في هذه الحالة)، حيث تظهر على هذه الذرة شحنة سالبة جزئيا وتظهر على الذرة الأخرى شحنة موجبة جزئيا (الهيدروجين). ونتيجة لظهور هذه الشحنات ينشأ تجاذب بين ذرات الأوكسجين و ذرات الهيدروجين وتتكون الرابطة، وفي هذه الرابطة تقوم ذرات الهيدروجين بعمل قنطرة مع ذرة الأوكسجين ولذلك تسمى هذه الرابطة، بالرابطة الهيدروجينية. ويمكن القول أن الرابطة الهيدروجينية هي رابطة ثانوية تتكون بين ثنائيات القطب الكهربي لجزيئات الماء المتجاورة.

التركيب البلوري Crystal Structure

كما ذكرنا سابقا، يمكن تصنيف المواد الصلبة الى نوعين: مواد صلبة متبلورة (مثل المعادن واغلب المركبات الكيميائية و السبائك) و مواد صلبة غير متبلورة (مثل الزجاج والشمع)، كما ان بعض المواد السائلة والغازية تتحول الى مواد متبلورة عند تجمدها مثل الثلج والغازات الخاملة.

تتألف المواد الصلبة من وحدات اساسية محددة هي الذرات او المجموعات الذرية تتوزع في التركيب البنائي للمواد غير المتبلورة بشكل عشوائي، بينما تكون الذرات او المجموعات الذرية في المواد المتبلورة موزعة بشكل منتظم. و يشار الى كل مجموعة من الذرات المرتبة في المواد المتبلورة بـ (البلورة Crystal) والتي يمكن ان تتواجد بشكل منفصل.

تتميز البلورات بامتلاكها شكل هندسي منتظم واسطح متشابهة و متوازية و ملساء. يوجد العديد من انواع التراكيب البلورية التي يعتمد كل منها على هندسة الترتيب وانتظام الذرات في البلورة ككل.

الحالة المتبلورة (الحالة البلورية) Crystalline State

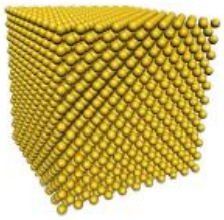
هي مصطلح يعبر عن ترتيب هندسي ودوري للذرات في الفضاء الثلاثي الابعاد على المدى الطويل (البلورة المثالية) وتتميز التشكيلات البلورية باستقرارها غالبا وامتلاكها لكثافة طاقة اصغرية وهذا التميز يحقق الخصائص التالية:

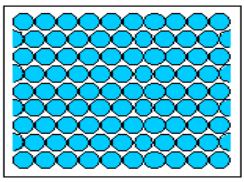
١- تحافظ على الاعتدال الكهربائي المواد الصلبة البلورية.

٢- تكون جميع الروابط بين الذرات محددة وخصوصا التساهمية.

٣- تبقى شدة التدافع الناجمة عن (ايون-ايون) اصغر مايكون.

٤- تجتمع الذرات معا لتحتل حجما اصغرياً بشكل بنى بلورية تدعى الشبكات الفضائية (الفراغية).





س/ هل يمكن الحصول على بلورة تامة perfect crystal او حالة بلورية مثالية ؟

تحتفظ البلورة التامة بصفة الدورية الى اللانهاية وبالإبعاد الثلاثة. وعمليا لا يمكن الحصول على حالة بلورية مثالية لان سطح البلورة يشكل عيبا للبلورة، والحركة الاهتزازية للذرات تؤثر على صفة الدورية بفعل تقلبات درجة الحرارة بالإضافة الى الشوائب التي لا يمكن تجنبها والتي تشكل خللا في التبلور وهناك العديد من هذه الحالات سندرسها في فصل العيوب البلورية لاحقا. ومن الامثلة على العيوب البلورية ما يلي:

١-ان سطح البلورة يشكل عيبا من عيوب البلورة وذلك لان الدورية التي تمتلكها سوف تضطرب على السطح فالذرات القريبة من السطح تكون في محيط يختلف عن محيط الذرات الواقعة في عمق البلورة ونتيجة لذلك تسلك سلوكا مختلفا عن العمق.

٢-الحركة الاهتزازية للذرات حول موضع استقرارها قد تؤثر على التنظيم الدوري للبلورة بدرجة كبيرة او صغيرة اعتمادا على درجة الحرارة.

٣-بالرغم من التقنيات المتقدمة لأنماء البلورات لا تزال هناك بعض الشوائب والتشوه في البلورات التامة والتي لا يمكن التخلص منها حتى في احسن عمليات الانماء البلوري وهي تؤثر على دورية الشبيكة.

التناظر الانتقالي في البلورة Translation symmetry

هو تعبير اخر عن صفة الدورية في البلورة وهذا التناظر يعني : انه اذا تحركت نقطة ما بواسطة أي متجه يربط بين نقطتين، تبدو النقطة وكأنها لم تتحرك أي ان ما يجاورها لم يتغير. وعلى أساس حالة التبلور يمكن تصنيف المادة الصلبة الى:

١-غير المتبلورة (عشوائية التوزيع).

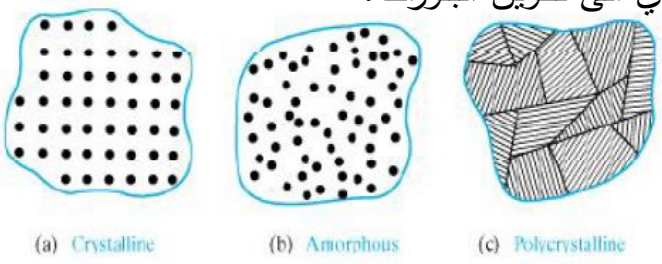
٢-متبلورة : ترتيب دوري منتظم لمدى طويل(انتظام غير محدود).

٣-متعددة التبلور(انتظام محدود) ترتيب منتظم لمدى قصير ثم يعود الى العشوائية.

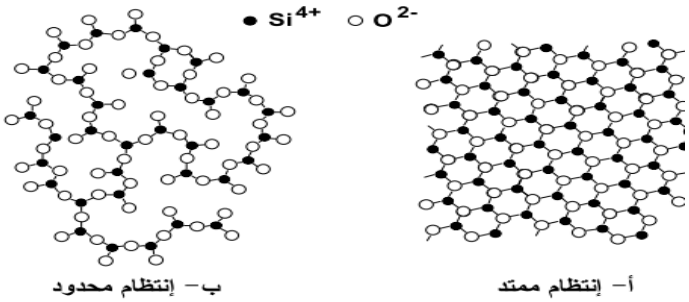
بشكل عام، تختلف المواد غير المتبلورة عن المواد المتبلورة بكيفية انتظام الذرات في المادة حيث يغيب الانتظام في النوع الاول (اي تتوزع الذرات بشكل عشوائي)، بينما يوجد هذا الانتظام في النوع الثاني من المواد الصلبة. بالرغم من ان هذا المفهوم صحيح الى حد كبير الا انه يوجد في بعض المواد غير المتبلورة مزيج من العشوائية والانتظام للذرات.

يوجد نوعان من الانتظام هما الانتظام المحدود (قصير المدى) والانتظام الممتد (طويل المدى). في الانتظام المحدود تكون الذرات او المجموعات الذرية مرتبة ومتكررة على المدى القصير لكنها تفقد هذا الترتيب والانتظام في المدى الطويل فعندها تسمى المادة بـ المادة الصلبة غير المتبلورة non-crystalline (امورفية amorphous) ويسمى التركيب البنائي لهذه المواد تركيبا ذا انتظاما قصير المدى.

بينما اذا اظهر التركيب البنائي لمادة صلبة انتظاما الى مدى طويل فيقال ان هذا التركيب ذا انتظاما ممتداً و تسمى المادة بـ المتبلورة او البلورية crystalline والذي يؤدي الى تكوين البلورات.



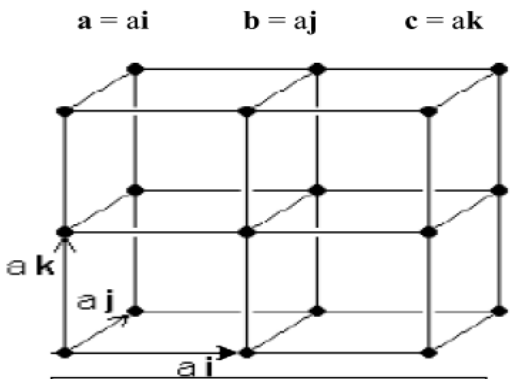
يوجد الكثير من المواد الصلبة التي يمكن ان تتواجد بالحالتين البلورية والامورفية وذلك اعتماداً على ظروف التحضير، وخير مثال على ذلك هي مادة رمل الصحراء، حيث منه يمكن الحصول على اكثر من شكل للمادة الصلبة مثل الزجاج (مادة غير متبلورة) او الكوارتز/الماس (مادة متبلورة).



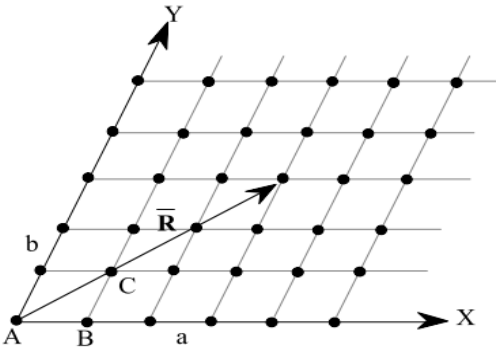
التركيب البنائي للكوارتز والزجاج، حيث يظهر انتظاما ممتدا أو انتظام محدودا.

مما سبق، يمكن تعريف الانتظام المحدود للمجموعات الذرية بأنه انتظاماً مستمراً في المدى المكاني القصير ويغيب في المدى المكاني البعيد. يتواجد هذا النوع من الانتظام في المواد غير المتبلورة (الامورفية). اما الانتظام الممتد فهو الترتيب الذي يتكرر على المدى الطويل ليشمل كل التركيب البنائي للمادة مكوناً الشبيكة البلورية، اي ان هذا الانتظام يتواجد فقط في المواد المتبلورة.

لذلك، يقال ان المادة الصلبة متبلورة عندما تكون ذراتها او مجموعاتها الذرية مرتبة بالشكل الذي يجعل اماكنها تتكرر بانتظام في نموذج ثلاثي الابعاد طويل المدى (هذا النموذج يسمى بـ **الشبيكة)** بحيث تكون متواجدة فيه كل ذرة او جزيئ او مجموعة ذرية في نقطة محددة وعلى بعد واتجاه محددين من جميع الذرات او المجاميع الذرية الاخرى. كما في الشكل التالي:



البناء البلوري لشبكة مكعبة:



تمثيل ثنائي البعد لتركيب صلب متبلور وفيه تظهر جميع الذرات مرتبة بشكل دوري.

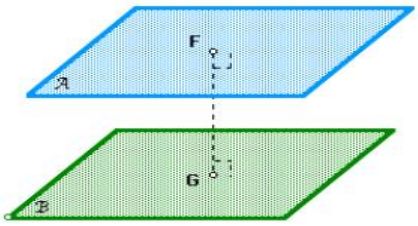
يتضح من الشكل اعلاه، المسافة بين اي ذرتين متجاورتين على امتداد المحور X (مثلاً الذرتين A و B) هي a. والمسافة بين اي ذرتين متجاورتين على امتداد المحور Y (مثلاً الذرتين B و C) هي b، وليس بالضرورة ان تكون المحاور متعامدة. تحافظ البلورة التامة على هذا الانتظام (التكرار) على طول المحورين X و Y ضمن المدى من ∞− الى ∞+، اي ان الذرات تكون متكافئة ويمكن مشاهدة البلورة عند النظر اليها من اي موقع من هذه المواقع الذرية.

تعريفات اساسية.

البلورة Crystal: هي جسم صلب ذو شكل هندسي محدد ويتكون من تجمع عدد لانهائي من الوحدات المتماثلة (الذرات) التي تتكرر بشكل دوري ومنتظم في جميع الاتجاهات.

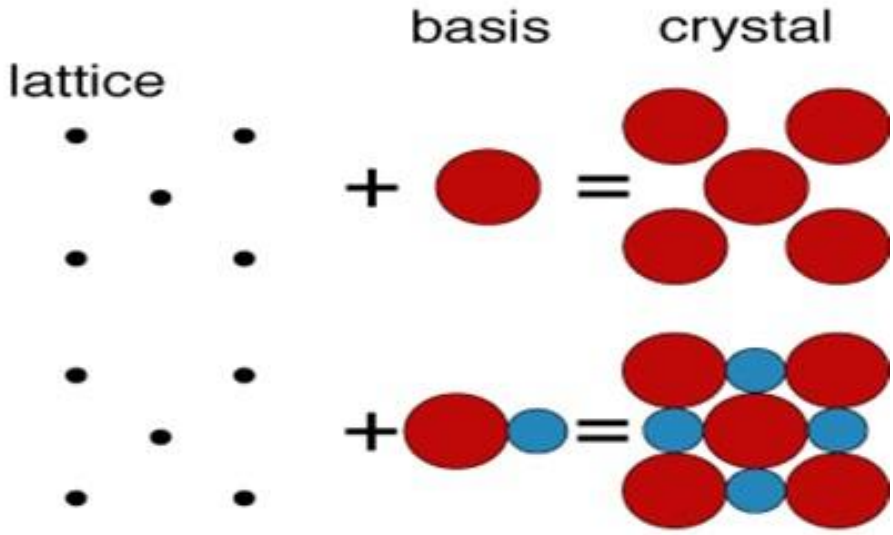
القاعدة Base او الاساس Basis : هي عبارة عن ذرة او مجموعة ذرية تلتصق مع نقاط الشبيكة البلورية وتمثل البناء البلوري الحقيقي. وللأساس دوراً مهماً في البناء البلوري بحيث يجب ان يكون متماثلا في البنية والاتجاه والترتيب.

الشبيكة البلورية Crystal Lattice : هي نوع من التمثيل الرياضي لنمط ترتيب الوحدة البنائية الاساسية للمادة البلورية. وهذا التمثيل يكون بعدد لانهائي من النقاط الهندسية المرتبة ترتيباً شبكياً متوازياً و يتميز بالتماثل والتكرار المنتظم (الصفة الدورية) في الفراغ.



ثابت الشبيكة: هو اقصر مسافة عمودية بين مستويات الشبيكة.

التركيب البلوري Crystal Structure: يتكون التركيب البلوري من خلال اضافة الوحدة البنائية الاساسية (الاساس او القاعدة) الى كل نقطة من نقاط الشبيكة، اي ان: **التركيب البلوري = الشبيكة الفراغية + الاساس**

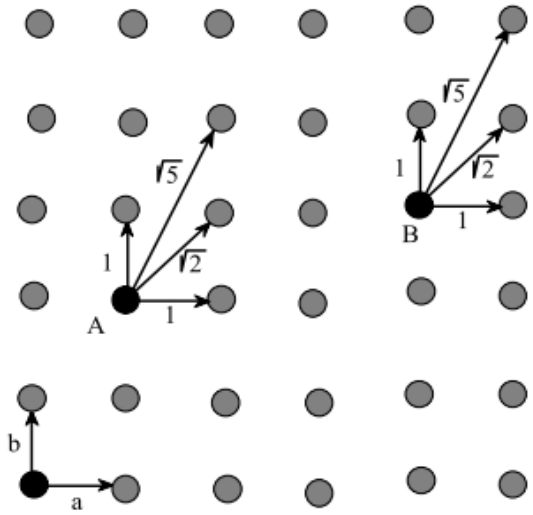


من الشكل المجاور نميز نوعين من الشبيكات البلورية.

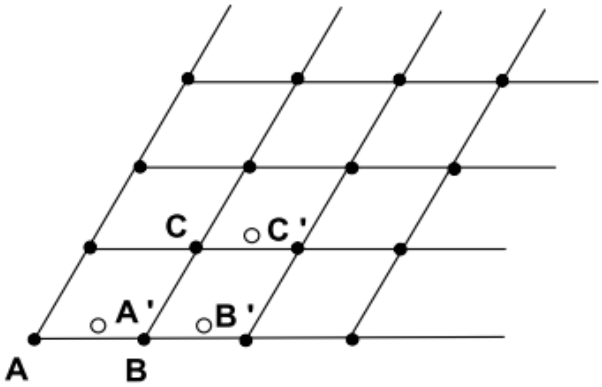
الشبيكة البرافيزية Bravais Lattice وهي التي تكون فيها جميع الذرات في البلورة نفس النوع.

الشبيكة غير البرافيزية وهي عبارة عن مزيج من شبكتين برافيزيتين (او اكثر) متداخلتين مع بعضهم.

الان لو اعدنا رسم مخطط الشبيكة المرسوم في الصفحة رقم١٣ ولكن مع اضافة نقاط اخرى هي $\acute{A}$ و $\acute{B}$ و $\acute{C}$. نجد ان النقاط A و B و C متكافئة فيما بينها و تكّون شبيكة برافيزية واحدة. وبالمثل فان النقاط $\acute{A}$ و $\acute{B}$ و $\acute{C}$ متكافئة ايضا و تكّون فيما بينها شبيكة برافيزية اخرى. لكن النقطتين A و $\acute{A}$ غير متكافئتين سواء كانتا من نفس النوع (مثلا ذرتين من الهيدروجين H) او عبارة عن ذرات مختلفة (مثلا ذرة هيدروجين H و ذرة كلور Cl).



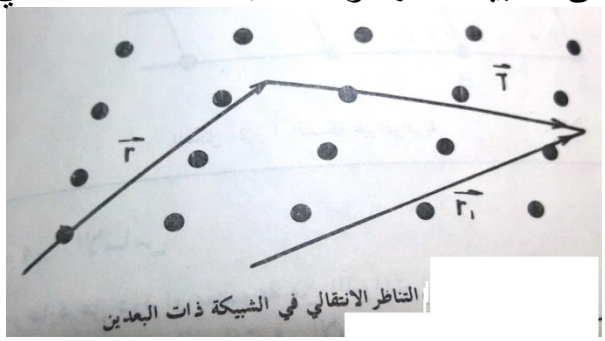
شبيكة برافية ثنائية البعد



شبيكة غير برافية ثنائية البعد.

متجهات الانتقال الاساسية Fundamental Translation Vectors:

تجري الانتقالات الخطية من نقطة الى نقطة اخرى ضمن الشبيكة ذاتها وفقاً لمتجه الانتقال $\vec{T}$ الذي يصل الى نقطة مكافئة للنقطة الاولى. لاحظ الشكل التالي:

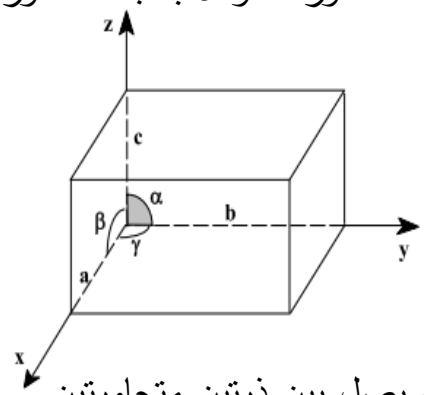


النقطة المعبر عنها بالمتجه r هي نفسها النقطة المعبر عنها بالمتجه r_1 من خلال متجه الانتقال T (اي ان النقطة انتقلت من الموقع r الى الموقع r_1) بحيث يمكن كتابة:

$$\vec{r_1} = \vec{r} + \vec{T} \ , \ where \quad \vec{T} = n_1\vec{a} + n_2\vec{b} + n_3\vec{c}$$

n_1 و n_2 و n_3 اعداد صحيحة تحقق شرط الانتقال.

a و b و c هي متجهات الاساس في البلورة (a باتجاه المحور X و b باتجاه المحور Y و c باتجاه المحور Z) وبينهما الزوايا α, β, γ وكما موضح في الشكل التالي:



هناك نوعان من المتجهات:

المتجه الاساسي البدائي Primitive Fundamental Vector: هو الذي يصل بين ذرتين متجاورتين.

المتجه الاساسي غير البدائي Non−primitive Fundamental Vector: هو الذي يصل بين ذرتين غير متجاورتين.

لناخذ شبيكة بلورية في بعدين وان النقاط A و B و C و D تشكل رؤوس متوازي الاضلاع $ABCD$ الذي يكرر انتقاله من خلال المتجهين a و b مما يؤدي الى تكوين النموذج الكلي للشبيكة البلورية وبذلك يطلق عليه اسم **خلية الوحدة.**