

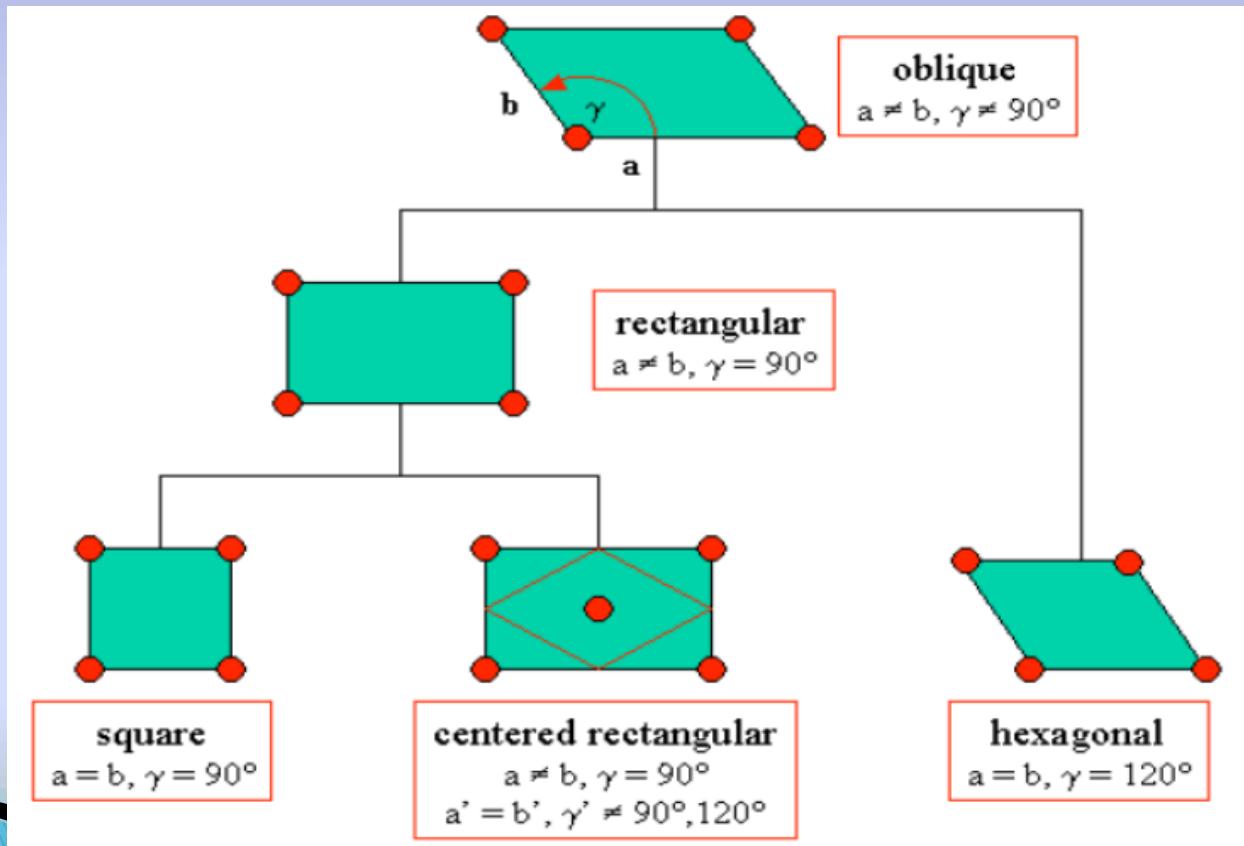
المجاميع الفضائية المائتان والثلاثون : The 230 space group

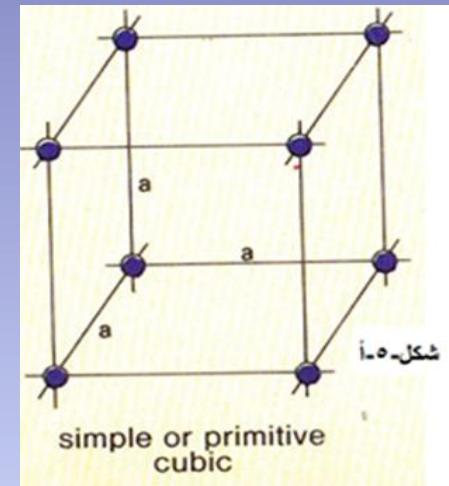
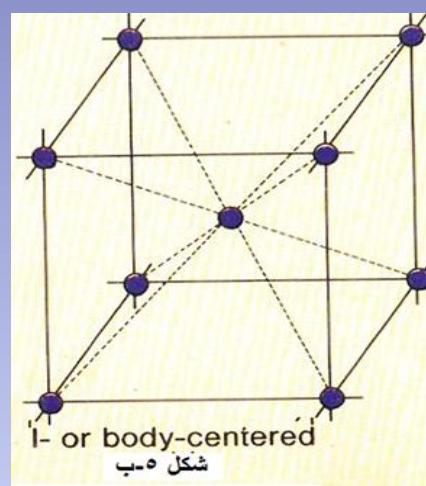
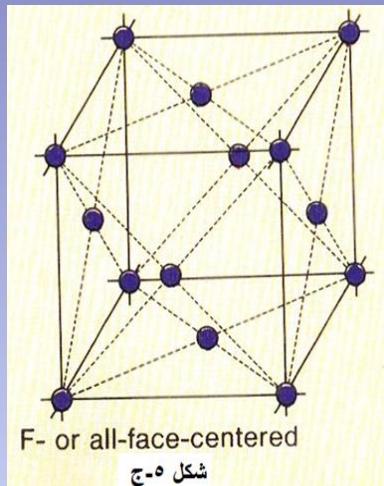
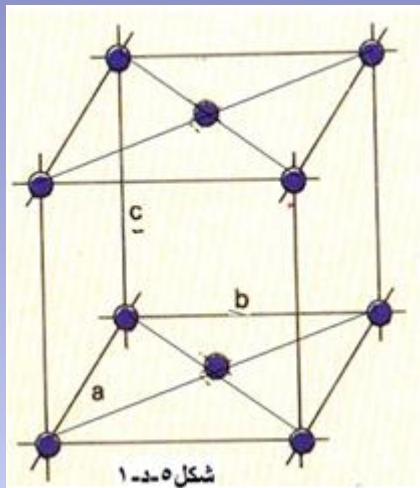
عرفنا المجاميع النقطية pointe group والمتشكلة من ٣٢ صنف بلوري و الناتجة من الانظمة البلورية السبعة مع عناصر التناظر الدالة عليها من عناصر التناظر اللازاحية وتشمل (A , A^- , I , m) وعرفنا تناظر ومميزات كل صنف مع الرسم المسقط الستريوغرافي.

Crystal System	Crystal Class	Symmetry
Triclinic	1	none
	$\bar{1}$	i
	2	$1A_2$
	m	$1m$
	$2/m$	i, $1A_2$, $1m$
	222	$3A_2$
	$mm2$ ($2mm$)	$1A_2$, $2m$
	$2/m2/m2/m$	i, $3A_2$, $3m$
	4	$1A_4$
	$\bar{4}$	\bar{A}_4
Orthorhombic	$4/m$	i, $1A_4$, $1m$
	422	$1A_4$, $4A_2$
	4mm	$1A_4$, $4m$
	$\bar{4}2m$	$1\bar{A}_4$, $2A_2$, $2m$
	$4/m2/m2/m$	i, $1A_4$, $4A_2$, $5m$
	222	$3A_2$, $3m$
	$mm2$	$1A_2$, $3A_2$, $3m$
	$2/m2/m2/m$	i, $1A_2$, $3A_2$, $3m$
	622	$1A_6$, $6A_2$
	$6mm$	$1A_6$, $6m$
Tetragonal	$\bar{6}m2$	$1\bar{A}_6$, $3A_2$, $3m$
	$6/m2/m2/m$	i, $1A_6$, $6A_2$, $7m$
	23	$3A_2$, $4A_3$
	$2/m\bar{3}$	$3A_2$, $3m$, $4\bar{A}_3$
	432	$3A_4$, $4A_3$, $6A_2$
	$\bar{4}3m$	$3\bar{A}_4$, $4A_3$, $6m$
	$4/m\bar{3}2/m$	$3A_4$, $4\bar{A}_3$, $6A_2$, $9m$
	23	$3A_2$, $4A_3$
	$2/m\bar{3}$	$3A_2$, $3m$, $4\bar{A}_3$
	432	$3A_4$, $4A_3$, $6A_2$

Crystal System	Crystal Class	Symmetry
Hexagonal	3	$1A_3$
	$\bar{3}$	$1\bar{A}_3$
	32	$1A_3$, $3A_2$
	3m	$1A_3$, $3m$
	$\bar{3}2/m$	$1\bar{A}_3$, $3A_2$, $3m$
	6	$1A_6$
	$\bar{6}$	$1\bar{A}_6$
	$6/m$	i, $1A_6$, $1m$
	622	$1A_6$, $6A_2$
	$6mm$	$1A_6$, $6m$
Isometric	$\bar{6}m2$	$1\bar{A}_6$, $3A_2$, $3m$
	$6/m2/m2/m$	i, $1A_6$, $6A_2$, $7m$
	23	$3A_2$, $4A_3$
	$2/m\bar{3}$	$3A_2$, $3m$, $4\bar{A}_3$
	432	$3A_4$, $4A_3$, $6A_2$
	$\bar{4}3m$	$3\bar{A}_4$, $4A_3$, $6m$
	$4/m\bar{3}2/m$	$3A_4$, $4\bar{A}_3$, $6A_2$, $9m$
	23	$3A_2$, $4A_3$
	$2/m\bar{3}$	$3A_2$, $3m$, $4\bar{A}_3$
	432	$3A_4$, $4A_3$, $6A_2$

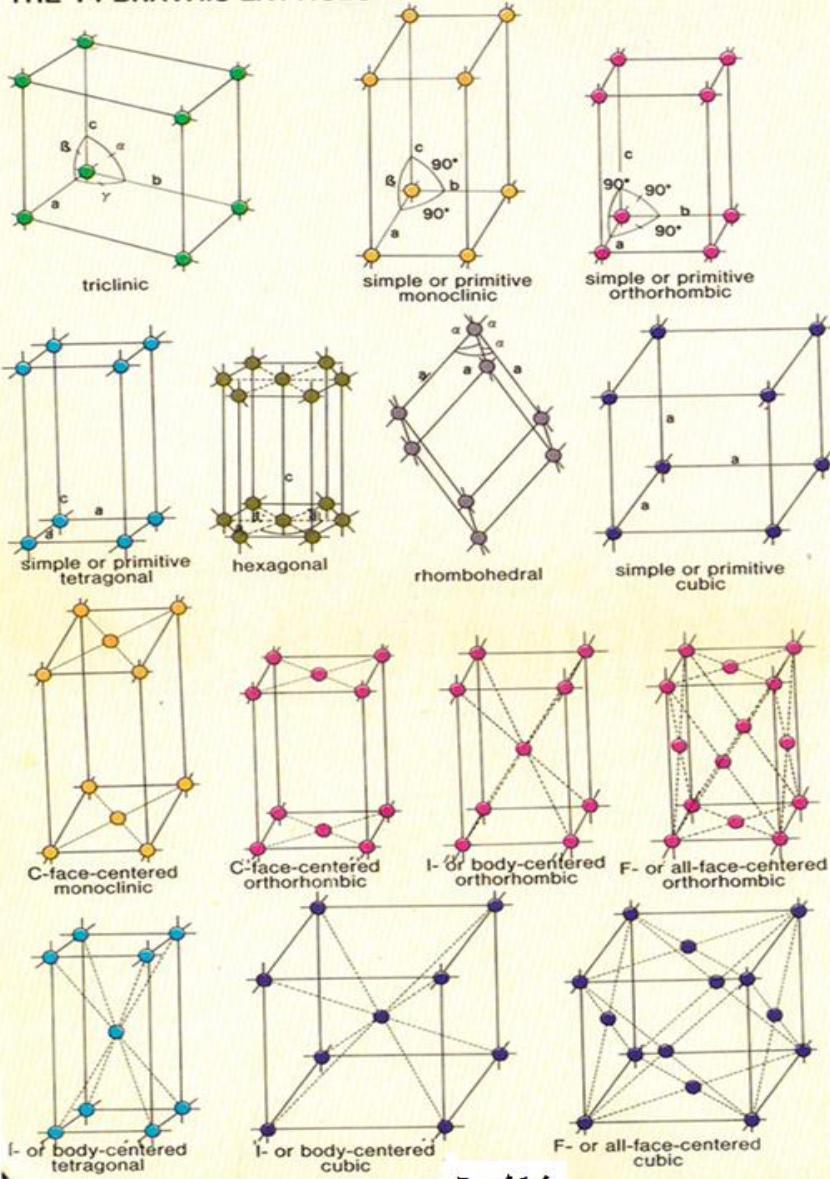
عندما نأتي الى البنية الذرية crystal lattice وتم دراسة البنية الذرية في اتجاه واحد وفي اتجاهين لاحظنا تشكل الشبكة المربعة، والمستطيلة، والمستطيلة الممركزة، والسداسية والشبكة المائلة؛ هذه الشبكات لاحظناها في بعدين





وعند بناء هذه الشبكات الثنائية البعاد في ثلاث ابعاد والتي نتج عنها خلايا الوحدة unite cells والمكونة من اربع انواع من الخلايا وهي (P, I, F, C) وعرفنا مميزات كل وحدة خلية من عدد الذرات الدالة في الخلية واحداثيات الخلية وبيئة البنية لكل خلية.

THE 14 BRAVAIS LATTICES



وعرفنا ان هذه الانواع الاربعة من خلايا الوحدة
تشكل ١٤ وحدة خلية موزعة على الانظمة
البلورية السبعة والتي سميت بخلايا برافس.
وكذلك تطرقنا الى التمايز للوحدات الاحادية
والثنائية البعد

الآن نتعرف على المجاميع الفضائية (۲۳۰) وهذه ناتجة من البنية الذرية للبلورة والمشكلة من خلايا برافس وعناصر التناظر اللازاحية (m , A , \bar{A} , I) وعناصر التناظر الازاحية والتي تشمل :

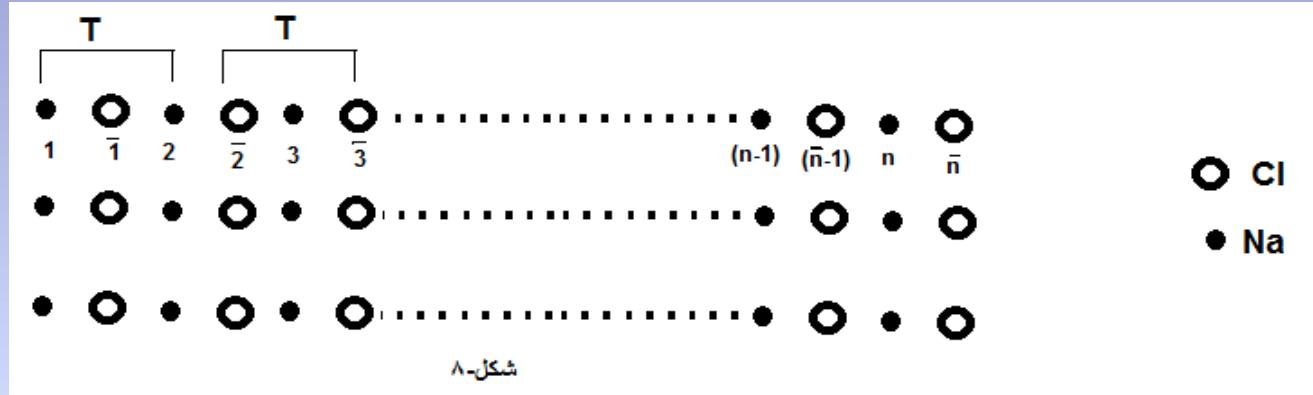
- ١) محور التناظر الانتقالى : (Translation (T)
- ٢) مستوى تناظر انعكاس - انتقال : (Reflection -Translation) or Glide plan
- ٣) محور حلزوني دوران - انتقال : (Rotation – Translation) or Screw axes

اذا هذه العناصر التناظر الازاحية وخصوصا عنصر التناظر الثاني والثالث تمثل عناصر تناظر مركبة من مستوى انعكاس وانتقال ($T - m$) وكذلك محور دوران وانتقال ($R - T$) والتي توجد في البنية الذرية الفضائية والتي تسمى الاشكال الانهائية.

اذا هذه العناصر المركبة اضافة الى محور التناظر الانتقالى T والتي اسماها بعناصر التناظر الازاحية (T , $R-T$, $m-T$) وعناصر التناظر اللازاحية (A , \bar{A} , I , m) مع وجود ۱۴ خلية برافس الموزعة على سبعة انظمة بلورية مجاميع فضائية (Space groups) وعددتها 230 مجموعة فضائية.

(١) محور التناظر الانتقالي : (T) Translation (T)

قد نرى ببساطة في دراسة محور التناظر الانتقالي لكنه مهم جدا وهو اساس بناء البنية الذرية وهو عبارة عن ذلك الاتجاه في البنية الذرية (اللانهائي) الذي اذا ما انتقلت نقاط البنية على طول هذا المتجه مسافة معينة حل كل نقطة بنية محل نفسها (شكل-٨)

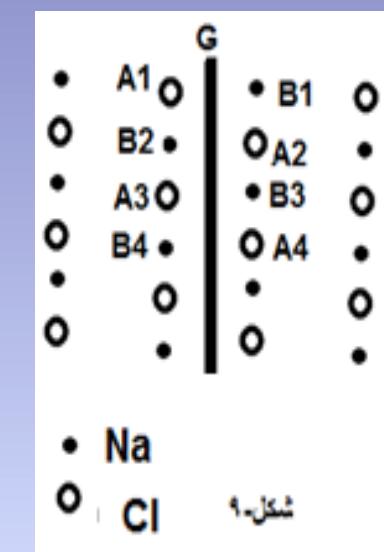


نلاحظ من الشكل ذرة الصوديوم Na وذرة الكلور Cl حيث ذرة الصوديوم رقم 1 حل محل نفسها على طول هذا المحور عند موقع 2، وموقع 3 وكذلك ذرة الكلور رقم -1 حلت في -2 ، -3 لمسافة ثابتة ومحدة ومتساوية حيث الى ان نصل الى n من ذرات الصوديوم و $-n$ من ذرات الكلور ؛ ونتيجة لذلك تحل الشبكة البلورية محل نفسها وان اتجاه $(n-1)$ هو اتجاه محور التناظر الانتقالي .

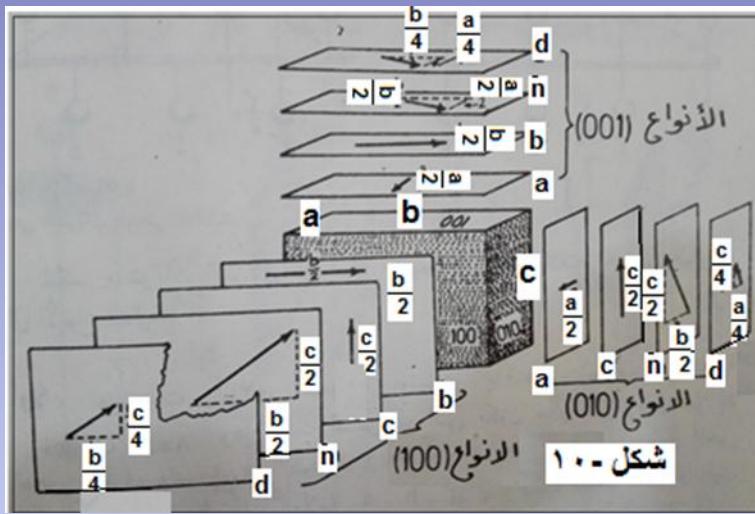
ان اصغر مسافة يجب ان ينتقلها الشكل اللانهائي او الشبكة البلورية على محور التناظر الانتقالي كما يحل الشكل محل نفسه تدعى بمسافة الانتقال او خطوة الانتقال او وحدة التكرار(Translation step or repeat unite). فمسافة الانتقال هنا في الشكل اعلاه(T) هي المسافة بين ذرة الصوديوم (1, 2) او بين ذرة الكلور (-2, -1) . يرمز لمحور التناظر الانتقالي (T) دون اضافة ارقام الى يمين الرمز نظراً لعدم وجود درجات او مراتب لهذا المحور.

من (شكل - ٩) نلاحظ وجود ايونات الصوديوم والكلور متعاقبة مع بعضها حيث باستخدام هذا المستوى المركب (Glide plan) يمكن احلال ايونات الصوديوم محل بعضها البعض وكذلك الامر بالنسبة لایونات الكلور. اي يمكن احلال الشبكة محل نفسها وحسب الخطوات التالية:

عندما نمرر مستوى A1 كما في الشكل - ٩ (مستوى G) حيث نلاحظ ذرة الكلور Cl و بالرمز A1 فأنها تتعكس عبر المستوى لتحل محل B1 ولكن يتم انتقال A1 بعد انعكاسها الى A2 بصورة موازية للمستوى (G) في اتجاه (B1- B3) وعلى مسافة تساوي T وهي مسافه او خطوة انتقال (Translation step). وكذلك الحال للنقطة B1 وهي ايون الصوديوم تتعكس عند A1 ثم تنتقل بمسافة



T عند B2 ، وهكذا يمكن احلال النقطة A2 محل النقطة A3 وكذلك الحال بالنسبة لذرة الصوديوم يمكن احلال (B1, B2, B3,...) محل بعضها البعض وبذلك تأخذ الشبكة البلورية موقع مماثلة للوضع الاول اي تحل كل نقطة بنية محل نفسها من خلال هذا المستوى الذي يسمى بمستوى الانزلاق ويعرف هذا المستوى على انه : المستوى الذي يوجد ضمن الاشكال اللانهائية (اي البنية الذرية) الذي اذا ما انعكست فيه نقاط الشكل وانتقلت موازية له لمسافة معينة فان الشكل يحل محل نفسه



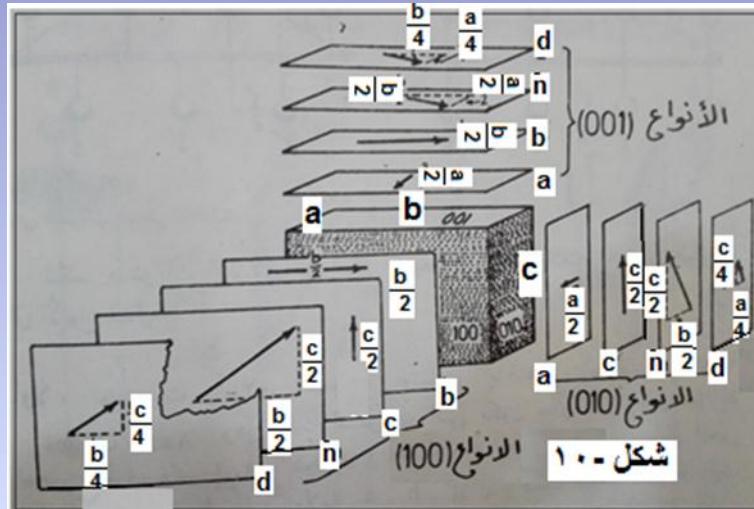
تنقسم مستويات الانزلاق على اساس طبيعة الانزلاق وعلاقة بالمحاور البلورية الى الانواع التالية:

اولا) مستويات انزلاق محورية :Axial Glides

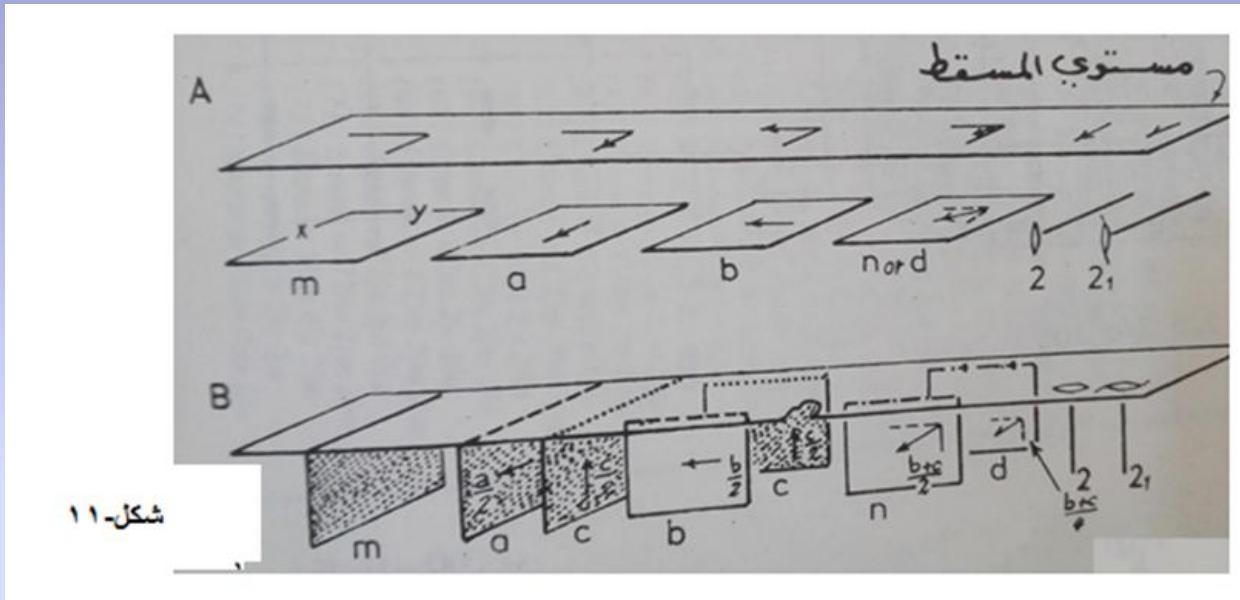
وهي تكون مستويات انزلاقها موازية لمحور بلوري وتساوي $(1/2)$ نصف وحدة تكرار على طول المحور البلوري ويعطى لها العلاقة (a, c, b) حيث تكون مسافة الانزلاق $(1/2c, 1/2b, 1/2a)$.

ثانيا)مستويات انزلاق قطرية :Diagonal Glides (n)

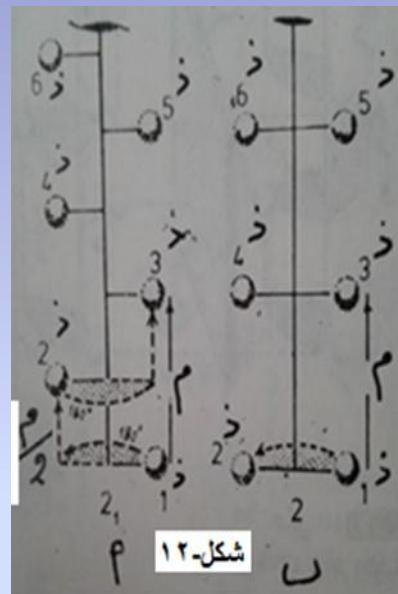
ويكون الرمز العام لها (n) وهذه المستويات تكون فيها مكونات الانزلاق عبارة عن مجموع المتجهات (Vectors Sum) أي اثنين من المتجهات اي باتجاه $(a/2+b/2 \text{ or } a/2+c/2 \text{ or } b/2+c/2)$.



ثالثا) مستويات انزلاق ماسية (d) Diamond Glides :
 ويكون الرمز العام لها (d) وهذه المستويات تكون فيها مكونات الانزلاق عبارة عن مجموع المتجهات (Vectors Sum) أي اثنين من المتجهات بمقدار ($1/4c$) وحدة تكرار ($1/4c$), و تكون مقدار اتجاه الازاحة ($1/4b + 1/4a + 1/4c$) او ($1/4b + 1/4c$) او ($1/4c + 1/4a$) او ($1/4a + 1/4b$) او ($1/4a + 1/4c$) او ($1/4b + 1/4a$). نلاحظ شكل - ١٠ يوضح انواع مستويات الانزلاق مع رموزها لبلوره تابعة للنظام المعيني القائم.

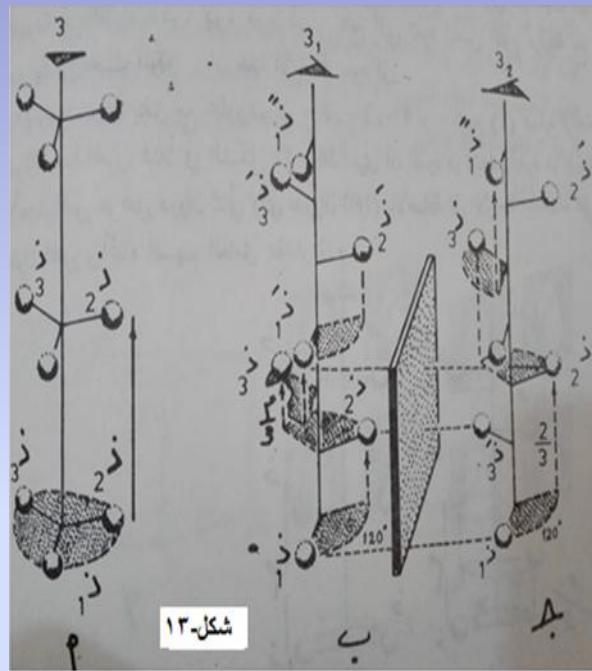


كما نلاحظ في شكل ١١ الرموز المستخدمة لمستويات التناظر الاعتيادية m والمستويات الزاحفة (a, b, c, n, d) ومحاور التناظر الاعتيادية (الثاني ٢) والمحاور الحزاونية $(2')$ عند مستوى التناظر الموازي (001) لاحظ شكل (A-١١)، في حين شكل (B-١١) يمثل عمليات التناظر الأخرى والعمودية على المستوى (001)

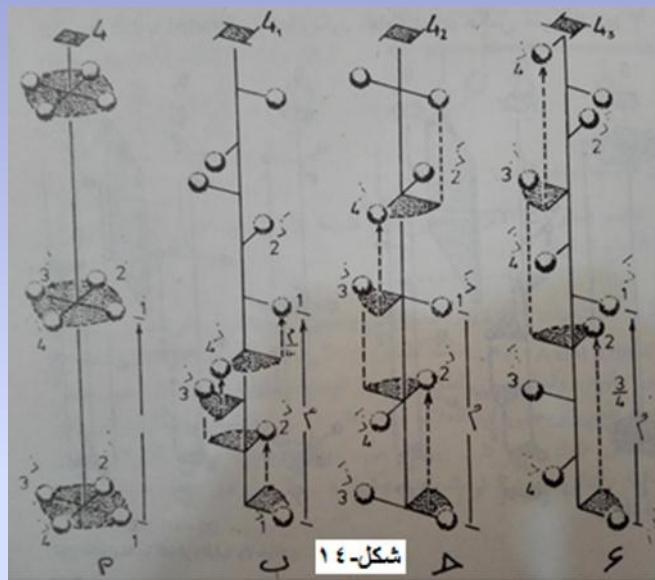


شكل ١٢

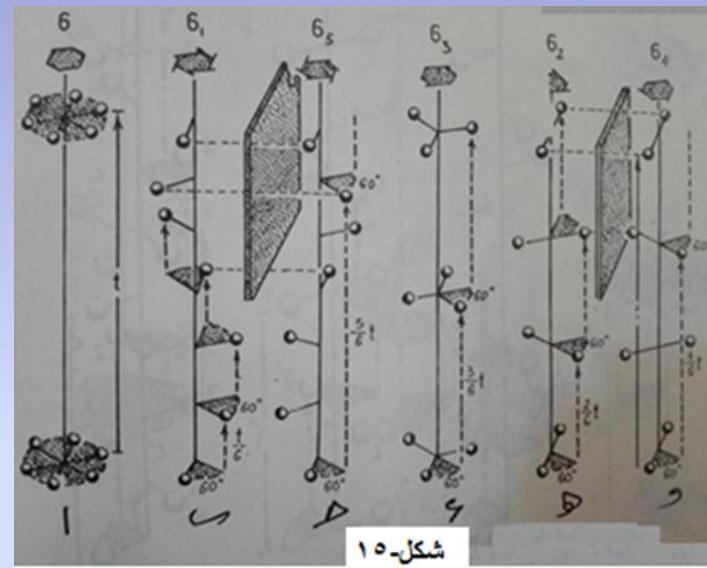
(المحاور الحلزونية Screw axis): وينتج هذا المحور من تألف محور دوران مع ازاحة اي هو محور مركب من دوران مع ازاحة (Rotation + Translation) موازية لمحور الدوران بمقدار يساوي جزء من وحدة التكرار بين نقاط البنية. او بتعريف اخر المحور الحلزوني عبارة عن ذلك المستقيم في الشكل اللانهائي الذي اذا ما حصل ودارت نقطة بنية حوله بزاوية معينة وانتقل لمسافة معينة بالتوازي معه لحل الشكل محل نفسه. ويكون المحور الحلزوني اما ثنائي او ثلاثي او رباعي او سداسي، ويكون في المحور الثنائي مثلا دوران 180° ثم انتقال مسافة على طول المحور بمقدار $1/2$ نصف وحدة تكرار لاحظ شكل-



وكذلك الحال بالنسبة لمحاور الدوران الحلزونية الثلاثية والرابعية والسداسية لاحظ الاشكال (١٣ ، ١٤ ، ١٥) على التوالي. حيث يكون في محور الدوران الثلاثي الحلزوني ويكون بشكل نوعين وهما ٣١ ، ٣٢ يتضمنان ازاحة مساوية بمقدار $1/3$ لكنهما يختلفان في اتجاه الدوران شكل ١٣.

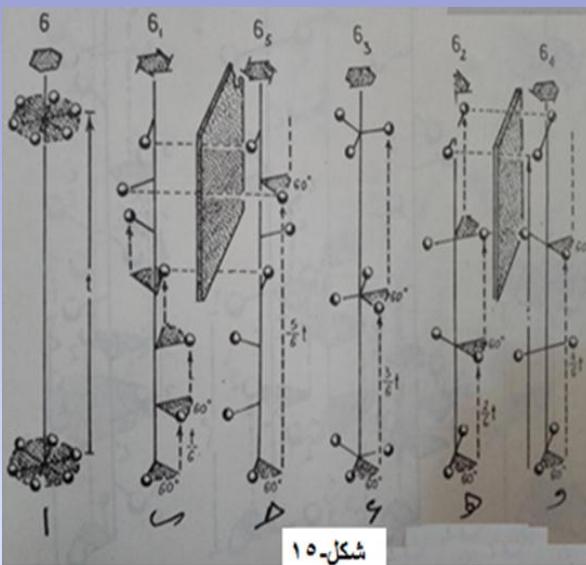


شكل - ١٤

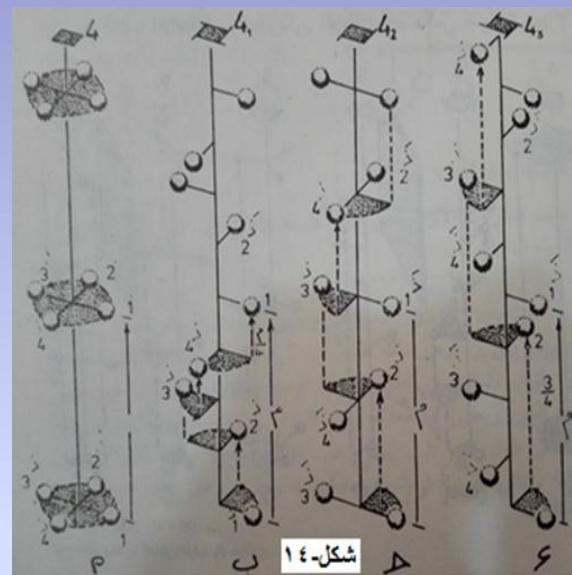


شكل - ١٥

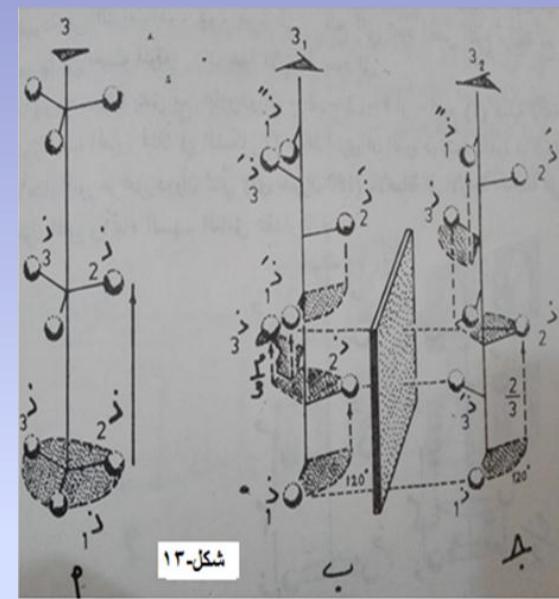
وكذلك الحال للمحور الدوارن الحلزوني الرباعي ويكون من نوع ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ لاحظ
شكل - ١٤ والسداسي ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٥



شكل ١٥

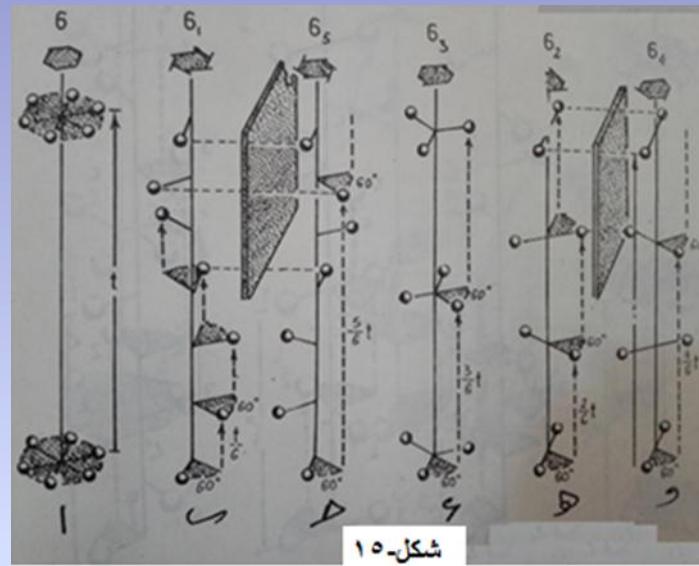


شكل ١٤ ب

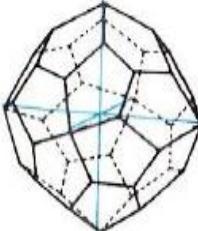


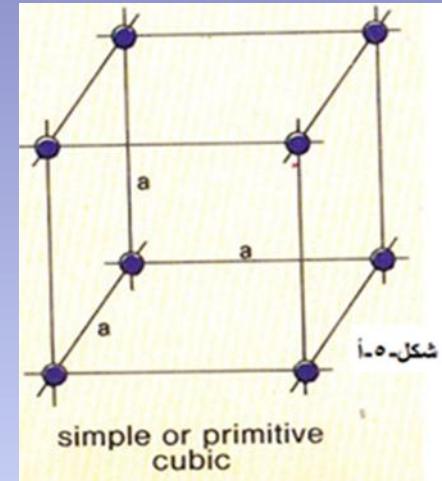
شكل ١٣ ب

وبذلك يكون اتجاه الدوران اما يميني right-handed مع اتجاه عقرب الساعة اقل من $1/2$. او يكون اتجاه يساري Left-handed مع اتجاه عكس عقارب الساعة اكبر من $1/2$. وذلك اعتمادا على قيمة النسبة بين الرمز السفلي على الرمز الاساس. فاذا كان حاصل تقسيم الرمز السفلي (مقدار الازاحة) الى الرمز الاساس (رتبة محور الدوران) اقل من $1/2$ فيكون المحور الحزووني يميني (مع عقارب الساعة). اما اذا كانت النسبة (الرمز السفلي على الاساس) اكبر من $1/2$ فيكون المحور الحزووني يساري (عكس عقارب الساعة). على سبيل المثال المحور الحزووني 41 هو محور يميني وذلك حاصل قسمة الرقم السفلي (مقدار الازاحة) الى الرمز العلوي (رتبة دوارن المحور) تساوي $1/4$ وهي اقل من $1/2$ وعليه فالمحور يميني ، اما رمز المحور الحزووني 32 فتكون النسبة بين الرمز السفلي الى الرمز العلوي $2/3$ اي اكبر من $1/2$ لذا يكون المحور من نوع يساري لاحظ شكل ١٣ ، ١٤ ، ١٥



ان اهمية المحور الحلزوني اليميني واليساري هو انه في كل البلورات المختلفة والعائدة لنفس المادة والتي لها بنية شبكيه واحدة فتماک اما محور حلزوني يميني او محور حلزوني يساري وهذا الاختلاف في نوع المحور يميني او يساري ينعكس على الصفات الفيزياوية (كدوران مستوى الاستقطاب وكذلك لوضعية الوجوه المتماثلة

CLASS AND DEGREE OF SYMMETRY	SIMPLE CRYSTALLINE FORMS
GYROIDAL 432 $3A_4 \cdot 4A'_3 + 6A''_2$	 <p>gyroid</p>



شرح بعض الرموز المجاميع الفضائية:

ان معرفة او اشتقاء بعض الرموز الفضائية حيث يتكون الرمز للمجموعة الفضائية لاي معدن او بلوره من الرمز الخاص بنوع بنية برافس او اي احد الرموز (F, I, C, B, A, P او R) يليه من اليسار الى اليمين التناظر العالمي (هرمان - موجن) للصنف البلوري التابع له المعدن مع الاخذ بنظر الاعتبار وجود المحاور الحزوئية و/او مستويات الانزلاق.

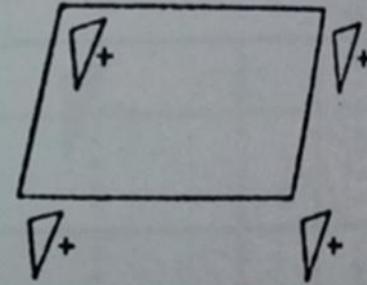
امثلة: p432 يشير هذا الرمز للمجموعة الفضائية Space group ويدل المجموعة النقطية بنية ابتدائية او خلية وحدة نوع P ولها ثلات محاور تناظر رباعية واربع محاور تناظر ثلاثية وست محاور ثنائية التناظر وهذا الصنف (432) هو الصنف الجايرودي (Gyroidal) التابع لنظام المكعب.

مثال ٢ الرمز Cmc₂₁

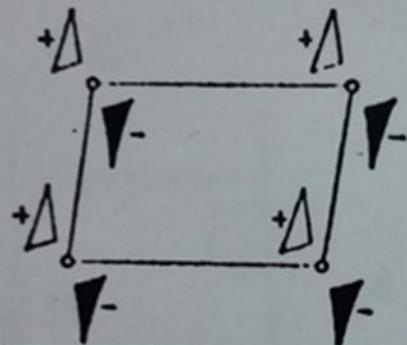
١) يمثل هذا الرمز النظام المعيني القائم. ٢) حيث يدل على وجود وحدة خلية ممركزة الوجه عند المحور البلوري C او الوجه (001) ٣) وجود مستوى تناظر (m) موازيا للوجه (100) محور a. ٤) وجود مستوى انزلاق موازي (010) محور b مع ازاحة C/2 (نصف C) ٥) وجود محور حلزوني 2₁ يتضمن دورة 180° حول المحور البلوري C مع ازاحة مقدارها 1/2 بموازاة المحور C ٦) وبذلك ينتج الصنف البلوري mm₂ او الصنف Rhombic- Pyramidal لنظام المعيني القائم.

المجاميع الفضائية :The 230 space group :

اذا من تالف عناصر التناظر المختلفة اللازاحية (i, A, A⁻, m,) وبضمنها كذلك عناصر التناظر الازاحية (المحاور الحلزونية ومستويات الانزلاق) مع خلايا برافس الاربعة عشر ينتج لدينا 230 مجموعة فضائية.



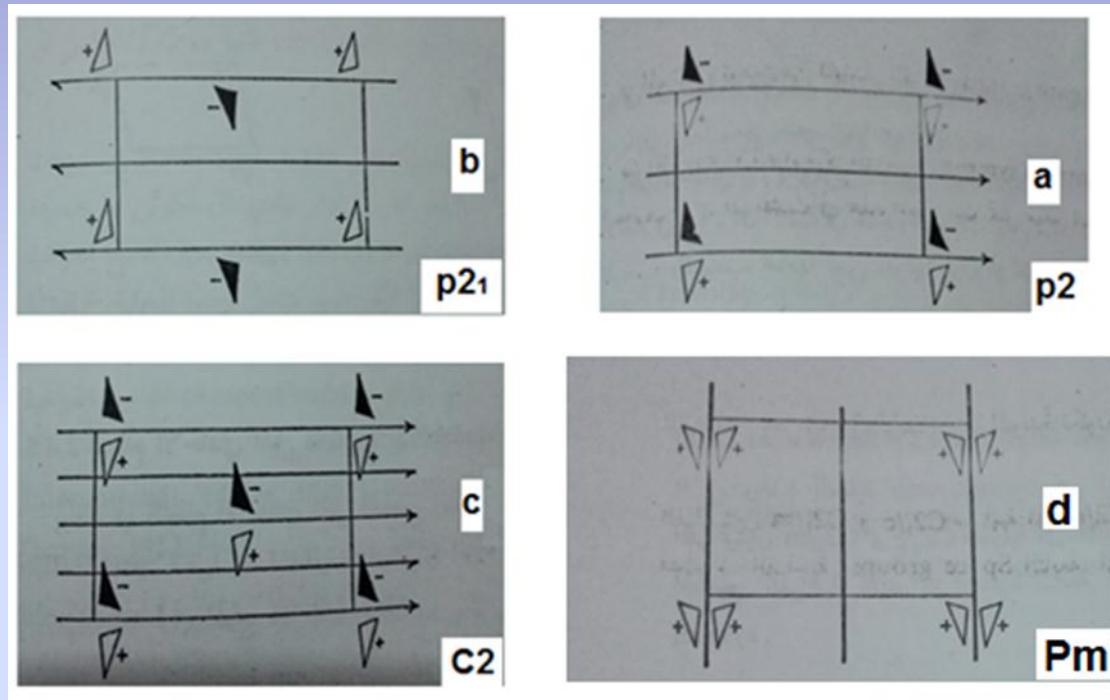
(a) المجموعة الفراغية $P1^+$



(b) المجموعة الفراغية $P1^-$

شكل - ١٦

شكل - ١٦ يمثل المجموعة الفضائية لنظام ثلاثي الميل $(P1^-)$ b , $(P1)$ a



شكل-١٧ يمثل المجاميع الفضائية لنظام احادي الميل
 (Pm) d ، $(C2)$ c ، $(P2_1)$ b ، $(P2)$ a

