المحور I – التناظر داخل الشبكات la symétrie dans les cristaux

I-1- مقدمة :

المبدأ الأساسي في هندسة البلورات هو محافظة الشبكة البلورية على شكلها خلال سحبها في الفضاء وتسمى عمليات السحب هذه بعمليات التناظر.

عملية التناظر وهي العملية التي تحول شكل ما من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية دون أن يتغير هذه العمليات يمكن أن تكون :

1- انسحاب.
2- دوران.
3- اقلاب.
4- أو عمليتين في نفس الوقت.

فالتناظر يسهل عملية تصنيف البلورات ، حيث يمكننا تقسيم التناظر إلى :

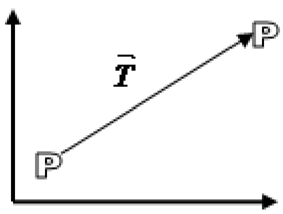
- تناظر التوجيه : عملية داخل الخلية الواحدة أين يوجد تناظر بين نقطتين.
- تناظر الموضع : عملية داخل خليتين مختلفتين.

I -2- تناظر التوجيه :

ويشمل عمليات التناظر التالية :

- **الانسحاب translation:**

الشكل الابتدائي والنهائي منطبقان تماما.

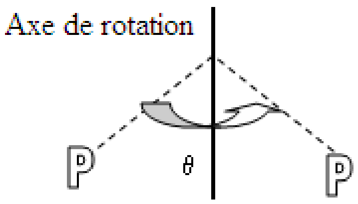


الشكل -1-

- **الدوران Rotation :**

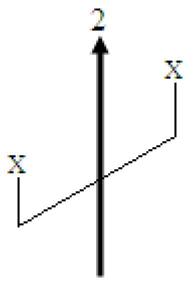
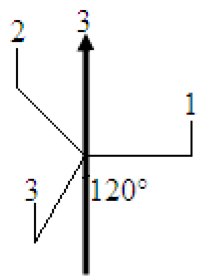
وهي العملية التي تتم حول محور دوران بزاويه θ حيث أن: $\theta = \frac{2\pi}{P}$ حيث P هو رتبة المحور.

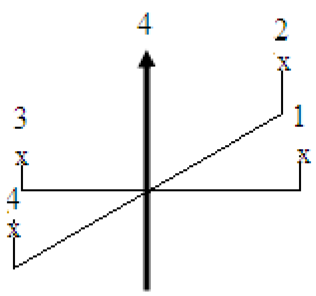
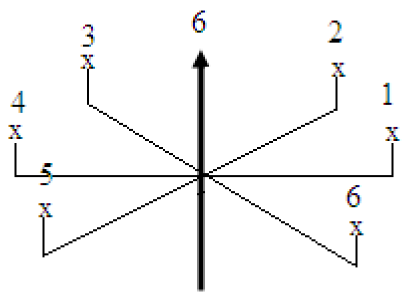
مثال : P=2 أي $\theta = \frac{2\pi}{2}$ ومنه θ =180 M(x,y,z) $\xrightarrow[\boxed{P//oz}]{}$ M'(-x,-y,z)



الشكل -2-

- خلال عملية الدوران الشكل الابتدائي والنهائي منطبقان.
- P=5 لا يوجد .
- P>6 // .
- P=1 يعرف بتناظر التعريف.

Si P = 2, θ = π = 180° axe d'ordre 2 : axe binaire  	Si P = 3, $\theta = \frac{2\pi}{3} = 120°$ axe d'ordre 3: axe ternaire 

Si P = 4 $\theta = \frac{\pi}{2} = 90°$ axe d'ordre 4 : axe quaternaire  	Si P = 6 $\theta = \frac{\pi}{3} = 60°$ axe d'ordre 6: axe sénaire 

- التمثيل الهندسي لمحاور التناظر

الرمز	التمثيل العمودي	التمثيل الموازي	
1	═	/	تناظر التعريف
2	⬮	↕ ↔	الثنائي
3	▲	/	الثلاثي
4	■	/	الرباعي
6	⬢	/	السداسي

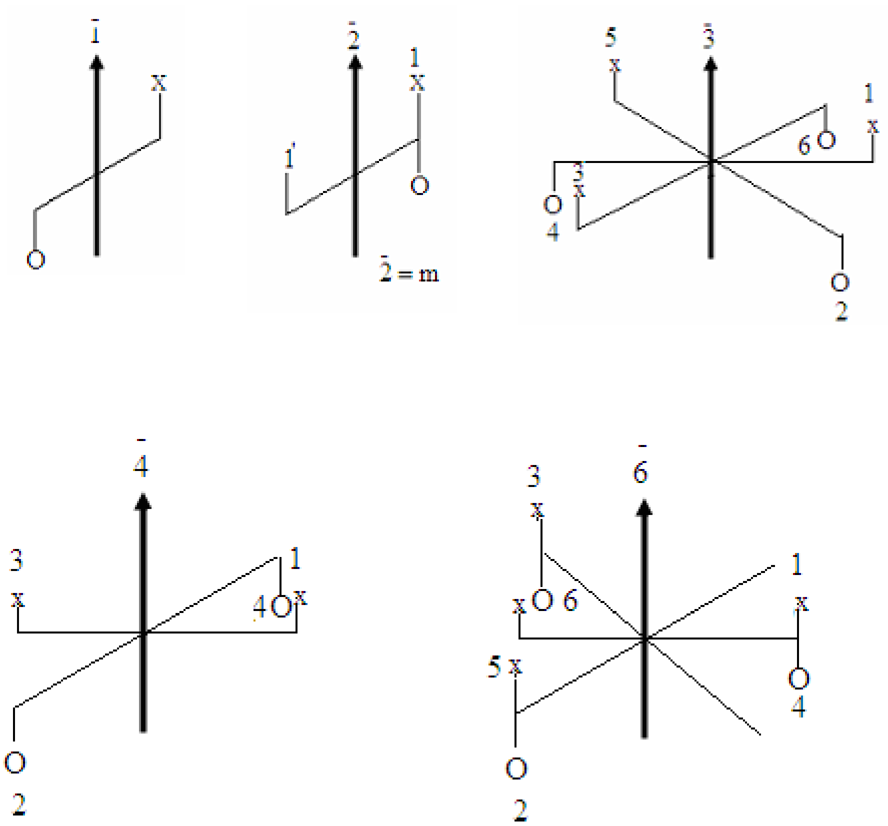
- **الاقلاب الدورانى(الدوران الانقلابى) $\overline{P}$ inversion rotatoire :**

وهي عبارة عن عملية دوران تتبع باقلاب $\overline{P}$ = P + i الشكل الابتدائي والنهائي غير منطبقان.

يسمى مركز الاقلاب بمركز التناظر.

- **الاقلاب i inversion :**

وهي عبارة عن نقطة تعكس (تقلب) الشكل ويرمز لها بـ: i وتمثل هندسيا بدائرة صغيرة

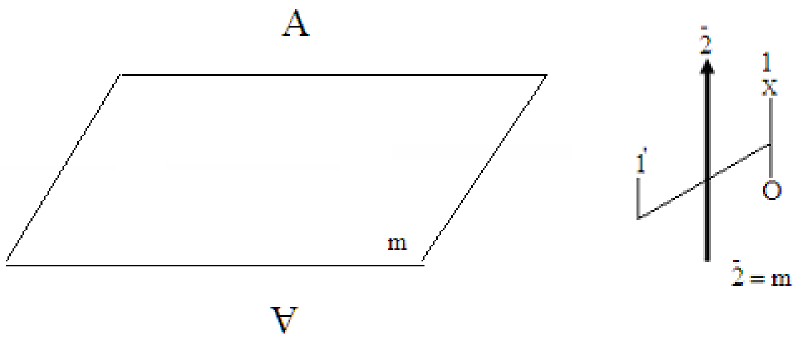


الشكل 3

- **مستوى التناظر Plan de réflexion :**

وهو عبارة عن محور ثنائي متبوع بإقلاب $\bar{2}$ كما يعرف بالانعكاس وهو يمثل السطح الذي يقسم الشكل إلى نصفين متماثلين بحيث يعكس كل نصف منهما الاخر كأنه صورته في المرآة ويرمز له بالرمز m.

مثال : $M(x,y,z) \xrightarrow[m//xoz]{} M'(x,-y,z)$



الشكل 4

- التمثيل الهندسي لمحاور التناظر الانقلابية

الرمز	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{6}$
التمثيل	⬮	△	◇	⬡

في تناظرالتوجيه عرفنا : 5 عمليات دوران وهي المحور 1،2،3،4،6 و 5 عمليات دوران انقلابي وهي المحاور -1،-2،-3،-4،-6 اذن عشر عناصر تناظر من بينها تناظر التعريف -1 ومستوي تناظر -2.

I-3- الربط بين عناصر التناظر Combinaisons des éléments de symétrie :

إن تركيب الـ:10 عناصر للتناظر السابقة تعطي 32 زمرة نقطية للتناظر، حيث أن الزمرة هي عبارة عن مجموعة من عمليات التناظر مطبقة على شكل ما تحول هذا الاخير إلى نفسه دون أن يتغير.

وللحصول على الـ: 32 زمرة يجب الالتزام بالتعريف الرياضي للزمرة من ناحية وكذلك الالتزام بقواعد الشبكة البلورية من جهة أخرى ، إذن لكي تتحقق زمرة يجب أن :

- أن يكون القانون داخليا.
- أن تتوفر على عنصر حيادي.
- أن يكون لكل عنصر نظير.
- أن يكون القانون تجميعي.

ليكن لدينا مجموعة عمليات التناظر S1,S2,S3.....لنظام C (بلورة أو نموذج) بالتعريف لدينا Si*C=C.

- إذا طبقنا عمليتي تناظر متتاليتين Sj Si يكون: Si*Sj*C=Si*(Sj*C)=Si*C=C.إذن تركيب عمليتي تناظر هو عملية تناظر أخرى Si*Sj=Sk ومنه فالقانون داخلي.
- من بين عمليات التناظر نعرف العملية التي تجعل النظام كما هو و هي العملية الحيادية نرمز لها بـ: e حيث : e*C=C .
- كل عملية تناظر Si لها نظير Si^{-1} حيث : $Si^{-1}*C= Si^{-1}*Si*C=e*C=C$.
- تركيب عمليات التناظر تجميعي : Si*Sj*Sk*C= Si*Sj*(Sk*C)= Si*(Sj*C)=Si*C=C.

أمثلة لزمر التناظر:

مثال 1 :

مجموعة عمليات التناظر لجزيئي الماء :

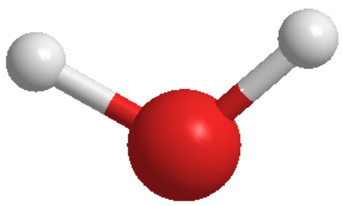
العنصر الحيادي e.

مستويي تناظر m1-m2.

محور تناظر P=2.

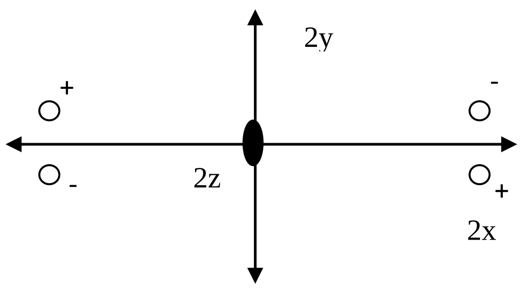
نركب مختلف عمليات التناظر نحصل على جدول الترتيب التالي

	e	2	m1	m2
e	e	2	m1	m2
2	2	e	m2	m1
m1	m1	m2	e	2
m2	m2	m1	2	e



مثال 2 :

تركيب محوري تناظر 2x,2y كل محور يؤثر على الاخر لنحصل على محور ثالث 2z



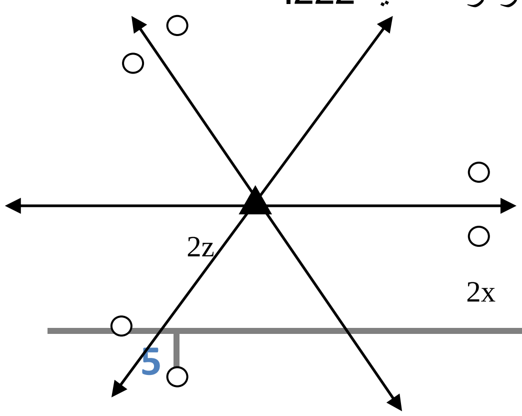
	e	2x	2y	2z
e	e	2x	2y	2z
2x	2x	e	2z	2y
2y	2y	2z	e	2x
2z	2z	2y	2x	e

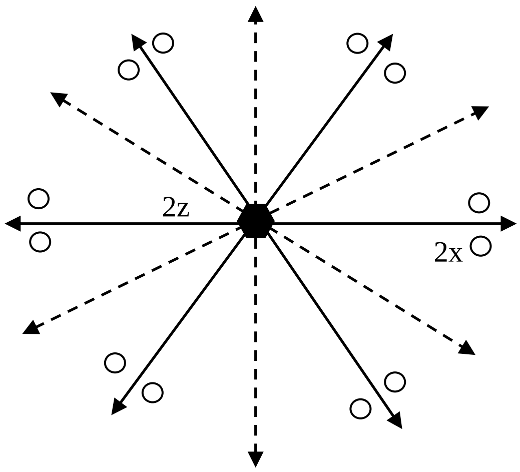
نلاحظ على النموذج الموضح أربع مواضع متشابهة بالتناظر، تحليل هذه العمليات موضح في الجدول المرفق فبالتطبيق نحصل على محور من الرتبة الثانية 2z فهي الزمرة النقطية 222.

مثال 3 :

ليكن محور من الرتبة 3 //oz ومحور من الدرجة ox//2

فبالتطبيق نحصل على محور من الدرجة 2 على بعد 60° من ox فهي الزمرة النقطية 322.





مثال 4 :

اذا أخذنا محور من الرتبة 6 oz// ومحور من الدرجة ox//2

فبالتطبيق نحصل على6 محاور من الدرجة 2 متداخلة مثنى

مثنى على بعد 30° من ox فهي الزمرة النقطية 622.

ملاحظة:

إن محور الدوران 3 يوجد في البلورة المكعبة ويكون موازي للصف [111] .

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \xrightarrow{3} \begin{pmatrix} y \\ z \\ x \end{pmatrix} \Rightarrow M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

I-4- التمثيل بالمصفوفات Représentation matricielle :

الحساب بالمصفوفات هي وسيلة تستعمل لتحديد الاحداثيات والتموضع في البلورات ، إذا قمنا بأي عملية تناظر فإن :

$$\begin{cases} 0 \\ \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{cases} \xrightarrow{\text{عمليةتناظر}} \begin{cases} o \\ \vec{x}' \\ \vec{y}' \\ \vec{z}' \end{cases}$$

حيث أن :

$$\vec{x}' = u_1\vec{x} + v_1\vec{y} + w_1\vec{z}$$
$$\vec{y}' = u_2\vec{x} + v_2\vec{y} + w_2\vec{z}$$
$$\vec{z}' = u_3\vec{x} + v_3\vec{y} + w_3\vec{z}$$

$$\begin{pmatrix} \vec{x}' \\ \vec{y}' \\ \vec{z}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \\ u_3 & v_3 & w_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{pmatrix}$$

التحويل يتم بواسطة مصفوفة التحويل M والتي تخص عنصر التناظر.

مثال : ليكن محور oz//2

$$\begin{pmatrix} \vec{x}' \\ \vec{y}' \\ \vec{z}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vec{x} \\ \vec{y} \\ \vec{z} \end{pmatrix}$$

$$\vec{x}' = -\vec{x} + 0\vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{y}' = 0\vec{x} - \vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{z}' = 0\vec{x} + 0\vec{y} + \vec{z}$$

ليكن مركز التناظر *i*

$$\vec{x}' = -\vec{x} + 0\vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{y}' = 0\vec{x} - \vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{z}' = 0\vec{x} + 0\vec{y} - \vec{z}$$

$$\begin{pmatrix}\vec{x}'\\\vec{y}'\\\vec{z}'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\vec{x}\\\vec{y}\\\vec{z}\end{pmatrix}$$

ليكن مستوي التناظر $m \,//\, (\vec{x},\vec{y})$

$$\vec{x}' = \vec{x} + 0\vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{y}' = 0\vec{x} + \vec{y} + 0\vec{z}$$
$$\vec{z}' = 0\vec{x} + 0\vec{y} - \vec{z}$$

$$\begin{pmatrix}\vec{x}'\\\vec{y}'\\\vec{z}'\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\vec{x}\\\vec{y}\\\vec{z}\end{pmatrix}$$

تطبيقات التمثيل بالمصفوفات عند تركيب عناصر التناظر:

1/ تطبيق محور من الرتبة 2 عمودي على مستوي تناظر يعطي مركز تناظر

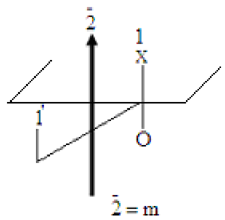
$2 // [010]$ et $m \perp [010]$

$$\begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}$$ c'est un centre d'inversion **i**

2/ اذا كان لدينا محور 2 مع مركز تناظر فبالتطبيق نحصل على مستوي تناظر عمودي على المحور

$2 // [100]$ et i ; $2 + i = 2/m$

$$\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}\begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix}$$ un $m \perp [100]$ (// (100))



بهذا التطبيق نحصل على الزمر النقطية التالية : 2/m,4/m ,6/m

3/ اذا كان لدينا محور من الرتبة P يوازي مستوي تناظر فانه يوجد P مستوي تناظر تمر بالمحور P.

Axe 2// [100] et m // (010)

$$\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}$$ c'est un miroir m // (001)

أو:

$$\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix}\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}$$

بهذه الكيفية نحصل على الزمر النقطية : **mm2, 3mm, 4mm, 6mm**

4/ إذا كان لدينا محور من الرتبة 2 عمودي على P فانه يوجد P محور تناظر2 عمودية على المحور P ويشكلون فيما بينهم زوايا π/P.

$$\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}\begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & 1 & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}-1 & 0 & 0\\0 & -1 & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix}$$ **222**

بهذه الكيفية نحصل على الزمر النقطية : **222, 32(2) :32, 422, 622**

فبالتطبيق نتحصل على 32 زمرة للتناظر 11 منهم ممركزة (تحتوي على عنصر تناظر) نسميهم تصنيفات لاوي وهي : **-1, 2/m, mmm, 4/m, 4/mmm, 6/m, 6/mmm, -3m, m3m, m3, et -3.**

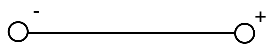
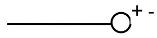
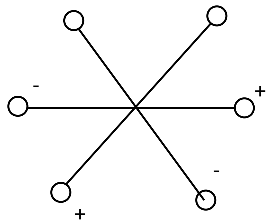
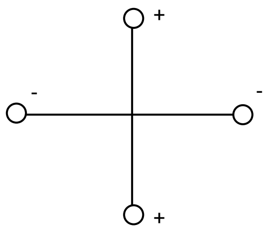
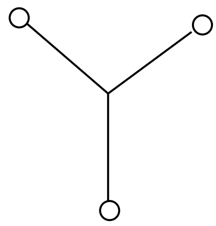
بصفة عامة التمثيل بالمصفوفات لعناصر التناظر يكون كالتالي :

1/ محور دوران P//oz : $$\begin{vmatrix}\cos\varphi & -\sin\varphi & 0\\\sin\varphi & \cos\varphi & 0\\0 & 0 & 1\end{vmatrix}$$

2/ انعكاس دوراني : $$\begin{vmatrix}\cos\varphi & -\sin\varphi & 0\\\sin\varphi & \cos\varphi & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}$$

3/ اقلاب دوراني : $$\begin{vmatrix}-\cos\varphi & \sin\varphi & 0\\-\sin\varphi & -\cos\varphi & 0\\0 & 0 & -1\end{vmatrix}$$

مجموعات تتوفر على مركز تناظر:

الرمز	التمثيل	الوصف	الرمز
$\bar{1}$		يماثل مركز تناظر	
$\bar{2}$		يماثل مستوي تناظر	
$\bar{3}$		يماثل لمحور تناظر 3 مرفوق بمركز تناظر $\bar{3} = 3 + \bar{1}$	
$\bar{4}$		يماثل محور تناظر من الرتبة 2	
$\bar{6}$		يماثل لمحور من الرتبة 3 مرفق بمستوي تناظر $\bar{6} = 3/m$	

هذه المجموعات أو الفئات لا تتوفر على مركز تناظر

2mm 2//m

3mm 3//m

4mm 4//m

6mm 6//m

باستخدام هذه النظريات يمكننا ايجاد كل المجموعات الممكنة من عناصر التناظر في الاشكال العامة وفي البلورات بصفة خاصة ، تنقسم هذه الفئات الى قسمين :

الفئة الغير مكعبة :

بعمليات التناظر نحصل على محور واحد.

الفئة المكعبة :

تحتوي على اكثر من محور واحد مثال: 432.231.....

تمثيل المجموعات النقطية للتناظر:

يوجد في المجموع 32 زمرة نقطية للتناظر والجدول التالي يوضح ذلك

النظام البلوري	**Classe**	**Réseau de Bravais**
Tricliniqueثلاثي الميل	1 -1	P
Monocliniqueاحادي الميل	2, m, 2/m	P, C
Orthorhombique متعامد معيني	222, 2mm, mmm	P, C, I, F
Tétragonalرباعي	4, -4, 4/m, 4mm, 422, -42m, 4/mmm	P, I
Trigonalمعيني	3, -3, 3m, 32, -3m	R, P
Hexagonalسداسي	6, -6, 6/m, 6mm, 622, -62m, 6/mmm	P
Cubiqueمكعبي	23, m3, -43m, 432, m3m	P, I, F

ملاحظة:

في النظام وحيد الميل b//2.

في النظام الرباعي والسداسي 4, c//6.

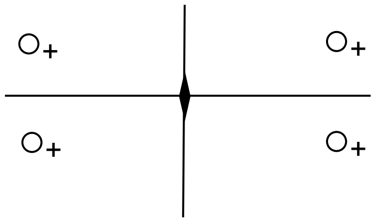
في النظام المكعبي المحور 3//[111].

3/m توافق 6-.

من بين 32 زمرة تناظر يوجد 11 منها متناظرة مركزيا.

مثـــــال:

الزمرة 2mm يمكن كتابتها بكل بساطة 2m لانه في النظام المتعامد المعيني يوجد محور 2 ومستوي m1 وبالتالي فانه من المنطقي ان يوجد مستوي m2.



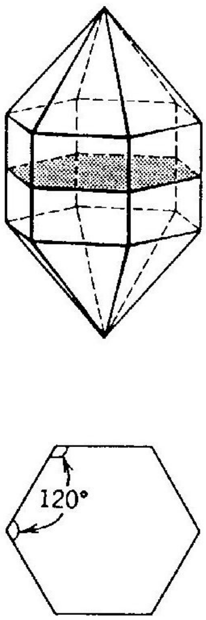
I-5- الاسقاط الستيريوغرافي Projection stéréographique :

لكل بلورة هيئة خاصة بها متعلقة بتوجيه وانبساط اسطحها، هذه الاسطح تمثل خصائص ملحوظة : الزاوية بين سطحين لنفس الصنف تكون دائما ثابتة – الشكل –

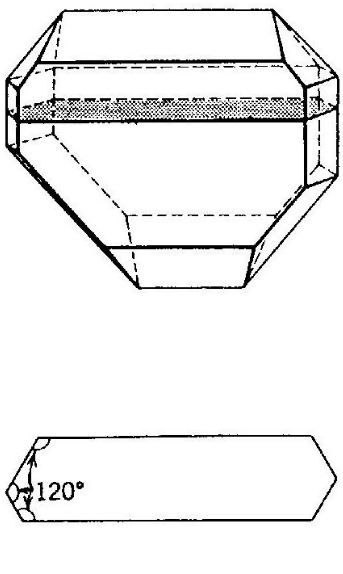
I-5-1- قانون ثابت زوايا ثنائيات الاسطح loi de constante des angles dièdres

في البلورات من نفس الصنف البلوري امتداد الاسطح لا يعتبر خاصية ثابتة على العكس ، الزوايا مابين الاسطح او الاضلاع تكون ثابتة في أي صنف وكذلك :

- الزاوية بين سطحين في بلورة لا تتغير خلال نمو هذه البلورة.
- الزوايا بين الاسطح المتعلقة بعينتين من نفس الصنف البلوري تكون متساوية .



(a)



(b)

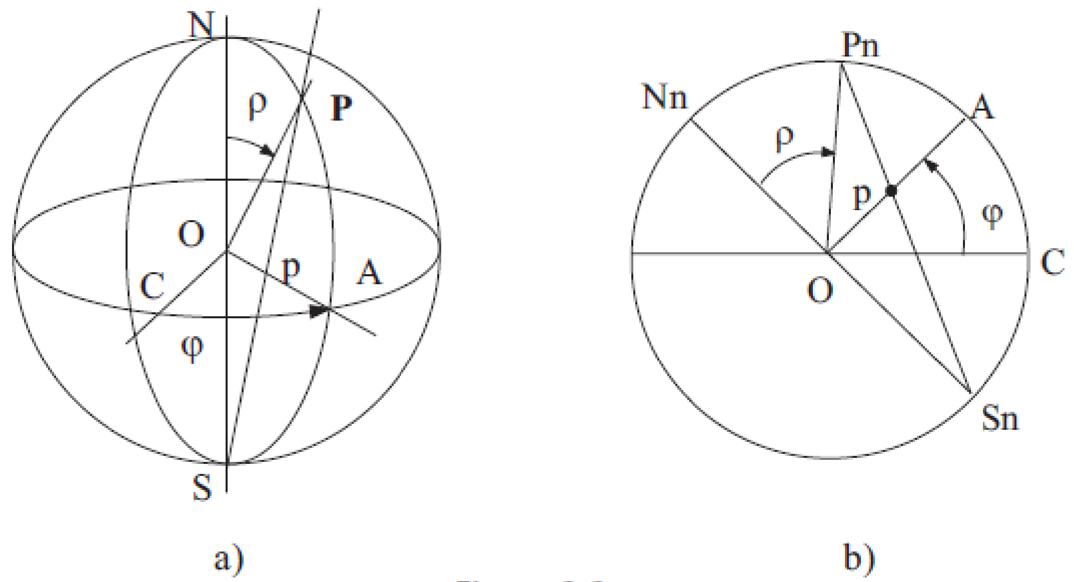
ا

I-5-2- التحويل الستيريوغرافي لنقطة:

تعريف:

لتكن كرة مركزها O ونصف قطرها R ، NS قطرها ولتكن P نقطة من الكرة ، تقاطع SP مع المستوي المركزي (الاستوائي) العمودي على NS يعطي النقطة p.

نسمي التحويل الستيريوغرافي للنقطة P النقطة النظيرة لها p.



خصائص التحويل:

- يحول الكرة إلى مستوي والذي يعتبر كمستوي إسقاط .
- كل دائرة ترسم على الكرة تحول إلى دائرة أو إلى مستقيم على المستوي الاستوائي.
- هذا التحويل يحافظ على الزوايا.

قطب الوجه pole d'une face :

لنفرض أن البلورة C موضوعة في مركز الكرة O ، من هذه النقطة نحدد المستقيمات العمودية OP_i على الاوجه ، النقاط P_i هي تقاطع انصاف المستقيمات مع الكرة تسمى هذه النقاط باقطاب الوجه.

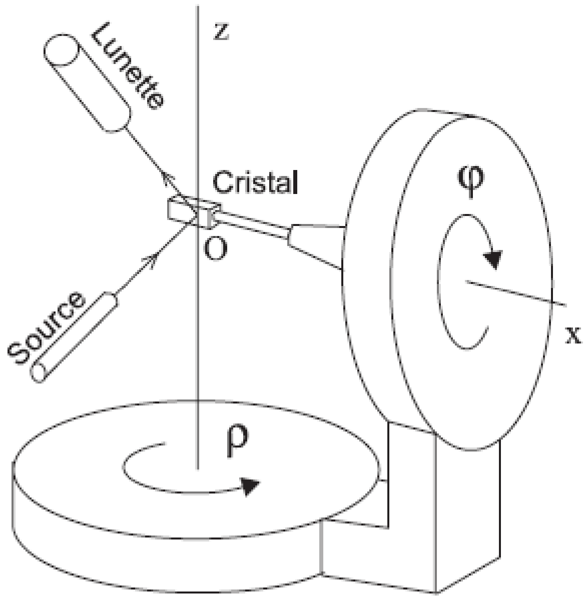
التحويل الستيريوغرافي المطبق على الاقطاب P_i يعطي النقاط p_i هذه النقاط تكون داخل الدائرة الاستوائية (المركزية) .

اصطلح على تمثيل مساقط الاتجاهات الواقعة اسفل المستوي الاستوائي بدائرة o.ومساقط الاتجاهات الواقعة اعلى المستوي الاستوائي باشارة ضرب x.

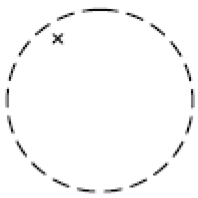
الاسقاط الستيريوغرافي لقطب:

اتجاه المستقيم العمودي على الوجه يحدد بالزاويتين ϕ=(COA),ρ=(NOP)

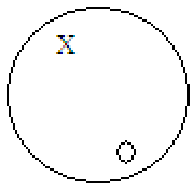
في البلورات الحقيقية زوايا الاوجه تعرف بقياسات بصرية بواسطة جهاز انعراج ذو حلقتين حيث يعمل الجهاز كما يلي : تلصق البلورة على رأس غونيومتري متصل بدوار يدور نسبة لمحور افقي بزاوية ϕ ودوران بزاوية ρ حول محور ثاني . –الشكل -



1- النظام ثلاثي الميل : Système triclinique -

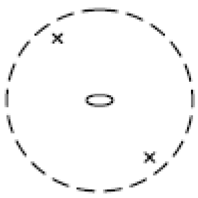


1(C)

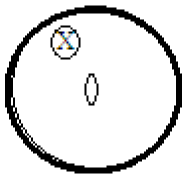


$\bar{1}$ (C_i)

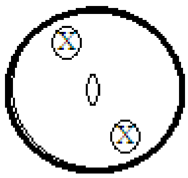
2- النظام احادي الميل: Système monoclinique



(C_2) 2

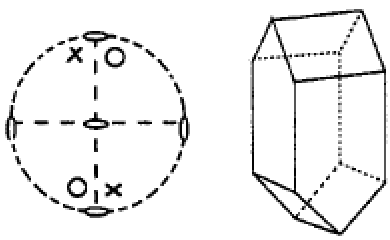


$\bar{2}$ (C_5)

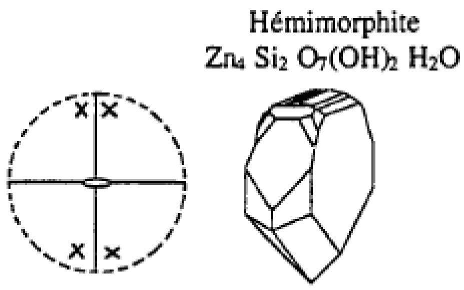


$\frac{2}{m}$ (C_{2h})

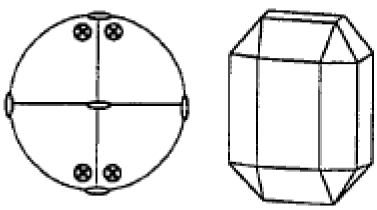
3- النظام المتعامد المعيني : Système Orthorhombique -



222 (D_2)

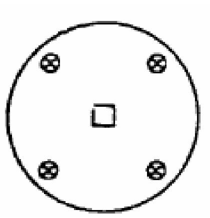


mm2 (C_{2v})

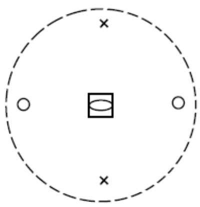


mmm (D_{2h})

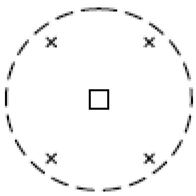
4- النظام الرباعي: Système quadratique -



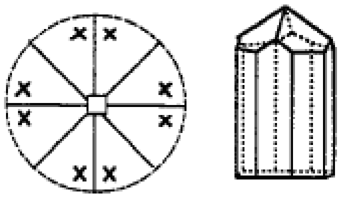
$\frac{4}{m}$ (C_{4h})



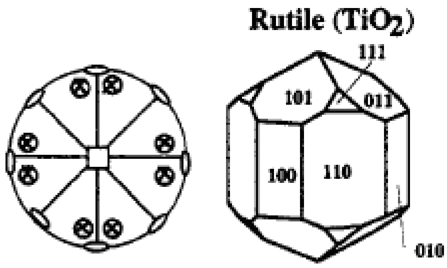
$\bar{4}$ (S_4)



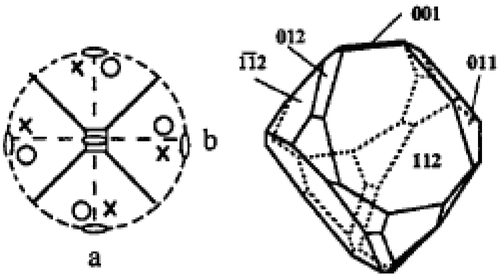
4 (C_4)



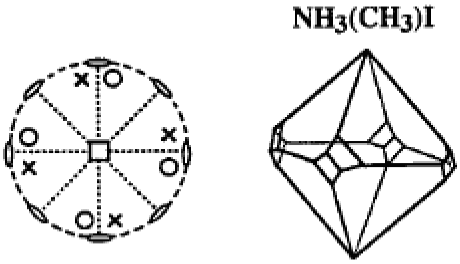
4mm (C_{4v})



4/mmm (D_{4h})

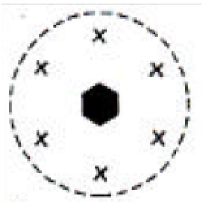


-42m (D_{2d})

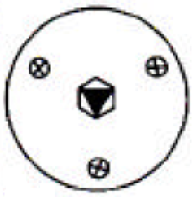


422 (D_4)

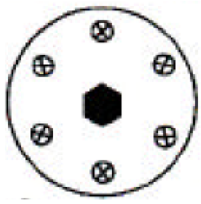
5- **النظام السداسي: Système hexagonal**



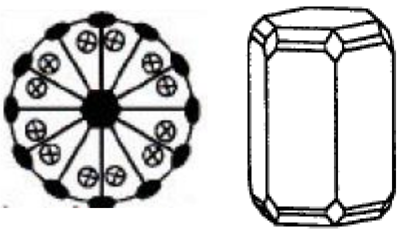
6 (C_6)



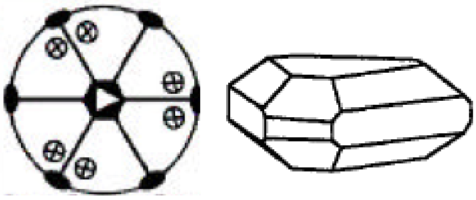
$\bar{6}$ **(C_{3h})**



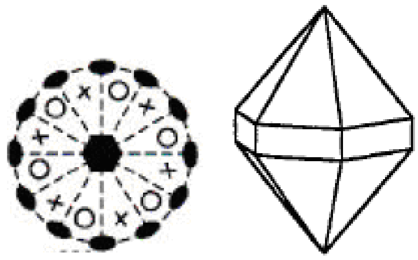
$\frac{6}{m}$ **(C_{6h})**



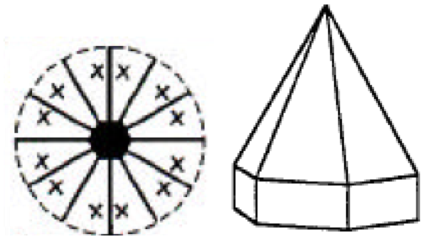
$\frac{6}{m}mm$ **(D_{6h})**



$\bar{6}2m$ **= 6m** (D_{3h})

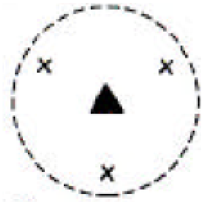


622 (D_6)

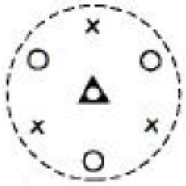


6mm (C_{6v})

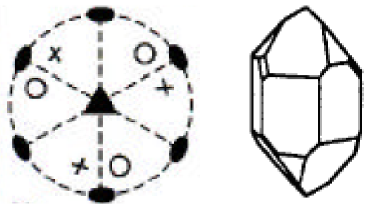
6- النظام المعيني: Système Rhomboédrique -



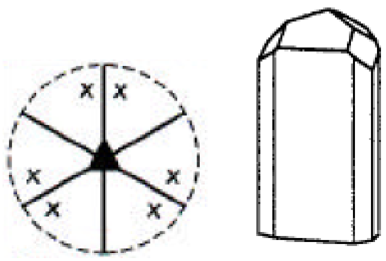
3 (C_3)



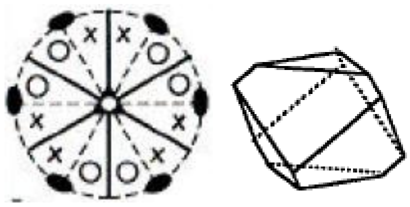
$\bar{3}$ (C_{3i})



32(D_3)

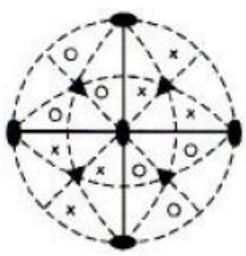


3m (C_{3v})

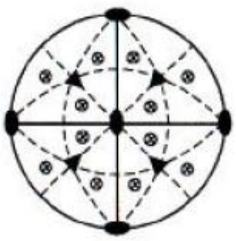


$\bar{3}m$ (D_{3d})

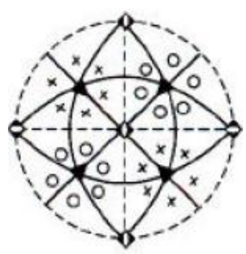
7- النظام المكعبي: Système cubique -



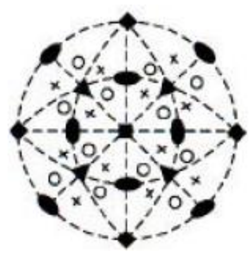
23 (T)



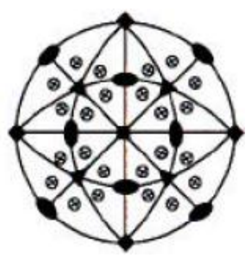
m3 (T_h)



$\bar{4}3m$ (T_d)

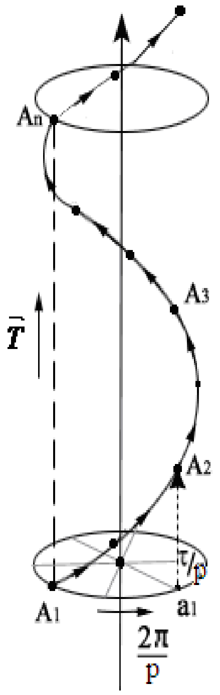


432 (O)



m3m (O_h)

6-I- تناظر الموضع :

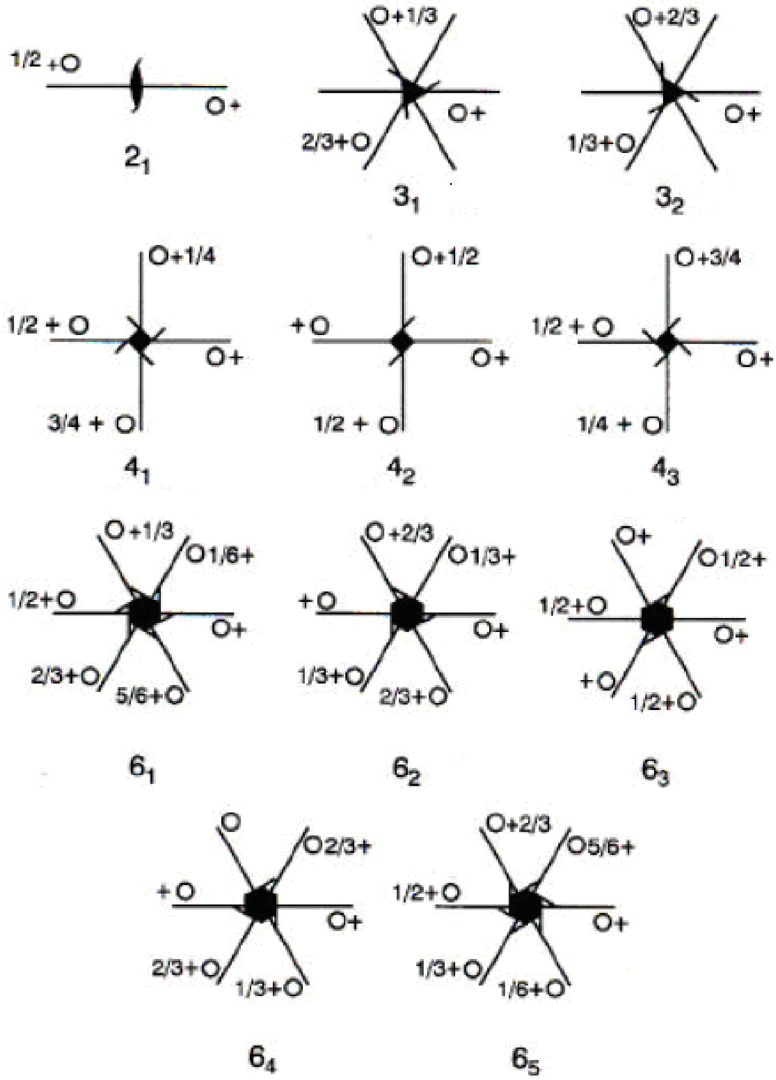


يعتمد تناظر الموضع على الدوران P أو الانعكاس m مع انسحاب (سحب) حيث يربط الذرات داخل نفس الخلية البلورية إذن:

- تناظر التوجيه متبوع بانسحاب يعطي تناظر الموضع.
- محاور الدوران المباشرة متبوعة بانسحاب تعطي المحاور الحلزونية.
- الانعكاس متبوع بانسحاب يعطي المستويات الانزلاقية.

1-6-II- المحاور الحلزونية Axes hélicoïdaux:

Pn هو محور دوران حلزوني بحيث : $1 \le n \le P-1$ و $P \ne 1$ وهذا يعني دوران من الدرجة P بزاوية دوران $\frac{2\pi}{p}$ متبوعة بعملية سحب بقيمة $\vec{T} = \frac{n}{p}.\vec{c}$ في اتجاه محور الدوران.



بعد تطبيق عدة عمليات تناظر n نحصل على نقطة An في الشبكة تكون منطبقة على النقطة الابتدائية A1 بانسحاب موازي لمحور الدوران.اذن نقاط التناظر تكون متوضعة على مسار حلزوني كما في الشكل.

مثال :

- محور من الدرجة 2 يكون لدينا المحور الانزلاقي 2_1 حيث ان الدوران يكون بالزاوية $\frac{2\pi}{p} = \frac{2\pi}{2} = \pi$ وانسحاب بقيمة $\vec{T} = \frac{n}{p} = \frac{1}{2}$.

- محور من الدرجة 3 يكون لدينا المحاور الانزلاقية 3_1 و3_2

- محور من الدرجة 4 يكون لدينا المحاور الانزلاقية 4_1 و4_2 و4_3

- محور من الدرجة 6 يكون لدينا المحاور الانزلاقية 6_1 و6_2 و6_3 و6_4 ، 6_5.

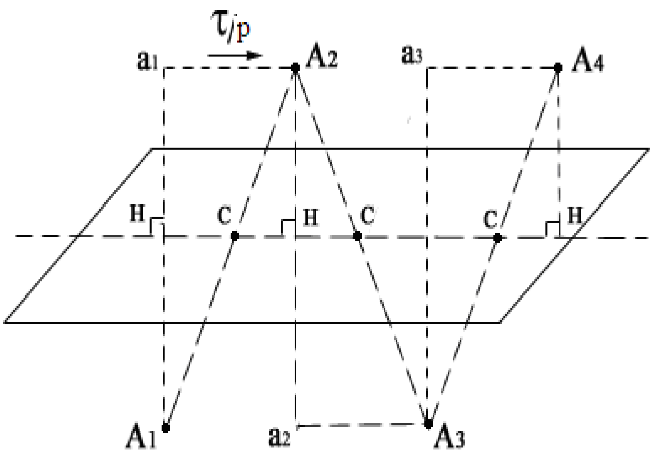
I-2-6- المستويات الانزلاقية Les plans de glissement:

وهي عبارة عن تطبيق عملية انعكاس وتتبع بانزلاق (سحب) بالتوازي مع المستوي (حسب نوع المستوي الانزلاقي) .

مثلا المستوي الانزلاقي من النوع a – b أو c يعرف بالمستوي الانزلاقي المحوري وهو عبارة عن انعكاس على المستوي الحامل للمحور ويتبع بعملية سحب $\vec{T}=\frac{1}{2}.\vec{a}$ $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} x+1/2 \\ y \\ z \end{pmatrix}$

الانسحابات تعطى بالعلاقة:

$$\vec{T}=\frac{a}{2},\frac{b}{2},\frac{c}{2},\frac{a+b}{2},\frac{a+c}{2},\frac{c+b}{2},\frac{a+b+c}{2}.....$$



ملاحظة:

المستويات من النوع a,b,c تسمى المستويات المحورية.

// // n // // القطرية.

// // d // // الماسية.

والجدول التالي يلخص كل المستويات الانزلاقية مع رموزهم

Symbole	Normal au plan de projection	Parallèle au plan de projection	Glissement
m			
a, b			a/2 suivant [100] b/2 suivant [010]
c			c/2 suivant [001]
n			$(\vec{a}+\vec{b})/2$; $(\vec{b}+\vec{c})/2$ $(\vec{c}+\vec{a})/2$ $(\vec{a}+\vec{b}+\vec{c})/2$ (cubique quadratique)
d			$(\vec{a}\pm\vec{b})/4$; $(\vec{b}\pm\vec{c})/4$ $(\vec{c}\pm\vec{a})/4$ (F) $(\vec{a}\pm\vec{b}\pm\vec{c})/4$ (I)

n : miroir diagonal
d : miroir diamant

I-7- الزمر الفضائية:

الزمرة الفضائية هي مجموعة عمليات التناظر المطبقة على بنية ثلاثية الأبعاد حيث أن معرفة الزمرة الفضائية يحتم علينا معرفة جميع احتمالات تركيب عمليات التناظر التالية :

- المحاور المباشرة 2،3،4،6 وكذلك المحاور الدورانية الموافقة لها.
- المحاور الانقلابية -2.-3.-4.-6 وكذلك المستويات الانزلاقية .

وفي الأخير نحصل على 230 زمرة فضائية بحيث أن معرفة طبيعة وموضع عمليات التناظر في الخلية البلورية ومن ثم تعميمها على كامل الشبكة بعمليات سحب موزعة على السبع أنظمة بلورية كما يلي:

2- في النظام ثلاثي الميل

13- في النظام وحيد الميل

59- في النظام المتعامد المعيني

68 - // الرباعي

27- // السداسي

36 - // المكعبي

25 - // المعيني

يوجد اصطلاحان لتمثيل الزمر الفضائية :

1- اصطلاح شونفليس Schönflies المستعمل في المطيافية (C_2, C_3, C_{3v}...)

2- اصطلاح هرمن موقن Herman Maguin المستعمل في علم البلورات Lαβγ حيث :

L نوع شبكة برافي: P,F,I,A,B,C

α,β,γ محاور مباشرة أو حلزونية، مستويات تناظر انزلاقية أو عادية.

مثال :

في النظام وحيد الميل

- نوع شبكة برافي P أو C.
- الزمر النقطية : 2، 2/m
- // الفضائية 13 : منها P2, P21, P2/m

اذا كانت α,β,γ قيم جبرية (اعداد) فهذا يعني انها عبارة عن محاور دوران اما مباشرة او حلزونية اين : α//a,β//b,γ//c.

اذا كانت α,β,γ حروف فهذا يعني انها عبارة عن مستويات انعكاس عادية أو انزلاقية اين:

$\alpha \perp a, \beta \perp b, \gamma \perp c$

I-7-1- تمثيل الزمر الفضائية واسقاط الخلية :

تمثل الزمر – المجموعات- النقطية بالاسقاط الستيريوغرافي اي يمكننا دراسة ومعرفة الاتجاهات المتكافئة اما في الزمر فاننا نمثل المواقع المتكافئة.

تمثل المواقع المتكافئة والتي يمكن معرفة عددها من الاسقاط الستيريوغرافي ويضاف اليها عمليات السحب حسب نوعية برافي .

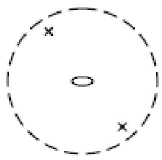
عادة مانقوم باسقاط البلورة – المواقع المتكافئة – على الوجه ab: 001 .

مثل اي عملية اسقاط يجب معرفة مايلي :

1- معرفة الزمرة النقطية للتناظر.
2- معرفة النظام البلوري.
3- نوع شبكة برافي.
4- التعداد – الاسقاط الستيريوغرافي –
5- عدد المواقع المتكافئة = التعداد * عدد النماذج.
6- الاسقاط

I-7-2- أمثلة :

الزمرة P2:



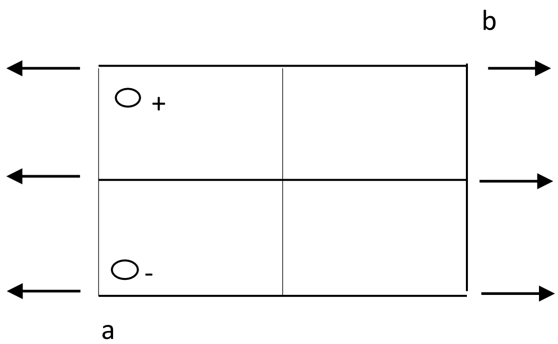
الزمرة النقطية للتناظر 2

النظام : وحيد الميل

نوع الشبكة P عدد نماذجها 1

التعداد : الاسقاط الستيريوغرافي

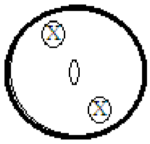
عدد المواقع المتكافئة = 2×1=2



الزمرة الفضائية : $P2_1/c$

نوع الشبكة P

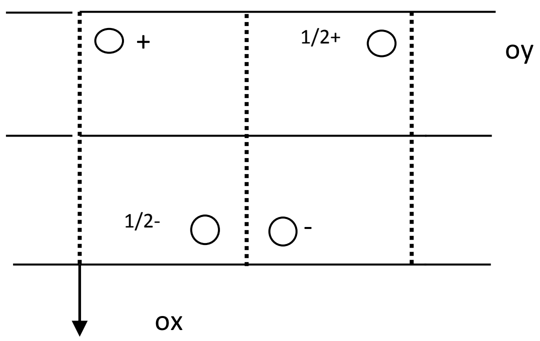
الإسقاط الستيريوغرافي



الزمرة النقطية:2/m

التعداد :4

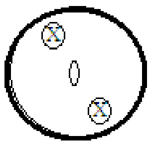
عدد المواقع المتكافئة: 4=1×4



الزمرة الفضائية : **P2/m**

نوع الشبكة P

الإسقاط الستيريوغرافي



الزمرة النقطية:2/m

التعداد :4

عدد المواقع المتكافئة: 4=1×4