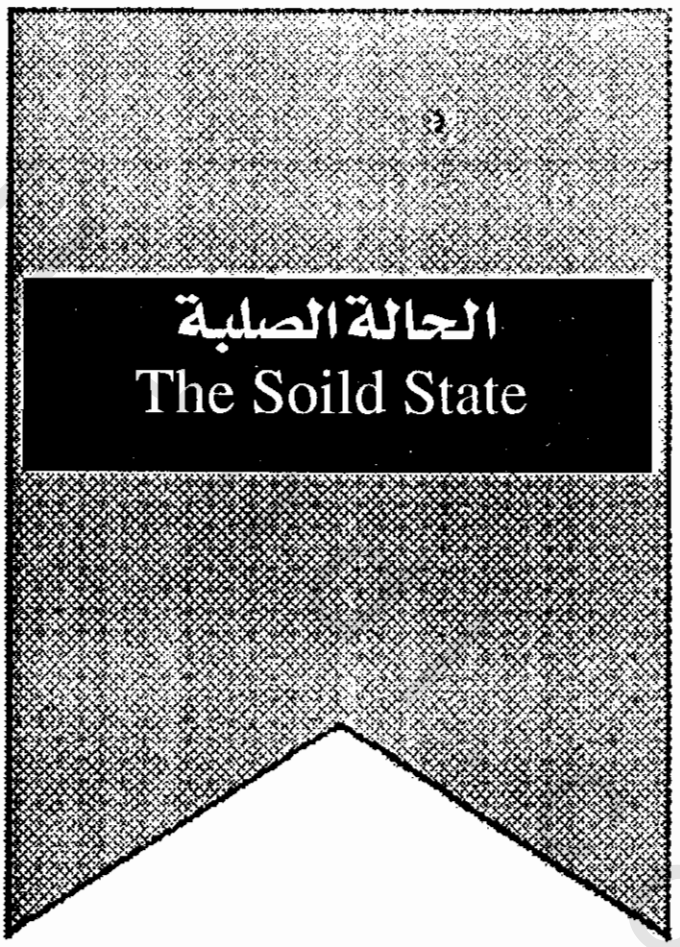
الباب الخامس



الحالة الصلبة
The Soild State

obeikandl.com

البـــاب الخـــامس

الحالة الصلبة
Soild State

خواص الحالة الصلبة .

التماثل .

مستو التماثل .

محور التماثل .

مركز التماثل .

الشبكة الفراغية .

تركيب البللورة .

مستويات الشبكة وأبعادها .

طريقة تحديد موضع المستوى فى الفراغ .

الأنظمة البللورية .

البللورات الأيونية .

البلورات التساهمية .

البلورات الجزئية .

obeikandl.com

البلورات المعدنية .

أشباه الموصلات .

تغيرات الحالة ومنحنيات التسخين والتبريد .

الأشعة السينية ، وتحديد الأبعاد البلورية .

التشابه البلورى .

تعدد الشكل البلورى .

الأسئلة .

obeikandl.com

خواص الحالة الصلبة : Proporties of soil state

تتميز الحالة الصلبة بحجم وشكل ثابتين وهى بذلك تختلف عن الحالة الغازية والسائلة ، إختلافا كبيرا . ويرجع السبب فى ذلك إلى أنه فى الصلب تكون الوحدات التركيبية سواء ذرات أو أيونات أو جزيئات مترابطة مع بعضها البعض بقوى كبيرة منتظمة تماما ، ومثبتة فى أماكن محددة ، ويكون فى حالة إتزان فى الصلب ولا يكون ترتيبها الفراغى عشوائيا كما هو الحال فى الغازات والسوائل وتذبذب الجسيمات بالنسبة لأماكنها المحددة ولكنها لا تترك المادة ، وقد كان يعتقد فى بادىء الأمر أن جميع الجوامد بلورية ، وأنه لا توجد الجوامد غير البلورية ، ولكن فيما بعد اتضح أن الحالة الصلبة تشتمل على المواد البلورية والمواد الغير البلورية . ويتميز الصلب المتبلر بالخواص التالية :

١ - نقطة انصهارها محددة .

٢ - حرارة انصهارها محددة .

٣ - شبكة بلورية محددة .

إذ تكون الذرات ، الأيونات أو الجزيئات فى الصلب المتبلر مرتبة فى نظام محدد ، يتكرر على الدوام . وقد تكون قوى الربط ناشئة عن التجاذب بين الأيونات الموجبة والسالبة ، كما فى بلورة كلوريد الصوديوم أو تكون نتيجة لوجود روابط كيمائية تتماسك فيها الذرات بروابط تكافؤ فى تركيبات متواصلة ، كما فى الماس ، وقد تنشأ قوى الربط عن تجاذب بين الجزيئات كما فى ثانى أكسيد الكربون الصلب .

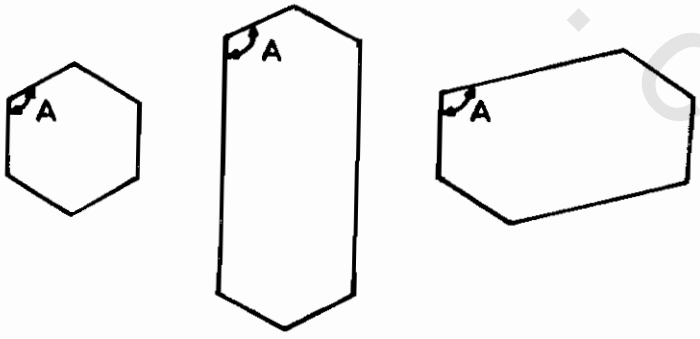
وتعرف المواد الصلبة التى لا تتوافر فيها الشروط السابقة بالمواد الصلبة الغير بلورية وأمثلتها : الزجاج ، المطاط ، والصمغ الجامد . وقد أطلق تعبير (أمورفى) على المادة التى لا يكون لها شكل هندسى طبيعى أو تركيب داخلى مرتب ، ولا يكون لأسطحها أوجه محددة ، متكررة كما هو الحال فى المادة البلورية . وتكون جسيمات المادة الأمورفية مرتبة ترتيبا

عشوائيا كما هو الحال فى السوائل . ولذلك فإنها تعتبر سوائل فى مدى من درجات الحرارة . بخلاف المواد البلورية التى تنصهر عند درجة حرارة ثابتة .

وإذا ما اختلف خواص البلورات (قوى الشد ، المرونة ، التوصيل الحرارى ، التوصيل الكهربى ، معامل الإنكسار ، سرعة الذوبان) بإختلاف الإتجاهات ، فإن الجامد يعرف بأنه غير منتظم وتتضح هذه الظاهرة فى جميع البلورات ماعدا الأنظمة المكعبة ، أو المنتظمة . وإذا تساوت خاصية ما فى جميع الإتجاهات ؛ تعرف البللورة بأنها منتظمة وتتميز البلورات المكعبة ، وغير المتبلرة بأن لها خواص متماثلة مميزة فى جميع الإتجاهات ويعتمد حجم البلورات وكما لها على سرعة تكوينها .

التماثل : Summetery

قد يختلف شكل بلورة مركب أو عنصر ما ، بإختلاف الظروف التى يحدث عندها التبلور ، ولكن دائما تكون الزاويا بين الأوجه ثابتة . فبينما يعتمد الشكل الخارجى على النمو النسبى للأوجه المختلفة ، إلا أن الزاويا بين الأوجه تبقى دون تغير ، ويوضح ذلك بالتمثيل ثنائى الإتجاه ونرى فى شكل (١) أن الزوايا مثل (A) بين الأزواج من الجوانب المرادفة ، تكون مماثلة فى كل حالة بالرغم من إختلاف الأشكال تماما.



شكل (١) : التماثل رغم اختلاف الأشكال

وبذلك فإن قياس الزاويا فى البللورة تعتبر جزءا هاما بالنسبة لدراسة البللورات فى علم يعرف بعلم البللورات ، والجهاز المستخدم يعرف بالجونيوميتر ، وبالإضافة إلى الزوايا ، فإن هناك خاصية هامة للبللورات تعرف بالتماثل وينص قانون التماثل على أن :

(جميع البللورات من نفس المادة يكون لها نفس عناصر التماثل) .

مستوى التماثل :

يقال أن البللورة لها مستوى تماثل عندما يمكن تقسيمها بواسطة مستوى تخيلى إلى قسمين ، بحيث يكون أى منهما عبارة عن صورة مضبوطة فى المرآة للآخر .

محور التماثل :

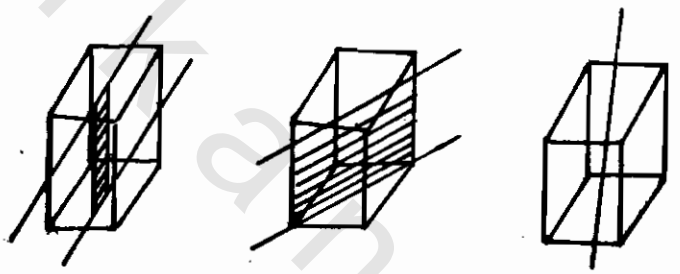
هو ذلك الخط التخيلى الذى يمكن أن يرسم عبر مركز البللورة ، وتدور حولها البللورة ٣٦٠ درجة . بحيث تقدم نفس الصورة دون تغير أكثر من مرة واحدة ، أثناء دورة كاملة . وفى الحقيقة فإنه من الممكن أن نجد بللورات تظهر دون تغير ، نفس الصورة مرتين ، ثلاث ، أوبع أو ست مرات ، وذلك أثناء دورة كاملة مقدارها ٣٦٠ . ويعرف الخط بمحور التماثل .

فإذا ظهر الشكل الأصلى مرة ثانية بعدد دوران ١٨٠ درجة يعرف المحور بأن له تماثل ثنائى ، وهناك إمكانيات أخرى لتكرار الشكل الخارجى للبللورة بعد كل ١٢٠ درجة بالنسبة للمحور ثلاثى التماثل ، أو بعد ٩٠ درجة للمحور رباعى التماثل أو بعد ٦٠ درجة بالنسبة للمحور سداسى التماثل ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإنه قد يكون للبللورة مركز تماثل .

مركز التماثل :

هى تلك النقطة التى إذا رسم عبرها أى خط نجد أوجه البللورة فإنه سو يتقاطع مع سطح البللورة عند مسافات متساوية من كل الإتجاهات . ويمكن للبللورة مستوى واحد أو أكثر ،

وكذلك محور تماثل واحد أو أكثر ، ولكن لا يكون لها أكثر من مركز تماثل واحد . وفى الواقع هناك بللورات ليس بها مراكز تماثل لأنها تنمو بمعدل مختلف فى اتجاهات متضادة وتحدد عناصر التماثل نوع البللورات أو بعبارة أخرى يعتمد العدد الكلى لعناصر التماثل ، وكذلك الأنواع المختلفة من التماثل على طبيعة البللورة ، ففى بللورة كلوريد الصوديوم وهى بللورة مكعبة ، يوجد ٢٣ عنصر تماثل ، ولذلك تعرف بأنها بللورة عالية التماثل ، أما بللورة كبريات النحاس $CuSO_4.5H_2O$ فإنها عالية فى عدم التماثل ، وليس لها عناصر تماثل والشكل (٢) يوضح عناصر التماثل فى بللورة مكعبة .



شكل (٢) : عناصر التماثل فى بللورة مكعبة

الشبكة الفراغية :

يعتمد الشكل البللورى على نوع قوى الربط ، الحجم النسبى للأيونات أو الذرات المختلفة ، وعوامل أخرى عديدة . وتتكون البللورة من تكرار مجموعة أساسية من الذرات أو الأيونات فى ثلاثة إتجاهات ، وتمثل الشبكة البللورية بالشبكة الفراغية . وهى عبارة عن توزيع النقاط المتكونة نتيجة لتحرك نقطة واحدة ، بزيادات ثابتة على طول محاور البللورة الثلاث . ويؤدى إنتظام التركيب البللورى إلى فكرة الشبكة الفراغية .

ولكى يمكن تفسير هذا المبدأ ، سوف ندرس بللورة كلوريد الصوديوم فهى تتكون من ترتيب منتظم بالضبط من أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد ، وإذا مثلنا موقع كل Na^+ فى البللورة بنقطة (محددة بالعلاقة X) فإن النتيجة سوف تصبح ●X●X●X●X●X ترتيبا منتظما من النقاط فى شكل شبكة ثلاثى الإتجاه ، وتلك هى الشبكة الفراغية لأيونات +Na فى بللورة NaCl وتكون كما يلى :

●X●X●X●X●X

●X●X●X●X●

●X●X●X●X●X

●X●X●X●X●

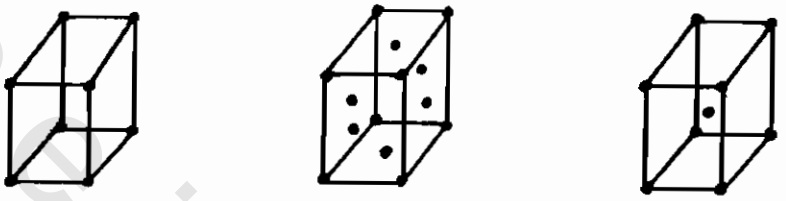
وبالمثل سوف تكون هناك شبكة فراغية بالنسبة لأيونات Cl وتتكون حينئذ ●X●X●X●X●X الشبكة الفراغية لـ NaCl من تداخل شبكات

$\bullet Cl^- \; X \; Na^+ = X \; Na \,, \quad Cl = \bullet$

ويحدد تماثل الشبكة المتجمعة تماثل البللورة كلها . وتجدر الإشارة إلى أن كل نقطة شبكية فى الشبكة البللورية لها نفس المحيط مثل أى نقطة تمثل الذرة أو الأيون ويمكن إعتبار أن الشبكة الفراغية لبللورة مبينة من موديل أساس ثلاثى الإتجاه يعرف بالخلية الوحدة والخلية الوحدة ، عبارة عن الوحدة المتكررة التى تولد الموديل لكل فى الإتجاهات الثلاث .

والذى يحدد الشكل الخارجى للبللورة هو شكل الخلية الوحدة ، وأبعادها ونتيجة لمناقشات هندسية ، فقد أمكن إثبات أنه من الممكن أن يوجد فقط أربعة عشر شبكة فراغية بسيطة مختلفة . وبعبارة أخرى فإنه يوجد ١٤ طريقة ، ويمكن بواستطها للنقاط المتماثلة أن تترتب فى نظام ثلاثى الإتجاه .

وتعرف هذه الأنواع المختلفة من الشبكة الفراغية بشبكات برافيس فمثلا تتكون جميع البللورات فى النظام المكعبى ، أو المنتظم من واحد أو أكثر من ثلاثة أنواع من الشبكات وهى : مكعب بسيط ، مكعب ممركز الوجه ، مكعب ممركز الجسم والشكل (٣) يوضح ذلك .



شكل (٣) : أنواع من الشبكات

وتتكون الشبكة الفعلية من تكرار الخلية الوحدة هذه فى ثلاث إتجاهات ويكون الخلية المكعبة البسيطة نقاط فقط عند أركان كل مكعب وحدة وتحتوى الشبكة ممركز الوجه بالإضافة إلى تلك النقاط فى الأركان على نقاط فى مركز كل من الأوجه الست ، بينما تشمل الشبكة ممركزة الجسم على نقطة فى كل مكعب ، بالإضافة إلى تلك النقاط الموجودة فى الأركان .

وقد تبين من إعتبارات هندسية أنه من الممكن أن يكون للبللورة نظريا ، تجمعات لعناصر التماثل عددها ٣٢ وهى تعرف بنقاط المجموعات وبالإضافة إلى شبكات برافيس ، فإن نقاط المجموعات تؤدى إلى ترتيبات مختلفة ، تعرف بالمجموعات الفراغية . واعتمادا على عناصر تماثل كل بللورة فإنها يجب أن تنتمى إلى واحدة أو أخرى من هذه المجموعات .

تركيب البللورة :

إن الأشكال البللورية تنشأ من تكرار تلاصق وتراص وحدات صغيرة متماثلة تماما ، ترتبت فوق بعضها ، وفى جميع الإتجاهات ويطلق على الوحدة الصغيرة اسم الخلية الوحدة ، أو

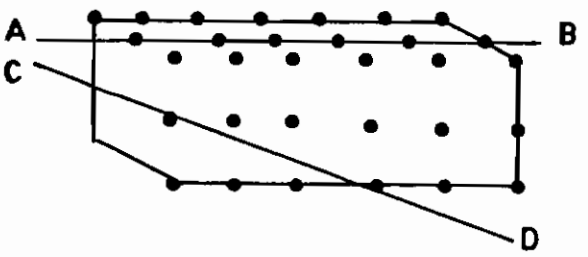
الخلية الأساسية أو الخلية الأولية ، وأن الشبكات البلورية الفراغية تنشأ من تراكم هذه الوحدة .

وتتكون الخلية الوحدة من جزيئات أو مجموعات ذرية ، أو ذرات أو أيونات وتؤلف جسيمات الخلايا الوحدة صفوفا من نقاط متباعدة عن بعضها أبعادا متساوية منتظمة وتأخذ الصفوف الإتجاهات الفراغية الثلاث a.b.c وتشكل بذلك الشبكة الفراغية ، وتكون فيما بينها زوايا يرمز لها α, β, γ وقبل إستخدام الأشعة السينية ، فى دراسة الأجسام البللورية ، فقد كانت المعلومات عن تركيب البللورية ، أو الأنظمة البللورية ، تعتمد على قياسات الزوايا بين الأوجه الخارجية للبللورة .

ولكل خلية أوجه وأحرف ، والوجه هو المستوى الخارجى المحدد للبللورة ويدل على التركيب الداخلى المنتظم لجسيمات البللورة ، وتنتج الأحرف من إلتآم وجهين للبلورة وللخلية الأساسية زوايا تقع بين هذه الأوجه .

مستويات الشبكة وأبعادها :

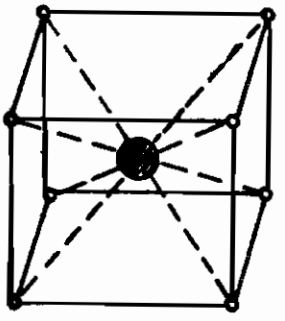
هناك عدة طرق لترتيب النقاط فى الشبكة الفراغية على هيئة مستويات متوازية ومتساوية البعد عن بعضها . وهى تعرف بمستويات الشبكة وتكون الأوجه الخارجية للبللورة الكاملة موازية لهذه المستويات ومعظم أنواع الأوجه الموجودة هى تلك التى ترادف مستويات تشمل على أكبر عدد من النقاط . ويمكن توضيح ذلك الوضع فى مخطط ثنائى الإتجاه شكل (٤) فعلى طول AB تكون نقاط الشبكة أكثر إلتصاقا بالمقارنة بالترتيب على طول CD .



شكل (٤) : مخطط ثنائى الاتجاه

البللورات الأيونية :

تتكون الشبكة الأيونية من أيونات متضادة الشحنة . ففى بللورة كلوريد الصوديوم تكون الأيونات مرتبطة معا عن طريق روابط أيونية تنتج من التجاذب الكهروستاتيكى بين الأيونات الموجبة Na^+ والسالبة Cl^- ، ونظرا لأن الشحنة تحيط بالأيون من كل جانب ، فإن الشحنات المتضادة تتراكم من جميع الجهات بحيث لا يمكن تمييز جهة تجاذب محددة على جهة أخرى . كما أن حجم الأيون هو الذى يحدد عدد ما يتسع له محيطه الخارجى من أيونات مضادة الشحنة . فبينما يحيط بأيون الصوديوم ست أيونات Cl^- فإن أيون Cs^+ يحاط بثمانية أيونات Cl^- كما فى شكل (٥) . وعلى الرغم من أن البللورات الأيونية قوية إلا أنها هشة ، لها مرونة صغيرة جدا كما أنها لا تنثنى ولا تشكل .

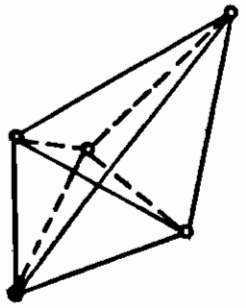


شكل (٥) : بللورة كلوريد الصوديوم

وتدل الحقيقة بأن مصهور NaCl يوصل التيار الكهربى على أن الأيونات التى تقوم بالتوصيل الكهربى ، توجد فعلا على هيئة أيونات مشحونة فى الشبكة البللورية ويتضح بذلك أن NaCl, CsCl لا يوجدان بشكل جزئى بسيط بل على هيئة أيونات ذات قوى تجاذب فيما بينها عالية الطاقة يطلق عليها طاقة الشبكة البللورية الأيونية وتتطلب التغلب عليها طاقة عالية لذا فإن درجة انصهارها كما يلى : NaCl درجة اصهاره 800°م و KCl درجة انصهاره 760 °م ونجد أيضا أن درجات غليانها مرتفعة .

البللورات التساهمية :

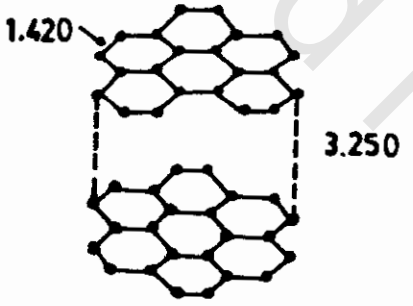
تكون البللورات مرتبطة ببعضها البعض عن طريق روابط تساهمية بين الذرات فى ثلاث إتجاهات وهى بللورات قوية ، وصلبة ، ودرجات انصهارها عالية وأمثلة ذلك تركيب الماس الذى يتكون من شبكة ثلاثية الإتجاه من ذرات الكربون ، كل منها مرتبط بأربع ذرات أخرى فى ترتيب رباعى وطول الرابطة C - C هى نفسها كما فى المركبات الاليفاتية ($1.54\ A^0$) ويكون السيليكون ، والخارصين أو القصدير الرمادى أيضًا بللورات من بللورات الماس كما فى شكل (٦) وبذلك يمكن إعتبار أن بللورة الماس عبارة عن جزىء ضخم من الكربون ترتبط فيه الذرات بروابط ثنائية الالكترون وهذا يعطى الماس الصلابة المعروفة وإرتفاع درجة انصهاره وغليانه (درجة انصها الماس 3700°م تحت ضغط يساوى 100 جو ودرجة غليانه 3850°م) ويتكون من إرتباط كل ذرة كربون بأربعة أخرى هرم رباعى منتظم البعد بين كل ذرتين فى نفس المستوى 1.5445 إنجستروم . أما البعد بين مستويين يساويين 2.05 انجستروم .



شكل (٦) : تركيب الماس

ويمكن فهم الفرق الكبير بين الجرافيت والماس من دراسة الشبكة البللورية لكل منهما فيتكون الجرافيت من شبكات سداسية الأضلاع على هيئة شرائح مستوية مثل حلقات البنزين والمسافة بين الذرات في المستويين هى ٣٫٣٥٠ إنجستروم وبذلك فإنه فى مستوى ثنائى الإتجاه ، تكون ذرات الكربون مرتبطة بأحكام كما هو الحال فى الماس . ولكن فى الإتجاه الثالث ، تكون قوى التجاذب أقل بكثير . ونتيجة لذلك ، فإنه يمكن لطبقة أن تنزلق فوق الأخرى . وتكون البللورة على هيئة شرائح وبذلك لا تتحطم المادة تماما بتأثير الشد أو الإحتكاك وهذا التركيب على هيئة مستويات يعتبر جزءا من تفسير الفعل التشخيصى للجرافيت .

وفى بللورة الجرافيت تكون الرابطة الرابعة غير تساهمية خالصة كما فى الماس ولكنها تكون فى تبادل مستمر مع ذرات الكربون فى المستوى الأعلى ، والمستوى الأسفل وهو بذلك يشبه الرابطة π . وتشبه حركة الإلكترون الرابع هذا حركة الإلكترونات فى المعادن ولذلك يتميز الجرافيت بالتوصيل الكهربى والبريق المعدنى ، ويكون الجرافيت سهل التقصف تتم بسهولة كسر الرابطة بين المستويين كما فى شكل (٧) التالى :



شكل (٧) : بللورات الجرافيت

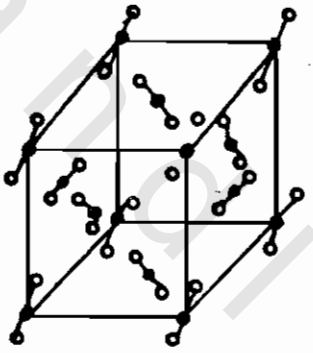
البللورات الجزيئية :

تتكون البللورات الجزيئية متعادلة الشحنة كهربيا ، مرتبطة مع بعضها البعض بقوى تجاذب

ضعيفة تعرف بقوى فان درفالز . وهى من نفس نوع القوى الموجودة بين الغازات ، وحيث أن قوى التعامل ضعيفة فإن البللورات الجزيئية تكون لينة ، ولها نقاطا انصهارها مختلفة .

وتتكون هذه البللورت الجزيئية عند تجمد السوائل أو تكثف الغازات إلى سوائل ، ثم تجمدها . فمثلا رابع كلوريد الكربون CCl_4 سائل عند درجة الحرارة العادية ولكن عند تبريد 23 - °م يتحول إلى بللورات .

جزيئية كما يتحول CH_2, C_2, H_2, N_2, S_2 ، وكذلك الغازات الخاملة إلى سوائل بالتبريد الشديد ، ثم إلى أجسام صلبة بللورية جزيئية والبللورات الجزيئية تتفكك بسهولة تحت أى تأثير حرارى ضئيل وتسمى هذه البللورات المتعادلة كهربيا بللورات فإن درفالز ، لأن سبب تماسكهاهو قوى فإن درفالز . أما الذرات داخل الجزيئات نفسها ، فترتبط فيما بينها بروابط تساهمية مثل بلورة ثانى أكسيد الكربون الصلبة . كما فى شكل (٨) التالى :



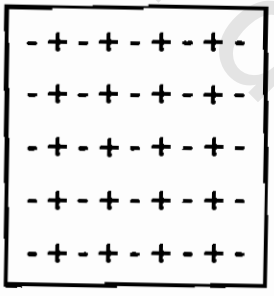
شكل (٨) : بللورة ثانى أكسيد الكربون الصلب (C ذرة كربون ، O ذرة أكسجين)

وهناك كثير من البللورات الجزيئية التى تتميز جزيئاتها بالإستقطاب أى أنها ليست متعادلة كهربيا ، ولكن لها قطبان أحدهما سالب والآخر موجب مثل : جزيئات الماء وفلوريد الهيدروجين . إذ يدخل عامل آخر غير قوى فإن درفالز فى تماسك هذه البللورة هو عامل التجاذب القطبى ولذلك تكون درجة انصهار بللورات الثلج مثلا أكبر من درجة انصهار ثانى أكسيد الكربون الصلب المتبلر .

البللورات المعدنية :

الصفة المميزة للبلورات المعدنية هى أن الإلكترونات تكون فيها حرة ، مما يجعلها جيدة التوصيل للكهربية ، كما أنها موصلة للحرارة . وبعكس الأنواع الأخرى ، فإن البللورات المعدنية يمكن ثنيها ، وتشكيلها نظرا لأنها تقبل الطرق والسحب ولها بريق وتعكس الضوء وجسيماتها محكمة الترتيب حيث يحيط بالجسيم الواحد عدد من الجسيمات أكبر من ذلك العدد الذى توحى به الإلكترونات الخارجية ويسمى هذا العدد بالعدد التناسقى وهذه الخاصية لا تتوفر إلا فى المعادن .

ويمكن تفسير خواص المعادن فإذا تصورنا إنفصال الإلكترونات التى تقع فى مدار الذرة الخارجى لتصبح حرة حول الذرة ونتيجة لتجمع إلكترونات ذرات عديدة تنشأ سحابة إلكترونية يقع ضمنها الأيونات الموجبة ، وينشأ التماسك نتيجة للتجاذب بين الأيونات الموجبة والسحابة الإلكترونية ، والأيونات الموجبة هى التى تحتل مواقع شبكية ثابتة فى البللورة المعدنية كما فى الشكل (٩) ويمكن وصف المعدن بأنه عبارة عن أيونات موجبة جيدة الترتيب ، موجودة من الإلكترونات ، وهناك ثلاث أنواع من الترتيب الشبكى البللورى المعدنى وهى :



شكل (٩) : مقطع لبللورة معدنية

١ - مكعبة ممركزة الوجه .

٢ - مكعبة ممركزة الجسم .

٣ - سداسية متلاصقة الرص .

وفى البللورات الفلزية ، تكون إلكترونات التكافؤ مرتبطة بواسطة جميع الذرات البللورة ، وهى عالية الحركة ، وتكون طبقة التكافؤ التى قد تكون ممتلئة جزئيا . متداخلة مع طبقة التوصيل غير الممتلئة .

ويتطلب إنتقال إلكترون إلى مستوى أعلى داخل الطبقة إضافية كمية صغيرة جدا من الطاقة ، نظرا لأن الطبقات تكون فى التصاق مع بعضها البعض ، وبذلك فإنه يمكن لإلكترونات التكافؤ فى فلز أن تتحول إلى مستويات أعلى عند إمتصاص ضوء طويل الطول الموجى ، وعندما تعود هذه الإلكترونات إلى مستويات طاقة أدنى فإنها تشع ضوءا وينشأ المظهر اللامع للمعادن نتيجة لهذه الظاهرة .

كما تفسر الحركة العالية للإلكترون فى البللورة المعدنية درجة توصيلها العالية للحرارة ، والكهربية فتقوم إلكترونات التكافؤ فى الفز بإمتصاص حرارة على هيئة طاقة حركية ، وتنقلها بسرعة إلى جميع أجزاء الفلز حيث أن حركتها غير محددة نسبيا ، ولذلك فإن الأجسام الصلبة ذات اللإلكترونات محدودة الحركة تتميز بتوصيل منخفض للحرارة . ويمكن أن يحدث التوصيل الحرارى عن طريق حركة الأيونات أو الجزيئات ذات الحركة الإبطاء .

أشباه الموصلات :

وهناك موصلات وعوازل وأشباه موصلات بالنسبة للموصل مثل الليثيوم تكون طبقة التكافؤ من مسارات 2S متداخلة مع طبقة التوصيل الخالية من مسارات 2P وتكون هاتان الطبقتان مفصولتان عن طبقة التوصيل الخالية الأعلى والناتجة عن مسارات الغلاف الثالث بواسطة طبقة طاقة ممنوعة .

ويحدث التوصيل الكهربى نتيجة لحركة الإلكترونات داخل منطقة التوصيل الأدنى ولا يكون هناك حاجة لإمداد طاقة لكى يمكن التغلب على حاجز الطاقة في الطبقة الممنوعة لكى يمكن

الإستفادة من طبقة التوصيل الأعلى وفى المادة العازلة حيث توجد طبقة تكافؤ ممتلئة تماما ، ومفصولة إنفصالا واسعا عن طبقة التوصيل الخالية ، وذلك بواسطة طبقة طاقة ممنوعة (حاجز للطاقة) .

وتكون حركة الإلكترون ، وبالتالى التوصيل الكهربى ممكن فقط ، إذا أمدت المادة بطاقة ، تدفع الإلكترونات عبر حاجز الطاقة الكبيرة نسبيا إلى طبقة التوصيل . وعادة لا يحدث مثل هذا الدفع ، وبذلك يكون توصيل العوازل صغيرا جدا ، فمثلا يكون للماس حاجز طاقة كبيرة ، يمنع الإلكترون من الإنتقال من مستويات الرابط والتكافؤ إلى مستويات التوصيل .

وشبه الموصل هو تلك المادة ذات التوصيل الكهربى المنخفض ، الذى يكون وسطا بين التوصيل الخاص بالموصل ، والتوصيل الخاص بالعازل ، ويزداد هذا التوصيل زيادة واضحة بزيادة درجة الحرارة ، وفى شبه الموصل تكون الطبقة العازلة (الممنوعة) ضيقة لدرجة تكفى . بحيث يمكن رفع الإلكترونات عن طريق الإثارة الحرارية والفراغات المتروكة نتيجة لإزاحة الإلكترونات من طبقة التكافؤ ، سوف تسمح للإلكترونات المتبقية فى طبقة التكافؤ لكى تحت تأثير مجال كهربى .

ويحدث التوصيل نتيجة لحركة الإلكترونات فى طبقة التكافؤ ، وكذلك فى طبقة التوصيل ، فالبنسبة لعناصر **Ge, Si** : وهما أشباه موصلات ، وهناك فرصة لإثارة بعض الإلكترونات إلى حيز التوصيل حيث يترك الإلكترون خلفه فراغا فى حيز التكافؤ ، وبالتالى يمكن أن ينتقل إليه إلكترون من نفس ذلك الحيز وبذلك يكون للفراغات دخل فى التوصيل .

الأسئلة

١ – تكلم عن خواص الحالة الصلبة ؟

٢ – أكتب ما تعرفه عن :

أ – عناصر التماثل .

ب – مستوى التماثل .

جـ – محور التماثل .

د – مركز التماثل .

٣ – إشرح مع الرسم والأمثلة معنى الشبكة الفراغية ؟

٤ – أكتب مذكرات عن :

أ – تركيب البللورة .

ب – مستويات الشبكة وأبعادها .

٥ – تكلم بالتفصيل عن البللورات الأيونية ؟

٦ – إشرح مع الرسم البللورات التساهمية ؟

٧ – وضح مع الرسم البللورات الجزيئية ؟

٨ – أكتب مذكرات وافية عن :

أ – البللورات المعدنية ؟

ب – أشباه الموصلات ؟

obeikandi.com