Dr. Siham Jasim

الفصل الاول

التركيب البلوري Crystal Structure

المقدمة:

توجد المادة (العناصر والمركبات) بثلاث حالات كما عرفنا سابق، و هي الحالة الصلبة والسائلة والغازية وتختلف المادة في كونها تمتلك احدى هذه الحالات باختلاف المسافات البينية ومقدار قوة الترابط بين ذراتها. ويجب الإشارة هنا الى ان الضغط ودرجة الحرارة هما المسببان الرئيسان لتغير حالة المادة. حيث ان فيزياء الحالة الصلبة علم يهتم بدراسة المواد الصلبة وخصائصها التركيبية والحرارية والكهربائية والضوئية والمغناطيسية وتطبيقات المختلفة لهذه المواد، وكذلك يهتم بوضع النظريات لتفسر خصائص المادة الصلبة وتعتمد هذه النظريات على الميكانيك الاحصائي والميكانيك الكمي ونظرية المجاميع.

❖ **المواد الصلبة:** يمكن ان تصنف المواد الصلبة وفقا لمعايير مختلفة.

- **التصنيف الأول: يتم تصنيف المواد الصلبة حسب نوع الشبيكة:**

١. البلورات ذات الشبيكة البرافيزية Bravais Lattice
٢. البلورات ذات الشبيكة الغير اليرافيزية Non - Bravaise Lattice

- **التصنيف الثاني: يتم تصنيف المواد الصلبة حسب قابلية التوصيل الكهربائي؛**

١. المعادن .Metals
٢. اشباه الموصلات (شبة المعدن) .Semiconductors
٣. العوازل Insulator.

- **التصنيف الثالث: يتم تصنيف المواد الصلبة حسب طاقة الترابط بين ذراتها وجزيئاتها:**

يطلق على القوى التي تربط الذرات او الجزيئات مع بعضها البعض بالأصرة ومن معرفة نوع وطبيعة الاصرة يمكن تفسير العديد من خصائص البلورات او المواد الصلبة . ومن الخصائص التي تعتمد على طاقة الترابط (الانضغاطية، الصلابة، التمدد الحراري ودرجة حرارة الانتقال من حالة الى اخرى). حيث تقسم الاواصر:

- اواصر رئيسية مثل (الايونية، التساهمية وفلزية).
- اواصر ثانوية مثل قوى فاندرفالز.

وعلى هذا الاساس تقسم البلورات الى:

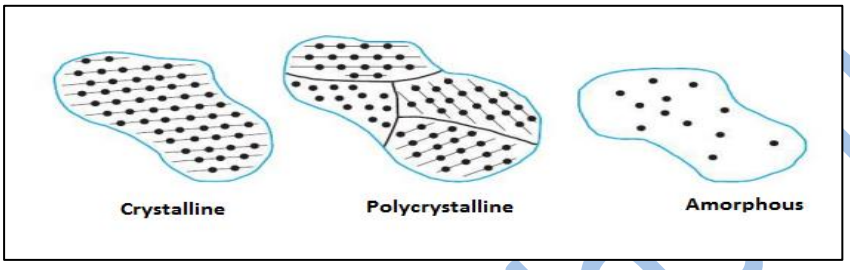
١. البلورات الأيونية.
٢. البلورات التساهمية
٣. البلورات الجزيئية.
٤. البلورات المعدنية

ومن اهم هذه المعايير ذلك الذي يصف المواد الصلبة من حيث كونها

Dr.Siham Jasim

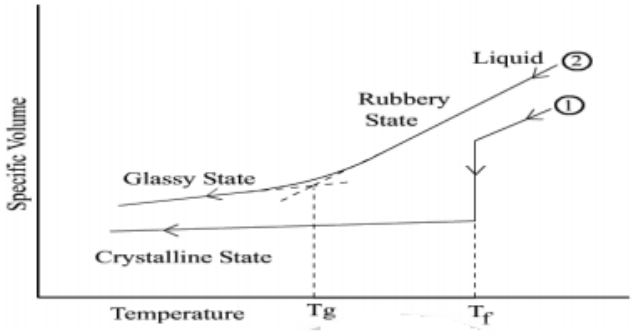
- بلورية Crystalline: الذرات مرتبة بشكل دوري او بشكل صفوف مكونة من تشكيلة معينة ثلاثية الابعاد بحيث تمتلك تماثل (Symmetry) ويمكن اعتبار التركيب ناتج عن تكرار وحدة صغيرة في الفضاء ثلاثي الابعاد وهي وحدة الخلية.
- غير البلورية (العشوائي Amorphous) الذرات مرتبة بشكل عشوائي وبلا نظام معين مكونة من تشكيلة معينة والتي لا يمكن اعتبارها ناتجة عن تكرار لأي خلية.

وهناك مواد متبلورة وغير متبلورة في آن واحد مثل السليكون والجرمانيوم والسبب يعود الى طريقة تحضيرها او كيفية تكونها.

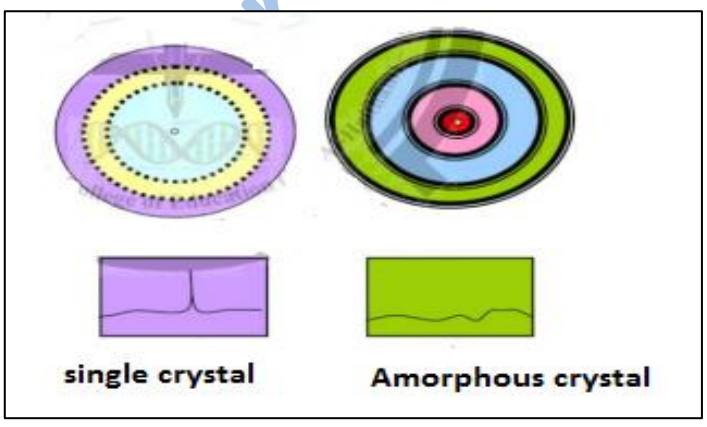


هناك معايير للتمييز بين المواد البلورية وغير البلورية هي:

١. تنصهر المواد المتبلورة فجأة وعند درجة حرارة معينة ثابتة دائما اما المواد غير المتبلورة فتنصهر على مدى معين لدرجات الحرارة.



٢. نمط حيود الاشعة السينية للمواد البلورية عبارة عن بقع متميزة منفصلة عن بعضها البعض وذات تماثل معين في حين ان المواد العشوائية تعطي نمط حيود عبارة تشكيله منتشرة ومتبعثرة على شكل حلقات متحدة المركز.



Dr. Siham Jasim

الصيغة البلورية للمواد الصلبة:

معظم المواد الصلبة هي بلورية اساسا ولكن بعض البلورات تحوي بعض العيوب في تركيبها لذا تقسم البلورات الى:

- بلورات مثالية Prefect crystals (خالية من العيوب)
- بلورات غير مثالية (حقيقية) Imperfect crystals (تحوي على العيوب)

عند دراسة البلورات يمكن اعتبارها بلورات مثالية خالية من العيوب البلورية وهذه الفرضية تساعد كثيرا على فهم البلورات وخصائصها و وضع النظريات التي تفسر هذه الخصائص. واحدى اهم خصائص البلورات المثالية هي الخاصية الدورية periodicity حيث ان الذرات او المجاميع الذرية والجزيئية تكرر نفسها عند فواصل متساوية وترتبط الذرات في البلورات بقوى متبادلة في نقاط محددة في الفضاء وهذه الذرات او المجاميع الذرية يمكنها ان تهتز حول مواضع اتزانها. حيث تعرف البلورة على انها (عبارة عن جسم صلب يحتوي على عدد من الذرات مصطفة بشكل هندسي معين ويتكون من وحدات غاية في الصغر تكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة، تسمى خلايا الوحدة. ايضا تعرف البلورة بأنها تجمع لعدد لانهائي من الوحدات المتماثلة تتكرر بشكل دوري ومنتظم (إذا كانت مثالية) في جميع اتجاهات الفضاء).

وتصنف البلورات بالاعتماد على الصفة الدورية الى:

أ- **البلورة الأحادية** crystal Single :حيث تمتد دورية التشكيلية او الأنموذج البلوري الثلاثي الأبعاد خلال البلورة بأكملها.

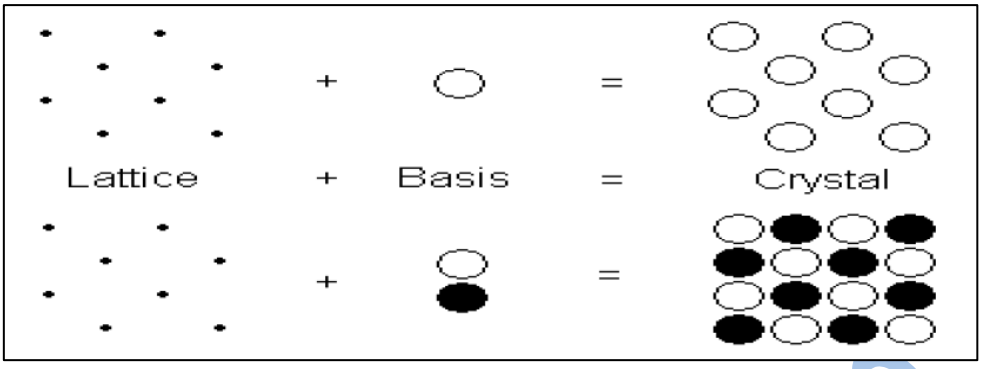
ب- **البلورة متعددة التبلور** crystalline Poly حيث لا تمتد دورية الأنموذج خلال البلورة بأكملها بل تنتهي عند حدود داخل البلورة تدعى بحدود الحبيبات boundaries grain.

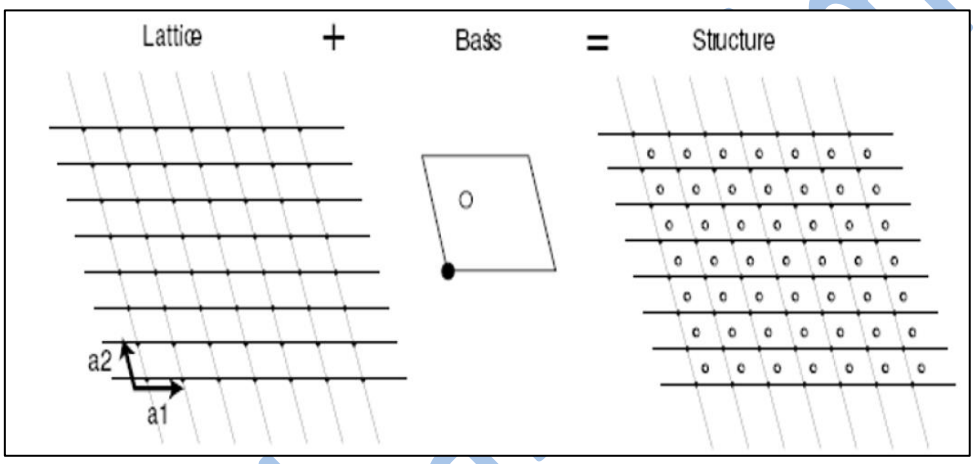
الشبيكة البلورية: Crystal lattice

الشبيكة البلورية عبارة عن مجموعة من النقاط المجردة والمرتبة في الفضاء الثلاثي والتي تمثل مواضع استقرار الذرات او المجاميع الذرية (الاساس) التي تشغل هذه المواضع والتي تشكل التركيب البلوري للمادة. ويمكن تصور البنية البلوري على انها مكون من الاساس والشبيكة البلورية.

Dr. Siham Jasim

البنية البلورية = الاساس Basis + الشبكية lattice

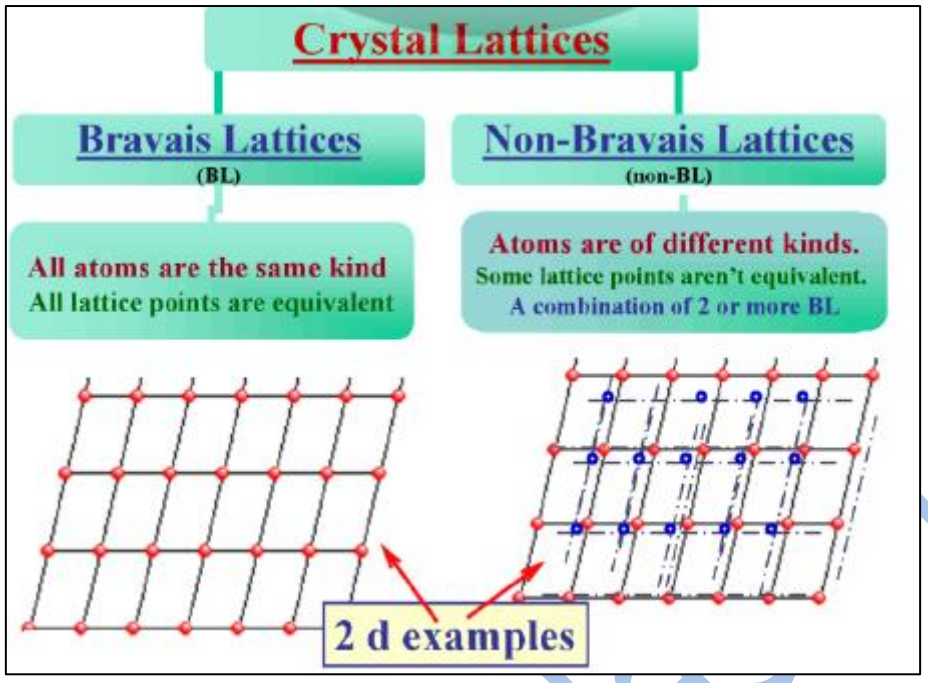




شبيكة برافيز Bravais والمتجهات الانتقالية في البلورة:

الشبيكة الفضائية: هي مجموعة من النقاط المرتبة بنظام ما وتعيد نفسها بصورة دورية في الفضاء الثلاثي الابعاد وتدعى عادة بالشبيكة البرافيزية Bravais Lattice نسبة الى مبتكرها برافيز عام ١٨٤٨ .

هناك نوعان من الشبائك :برافيز Bravais وغير برافيزNon-Bravais ، في شبيكة برافيز، تكون جميع نقاط الشبيكة متكافئة، وبالتالي من الضروري ان تكون جميع الذرات في البلورة من نفس النوع .اما في الشبيكة غير البرافيز فبعض نقاط الشبيكة تكون غير مكافئة.



يتم تحديد الشبيكة ذات البعد الواحد بدلالة متجه واحد هو $\vec{a}$ والشبيكة ثنائية الابعاد بالمتجهين $\vec{a}$ و $\vec{b}$ والشبيكة الثلاثية الابعاد فيتم تحديدها بدلالة المتجهات الثلاثة $\vec{a}$ و $\vec{b}$ و $\vec{c}$ وتسمى بالمتجهات الانتقالية اما المتجه الذي يربط هذه المتجهات الثلاثة فيدعى بالمتجه الانتقالي $(\vec{R})$ Translation vector ويعبر عنه لشبيكة ذات بعد واحد:

$\vec{R} = n\,\vec{a}$ حيث n عدد صحيح

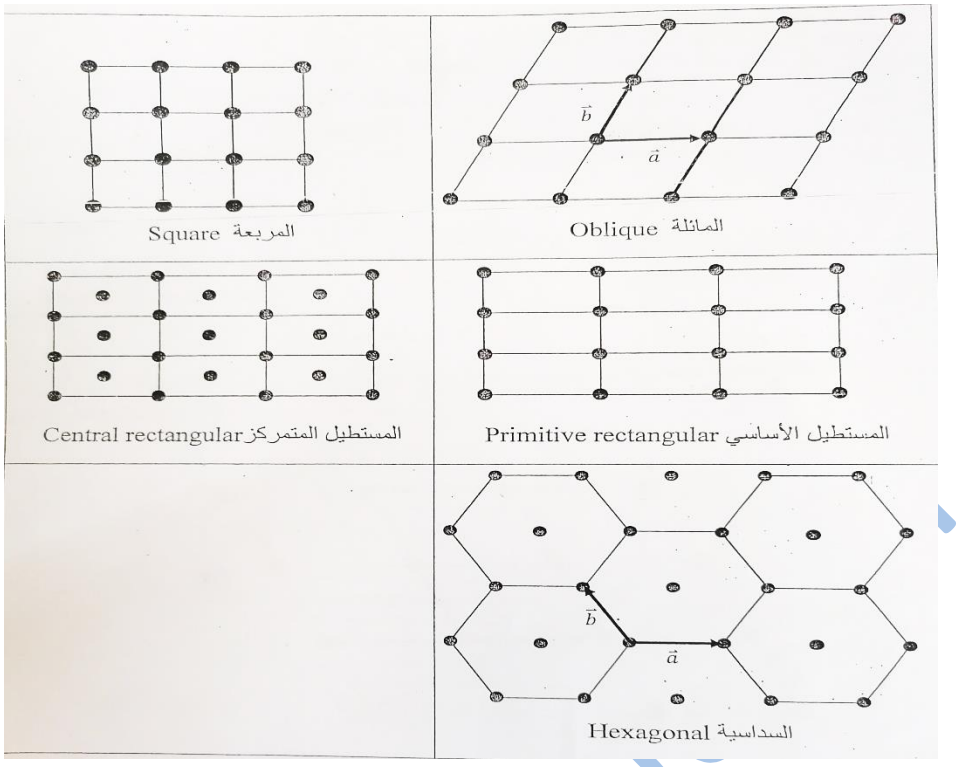
$\vec{R} = n_1\,\vec{a} + n_2\,\vec{b}$ للشبيكة ثنائية الابعاد

$\vec{R} = n_1\,\vec{a} + n_2\,\vec{b} + n_3\vec{c}$ للشبيكة ثلاثية الابعاد

هناك خمسة انواع للشبيكة البرافيزية في بعدين:

١. المربعة Square $\alpha = 90$, $|\vec{a}| = |\vec{b}|$
٢. المائلة Oblique $\alpha \neq 90$, $|\vec{a}| \neq |\vec{b}|$
٣. المستطيل الاساسي Primitive rectangular $\alpha = 90$, $|\vec{a}| \neq |\vec{b}|$
٤. المستطيل المتمركز Central rectangular $\alpha = 90$, $|\vec{a}| \neq |\vec{b}|$
٥. السداسية Hexagonal $\alpha = 120$, $|\vec{a}| = |\vec{b}|$

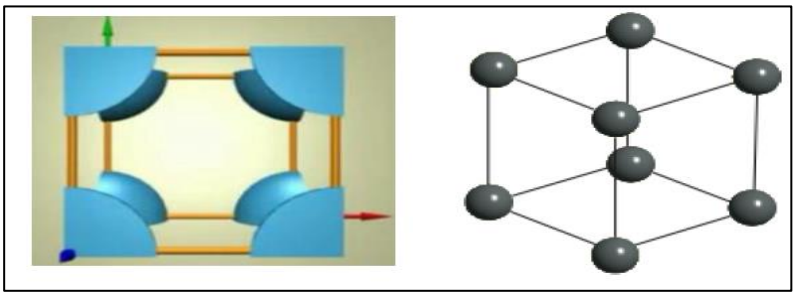
Dr. Siham Jasim



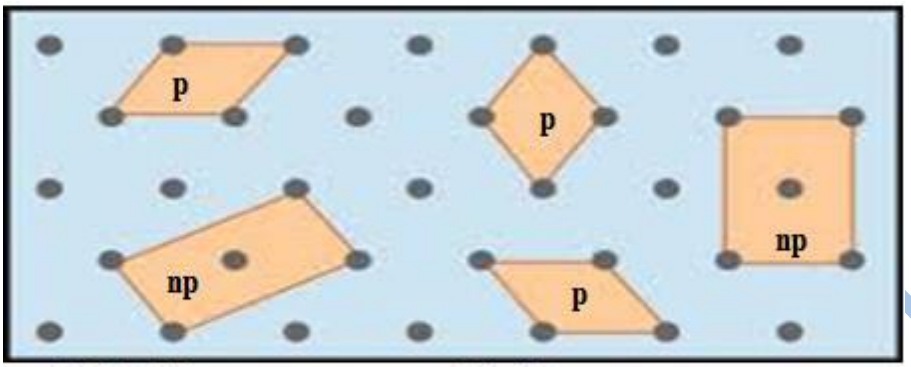
وحدة الخلية Unit cell:

وهي أصغر وحدة في الشبيكة الفضائية، وهي الوحدة التي بتكرارها في الاتجاهات الثلاثة ينتج عنها بلورة كبيرة من المادة الصلبة. تصنف وحدة الخلية الى :

١. **وحدة الخلية الاولية (البدائية) Primitive:** هي الخلية التي تحتوي على ثمان ذرات في اركانها. وبما ان في الخلية البدائية كل ذرة مشتركة بين ثمان خلايا (في ثلاث ابعاد) لذا فكل ذرة سوف تعطي حصتها (والتي تساوي $\frac{1}{8}$) لكل خلية، وبذلك تحتوي الخلية البدائية على نقطة شبيكة واحدة $\left(8_{atoms\ in\ corners} \times \frac{1}{8} = 1\right)$.

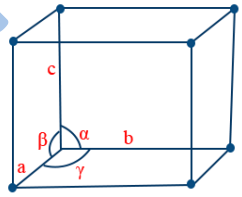


٢. **وحدة الخلية غير الاولية Non-Primitive :** تحتوي مثلا ذرة في مركز الخلية او في متوسط سطوحها اضافة الى ذرات اركانها وهكذا فان هناك اكثر من نقطة شبيكة واحدة في وحدة الخلية للخلية الغير بدائية.



مساحة وحدة الخلية يمكن حسابها من خلال $A = |\vec{a} \times \vec{b}|$

اما حجم خلية الوحدة ثلاثية الابعاد ويعطى بالعلاقة: $V = |\vec{a} \times \vec{b}.\vec{c}|$



انواع الخلايا في الفضاء الثلاثي: هناك خمسة انواع اساسية من شبائك برافيز (في ثلاث ابعاد):

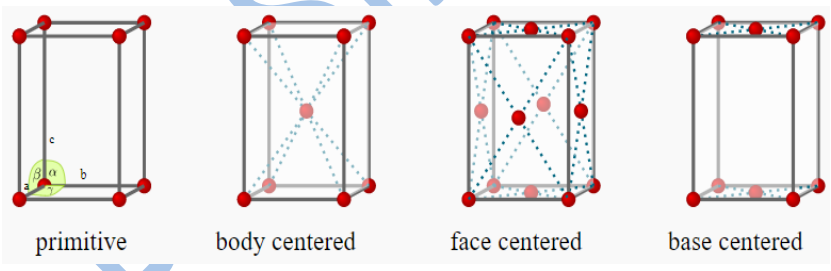
١. **الخلية الاولية Primitive cell:** يرمز لها بالرمز (P) حيث تحتوي كل خلية وحدة على ($\frac{1}{8}$) نقطة في كل ركن من اركانها الثمانية وبذلك فان كل خلية وحدة اولية تحتوي على نقطة شبيكة واحدة $\left(8_{atoms\ in\ corners} \times \frac{1}{8} = 1\right)$.

٢. **خلية ممركزة الاوجهFace center cell:** يرمز لها بالرمز(F) حيث تحتوي على ($\frac{1}{8}$) نقطة في كل ركن من اركانها الثمانية بالإضافة الى $\left(\frac{1}{2}\right)$ نقطة شبيكة في الوجوه الستة اي ان مجموع ما تحتويه هذه الشبائك هو ٤ نقاط $\left(8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4\right)$.

٣. **خلية ممركزة الجسم Body center cell:** يرمز لها بالرمز(I) حيث تحتوي على ($\frac{1}{8}$) نقطة شبيكة في كل ركن من اركانها الثمانية بالإضافة الى نقطة شبيكة واحدة في الجسم اي ان مجموع ما تحتويه هذه الشبائك هو نقطتين $\left(8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2\right)$.

٤. **خلية ممركزة الوجهين المتقابلين Base center cell:** يرمز لها بالرمز(C) يمتاز هذا النوع باحتوائه على ($\frac{1}{8}$) نقطة شبيكة في كل ركن من اركانها الثمانية بالإضافة الى $\left(\frac{1}{2}\right)$ نقطة شبيكة في وجهين متقابلين من وجوهه الستة وبالتالي فان مجموع ما يحتويه من نقاط هو نقطتين $\left(8 \times \frac{1}{8} + 2 \times \frac{1}{2} = 2\right)$.

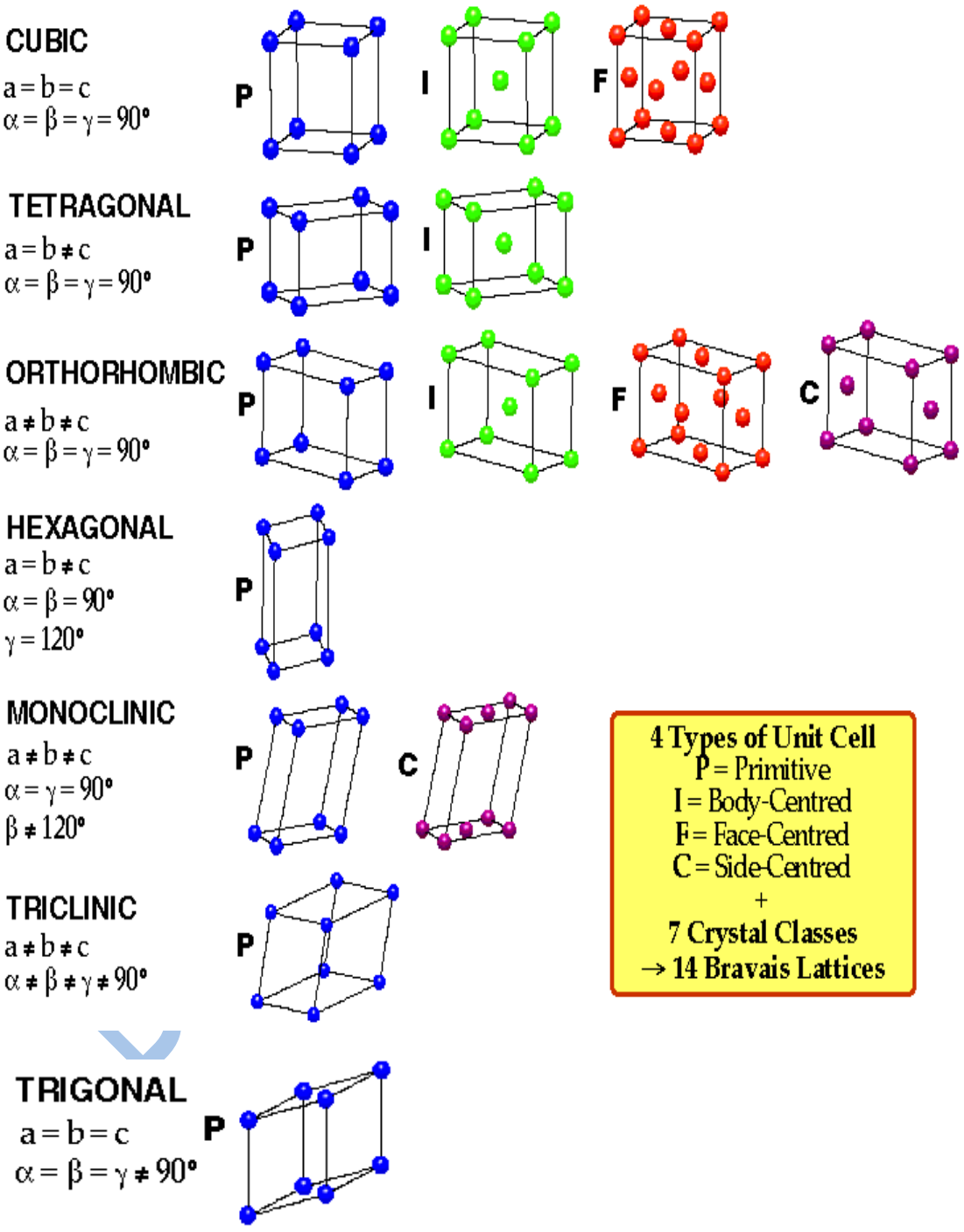
٥. **خلية معينية الاوجه Rhombohedral cell:** يرمز لها بالرمز R. ويكون شكل الخلية معينية الوجوه لكن المحاور الثلاثة غير متعامدة اي ان $(\alpha = \beta = \gamma) \neq 90^o \; ; \; \vec{a} = \vec{b} = \vec{c}$



الشبيكة البلورية في الفضاء الثلاثي: الشبيكة البلورية في الفضاء الثلاثي هي ١٤ نوع تسمى شبيكة برافيز Bravais lattice وتختلف الواحدة عن الاخرى من حيث شكل وحدة الخلية

Dr. Siham Jasim

وانواع التماثل الذي تمتلكه وهذه الانواع الاربعة عشر تنقسم الى سبعة انظمة هي **الانظمة البلورية Crystal systems.**



الفصيلة	الخصائص	عدد الأنواع	النوع	الرمز	خصائص عناصر التماثل
فصيلة المكعبي Cubic	$a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	ثلاثة	مكعبي البسيط، SC مكعبي م. الجسم، BCC مكعبي م. الأوجه، FCC	P I F	أربعة محاور دوران ثلاثية الرتبة
فصيلة الرباعي القائم Tetragonal	$a=b\neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	نوعان	رباعي بسيط رباعي م. الجسم	P I	محور دوران ثلاثي الرتبة
فصيلة المستطيل القائم Orthorhombic	$a\neq b\neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	أربعة أنواع	مستطيل قائم بسيط مستطيل قائم م. الجسم مستطيل قائم م. الأوجه مستطيل قائم م. القاعدتين	P I F B	ثلاثة محاور دوران ثنائية الرتبة
فصيلة الثلاثي Trigonal	$a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma\neq90^\circ$	نوع واحد	خلية أولية	-	محور دوران ثلاثي الرتبة
فصيلة أحادي الميل Monoclinic	$a\neq b\neq c$ $\alpha=\beta=90^\circ\neq\gamma$	نوعان	أحادي الميل البسيط أحادي الميل م. القاعدتين	-	محور دوران ثنائي الرتبة
فصيلة ثلاثي الميل Triclinic	$a\neq b\neq c$ $\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq90^\circ$	نوع واحد	ثلاثي الميل البسيط	-	لا يوجد
فصيلة السداسي Hexagonal	$a=b\neq c$ $\alpha=\beta=90^\circ$ & $\gamma=120^\circ$	نوع واحد	السداسي البسيط	-	محور دوران ثلاثي الرتبة

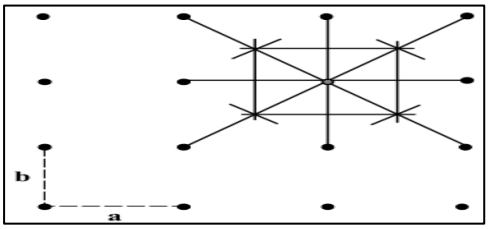
خلية ويكنر- ستز الاولية Primitive Wigner –Seitz Cell:

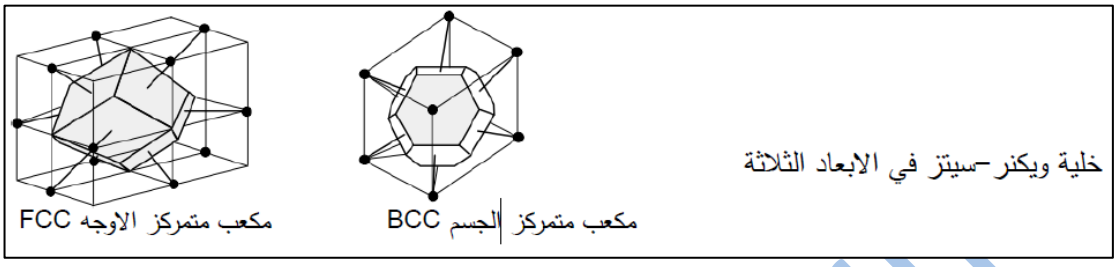
هناك طريقة اخرى لاختيار الخلية البدائية وتعرف باسم مكتشف هذه الطريقة وهي خلية ويكنر-ستز. حيث انه اقترح طريقة بسيطة يمكن بواسطتها اختيار وحدة الخلية، وذلك بأجراء الخطوات التالية:

١. نرسم نقاط الشبيكة البرافيزية.
٢. نختار نقطة معينة من نقاط الشبيكة ونعتبرها نقطة الاصل، نرسم خطوطا من هذه النقطة لتوصيلها بالنقاط المجاورة لها.
٣. نرسم خطوط عمودية وتمر بمنصفات الخطوط المرسومة في الخطوة السابقة.
٤. فنحصل على خلية ويكنر- ستز، وهي اصغر مساحة ناتجة (في حالة البعدين) او اصغر حجم ناتج (في الابعاد الثلاثة) من التقاطعات المستحصلة اعلاه.

Dr. Siham Jasim

خلية ويكنر – ستز في بعدين ، a=b



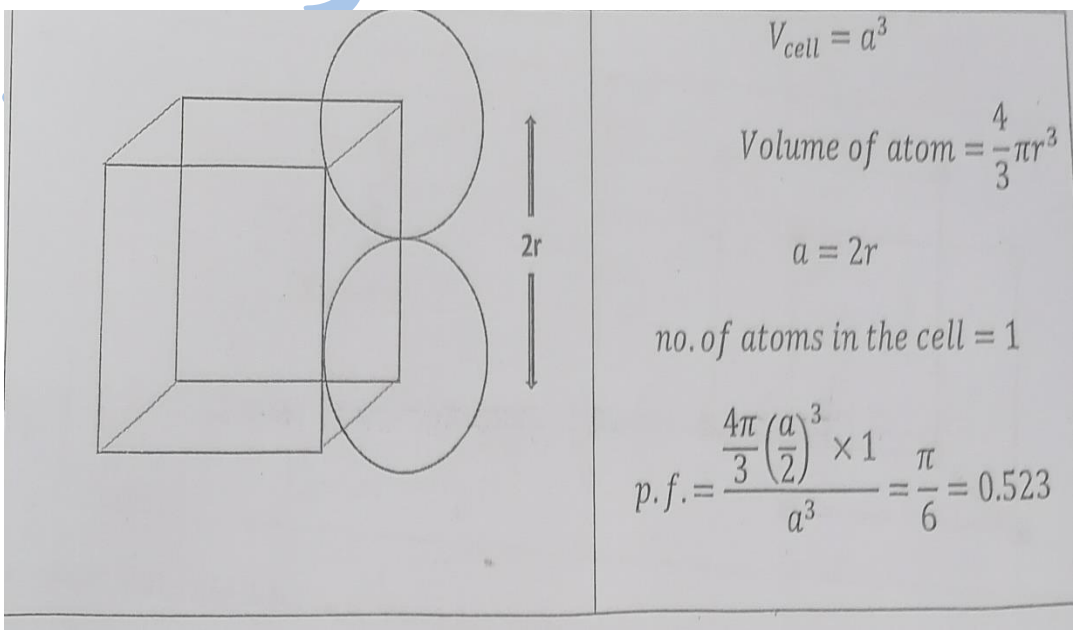


عامل الملئ Filling factor او نسبة الرص Packing factor:

هي النسبة بين حجم الذرات الموجودة في خلية الى حجم تلك الخلية وتختلف الشبائك في نسبة ملئ كل منها. ولغرض حساب نسبة الملئ نفترض ان الذرات المتجاورة جدا في حالة تلامس، اي ان اقصر مسافة بين نقطتي شبيكة تمثل قطر الذرة (مسافة اقرب جار=2r) وتحسب كالاتي:

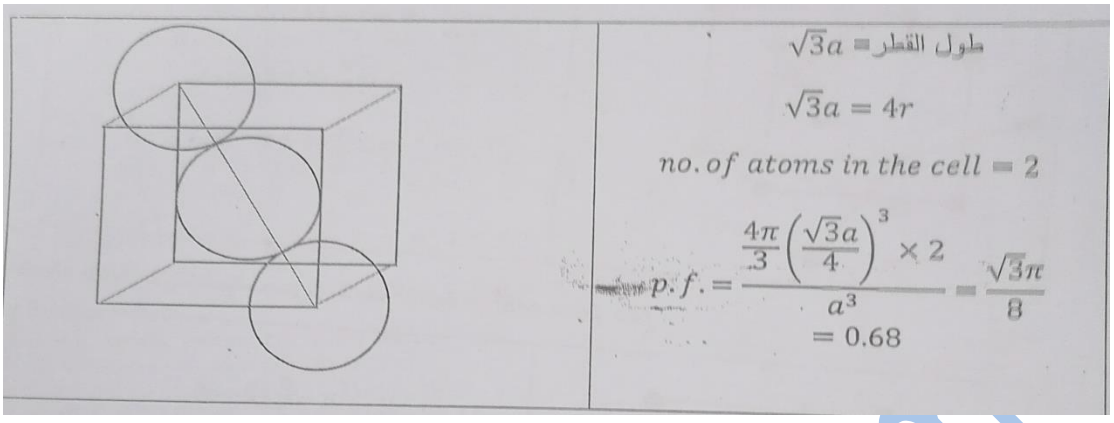
$$\text{عامل الملئ} = \frac{\text{حجم الذرة الواحدة} \times \text{عدد الذرات في وحدة الخلية}}{\text{حجم وحدة الخلية}} \times 100\%$$

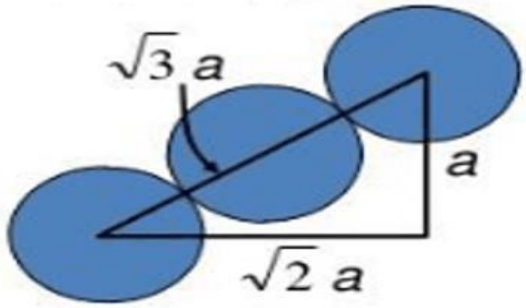
مثال : جد نسبة الملئ للشبيكة المكعبة (المكعب البسيط)

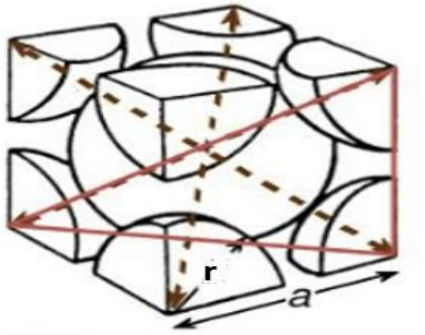


Siham Jasim

مثال: جد نسبة الملئ لشبيكة مكعبة ممركزة الجسم (bcc)







سؤال : جد عامل الملئ لخلية المكعب ممركز الاوجه FCC؟

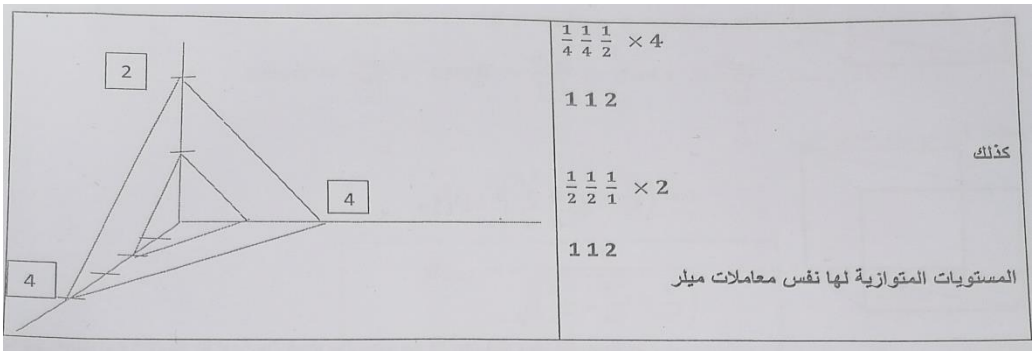
معاملات ميلر Miller indices:

يمكن تحديد اتجاه اي مستوي في البلورة من خلال احداثيات ثلاث نقاط لاتقع على خط مستقيم، وجد ميلر انه يمكن تحديد ميل المستويات بمعاملات (معاملات ميلر) والتي يمكن تحديدها بطريقة بسيطة وكما يلي:

اذا كان لدينا مستوي يقطع المحاور x,y,z عند النقاط (0,0,2) ;(0,1,0) ;(4,,0,0)

١. تعيين اطوال المسافات بدلالة ثابت الشبيكة على المحاور الاساسية.
٢. ناخذ مقلوب هذه الاعداد ونختزلها الى اقرب عدد صحيح شرط ان يكون القاسم المشترك مساويا الى واحد فيكون الناتج معاملات ميلر (h,k,l)

مثال: جد معاملات ميلر في الشكل المجاور



بعض الرموز

الرمز	المعنى
(hkl)	المستوي hkl
{hkl}	المستويات المناظرة
[hkl]	الاتجاه hkl
$\langle hkl \rangle$	الاتجاهات المناظرة

تعيين موقع (طريقة رسم) المستويات داخل البلورة المكعبة:

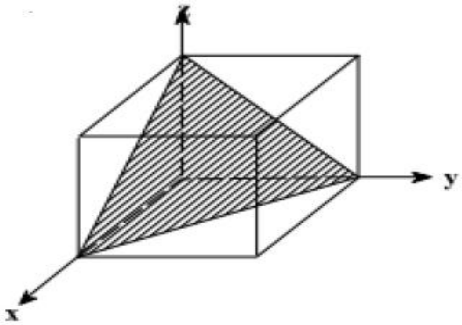
يتم تعيين المستويات في البلورة المكعبة بنفس الطريقة السابقة مضافا اليها معرفة طول ضلع المكعب (وحدة الخلية).

مثال ١: ارسم المستوي (١١١) في بلورة مكعبة طول ضلعها وحدة واحدة

١. ارسم مكعب طول ضلعه وحدة واحدة =١
٢. نعين المحاور الديكارتية X,Y,Z
٣. ناخذ مقلوب معاملات ميلر للمستوي البلوري ونستخدم الفارزة للدلالة على ان المعاملات قد تحولت الى ارقام تمثل تقاطع المستوي مع المحاور الاحداثيات، اي ان :

$$\left(\frac{1}{1},\frac{1}{1},\frac{1}{1}\right) = (1,1,1) \qquad \Rightarrow x = 1, y = 1, z = 1$$

٤. نعين النقاط (1,0,0) , (0,1,0), (0,0,1) ونوصل بينها وبذلك نحصل على المستوي المطلوب تعيينه في البلورة.

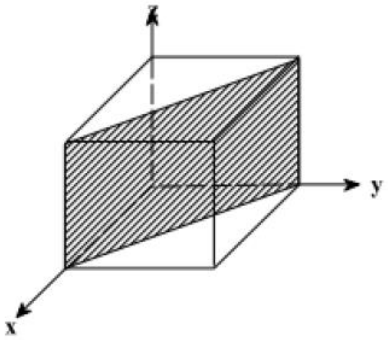


(111)

Dr.Siham Jasim

Dr. Siham Jasim

مثال ٢: ارسم المستوي (١١٠) في بلورة مكعبة طول ضلعها وحدة واحدة.



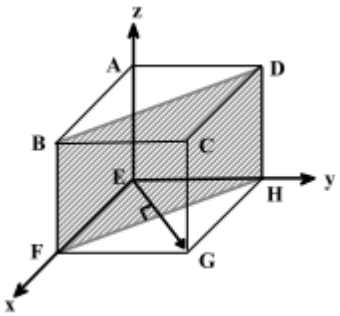
$$\left(\frac{1}{1},\frac{1}{1},\frac{1}{0}\right)=(1,1,\infty) \quad \Rightarrow x=1, y=1, z=\infty$$

النقاط هي $(1,0,0),(0,1,0),(0,0,\infty)$

ملاحظة: علامة (∞) تعني ان المستوي لا يقطع المحور وانما يوازيه الى المالانهاية.

مثال: ارسم المستوي (١١٠) والمتجه [110] في المكعب البسيط.

الحل : نرسم مكعب، كما في الشكل المجاور، تكون النقاط *BFHD* هي اركان المستوي (١١٠). والمتجه $\overrightarrow{EG}$ هو المتجه العمودي على المستوي المطلوب وله الادلة [110] ويكون مسقطه على *x=1* وعلى *y=1* وعلى (∞) =*z*

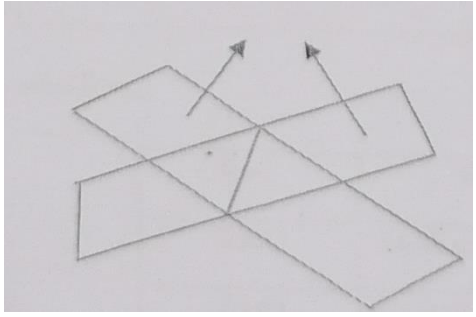


الزاوية بين المستويات:

الزاوية θ المحصورة بين المستويات تعطى بالعلاقة

$$\cos\theta=\frac{h_1h_2+k_1k_2+l_1l_2}{\sqrt{(h_1^2+k_1^2+l_1^2)(h_2^2+k_2^2+l_2^2)}}$$

حيث ان :h_1,k_1,l_1 هي معاملات ميلر للمستوي الاول و h_2,k_2,l_2 معاملات ميلر للمستوي الثاني.



المسافة البينة بين المستويات المتوازية:

تتكون البلورة من عدد من المستويات يفصل بينها مسافة بينية يرمز لها بالرمز d_{hkl} والتي يمكن حسابها للمستويات التي لها نفس معاملات ميلر (متوازية). ان معاملات ميلر للمستوي ABC الموضح بالشكل ادناه هي (hkl).

بما ان $\overrightarrow{ON}$ عمودي على المستوي ABC وبملاحظة المثلث ONA القائم الزاوية في N فان :

$$\cos\alpha = \frac{ON}{OA} = \frac{d_{hkl}}{OA}$$

وبنفس الطريقة وبملاحظة المثلث ONB ولنفس الاسباب فان:

$$\cos\beta = \frac{ON}{OB} = \frac{d_{hkl}}{OB}$$

وكذلك المثلث ONC فان

$$\cos\gamma = \frac{ON}{OC} = \frac{d_{hkl}}{OC}$$

وبما ان المستوي يقطع المحاور X,Y,Z بالاحداثيات $x=OA, y=OB, z=OC$ اذن:

$$\cos\alpha = \frac{d_{hkl}}{x}, \quad \cos\beta = \frac{d_{hkl}}{y}, \quad \cos\gamma = \frac{d_{hkl}}{z}$$

وطبقا لقانون جيوب التمام $(cos^2 \propto + cos^2\beta + cos^2\gamma = 1)$ ومن المعادلات السابقة نحصل على تعبير للمسافة d_{hkl} التي تفصل بين المستويات المتوازية:

$$d_{hkl} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{x^2} + \frac{1}{y^2} + \frac{1}{z^2}}}$$

وحيث ان المسافات المقطوعة x,y,z ترتبط بادله ميلر h,k,l بالعلاقة

$$h = n\frac{a}{x}, \quad k = n\frac{b}{y}, \quad l = n\frac{c}{z}$$

Dr. Siham Jasim

حيث ان n هو عامل مشترك يستخدم لاختزال الادلة الى اصغر اعداد ممكنة وليكن $n=1$. و (a,b,c) هي ابعاد الخلية.

$$x = \frac{a}{h},\ y = \frac{b}{k}\ ,\ z = \frac{c}{l}$$

بالتعويض بمعادلة حساب d_{hkl} اعلاه نحصل على:

$$d_{hkl} = \frac{1}{\sqrt{\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}}}$$

هذه المعادلة تصح على العديد من الانظمة البلورية، للمكعب $a=b=c$

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

التماثل البلوري: Crystal symmetry

هناك عاملين في التماثل البلوري:

١. عنصر التماثل symmetry element وهو عبارة عن المحور او المستوي الذي تجري حوله عملية التماثل.
٢. عملية التماثل symmetry operation ويشمل العمليات التالية: الانتقال، الدوران، الانعكاس و الانقلاب.

يعرف التماثل في البلورات على انه تكرار او تطابق اجزاء مجموعة من عمليات التماثل، مثال ذلك دوران مربع حول محمور يمر في مركز المربع وعمودي عليه، الدورات بزاوية ٩٠ يجعل المربع ينطبق على نفسه وكذلك الدوران بزاوية ١٨٠ يجعله ينطبق على نفسه ايضا مرة اخرى.

عناصر التماثل:

١. محمور التماثل axis of symmetry
٢. مركز التماثل center of symmetry
٣. مستوي التماثل plan of symmetry
٤. محور التماثل الانقلابي inversion axis of symmetry

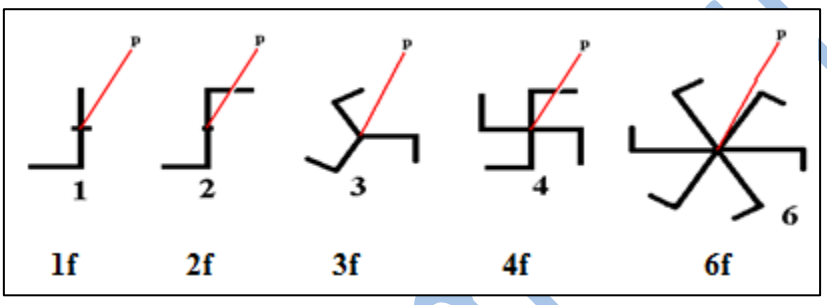
Dr. Siham Jasim

محور التماثل: هو عبارة عن مستقيم اذا ما دار الشكل حوله بزاوية معينة حل الشكل محل نفسه .

$$n = \frac{360}{\theta}$$

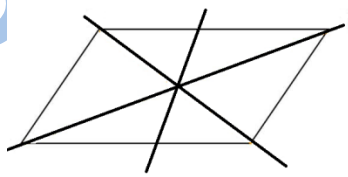
n: درجة محور التماثل.

وتعرف درجة محور التماثل بانها عدد المرات التي يحل فيها الشكل محل نفسه عند دورانه حول محور التماثل بزاوية ٣٦٠ درجة. يقال لمحور التماثل الدوراني بانه احادي التماثل one fold axis اذا كان تكرار الشكل مرة واحدة في الدورة الكاملة ويقال بانه ثنائي التماثل اذا كان تكرار الشكل مرتين في الدورة الكاملة.

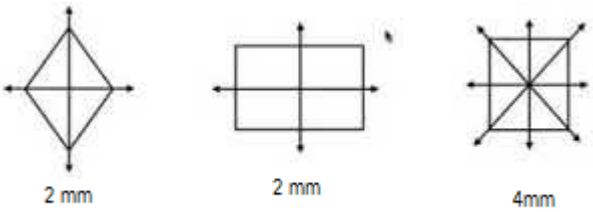


ملاحظة: لا يوجد تماثل دوراني خماسي او سباعي او ثماني لان ذلك يتناقض مع التماثل الانتقالي.

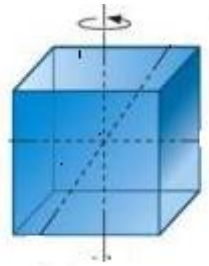
مركز التماثل : وهو عبارة عن نقطة داخل الشكل اذا مر مستقيم ما خلالها فانه سوف يقابل نقطة مشابهة تماما على الجزء المقابل وعلى مسافة متساوية.



مستوي التماثل : يعرف بانه مستوي وهمي يقسم الجسم او البلورة الى نصفين متساويين ومتشابهين بحيث يكون احد النصفين صورة للنصف الاخر.



محور التماثل الانقلابي: يعرف محور التماثل الانقلابي بانه عبارة عن مستقيم اذا ما دار الشكل حوله بزاوية معينة وانعكس لحل الشكل محل نفسه ويرمز لهذه المحاور $\{\bar{6}, \bar{4}, \bar{3}, \bar{2}, \bar{1},\}$



Dr. Siham Jasim