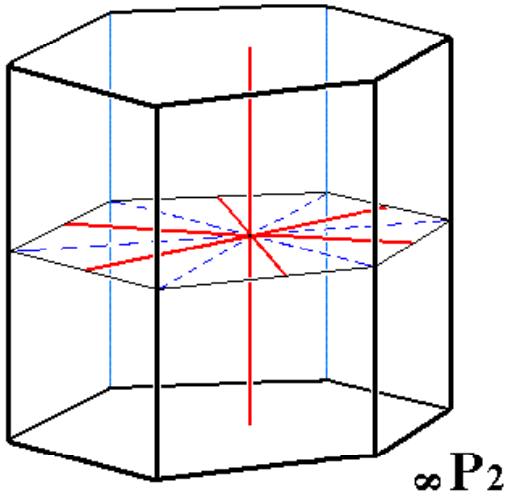
Form	Number of Faces	Miller Indices	nature
1. Base or basal pinacoid	2	(0001)	open
2. First order prism	6	(10-10)	open
3. Second order prism	6	(11-20)	open
4. Dihexagonal prism	12	(hk-i0) example: (21-30)	open
5. First order pyramid	12	(h0-hl) example: (10-11), (20-21)	closed
6. Second order pyramid	12	(hh2hl) example: (11-22)	closed
7. Dihexagonal bipyramid	24	(hk-il) example: (21-31)	closed

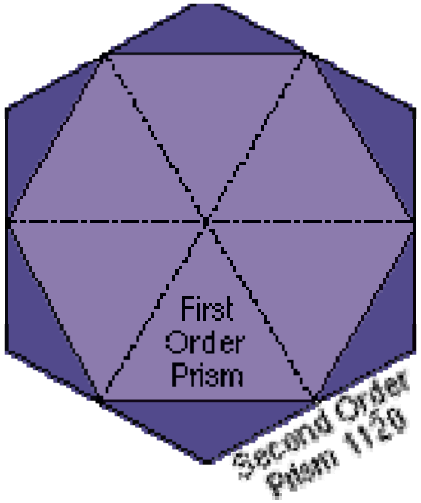
الاشكال البلورية في نظام السداسي

First order



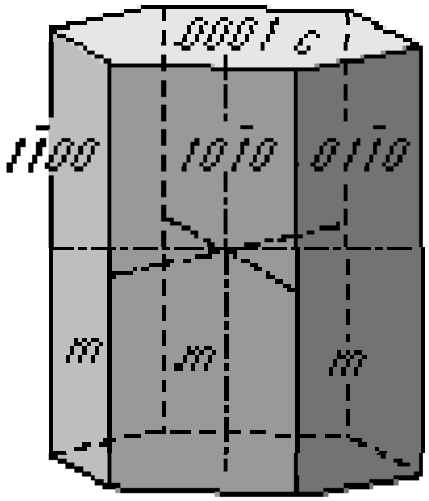
Second order





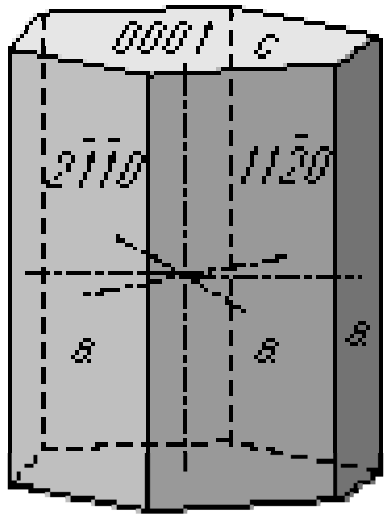
The **first and second order prisms** cannot be distinguished from one another, as they each appear as a regular hexagonal prism with interfacial angles of 60 degrees, but when viewed down the c axis, as in the figure, the relationships of the two forms to each other and to the a axes are readily noted.

الاشكال البلورية في نظام السداسي



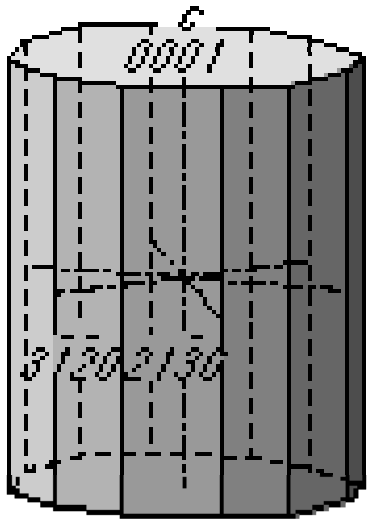
$\{10\bar{1}0\}$

First order hexagonal prism and c pinacoid



$\{11\bar{2}0\}$

Second order hexagonal prism and c pinacoid

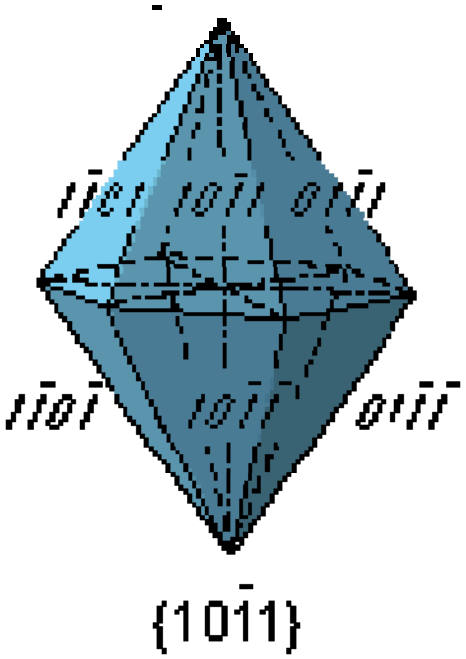


$\{21\bar{3}0\}$

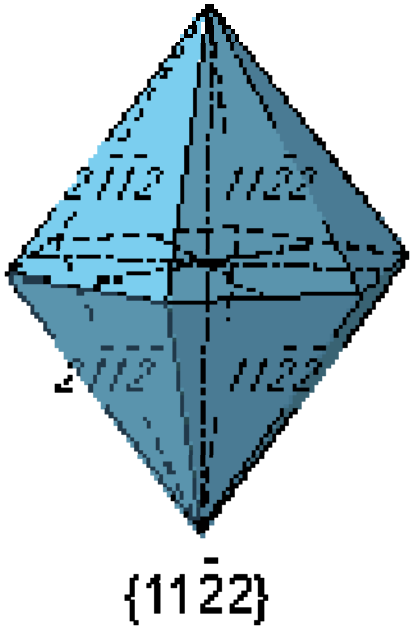
Dihexagonal prism and c pinacoid

الاشكال البلورية في نظام السداسي

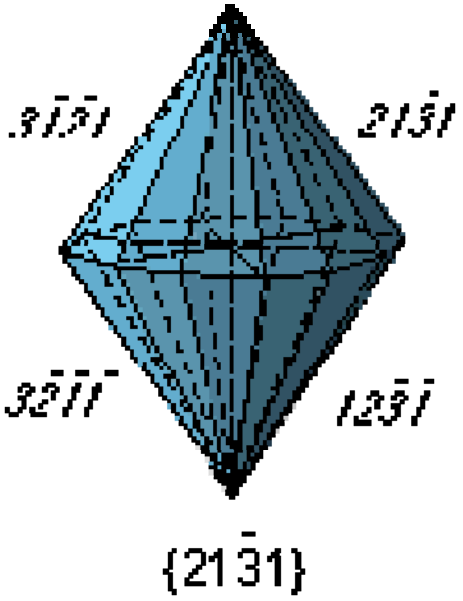
Corresponding to the 3 types of prisms are 3 types of pyramids. The **dihexagonal bipyramid** is a double 12-sided pyramid. The first order pyramid is labeled *p*. The second order pyramid is labeled *s*. The dihexagonal bipyramid is labeled *v*.



1st order hexagonal bipyramid



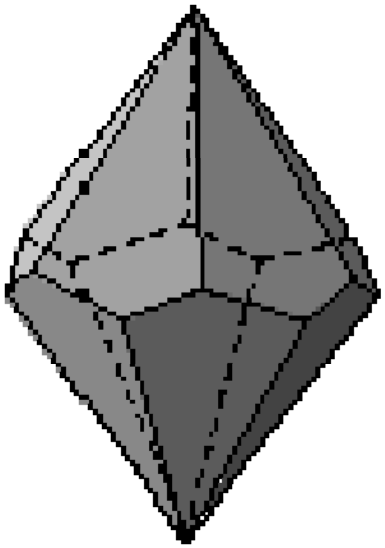
2nd order hexagonal bipyramid



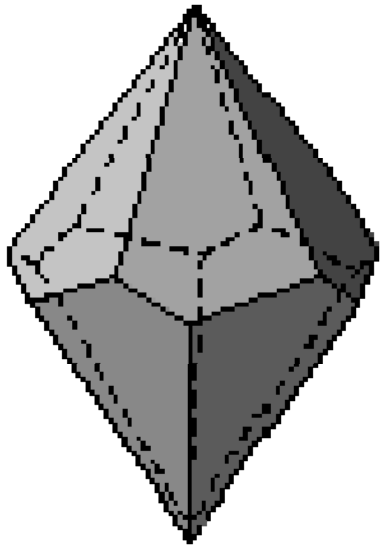
Dihexagonal bipyramid

الاشكال البلورية في نظام السداسي

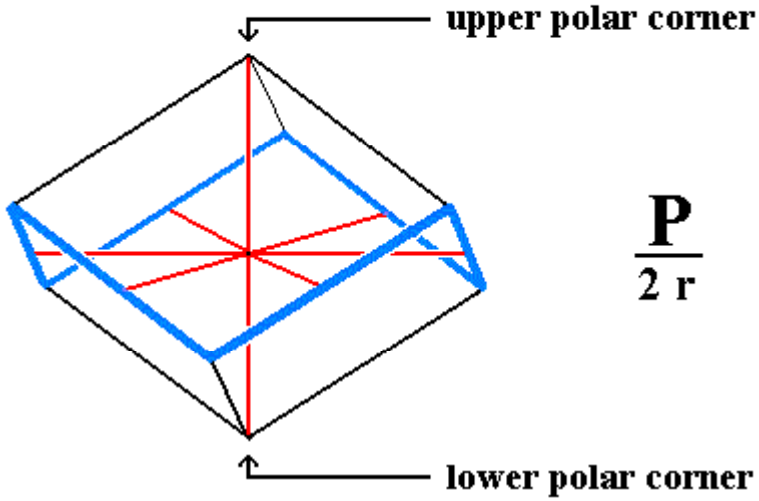
In the **Hexagonal Trapezohedral** class, the symmetry axes are the same as the Normal (dihexagonal dipyramidal class), but mirror planes and the center of symmetry are not present. Two enantiomorphic (mirror image) forms are present, each having 12 trapezium-shaped faces.



Left



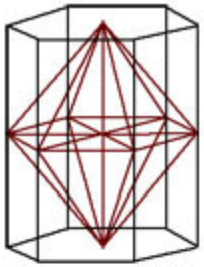
Right



The Rhombohedron
Its zig-zag middle edges are shown in bold blue.

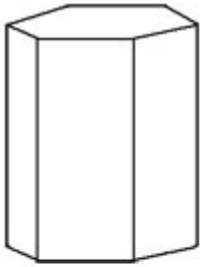
الاشكال البلورية في نظام السداسي

Hexagonal or Trigonal System



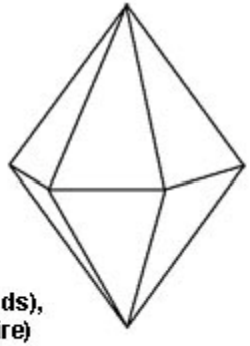
Four axes of symmetry; Three of the axes are of equal length and lie in planes at 120° from each other. The fourth axis is perpendicular (at 90°) to the three axes and is shorter or longer length.

hexagonal prism

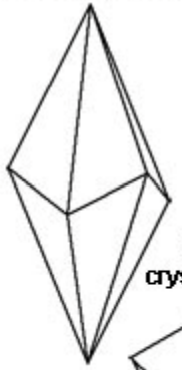


examples: beryl (including emeralds), calcite ,corundum (ruby & sapphire) dolomite, hematite, ice, quartz, siderite, tourmaline, zincite

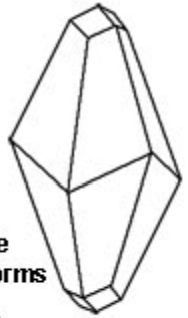
hexagonal pyramid



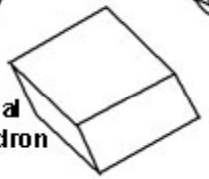
hexagonal scalenohedron



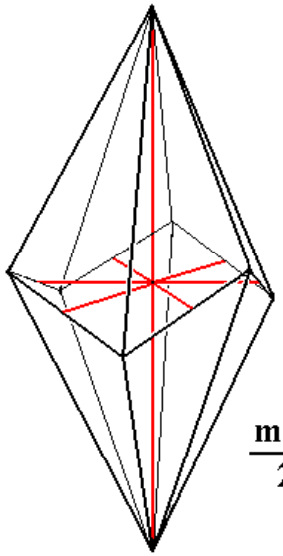
combined hexagonal scalenohedron and rhombohedron



calcite crystal forms



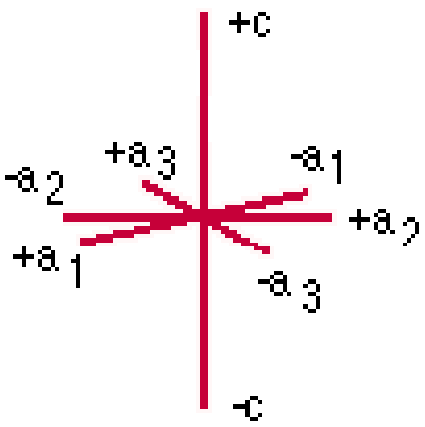
hexagonal rhombohedron

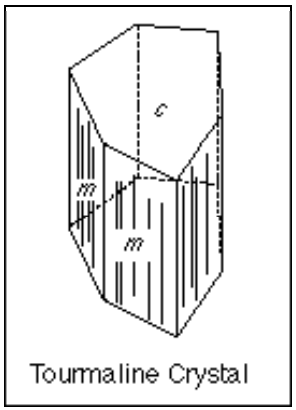


$\frac{m\,P\,n}{2\,r}$

The Ditrigonal Scalenohedron.
The four crystallographic axes are drawn in red.

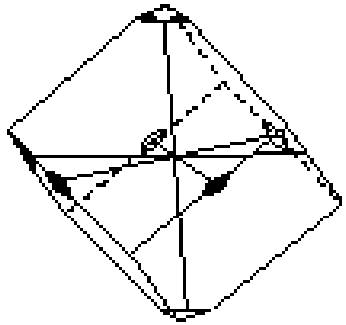
The Trigonal Division نظام التبلور الثلاثي او فصيلة الثلاثي

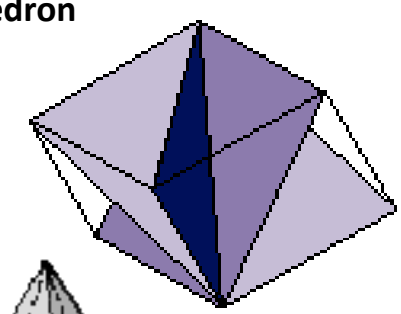




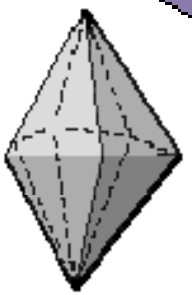
the ditrigonal prism, which is a 6-sided open form. This form consists of 6 vertical faces arranged in sets of 2 faces.

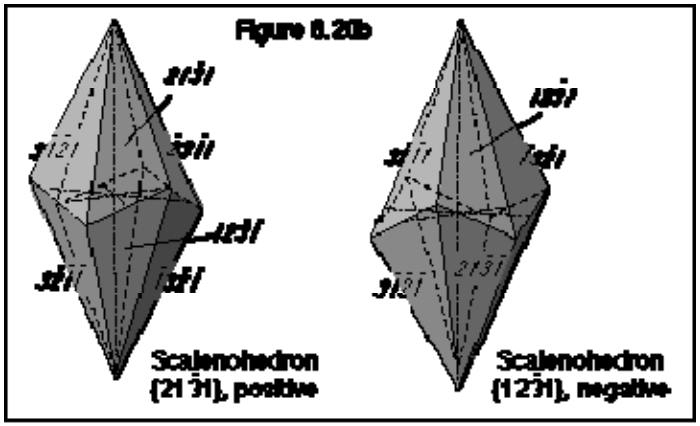
rhombohedron





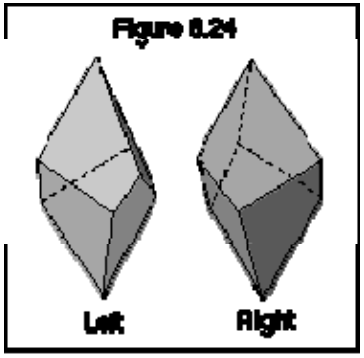
ditrigonal bipyramid





Hexagonal-scalenohedral class with the symmetry - $2^3/m$.
There are two principal forms in this class:
the **rhombohedron** and
the **hexagonal scalenohedron.**

In this class, the 3-fold rotoinversion axis is the vertical axis (c) and the three 2-fold rotation axes correspond to the three horizontal axes (a1, a2, a3).



Trigonal-trapezohedral class

ملخص قوانين التماثل والانظمة والفصائل

System	classes
The Isometric System	5
The Tetragonal System	7
The Hexagonal System	12
The Orthorhombic System	3
The Monoclinic System	3
The Triclinic System	2

5 hexa
7 trig

1 فصيلة المكعب 2^6 م 4^3 م 3^4 ن
2 فصيلة الرباعى 4م 2^4 م ن
3 فصيلة السداسى 6م 2^6 م ن
4 فصيلة الثلاثى 3 2^3 3م ن
5 فصيلة المعينى القائم 2^3 م ن
6 فصيلة الميل الواحد 2م ن
7 فصيلة الميول الثلاثة ن