الفصل الثاني

التركيب البلوري وتصنيف المواد الصلبة.

تصنف المواد الصلبة إلى الأصناف التالية :

1- تصنف البلورات نسبة للشبيكة البلورية إلى :

أ- البلورات ذات الشبيكة البرافيزية Bravais Lattice.

ب-البلورات ذات الشبيكة غير البرافيزية Non Bravais Lattice.

2- تصنف المواد الصلبة نسبة لتوصيله الكهربائي إلى:

ا- المعادن Metals

ب- أشباه الموصلات Semiconductors.

ج- العوازل Insulator.

3- تصنف المواد الصلبة نسبة لخواصها المغناطيسية إلى :

أ-المواد الدايامغناطيسية Diamagnetic materials.

ب- المواد البارامغناطيسية paramagnetic material.

ج- المواد الفيرومغناطيسية Ferromagnetic material.

4- تصنف المواد الصلبة بالنسبة لطاقة الربط بين ذراتها أو جزيئاتها إلى:

أ- البلورات الأيونية .Ionic crystals

ب- البلورات التساهمية Covalent crystal.

ج- البلورات الجزيئية Molecular crystals.

د- البلورات المعدنية Metallic crystals.

المواد البلورية وغير البلورية :ـ

تتكون المادة في حالاتها الثلاث ( الغازية ـ السائلة ـ الصلبة )  من ذرات أو جزئيات دائمة الحركة ويعزى وجود المادة في إحدى هذه الحالات إلى طبيعة وحدود التأثيرات المتبادلة بين ذراتها وجزيئاتها ويمكن تمييز كل حالة عن الأخرى فيزيائياً بالنظر فلي خاصية السريان و التدفق حيث تكون المادة في حالتها الغازية والسائلة قابلة للانسياب والتشكل بشكل الإناء الذي توضع فيه  بينما تفقد المادة الغازية أو السائلة القدرة على التدفق عندما تتحول إلى الحالة الصلبة بعد تبريدها وتتخذ شكلاً وحجماً ثابتين وتصنف المواد الصلبة إلى نوعين .

أ –  المواد البلورية Crystalline : وفيها ينتظـــم ترتيب  الذرات في الفراغ بحيث تشكل نمطاً هندسياً دورياً . وعندما ينتشر هذا النمط ليشغل كل أجزاء المادة فإن هذا يعني أن لدينا بلورة وحيده Single crystal

أما إذا توقف اطراد دورية النمط الهندسي عندما يسمى بحدود الحبيبات  Grain – Boundries بأن المادة حينئذ تكون " متعددة البلورات  Poly-crystalline أي أنها تتكون من مجموعات صغيرة جداً من الحبيبات أو البلورات الأحادية الصغيرة  في اتجاهات مختلفة .

ب ـ المواد اللابلورية :ـ Noncrystaline وتضم المــــــــواد الصلبة التي تتخذ ذراتها أو جزيئاتها توزيعاً عشوائياً حيثما يتسنى لها وعندما تتحول من الحالة المائعة " الغازية  أو السائلة " إلى الحالة الصلبة توصف بأنه لا شكلية أو مورفيه Amorphous ، بمعنى أنها لا تتخذ شكلاً مميزاً كمـــــــــــا أنها توصف بأنها زجاجية  Vitreous Glassy نظراً لأنها تتشابه مع الزجاج في عشوائية ترتيب الذرات .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | |  | | --- | | —                 —        —    —        —            —                —        —      —    —        —               —    —              — | |  | |  | | --- | | —        —        —    —        —        —    —        —        —    —        —        —    —        —        — | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | |  | | --- | | )ب)  المواد اللابلورية | |  | |  | | --- | | (أ) المواد البلورية | |

أن المواد السائلة تشبه الغازات أكثر مما تشبه المواد الصلبة حيث أن كل من السوائل والغازات هي موائع Fluids ولا يمكن تمييز بعضها عن بعض عند الدرجة الحرجة الحرارية ومع هذا فإن الصفات المجهرية microscopic للسوائل تشبه كثيراً صفات المواد الصلبة  . فكثافة سائل تساوي تقرياً كثافة نفس المادة في حالة التجمد ونجد أن هذه الصفة توضح أن تقارب جزئيات المادة يكون متساوي تقريباً في الحالتين السائلة والصلبة ودراسة قابلية الانضغاط Compressibilities  لتلك المواد تكون مؤكدة هذه الصفة وأن حيود الأشعة السينية x-ray  يظهر بأن هناك سوائل كثيرة لها تراكيب منسقة قصيرة المدى تشبه تماماً تركيب المواد الصلبة غير المتبلورة ، عدا أن  تراكيب المواد السائلة تتغير باستمرار مع الزمن .

ولما كانت المواد الصلبة غير المتبلورة تشبه السوائل لذلك فإنها لا تظهر درجات انصهار متميزة ونستطيع أن نفسر هذه الصفة في الضوء التركيب المجهري لتلك المواد . فالمواد الصلبة غير المتبلورة لا تمتلك تنظيماً بعيد المدى ولذا فالروابط بين الجزئيات تتباين فيما بينها وعند تسخين المادة الصلبة نجد الروابط الضعيفة تتفكك عند درجات حرارة أوطأ مما تحتاجه الروابط الأقوى . ولذلك فالمادة غير المتبلورة تتميع تدريجياً أما المواد الصلبة المتبلورة فيتضمن الانتقال من الترتيب المنتظم البعيد المدى إلى الترتيب القصير المدى " أو عدم الترتيب  كسر الروابط المتساوية القوة ولذلك يحدث انصهارها عند درجة حرارة محددة"  
 .

وتكون الحالة البلورية هي الحالة الطبيعية لغالبية المواد الصلبة نظراً لأن طاقة الترتيب المنتظم للذرات تكون أقل من طاقة التوزيع العشوائي لها . وعموماً إذا لم تتح لذرات المادة فرصة ترتيب نفسها  كما ينبغي وذلك بأن تتيح حركتها فإنه يمكن أن تكون مادة غير بلورية مثال ذلك : ـ الكربون " الزجاجي " لناتج من عملية التحليل عند درجات حرارة منخفضة وبعض البلورات التي تتكون من عدد كبير جداً من الجزئيات غير المتناسقة وهناك حالات أخرى لا تتاح الفرصة لنمو بلورات من السوائل  عالية اللزوجة عند تبريدها بسرعة ، حيث يؤدي التبريد الفائق Supercooling إلى تجميد السائل بنفس النمط غير الدوري لترتيب جزيئاته ويمكن لبعض المواد الزجاجية يمكنها اكتساب الحالة البلورية بصورة كلية أو جزئية عن طريقة معالجتها حرارياً بعملية تسمى التلدين أو التخمير  Annealing  وهي عبارة عن عملية تسخين يعقبه تبريد بمعدلات بطيئة منظمة  .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

                الشبيكة + القاعدة = التركيب البلوري .

 الشبيكة البلورية :ـ هي نوع من التمثيل الرياضي لنمط ترتيب الوحدة البنائية الأساسية للمادة البلورية ويتم هذا التمثيل بعدد لا  نهائي من النقاط الهندسية المرتبة ترتيباً شبيكياً متوازياً يتميز بالتماثل والتكرار المنتظم في الفراغ .

القاعدة :ـ هي الوحدة البنائية الأساسية لكل نقطة من نقاط الشبيكة .

العلاقة:ـ  الشبيكة الفراغية + الوحدات الأساسية ( القاعدة ) = التركيب البلوري  .

وفي أبسط التركيبات البلورية توجد ذرة واحدة لكل نقطة شبيكية كما هو الحال في بلورات النحاس والذهب والفضة ، وقد تكون الوحدة البنائية الأساسية مجموعة من الذرات ويشترط حينئذ أن تكون الوحدات البنائية الأساسية متطابقة في تركيبها وترتيبها وتوجيهها وكما يجب أن يكون لها نفس الميل والاتجاه .

النظم البلورية و شبيكات برافية :

·   تعريف شبكة برافيه :ـ بأنها عبارة عن مجمل التوزيع المنتظم للجسيمات التي يمكن أن نحصل عليه إذا أجرينا انسحابا متوازياً لكل جسيمات الخلية العنصرية .

نجد أن شبكة برافي لا تتشبع دائماً بكل الجسيمات المكونة للبلورة بالبلورات المعقدة يمكن أن تتألف من عدة شبكات برافي مجتمعة بحيث تتداخل إحداهما في الأخرى ولهذا ينطبق على العناصر الكيمائية

تصنيف الشبيكات البلورية إلى  أربع عشرة شبكية موزعة على  سبعة أنظمة بلورية Crystal systems وعدد شبيكات برافيه الأربع عشرة والنظم البلورية السبعة محدودة بعدد الطرق الممكنة لترتيب النقاط الشبيكية بحيث تكون البيئة المحيطة بأي نقطة منها مماثلة تماماً للبيئة المحيطة بأية نقطة أخرى وتكون شبيكة برافيه بسيطة إذا كانت نقاطها عند الأركان فقط ويرمز لها بالحرف ( أ ) وعندها تشتمل على نقاط إضافية في مواضع خاصة

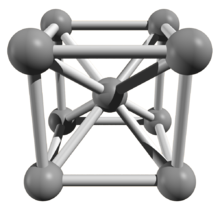
فإنها تكون ممركزة الأوجه ( F) أو ممركزة الجسم ( I )  أو ممركزة القاعدة ( C )

وحدة الخلية: في [علم البلورات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%84%D9%85_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%84%D9%88%D8%B1%D8%A7%D8%AA) هي أصغر خلية ، وبواسطة نقلها على ثلاثة محاور الفراغ يتكون منها البناء البلوري . يتم النقل موازيا لكل محور من دون أي تدوير لوحدة الخلية . وتعرف وحدة الخلية بستة احداثيات : أطوال الأضلاع للوحدة وهي c ، b ، a (و تسمي ثوابت الشبكة البلورية) و الزوايا بين الأضلاع وهم α ، γ ، β وتحتوي وحد الخلية على جميع عناصر [التناظر](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%86%D8%A7%D8%B8%D8%B1) التي تميز البلورة . يمكن أن تشغل كل زاوية ذرة واحدة ، وبذلك يتم جسم البناء البلوري .

في حالة الحديد مثلا تشغل كل زاوية [ذرة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) [حديد](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%AF%D9%8A%D8%AF) ويتبلور الحديد النقي في نظام المكعب ، وتختص وحدة خلية الحديد بوجود ذرة حديد ثانية في وسطها . ولذلك يمكن القول بأن وحدة خلية الحديد تحتوي على ذرتين.

يحتوي المكعب على 8 زوايا ، وتشغل كل زاوية ذرة واحدة . ولكن كل ذرة من هؤلاء تشترك في 8 مكعبات (خلايا) مجاورة ، أي أن كل زاوية من ال 8 زوايا لوحدة الخلية تشترك ب 1/8 ذرة من ذرات الحديد ، فيكون عدد الذرات الموجودة بوحدة الخلية التي تشغل الزوايا مساويا 1 ذرة . بالإضافة إلى 1 ذرة حديد في وسط الخلية ، نحصل بذلك على ذرتين لكل وحدة خلية.)في علم المعادن نجد أن نقاط الشبكة البلورية يمكن أن تشغلها [أيونات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D9%8A%D9%88%D9%86) بدلا عن الذرات ، كما يمكن أن يشغلها أيونات مركبة مثل NH2- كما في مركبات الأميد مثل [أميد الصوديوم](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D9%85%D9%8A%D8%AF_%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%88%D8%AF%D9%8A%D9%88%D9%85) و [أميد البوتاسيوم](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=%D8%A3%D9%85%D9%8A%D8%AF_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%88%D8%AA%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D9%88%D9%85&action=edit&redlink=1) .

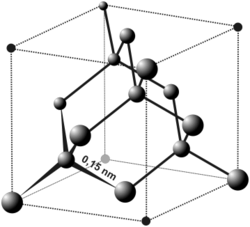
وحدة خلية الحديد

[](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Iron_bcc.png)

وحدة خلية الحديد وتحتوي ذرتين.

وعمليا نجد عند دراستنا للمعادن أنها تتبلور في 7 [أنظمة بلورية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D8%B8%D8%A7%D9%85_%D8%A8%D9%84%D9%88%D8%B1%D9%8A) ، ويمثل نظام المكعب أحد تلك الأنظمة حيث تتساوى فيه الأضلاع ، كما تحكم فيه زوايا قائمة بين الأضلاع.

وحدة خلية للمركبات

[](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Diamonds_glitter.png)

[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf17/skins/common/images/magnify-clip-rtl.png](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Diamonds_glitter.png)

وحدة خلية الألماس ، ومكونة من ذرات [الكربون](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D9%83%D8%B1%D8%A8%D9%88%D9%86) .

يمكن أيضا تمثيل المركبات في هيئة وحدة الخلية . وعلى سبيل المثال بالنسبة إلى [ملح الطعام](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D8%AD_%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%B9%D8%A7%D9%85) وهو مركب كيميائي NaCl. يحتوي الجزيئ منه على ذرة [صوديوم](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B5%D9%88%D8%AF%D9%8A%D9%88%D9%85) وذرة [كلور](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%84%D9%88%D8%B1) . يتبلور ملح الطعام طبقا لنظام المكعب ، وتتبع وحدة خليته النظام المكعب حيث تحتوي وحدة الخلية على جميع عناصر [التناظر](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%AA%D9%86%D8%A7%D8%B8%D8%B1) لبلورة ملح الطعام العينية. وتحتوي وحدة خلية ملح الطعام على 4 أيونات للكلور(-) و 4 أيونات للصوديوم(+) ، بينما يمكن القول بأن وحدة الخلية البسيطة لملح الطعام تحتوي على 1 ذرة كلور و 1 ذرة صوديوم.

أنواع وحدات الخلية البلورية

الأنظمة البلورية [crystals structures](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=Crystals_structures&action=edit&redlink=1) توجد المعادن في أشكال بلورية مختلفة والبلورة عبارة عن جسم من وسط صلب متجانس التركيب الكيميائي، تتخذ فيه الذرات مواضعا في شكل هيكلي هندسي منتظم. ويتميز الشكل الهيكلي بقابلية تقسيمه إلى وحدات أو خلايا متماثلة تماما، وأصغر خلية تسمي الخلية الأساسية. يظهر التركيب البلوري عينيا macroscopic في هيئة أسطح ومستويات طبيعية تعرف باسم أوجه البلورة وتتميز بوجود علاقات تماثل معينة تعكس نظام الهيكل الهندسي.

يمكن تقسيم نظم البلورات إلى سبعة نظم بلورية وذلك على أساس أطوال المحاور البلورية أ، ب، ج والزوايا البلورية، والنظم البلورية السبع هي:

نظام المكعب

نظام الرباعي

نظام السداسي

نظام الثلاثي

نظام المعيني القائم

نظام أحادي الميل

نظام ثلاثي الميل

يتسم كل معدن بأحد تلك الأنظمة، حيث تتلاحم خلايا النظام من دون فراغات بحيث تكون الصورة العينية للمجموع مطابقة تماما لهيكل الخلية الأساسية. ويمكن تصور ذلك بسهولة في حالة كون الخلية الأساسية المكعبة، فيحدها من اليمين مكعبا ومن اليسار مكعبا، ومن فوقها مكعبا ومن تحتها مكعبا، وأمامها مكعبا وخلفها مكعبا، يذل تكون الخلية الأساسية قد تغطت تماما بمكعبات تحدها من جميع جهاتها الست. ثم تُشغل طبقة الخلايا الأساسية السطحية بنفس الطريقة المذكورة وبهذا تكبر البلورة المعدنية.

يبين الجدول الآتي 7 أنظمة لتلك لوحدات الخلية . وهي تلخص جميع أشكال تبلور المعادن والأملاح . أي أن أي ملح أو أي معدن نجدة فهو يتبع واحدا من تلك الأنظمة . وعادة تشغل كل زاوية من زوايا وحدة الخلية بذرة واحدة من المعدن . وأحيانا كما يوجد في طبيعة البلورات يمكن أن تشغل ذرة ثانية وسط الخلية Body centered أو أحد أوجه وحدة الخلية.

)كيفية إشغال الخلية ([بالذرات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B0%D8%B1%D8%A9) كالآتي lattice centerings وينطبق ذلك على جميع الأنظمة أسفله :

Primitive centering (P): الذرات تشغل الزوايا فقط ،

Body centered (I): ذرة ثانية تشغل وسط الخلية ،

Face centered (F): ثلاث ذرات إضافية يشغلون جميع أوجه الخلية ،

C centering: ذرة إضافية تشغل قاعدة الخلية .

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| The 7 lattice systems | The 14 Bravais lattices | | | |
| [triclinic](http://ar.wikipedia.org/wiki/Triclinic) (ثلاثي الميل ) | P |  |  |  |
| [Triclinic](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Triclinic.svg) |  |  |  |
| [monoclinic](http://ar.wikipedia.org/wiki/Monoclinic) ( احادي الميل | P | C |  |  |
| [Monoclinic, simple](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Monoclinic.svg) | [Monoclinic, centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Monoclinic-base-centered.svg) |  |  |
| [orthorhombic](http://ar.wikipedia.org/wiki/Orthorhombic)  ( معيني قائم ) | P | C | I | F |
| [Orthohombic, simple](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Orthorhombic.svg) | [Orthohombic, base-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Orthorhombic-base-centered.svg) | [Orthohombic, body-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Orthorhombic-body-centered.svg) | [Orthohombic, face-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Orthorhombic-face-centered.svg) |
| [tetragonal](http://ar.wikipedia.org/wiki/Tetragonal)  ( رباعي قائم ) | P | I |  |  |
| [Tetragonal, simple](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Tetragonal.svg) | [Tetragonal, body-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Tetragonal-body-centered.svg) |  |  |
| [Trigonal](http://ar.wikipedia.org/wiki/Rhombohedral_lattice_system) ( ثلاثي الميل ) | P |  |  |  |
| [Rhombohedral](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Rhombohedral.svg) |  |  |  |
| [hexagonal](http://ar.wikipedia.org/wiki/Hexagonal_lattice_system) (السداسي ) | P |  |  |  |
| [Hexagonal](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Hexagonal_lattice.svg) |  |  |  |
| [cubic](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=Cubic_%28crystal_system%29&action=edit&redlink=1) (المكعب ) | P (pcc) | I (bcc) | F (fcc) |  |
| [Cubic, simple](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Cubic.svg) | [Cubic, body-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Cubic-body-centered.svg) | [Cubic, face-centered](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Cubic-face-centered.svg) |  |