**الانظمة البلورية و الشبيكة البرافيزية Bravais Lattice Crystal systems and**

تتكون البلورة من عدد كبير جدا من وحدات او خلايا متشابهة على شكل متوازي السطوح تكرر نفسها بصورة دورية منتظمة. تختلف البلورات عن بعضها باختلاف تراكيبها البلورية. يمكن فهم التراكيب البلورية بفهم بنية الشبيكة الفضائية space lattice الدورية بالاضافة الى مجموعة من الذرات ترافق كل نقطة من نقاط الشبيكة و بصورة تماثلية تدعى هذه المجموعة من الذرات بالأساس او القاعدة base و هذا الأساس يعيد نفسه في الفضاء و التي يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

**التركيب البلوري = الشبيكة الفضائية + الأساس**

ان فكرة الشبيكة الفضائية هي فكرة رياضية مجردة و يقصد بها مجموعه من النقاط المرتبة بنظام ما و تعيد نفسها بصورة دورية في الفضاء. و هذا يعني ان أي تجمع للنقاط حول نقطة ما من نقاط الشبيكة يكون مماثلا للتجمع حول أي نقطة أخرى من نقاط الشبيكة. تسمى الشبيكة الفضائية عادتاً بالشبيكة البرافيزية Bravais lattice نسبة للعالم المبتكر. يتم تحديد الشبيكة ذات البعد الواحد بدلالة متجه واحد هو $\vec{a}$ والشبيكة ثنائية الابعاد بالمتجهين $\vec{a}$ و $\vec{b}$ اما الشبيكة الثلاثية الابعاد فيتم تحديدها بدلالة المتجهات الثلاثة $\vec{a}$ و $\vec{b}$ و $\vec{c}$ ،وكما ذكرا في المحاضرة السابقة، تُحدد الشبيكة بهذه الاحداثيات المتجهة و بالإضافة الى المتجهات الانتقالية الأساسية fundamental translation vectors و يسمى المتجه الذي يربط المتجهات الانتقالية الثلاث المؤثر الانتقالي $\vec{T}$ translation operator و الذي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\vec{T} = n_1\vec{a} + n_2\vec{b} + n_3\vec{c} \qquad (1)$$

حيث تمثل $n_1$ و $n_2$ و $n_3$ اعداد صحيحة اعتباطية arbitrary integer numbers تعتمد على موضع نقطة الشبيكة. ان المؤثر الانتقالي $\vec{T}$ يربط بين أي موقعين داخل البلورة بحيث تبدو الذرات المحيطة بهذين الموقعين متماثلة و لهذا يسمى هذا المؤثر بالانتقالي، حيث تكون النتيجة عند زحف أي موقع داخل البلورة بمقدر متجه الوصول الى موقع آخر $\vec{r}$ . و تبدو الذرات حوله مثل تلك الذات المحيطة بالموقع $\vec{r}$ أي:

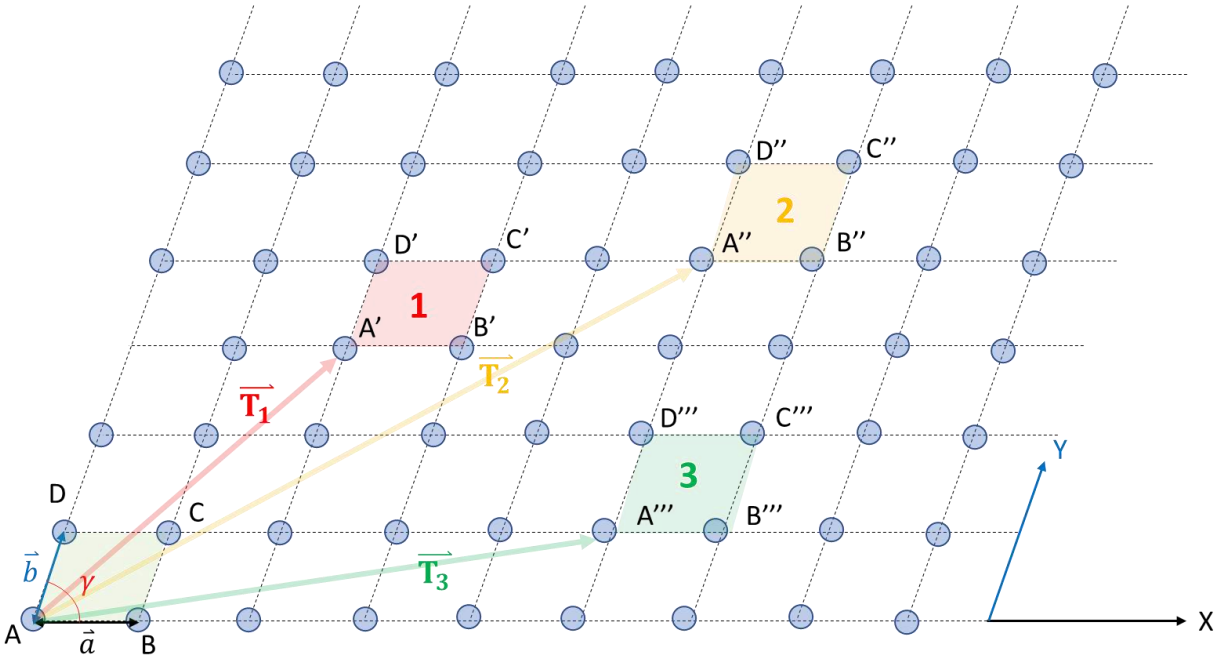
$$\vec{r'} = \vec{r} + \vec{T} \qquad (2)$$

$$\vec{r'} = \vec{r} + n_1\vec{a} + n_2\vec{b} + n_3\vec{c} \qquad (3)$$

ان مجموعة النقاط $\vec{r'}$

هي التي تحدد مواقع نقاط الشبيكة او المواقع المتماثلة داخل البلورة بالنسبة لنقطة شبيكة او موقع ما مثل $\vec{r}$ ، و لهذا يعبر المؤثر الانتقالي احد مؤثرات التماثل البلوري* **crystal symmetry** .

تعرف الشبيكة و محاورها الانتقالية بأنها أولية primitive اذا كانت أي نقطتين تخضع للمعادلة رقم 3 . تُشكل المحاور الأولية لهذه الشبيكة أشكالاً لمتوازيات السطوح تسمى وحدة خلية أولية primitive unit cell، بينما تسمى الشبيكة غير أولية non-primitive اذا كانت نقاط الشبيكة لاتخضع للمعادلة رقم 3 ، و تسمى محاورها بالمحاور الغير أولية و التي تُشكل وحد خلية غير أولية non-primitive cell.




A at (0, 0), B at (1, 0)
C at (1, 1), D at (0, 1)

شبيكة بلورية في بعدين D2

يمثل الشكل أعلاه شبيكة بلورية في بعدين D2 فيها نقاط شبيكة A و B و C و D و التي تشمثل رؤوس متوازي الاضلاع ABCD . يؤدي الانتقال المتكرر للمحاور الاتجاهية $\vec{a}$ و $\vec{b}$ الى تكوين النموذج الكلي للشبيكة البلورية اللذي يسمى بوحدة الخلية. يلاحظ من الشكل ان المتجه الانتقالي $\overrightarrow{T_1}$ يربط بين أي نقطة في وحدة الخلية ABCD و النقطة المكافئة لها في خلية الوحدة A'B'C'D' . علماً أن :

$$\vec{T}_1 = 2\vec{a} + 3\vec{b}$$
$$\vec{T}_2 = 5\vec{a} + 4\vec{b}$$
$$\vec{T}_3 = 5\vec{a} + \vec{b}$$

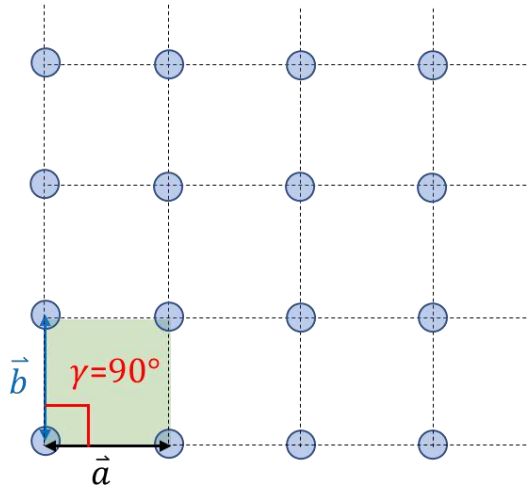
و بشكل مشابه، نجد ان المتجهان الانتقاليان $\vec{T}_2$ و $\vec{T}_3$ يربطان بين أي نقطة في وحدة الخلية ABCD وحدات الخلايا A"B"C"D و A'''B'''C'''D''' على التوالي. نفس المفاهيم بالنسبة للشبيكة الثلاثية الابعاد غير انها لديها محور إضافي.

## أنواع الشبائك ذات البعدين Types of 2D lattices

تصنف الشبائك في بعدين الى خمس أصناف اعتماداً على اطوال المتجهين $\vec{a}$ و $\vec{b}$ و الزاوية المحصورة بينهما

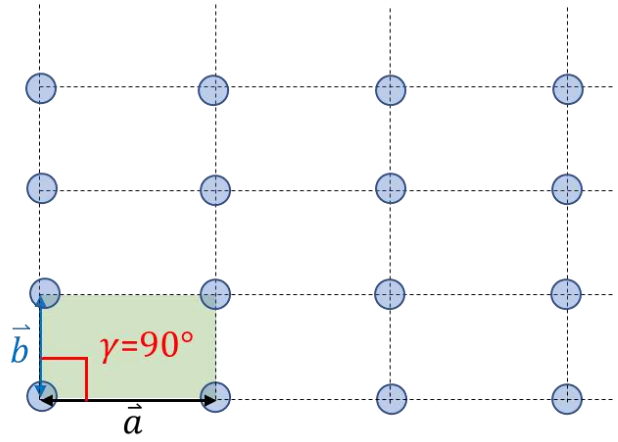
### 1. شبيكة مربعة Square lattice

$$\vec{a} = \vec{b}, \gamma = 90°$$



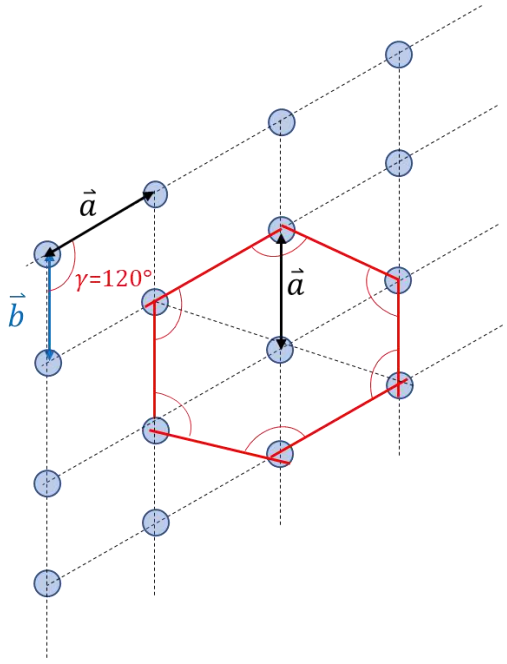
### 2. شبيكة مستطيلة **Rectangle lattice**

$$\vec{a} \neq \vec{b}, \gamma = 90°$$



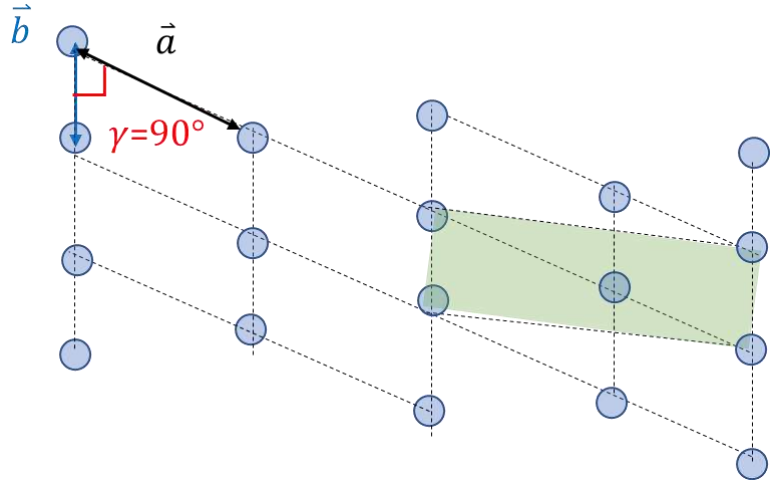

### 3. شبيكة سداسية **Hexagonal lattice**

$$\vec{a} = \vec{b}, \gamma = 120°$$



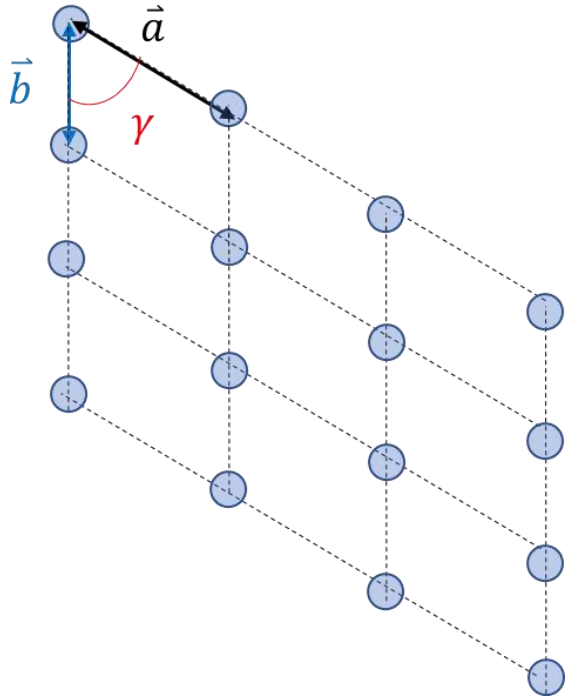
**4.** شبيكة مستطيلة متمركزة **Centered rectangle lattice**

$\vec{a} \neq \vec{b}, \gamma = 90°$



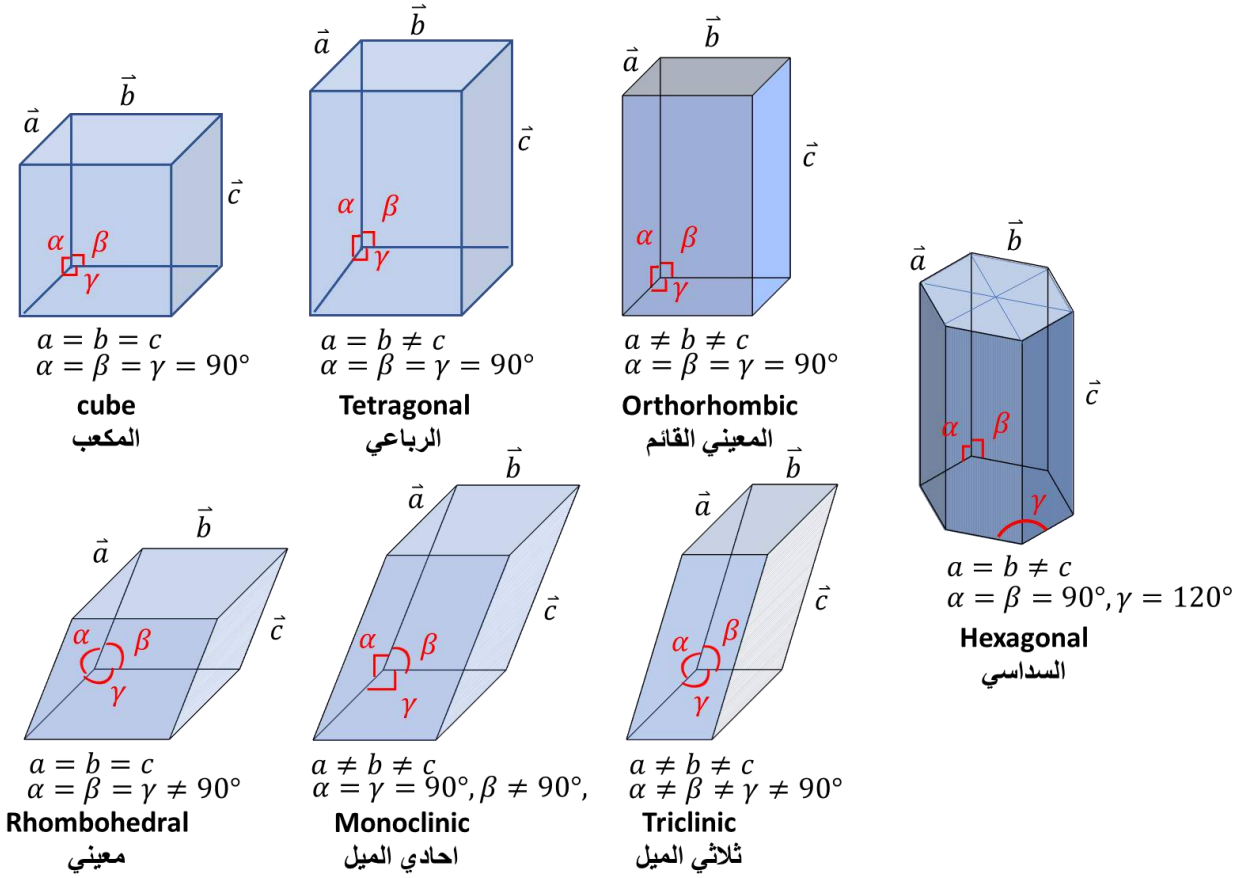

**5.** الشبيكة المائلة **Oblique lattice**

$\vec{a} \neq \vec{b}, \gamma \neq 90°$



## أنواع الشبائك ثلاثية الأبعاد Types of 3D lattices

تصنف الشبيكات البلورية Crystal lattices إلى **أربع عشرة شبيكة** موزعة على **سبعة أنظمة بلورية** تتكون الشبكات البلورية من سبعة أنواع متشابه شكلا ولكنها مختلفة مضمونا وتم تقسيمها علميا بحسب المحاور والزوايا ما بين تلك المحاور عند تقاطعها، وهذه النظم تحتوي على محاور ثلاثية بترتيب هندسي معين يعطي كل نظام شكله وخصائصه الفيزيائية، وهذه الانواع هي:




الأنظمة البلورية السبعة

### 1. النظام المكعب Cubic system

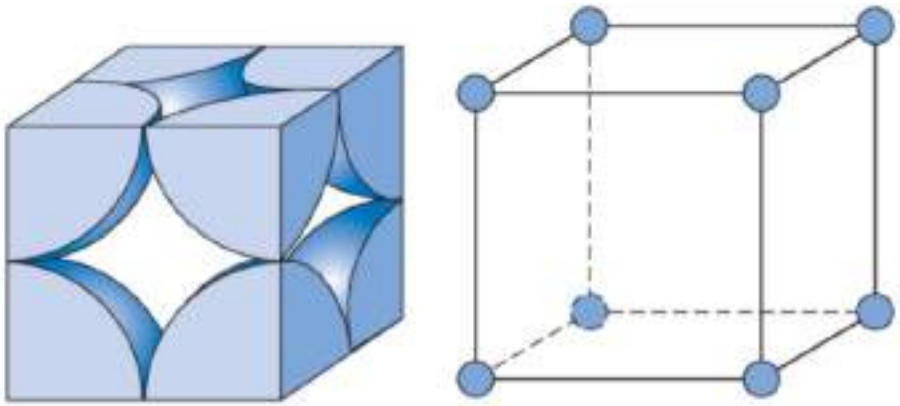
له ثلاثة محاور متساوية في الطول و تتقاطع بنفس الزوايا و التي تكون قائمة. هنالك بعض المعادن تترتب ذراتها بهذا النظام البلوري مثل Al, Cu, Fe, Pb و بعض اشباه الموصلات و المواد السيراميكسة مثل NaCl, CsCl, LiF, Si, GaAs . هناك ثلاث أنواع من الخلايا المكعبة هي: المكعب

البسيط (P)، مكعب متمركز الجسم (I) ، مكعب متمركز الأوجه (F) خصائص هذه الخلايا المكعبة تتلخص في الدول ادناه:

### a. وحدة الخلية المكعب البسيطة Simple Cubic Unit Cell

تسمى أيضا الخلية البدائية المكعبة Primitive Cubic Unit Cell و يرمز لها بالحرف P، هذا النوع يحوي ثمان ذرات او ايونات او جزيئات موجودة في اركان المكعب، نقاط المكعب عند الزوايا فقط. ان كل جزيء او ذرة او ايون في نقاط الزوايا في خلية الوحدة المكعبة البسيطة مشتركة بين ثمان خلايا مكعبة، لذا تكون نصيب الخلية الواحدة $1/8$ من كل نقطة واقعة في الزاوية وبالتالي نقطة واحدة فقط، اي

**عدد الذرات في كل وحدة خلية هو** $\mathbf{1 = 8 \times 1/8}$

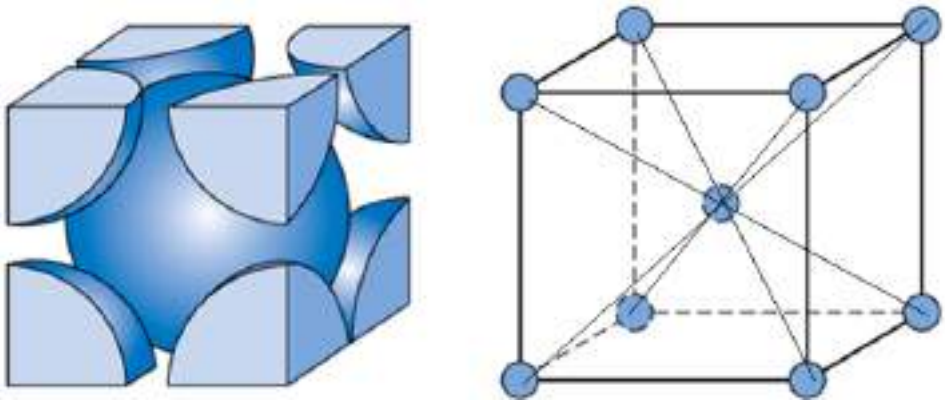


التركيب البلوري لوحدة خلية المكعب البسيط، يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية المختزلة، بينما يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية الصلبة.

### b. وحدة الخلية المكعبة المتمركزة الجسم Body-Centered Cubic Unit Cell

يرمز لها بالرمز BCC . في هذا النوع من الخلايا المكعبة هناك نقطة في مركز الخلية إضافة الى النقاط الموجودة في اركان المكعب وبالتالي تحتو ي هذا النوع من الخلايا المكعبة على نقطتين شبيكة.

**عدد الذرات في كل وحدة خلية هو** $\mathbf{2 = 1 + 8 \times 1/8}$

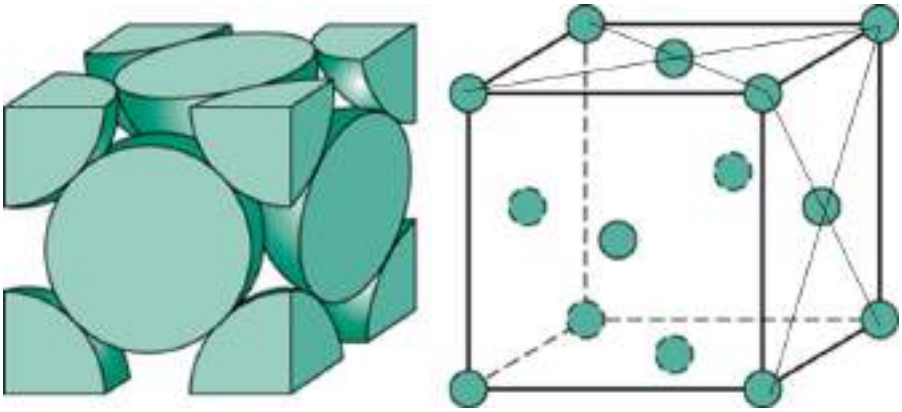


التركيب البلوري لوحدة خلية مكعبة متمركزة الجسم ، يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية المختزلة، بينما يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية الصلبة.

### c. وحدة الخلية المكعبة المتمركزة الوجه Face-Centered Cubic Unit Cell

يرمز لها بالرمز FCC . في هذا النوع من الخلايا المكعبة هناك نقطة شبيكة في مركز كل وجه من الأوجه الستة في الخلية إضافة الى النقاط الموجودة في اركان المكعب. كل نقطة شبيكة في مركز وجه تكون مشتركة بين خليتين , لذا تكون نصيب الخلية المكعبة الواحدة من هذه النقاط في الأوجه السته هي ثلاث نقاط وبالتالي تكون مجموع النقاط ثلاثة بالاضافة الى نقطة شبيكة واحدة من الأركان , أي اربع نقاط شبيكة.

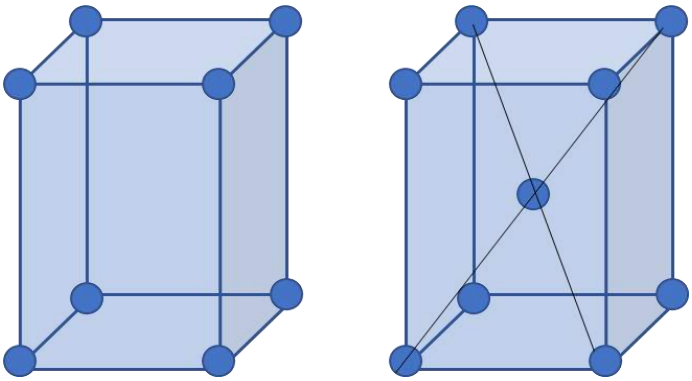
**عدد الذرات في كل وحدة خلية هو** $4 = 6 \times 1/2 + 8 \times 1/8$



التركيب البلوري لوحدة خلية مكعبة متمركزة الوجه، يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية المختزلة، بينما يمثل الشكل على اليمين وحدة الخلية الكروية الصلبة.

### 2. النظام الرباعي الأضلاع Tetragonal System

وهو النظام الذي ينشأ نتيجة جذب شبكة بلورية مكعبة باتجاه أحد المتجهات، بحيث يصبح المجال الفراغي عبارة عن منشور مستطيل له قاعدة مربعة. من المواد الصلبة التي تأخذ هذا الشكل هي In, Sn, Ba, $TiO_2$ . هناك نواعان من الخلايا الرباعية الأضلاع وهي: البسيطة و المكعبة متمركزة القاعدة. تشبه وحدة الخلية الرباعية الأضلاع البسيطة Simple Tetragonal Unit Cell وحدة الخلية الرباعية الأضلاع المتمركزة الجسم Body-Centered Cubic Unit Cell تلك المقابلة لها لوحدة الخلية المكعبة، عدا كون المحور c له قيمة تختلف عن كل من a و b.



التركيب البلوري لوحدة خلية رباعية الأضلاع البسيطة على اليسار و ، التركيب البلوري لوحدة خلية رباعية الأضلاع البسيطة على اليمين.

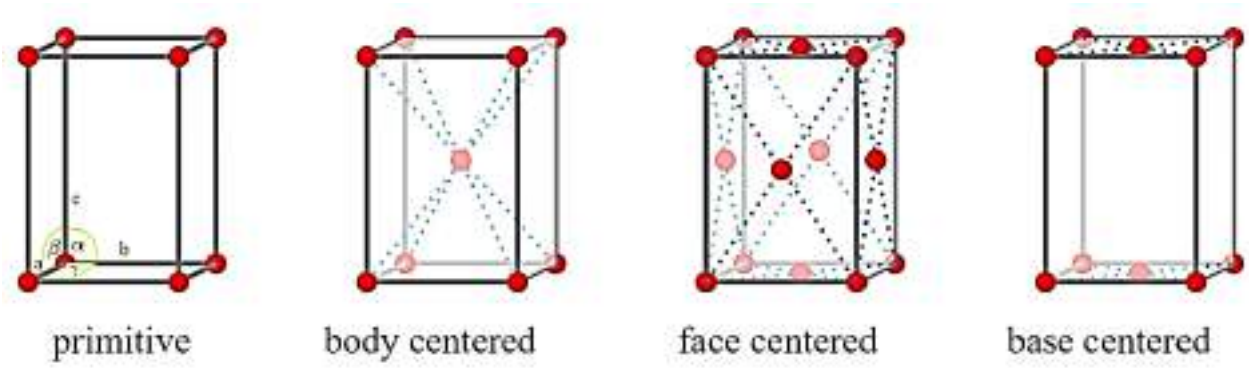
### 3. النظام المعيني القائم Orthorhombic System

لديه ثلاث زوايا قائمة و لديه محاور ذات أطوال مختلفة. وهي ثلاثة محاور متعامدة ومرآة تناظر ولهذا النظام أربعة أنواع منها: معيني قائم بسيط Primitive or Simple orthorhombic ، معيني قائم متمركز القاعدة Base-Centered simple orthorhombic، معيني قائم متمركز الجسم Body-Centered simple orthorhombic ، معيني قائم متمركز الوجه Face-Centered simple orthorhombic .

تشبه وحدة الخلية المعينية القائمة البسيطة و المتمركزة الجسم و المتمركزة الاوجه تلك المقابلة لها لوحدة الخلية المكعبة، عدا كون المحور جميعلاالمحاور الثلاثة لها اطوال مختلفة عن بعضها البعض.

اما وحدة الخلية المعينية القائمة المتمركزة القاعدة فهناك نقطة في مركز القاعدة العليا و السفلى للخلي، إضافة الى النقاط الموجودة في اركان المكعب وبالتالي تحتو ي هذا النوع من الخلايا المكعبة على نقطتين شبيكة.

**عدد الذرات في كل وحدة خلية هو** $2 = 2 \times 1/2 + 8 \times 1/8$




### 4. النظام السداسي Hexagonal System

يعتبر النظام السداسي واحدا من الانظمة البلورية السبعة. تتسم وحدة الخلية في النظام البلوري السداسي بتساوي ضلعي القاعدة a = b، وفي العادة يكون الضلع الثالث c مختلف الطول. وتبلغ الزاوية بين ضلعي القاعدة 120 درجة، بينما تكون الزاوية بين c ، a زاوية قائمة. ويعتبر الجرافيت مثال على البلورة من النظام البلوري السداسي.

### 5. النظام المعيني Rhombohedral System

يسمى ايضا بالنظام الثلاثي trigonal system. هو نظام بلوري له من ثلاث محاور على مستوى واحد وبنفس الطول ويتقاطعون مع بعضهما البعض بزاوية مختلفة غير قائمة.

### 6. النظام الاحادي الميل Monoclinic system

هو النظام البلوري الذي يتكون من ثلاثة محاور مختلفة الاطوال. يكون اثنان منهما متعامدان، في حين يشكل الثالث زاوية غير قائمة أي لا تساوي °90. وبالتالي يكون للبلورات شكل منشوري.

### 7. النظام الثلاثي الميل Triclinic System

هو النظام البلوري الذي يتكون بواسطة ثلاثة محاور مختلفة الاطوال، يتقاطعون معا بزوايا ثابتة وصحيحة مختلفة عن بعضها البعض و غير قائمة.