الفصل الثالث

حـــالات المـــادة

نعرف الآن، أن المادة على الرغم من كونها متجانسة ظاهرياً إلا أنها تتألف من تراكيب دقيقة لا يمكن مشاهداتها بصورة مباشرة، حيث أنها تتكون من ذرات وجزيئات. والذرات تتكون من نواة صغيرة تتألف من بروتونات (كل منها مشحون بشحنة موجبة مقدارها ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم) ونيوترونات (متعادلة كهربائياً)، وعلى مسافة منها يوجد عدد من الإلكترونات (عددها مساوى لعدد البرتونات وكل منها مشحون بشحنة سالبة مساوية لمقدار شحنة البروتون). ولذلك تكون ذرات المادة متعادلة كهربياً.

والجدير بالذكر، أن المادة تستقر فى حالة إتزان داخلها تحت تأثير قوى بينية كبيرة بعضها جاذب والأخر طارد. وتتوقف

هذه القوى وشدتها على نوع المادة. والقوة الجاذبة فى المادة تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) **قوة كولومية** : تعتمد على التجاذب الكهربائى بين الشحنات المختلفة الإشارة، كما يحدث فى حالة البلورات الأيونية مثل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

ب) **قوى ڤان درڤال** : وتحدث نتيجة دوران الإلكترونات فى مداراتها حول نواة الذرة، ويتسبب عن ذلك ما يسمى ثنائية القطب الكهربائى، وهذا يتجاذبها مع بعض الذرات المتجاورة، وتحدث ما يطلق عليه بقوى ڤان درڤال، وهى غالباً قوى ضعيفة كما هو الحال فى الشمع، وذلك يسبب انخفاض نقطة انصهاره.

جـ) **قوى التبادل** : وتنشأ عندما يحدث اتحاد كيميائى ينتقل فيه الإلكترون من الذرة الأولى إلى ذرة مجاورة. هذا الانتقال يتسبب فى تلاصق الذرتين بقوة كبيرة.

أما القوى الطاردة فى المادة فتنتج بسبب التنافر بين الشحنات السالبة (الإلكترونات) المحيطة بكل ذرة التى يصبح

تأثيرها كبيراً جداً، عندما تقترب الذرات من بعضها بدرجة كبيرة تحت تأثير القوى الجاذبة سالفة الذكر.

وأهم الدروس التى يتعلمها المرء أثناء مراحل التعليم الأولى، هو أن المادة تتواجد فى ثلاثة حالات مختلفة هى الحالات الصلبة والسائلة والغازية، أضيف إليهم فيما بعد حالة رابعة أطلق عليها اسم «حالة البلازما». وتعرف هذه الحالات بأطوار المادة. ومن الممكن تغير أطوار المادة من حالة لأخرى، ويتم ذلك بفعل القوة الفيزيائية المؤثرة على المادة. على سبيل المثال، عند التأثير بالطاقة الحرارية على المادة، تتغير درجة الحرارة، وبالتالى تتغير أطوارها. وعموماً، عندما تزداد درجة الحرارة فإن المادة تتحول إلى حالة أكثر نشاطاً. ويصف الطور الحالة الفيزيائية للمادة. وتحافظ المادة على نوعها وتركيبها الكيميائى عندما تتحول من طور لأخر. على سبيل المثال، عملية تكثيف البخار (أو الغاز) فأنه يتحول إلى قطرات من الماء. أما إذا وضعت قطرات الماء فى الفريزر فإنها تتجمد وتتحول إلى ثلج (وهو جسم صلب). وفى جميع الحالات تحتفظ المادة بنوعها كماء ويكون لها نفس المكونات والخصائص الكيميائية.

مادة غازية

مادة صلبة

مادة سائلة

المسافات بين جزيئات المادة فى أطوارها المختلفة

من هنا نرى أن حدوث التغير الكيميائى يعتمد أساساً على الطريقة التى يتفاعل بها الماء. عندئذ، يصبح الماء ليس ماءً بل شيء آخر جديد. وبطبيعة الحال فإن القوى الكيميائية لا تعمل على تغيير حالات المادة، ومثال على ذلك، إذا أضفنا بعض الأحماض على المادة وهى فى حالتها الصلبة ثم حدث ذوبان كامل، فهذا لا يعنى تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. فى هذه الحالة يحدث التغيير فى التركيب الكيميائى للمركب الجديد. وبناء على ذلك، نرى أن حالات المادة الفيزيائية تختلف عن بعضها فى المسافات الفاصلة بين ذراتها أو جزيئات، وكذلك قوة التجاذب بينها.

الحالة البلازمية :

البلازما تشبه إلى حد كبير الغازات ولكن ذراتها تكون مختلفة. وتتكون البلازما من الكترونات حرة وأيونات موجبة الشحنة للعنصر. وقد صنف العلماء البلازما كحالة رابعة من حالات المادة، حيث أنها تتميز بمواصفات وخصائص فريدة. وتتولد المادة فى حالاتها البلازمية عندما يتم نزع الكترونات

ذراتها حينئذ، يكون لدينا عدد من الشحنات السالبة وعدد مساوٍ له من الأيونات المشحونة بشحنة موجبة. وفى بعض الحالات تكتسب ذرات العنصر بعض من الإلكترونات الحرة، وتتحول إلى أيون سالب. وبالتالى يكون لدينا شحنات أيونية موجبة وأخرى سالبة وبنفس التركيز والسؤال الذى يطرح نفسه هو : كيف نحصل على المادة فى حالاتها البلازمية؟ والإجابة ببساطة ترتبط بالطاقة ! فيمكن تخليق المادة فى الحالة البلازمية عندما نوفر طاقة لهذه المادة وهى فى حالتها الغازية ويتم نزع الشحنات السالبة والحصول على أيونات موجبة وأخرى سالبة.

وكمثال على المادة فى الحالة البلازمية، هو المصباح الوميضى (الفلورسنت). هذا المصباح يختلف عن المصباح التقليدى، حيث يتواجد الغاز داخل الأنبوبة الخاصة به. وعند التأثير بتيار كهربائى كمصدر للطاقة الكهربائية، فيتم شحن الغاز، وينتج عن ذلك تهيج ذراته وتتوهج البلازما داخل المصباح وكمثال آخر، فأننا نشاهد البلازما فى إشارات النيون، الذى يشبه إلى حد كبير فكرة مصباح الفلورسنت. وإشارات النيون هى أنابيب زجاجية مملؤة بغاز النيون، وعند تطبيق تيار

كهربائى على الأنبوبة، يتم شحن الغاز وتخلق البلازما وتتوهج ويعتمد توهج ولون البلازما على نوع الغاز بالأنبوبة كما يمكننا مشاهدة البلازما عندما ننظر إلى النجوم فالنجوم تعتبر كرات ضخمة من الغازات الساخنة وعند درجات الحرارة المرتفعة تخلق البلازما. ولنا أن نقارن بين البلازما المتولدة فى مصباح الفلورسنت وتلك البلازما المتولدة على النجوم، فى الحالة الأولى تكون البلازما باردة. ولكن فى كلتا الحالتين تتواجد المادة فى الحالة البلازمية.

الحالة الغازية :

يتواجد الغاز فى كل مكان، فهو سريع الإنتشار، وتتحرك الذرات أو الجزيئات بطريقة انتقالية ودائمة وعشوائية وفى خطوط مستقيمة وبكافة الإتجاهات. كما يأخذ الغاز شكل الوعاء الذى يوضح فيه، ويعتمد حجمه على حجم الوعاء. وكذلك فهو قابل للانضغاط بسهولة وذو طاقة حركية عالية جداً.

على سبيل المثال، الغلاف الجوى الأرضى يتكون من طبقة ضخمة من الغاز الذى يحيط بالأرض. والغازات هى

مجموعات من الذرات العشوائية. فكيف يمكن أن تتواجد المادة فى الحالة الغازية من واقع مشاهداتنا اليومية ؟ البداية دائما هى وجود المادة فى الطور السائلى، وعند إضافة طاقة إلي السائل، فإن ذراتها تتهيج جميعها. على سبيل المثال، عندما تغلى الماء، فإن البخار الذى تراه، ما هو إلا قطرات صغيرة جداً تسمى «الغاز المائى» ويمكننا أن نرى البخار المائى فى السحب والضباب. وتسمى درجة الحرارة التى يتحول فيها السائل إلىَ غاز «بنقطة الغليان». وبالتالى عند تبريد البخار فهو يتحول إلى ماء. ولذلك فإن سرعة وطاقة جزيئات الغاز تنخفضان وتنشأ قوى تجاذب تسمح للجزيئات بالتجمع معاً. من هنا فإن كلمة بخار أو غاز لهما نفس المعنى. على سبيل المثال، تستخدم كلمة بخار عند وصف الغازات التى تتواجد أصلا فى الطور السائلى (مثل الماء). أما فى حالة غاز ثانى أكسيد الكربون، فتستخدم كلمة غاز أحيانا عندما نترك السائل فى موضعه، فإن جزيئاته تتحول إلى الطور الغازى. هذه العملية تسمى «بالبخر». ولنا أن نستغرب كيف يحدث ذلك، بالرغم من انخفاض درجة الحرارة. فقد يحدث البخر عندما تهرب الجزيئات من السائل،

فتتحول المادة إلى البخار. وفى الحقيقة، ليس كل جزيئات السائل لها نفس مقدار الطاقة. والمقدار الذى يمكن قياسه هو القيمة المتوسطة لطاقة الجزيئات. وقد تتواجد بعض الجزيئات عند طاقة مرتفعة وأخرى تتواجد عند طاقة منخفضة. والجزيئات ذات الطاقة العالية يكون لديها القدرة لتتحول إلى غاز وتترك السائل وبالتالى يحدث عملية البخر.

الحالة السائلة :

الطور السائلى للمادة وهو حالة وسطى لطور المادة فهو يقع بين الطور الصلب والطور الغازى. ومن مميزات السائل أن جزيئاته تتحرك، حركة انتقالية ودائمة وعشوائية وأنها تأخذ شكل الوعاء الذى توضع فيه وبالتالى فلها حجم ثابت. وجزيئات السائل صعبة الانضغاط ولكنها قابلة للسريان وطاقة حركتها مرتفعة ويمكن الحصول على المادة فى الطور السائلى، إذا بدأنا إما بوجود المادة فى الطور الصلب ثم توفير طاقة للنظام، فترتفع درجة الحرارة حتى تصل إلى نقطة الانصهار عندئذ، تتحول المادة من الطور الصلب إلى الطور السائلى.

وفى حالة الملح أو السكر، فإن درجة الإنصهار تكون دائماً أعلى من القيمة المناظرة للماء. ولذلك فإن المادة فى حالتها الصلبة تحتاج إلى طاقة لكى تتحول إلى سائل. والعكس يحدث فى الحالة الغازية، فعندما تفقد جزيئات الغاز الطاقة فتنخفض درجة حرارتها، ويتم سحب الطاقة من ذرات الغاز ويحدث ما يسمى «بالتكثيف» وتتحول المادة إلى الطور السائلى.

وفيما يلى نتناول بعض الخواص الفيزيائية للسوائل.

اولاً: خواص السوائل الساكنة :

أ) **ضغط السائل** : يؤثر ضغط السائل دائماً فى اتجاه عمودى على السطح ويتوقف ذلك على إرتفاع السائل وكثافته وعجلة الجاذبية الأرضية.

ب) **قاعدة باسكال** : تنص على «إذا وقع جزء من سائل متزن فى حيز محدد تحت تأثير ضغط ما، فإن الضغط ينتقل غير منقوصاً إلى جميع أجزاء السائل».

جـ) **دفع السوائل للأجسام المغمورة وقاعدة أرشميدس** : إذا غمر جسم صلب فى سائل فإنه يقع تحت تأثير دفع من

أسفل إلى أعلى بسبب السائل. هذا الدفع يسبب نقص فى وزن الجسم ظاهرياً. ويؤثر هذا الدفع على الجسم سواءً كان مغموراً كلياً أو جزئياً. وقد وجد أن هذا الدفع مساوياً لوزن السائل الذى يزيحه الجزء المغمور من الجسم. أى أن الدفع يساوى وزن السائل المزاح وهذه القاعدة تسمى «قاعدة أرشميدس».

د) **اتزان الأجسام الطافية** : عندما يطفو جسم فوق سائل يكون متزناً تحت تأثير قوتين هما ثقل الجسم ودفع الجسم لأعلى. ويكون الجسم فى حالة اتزان مستقر إذا كان مركز الطفو أعلى وضعاً من مركز ثقل الجسم. أما إذا حدث العكس، فإن الإتزان يكون غير مستقر، وذلك بسبب تكون ازدواج من قوتى الثقل والدفع، مما يؤدى إلى دوران الجسم وجعل عاليه سافله. ويجب مراعاة ذلك عند بناء السفن وتحميلها.

هـ) **التوتر السطحى** : تنشأ ظاهرة التوتر السطحى عن قوى التماسك وقوى الالتصاق بين الجزيئات عند سطوح السوائل وهى خاصية لا وجود لها فى داخل السائل. ويعرف التوتر

السطحى بالقوة المؤثرة على وحدة الأطوال من أى خط من خطوط سطح السائل.

والخاصية الشعرية : إذا غمرنا أنبوبة رأسيا فى سائل نلاحظ ارتفاع السائل داخل الأنبوبة . تسمى هذه الظاهرة بالخاصية الشعرية، ومرجعها وجود توتر سطحى للسائل.

ثانياً: خواص السوائل المتحركة :

١) **خاصية الانتشار** : ويقصد بالانتشار انتقال ذرات أو جزيئات المادة فى داخلها من مكان إلى مكان آخر. ويعود الفضل لاكتشاف هذه الظاهرة إلى الطبيعة الجزيئية.

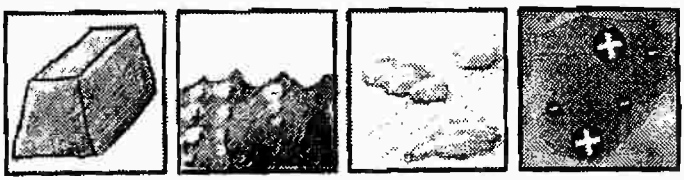
٢) **لزوجة السوائل** : لوحظ عند سكب كمية من زيت أو جليسرين وأخر من الماء على مستوى أفقى، نجد إختلافاً فى قابلية كل منهما إلى الإنسياب. فبينما نرى الماء يستجيب بسهولة لفعل القوة التى تعمل على تحريكه، نجد أن الجليسرين بطىء فى التدفق. والخاصية التى تميز السائل من حيث استجابته للحركة تسمى «اللزوجة». وهذه الخاصية تنشأ عن وجود ما يشبه الاحتكاك بين طبقات السائل بعضها ببعض.

وكلما ازدادت قيمة الاحتكاك، كلما زادت لزوجة السائل. ويمكننا تعريف اللزوجة بأنها الممانعة التى تبديها طبقات السائل للحركة.

الحالة الصلبة :

تتواجد المادة فى حالتها الصلبة فى أشكال عديدة، ويمكن أن تحتوى المادة على عناصر ومركبات أخرى بداخلها. ويمكن أن تصنع من مخاليط أو عناصر مختلفة. فى هذه الحالة تكون جزيئات المادة قريبة من بعضها وتكون قوة التجاذب بين الجزيئات كبيرة جداً. وهذه القوى هى التى تحفظ للجسم الصلب شكله. ويتحرك كل جزىء حركة تذبذبية حول موضع توازنه وتزداد سعتها الحركية بإزدياد درجة الحرارة. والأجسام الصلبة غير قابلة للإنضغاط وطاقة حركة جزيئاتها منخفضة جداً. ويستخدم العلماء ما يسمى «نقطة التجمد» لقياس تحول المادة من الطور السائلى إلى الطور الصلب. وهناك عدة عوامل تؤثر فى نقطة التجمد التى تتميز بها المواد. فكلما إزداد الضغط على المادة، كلما ارتفعت قيمة نقطة التجمد. وهذا يعنى أنه من الأسهل تجميد المادة عند الضغط العالى.

وأيضاً كلما بردت المادة، نرى أن أغلب الأجسام الصلبة تنكمش ويقل حجمها. والآن، دعنا نستعرض بعض من خـــواص المادة فى الحالة الصلبة. تتميز الأجسام الصلبة بالمرونة، فإذا أثرنا بقوة على الجسم، ونتج عنها تغير فى أبعاده أو فى شكله يقال أن الجسم تام المرونة إذا عاد الجسم إلى سابق شكله وأبعاده تماماً بعد إزالة القوة المؤثرة. وتعود خاصية المرونة فى الأجسام إلى القوة البينية الكبيرة بين الذرات المكونة لها وتنقسم الأجسام الصلبة إلى نوعين هما :



بلازما غاز سائل صلب

حالات المادة

أ) **مواد صلبة بلورية** : وهى التى تترتب ذراتها بانتظام على شكل خلايا تتكرر فى الإتجاهات المختلفة لتكون الجسم.

ب) **مواد صلبة غير بلورية (مورفية)** : مثل الزجاج الذى يعتبر فى معظم الأحوال كأنه سائل فائق التبريد.

وفيمايلى سوف نلقى الضوء على أنواع التبلور فى الجوامد والتى حددت بأربعة أنواع هى :

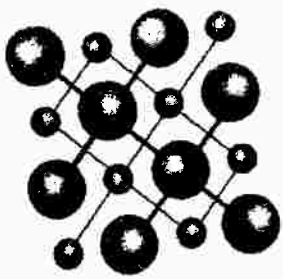
١- البلورات الأيونية مثل كلوريد الصوديوم.

٢- البلورات الجزيئية : ويكون الترابط بها بقوى فان درفال.

٣- البلورات التساهمية : فى هذه البلورات تكون الكثافة الكهربائية بين الذرات المتجاورة كبيرة، كما هو واضح فى جزيئات الكربون وارتباطها فى بلورات الماس والجرافيت.

٤- البلورات الفلزية : وتكون قوة التجاذب بين الأيونات والسحابة الإلكترونية هى القوى الأساسية للترابط بين ذرات الفلز، الذى يمكن تصوره على أنه رصه يحيط بها سحابة من الالكترونات تعيطى لها خواص مميزة مثل

التوصيل الكهربائى والحرارى الجيد وكذلك لمعة السطح الخارجى. وهناك تركيبات بلورية عديدة تترتب فيها الذرات بعدد لا نهائى من النقط الفراغية، بحيث تكون لكل نقطة نفس الجيران من الذرات المحيطة بها. وبذلك تتكون الشبكية الفراغية التى تتميز بعدد التناسق وهو عدد أقرب جيران.



شكل بلورى

والجدير بالذكر، أنه عندما يبدأ مصهور ما فى التجمد، تثبت درجة حرارته حتى يتم تحويله من الطور السائل إلى الطور الصلب مع خروج الحرارة الكامنة أثناء عملية التحول.

وتظهر تلقائياً وفى أماكن مختلفة من المصهور نويات بلورية، تأخذ فى النمو على شكل دندريت كلما إزداد التحول إلى الطور الصلب. ويكون على حساب السائل المحيط. وتستمر عملية النمو حتى يتم التحول إلى الطور الصلب كاملاً. تسمى هذه العملية «بالإنماء البلورى». والدندريت يأخذ شكل أفرع طويلة يقف نموها إذا تلامست مع دندريت أخر تختلف فيه إتجاهات المستويات الذرية، وبنهاية التجمد تكون أسطح التلامس بين هذه الدندرينات حدوداً حبيبية فى مادة متعددة التبلور. ويعرف الحد الحبيبى بأنه سطح يحتوى على انخلاعات. وهناك عدة طرق للانماء البلورى نذكر منها ما يلى:

* الإنماء البلورى من المحاليل المائية.
* الإنماء البلورى من المحاليل الصلبة.
* الإنماء البلورى عن طريق الضغط والحرارة.
* طريقة التنمية من المصهور.
* طريقة الصهر النطاقى.

وعادة يمكن الكشف عن التركيب البلورى للمادة بواسطة الحيود للأشعة السينية.

وكما هو معروف الآن، تتميز المواد، الصلبة بعامل توصيلها الكهربائى وتنقسم إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) مواد جيدة التوصيل الكهربائى وهى المواد المعدنية مثل النحاس.

ب) مواد اشباه الموصلات مثل كبريتيد الرصاص.

جـ) مواد رديئة التوصيل أو عازلة كهربائياً مثل الأبونيت.

ويعتمد التوصيل الكهربائى للأجسام الصلبة على وجود حاملات للشحنة تكون حرة، يمكنها التحرك تحت تأثير المجال الكهربائى الخارجى.

كما تتميز المواد الصلبة بالخواص المغناطيسية التى ترتبط بالحركة المدارية والمغزلية للإلكترونات فى ذراتها. وتقاس الخواص المغناطيسية بالقابلية المغناطيسية لوحدة الحجوم من المادة. وتنقسم المواد الصلبة إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) **مواد ديامغناطيسية** : تكون قابلية مغناطيسيتها سالبة، أى أنها تتنافر مع الأجزاء القوية من المجال المغناطيسى.

ب) **مواد بارا مغناطيسية** : وهى تنجذب للمناطق القوية فى المجال المغناطيسى، وقابليتها موجبة.

جـ) **مواد فيرومغناطيسية** : وهى المادة التى قابلية مغناطيسيتها كبيرة، مثل الحديد والكوبلت والنيكل.

أما بالنسبة للمواد العازلة، فتتكون من نويات موجبة التكهرب يحيط بها شحنات سالبة، بحيث تنطبق مراكز الشحنة الموجبة والسالبة فى كل جزء منها. وعندما نؤثر على هذه المواد بمجال كهربى يحدث لها استقطاب كهربائى ينشأ عنه ثنائيات قطب فى أجزاء المادة المختلفة. وتتأثر عملية الاستقطاب بعامل التهيج الحرارى، لذلك فهى تعتمد على درجة الحرارة. والاستقطابية الاستاتيكية تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى: استقطابية إلكترونية وأيونية ومتجهة. وتتميز العوازل عادة بالخواص الآتية :

أولاً : الخاصية الكهروحديدية :

المادة الكهروحديدية هى مادة لها استقطاب ذاتى ويكون لها عزم ثنائى القطب حتى فى غياب المجال الكهربى الخارجى. ولا توجد ظاهرة الكهروحديدية فى المواد التى لا ينطبق فيها مركزى التماثل للشحنات السالبة والموجبة على بعض، كما هو الحال فى البلورات الأيونية. أى أن وجود تماثل التركيب البلورى شرط ضرورى للحصول على التأثير الكهروحديدى فى البلورة.

ثانياً : الخاصية الكهروضغطية :

يلاحظ، عندما تؤثر على بلورة ما بإجهاد ميكانيكى تزاح ذراتها من أماكنها. فإذا كان للبلورة مركز تماثل شبيكى، تكون الإزاحات متماثلة حول مراكز التماثل، وبالتالى فإن توزيع الشحنات فى البلورة يظل دون تغيير يذكر ويظل عزم ثنائى القطب الكهربى دون تغيير. هذا النوع من البلورات لا تظهر فيه الخاصية الكهروضغطية. أما إذا اعتبرنا بلورات ذات تركيب غير متماثل تترتب الأيونات على شكل أزواج تكون

ثنائيات قطب، وعندما نؤثر على هذه الأيونات بإجهاد ميكانيكى يحدث تشويه يسبب الإزاحة النسبية للأيونات.

ثالثاً: الخاصية الكهروحرارية :

عند تسخين بلورة ما، تزاح الذرات من أماكنها وتسبب فى إزاحة الأيونات وبدرجات نسبية تعتمد على تماثل التركيب البلورى.

المحاليل والمخاليط :

تختلف المحاليل عن المخاليط بأنها مجموعات من الجزيئات تتداخل معاً بطريقة متجانسة بعكس المخاليط التى يختلف تركيز مركباتها فى السوائل من مكان لآخر. والمحاليل لها تركيب متساوى خلال النظام. على سبيل المثال، محلول الملح (أو السكر) فى الماء. فإن الملح يتحلل وينتشر فى الماء، أما الرمال فتغطس إلى أسفل. لذلك يعتبر الملح (أو السكر) والماء محاليل. أما الرمال والماء فهى مخاليط ويمكن إعتبار المحاليل أى جسم صلب (أو غازات) تتحلل فى السوائل، أو أى شىء ينتج عن خلطة توزيع متساوى للجزيئات فى السائل. والمحلول البسيط

يعتمد أساساً على مادتين يتحدا معاً. إحداهما تسمى «المذاب» والأخرى تسمى «المذيب» على سبيل المثال، يعتبر السكر «مذاب» والمذيب هو الماء فى هذه الحالة. أما كيفية عمل محلول، فهى ببساطة تتلخص فى إضافة المذاب إلى المذيب مع التقليب المستمر ويعتمد الناتج على تركيز المذاب وكمية المذيب.

فى هذه الحالة فإن جزيئات المذيب تتسع وتسكن بينها جزيئات المذاب حتى يصبح تركيزهما واحداً فى النظام، أى أن تركيز السكر فى الماء فى قمة المحلول يكون مساوياً لتركيزه فى القاع. وعادة يستخدم العلماء مصطلح «الذوبانية» للدلالة على قدرة المذيب فى تحلل المذاب. وتتأثر عملية تحلل المذاب بدرجة الحرارة والضغط وتركيب المواد. فهناك مذاب أسهل فى تحلله عن مذاب أخر. على سبيل المثال، يكون الماء أسهل فى إذابة السكر بالمقارنة بالزيت. وبالتالى يكون مقدار الذوبانية للماء أعلى منها فى الزيت. أما المخاليط فتتواجد فى كل شىء نجده فى الطبيعة مثل الصخور والمحيطات. وتتكون المخاليط من مواد تتماسك معاً بواسطة «القوى الفيزيائية» وليس القوى

الكيميائية. وقد يكون المخلوط هـو كوب من الماء يحتوى علـى أشياء أخرى مذابة بداخـله قد تكون الملح.

وأى من هذه المواد تحتفظ بخصائصها الكيميائية الأصلية. ويمكن التأكد من ذلك عند غلى الماء وتبخيره ويتبقى الملح فى قاع الكوب. وبالطبع هناك أنواع عديدة من المخاليط، فأى شىء يمكن أن يتحد يصبح مخلوطاً. ودعنا نفكر فى كل شىء نأكله، فكم عدد الحلويات التى نصنعها . هذه الحلويات تصنع بإضافة مخاليط مختلفة وتعتبر المخاليل نوعاً من المخاليط. وإذا وضعنا الرمال فى كوب من الماء تعتبر مخلوطاً. ومخلوط الأسمنت يصنع بإضافة أكسيد الكالسيوم (سمنت) إلى الماء والرمال وبعض الصخور المطحونة «بسكب الأسمنت داخل قوالب وتحركه يصبح جسماً صلباً وعملية تصلب الأسمنت يجب أن تكون تفاعلاً كيميائياً. ومن ناحية أخرى فإن الماء المالح يختلف عن ذلك، بالإضافة إلى كونه سائلاً، فإن الملح ينقسم فى الماء إلى مكوناته وهى الصوديوم كأيون موجب والكلور كأيون سالب.

السبائك :

تتكون السبائك أساساً من خلط اثنين أو أكثر من المعادن، وفى الجدول الدورى للعناصر هناك العديد من المعادن مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والفضة والذهب والنحاس. كما يمكن الحصول على سبائك متضمنة كميات من عناصر غير معدنية مثل الكربون على سبيل المثال يزداد الفولاذ صلابة بإضافة كميات من الكربون. بعض علماء التعدين يضيفون عناصر الكروميوم أو النيكل إلى الفولاذ لتجنب حدوث صدأ. أما الأستنلس ستيل فهو فولاذ مجلفن عالى الجودة.

وتعتبر «الأملجمات» سبائك خاصة، يتم فيها إتحاد عنصر الزئبق مع أى معدن فى الجدول الدورى. على سبيل المثال عند خلط الزئبق بالفضة تكون السبيكة مرنة جداً، وبعد فترة يحدث تبخير للزئبق، ويترك الفضة فى حالة صلبة للغاية وتعتبر «الأملجمة» من العمليات الخطرة، حيث أن عنصر الزئبق من العناصر السامة.

المستحلبات :

تتكون المستحلبات من المعلقات وهى أحدى أنواع المخاليط مثل خلط الزيوت بالماء. وعند هز زجاجة تحتوى على طبقتين من الماء والزيت فإنك تحصل على مستحلب. ومع مرور الوقت يتم فصل الماء عن الزيت فى حالتهما الأصلية.

مما سبق يمكننا القول بأن المادة هى كل شىء، ويمكنها أن تتبدل وتتفاعل مع أى مادة أخى وفى الحقيقة أن أى شىء يتواجد فى الفراغ وله كتلة من أى نوع فهو مادة. أى شىء يمكن لمسة فهو مصنوع من المادة. والمادة لها خصائص عديدة. وخصائصها الفيزيائية هى الكثافة ونقطة الانصهار ونقطة التجمد ونقطة الغليان واللون والرائحة. أما الخصائص الكيميائية فتتحدد باتحاد العناصر وتفاعلها مع بعضها البعض. والشىء الذى يجب تذكره دائما، أن المادة يمكنها أن تتغير بطريقتين كبيرتين الفيزيائية والكيميائية.

المواد فائقة التوصيل :

عند درجة الحرارة المنخفضة بالقرب من الصفر المطلق،

يكون سلوك خصائص بعض المواد على درجة كبيرة من الأهمية. هذه المواد يكون لها سلوك غريب فى خصائصها الكهربائية والمغناطيسية والحرارية مقارنة بنفس الخصائص عند درجات الحرارة المرتفعة.

ويعتبر التوصيل الفائق ظاهرة تحدث عند درجات حرارة حرجة تكون عندها العناصر فى أشكالها الكيميائية أو مركباتها أو سبائكها منعدمة المقاومة لانسياب التيار الكهربائى والجدير بالذكر أن هذه الظاهرة تم اكتشافها عام ١٩١١م بواسطة العالم الفيزيائى الهولندى «هايك كامرلينج أونيس» الذى حصل على جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩١٣م لأبحاثه فى مجال فيزياء الحرارة المنخفضة. لقد اكتشف «أونيس» اختفاء مقاومة سلك من الزئبق فجأة عند تبريدة إلى درجة أربعة درجات مطلقة (أى - ٢٦٩°م) والجدير بالذكر أن المواد تفقد عشوائية ترتيب ذراتها عند درجة الصفر المطلق. والمواد فائقة التوصيل لها نفس خواص المواد العادية.

والتوصيل الفائق هو الابتعاد المفاجئ فى الخواص الكهربائية العادية للموصلات، حيث أن الذرات الحرة فى

الموصلات تكون قادرة على الحركة خلال المادة، وتسبب هذه الحركة مرور التيار الكهربائى. أما فى المواد فائقة التوصيل فيكون هناك نظام لإلكترونات التوصيل يمنع التشتيت، وبالتالى ينساب التيار الكهربائى دون أى مقاومة.

مواد البلورات السائلة :

يبدو من اسم هذه المواد التناقض الذى يجمع بين التركيب والخصائص لكل من السوائل الاعتيادية والتبلور فى الحالة الصلبة فنرى أن السوائل تنساب بسهولة، بينما لا تنساب الأجسام الصلبة. كما أن الأجسام الصلبة تتميز بالتماثل، بينما تفتقد السوائل ذلك التماثل.

والمواد الصلبة العادية تنصهر بزيادة درجة الحرارة وتتحول إلى سائل كما يتحول الثلج إلى الماء. وهناك بعض المواد الصلبة التى تتميز بدرجتين أو أكثر للإنصار. وبين حالة التبلور عند درجة الحرارة المنخفضة والحالة السائلية عند درجة الحرارة المرتفعة توجد حالة وسطية تسمى حالة التبلور السائلى، ومواد البلورات السائلة تشترك مع السوائل فى قدرتها على الإنسيابية

كما تشترك فى خاصية التماثل التى تتمتع بها البلورات فى حالتها الصلبة.

وتعود قصة اكتشاف المواد البلورية السائلة إلى بداية القرن التاسع عشر الميلادى، خاصة بعد تطور أجهزة التكبير المجهرية "Optical Microscopes"، حيث كان الباحثين فى ذلك الوقت يستعملون هذه الأجهزة فى البحوث العلمية المتعلقة بدراسة خواص المواد المختلفة وتركيبها الدقيق.

ففى عام ١٨٥٣م، اكتشف العالم الألمانى «رودلف فيرشو» مادة الميلين "Myelin" التى تغلف الأعصاب. ويعتبر «رودلف فيرشو» أول عالم لاحظ تكون المادة فى طورها البلورى السائلى خلال المجهر البصرى. ولكن لم يكن فى حينه على يقين أن هذه المادة (الميلين) فى حالتها البلورية السائلة.

وفى عام ١٨٨٨م، استطاع العالم الألمانى «أوتو ليهمان» المتخصص فى دراسة درجات انصهار المواد من تعريف المادة وهى فى حالتها البلورية السائلة، خاصة أنه كان على دراية تامة بحالات التبلور فى المادة باستعمال المجهر البسيط. والجدير بالذكر، أنه خلال هذه الأثناء كان العالم النمساوى «فردريك

رينتزير» يحضر بعض المركبات العضوية التى تسمى «بنزوات كوليستريل»، ولاحظ خصائص غريبة تميز هذه المركبات خاصة بالقرب من درجة انصهارها. إلا أنه كان يعلم فى ذلك الوقت أن هذه المواد النقية قد تتغير من كونها فى الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة خاصة ومميزة. وبطريقة غير مألوفة شاهد «فردريك» أن لهذه المركبات نقطتين للانصهار باختلاف باقى المواد المعروفة. أحدهما عند درجة حرارة ١٤٥,٥°م وتتكون عندها سحب من المركب فى طورها السائلى والأخرى عند درجة حرارة ١٧٨,٥°م وعندها تصبح المادة فى حالة سائلة تماماً. وعند التبريد تعود المادة لوضعها الطبيعى. وتعاون العالمان فردريك رينتزير وأوتو ليهمان لكشف الغموض فى خواص هذه المواد. وفيما بعد، توصل أوتو ليهمان أن سبب السحابة السائلية عند درجة الحرارة ١٤٥,٥°م هو تكون طور جديد للمادة والذى سمى بالطور البينى "Mesophase". واتضح بعد ذلك أن المادة فى هذا الطور البينى يمكنها استقطاب الضوء بعكس السائل العادى الذى يظهر بلون أسود عند مشاهدته خلال مستقطب بصرى. أما

المادة فى طورها البينى فتضاء عند مشاهدتها خلال المستقطب البصرى وتظهر بألوان زاهية.

ولكى نتفهم هذه المعانى، نحن نعلم أن المصادر الضوئية المختلفة مثل الشمس أو المصابيح الكهربائية التقليدية، فإنها تنتج خليط من الموجات الكهرومغناطيسية التى تتذبذب فى كل الإتجاهات، فإذا تذبذبت هذه الموجات الضوئية فى مستوى واحد يقال أن الضوء مستقطب. ويمكن للمرء اختيار مستوى محدد للاستقطاب من الحزمة الضوئية، ويتم ذلك باعتراض الحزمة الضوئية بواسطة ما يسمى بالمستقطب البصرى (مثل قطعة البلوريد التى لا تسمح بمرور جزء من الشعاع الشمسى من الوصول إلى العين). وفى حالة مرور الضوء المستقطب خلال مستقطب ضوئى أخر يسمى «المحلل الضوئى» فى وضع عمودى على المستقطب الأول، فلا يمر الضوء ولا يتغير الوضع إلا إذا وضعت مادة شفافة بين المحلل والمستقطب البصريين.

والجدير بالذكر، أن العالم «أوتو ليهمان» كان على دراية مقدماً أن المواد الصلبة فى حالتها البلورية تستطيع تغيير مستوى

دوران الاستقطاب للضوء، بحيث تجعل الضوء ينفذ كاملاً خلال المحلل الضوئى (المستقطب الثانى)، خاصة أن الضوء يتكون من مجال كهرومغناطيسى متذبذب. وعندما تنتقل هذه الموجات عبر المادة البلورية فإنها تجعل إلكترونات المادة تتذبذب ذهاباً وإياباً. ولكن هذه الإستجابة غير لحظية وقد تبطىء سرعة انتشار الموجات الضوئية خلال المادة. هذه الظاهرة تسمى «الانكسار الضوئى». وفى بعض المواد التى تعتمد خصائصها الفيزيائية والكيميائية على ترتيب ذراتها، يكون تأثير التداعى الإلكترونى مختلف باختلاف إتجاهات الاستقطاب الضوئى.

والجدير بالذكر، أن لسرعة الضوء قيمتين يعتمدان على درجة الاستقطاب الضوئى بالنسبة للبلورة. هذا يؤدى إلى ما يسمى «بالانعكاس الثنائى» التى نشاهدها فى بلورات الكالسيت. وبالطبع التغيير فى معامل الانكسار للبلورات يتأثر أيضا بدوران مستوى الاستقطاب الضوئى مما يجعل الضوء يعبر خلال المحلل الضوئى. والنتيجة هى الحصول على هدب الانكسار الثنائى "Birefringence" بألوان زاهية.

ومن المعروف أن البلورات لها تركيب جزيئى محدد بها

كما ذكرنا سلفاً، يعتمد على تكرار ترتيب الذرات أو الجزيئات، وهذا عكس ذرات السوائل المختلفة التى ليس لها أى ترتيب. وبالتالى تكون هذه الذرات حرة فى حركتها العشوائية. وللسوائل معامل انكسار واحد، وهذا يجعلها تظهر سوداء اللون (عاتمة) خلال مشاهدتها من المحلل الضوئى.

ولذلك، فقد اندهش كل من فردريك وأوتو ليهمان عندما شاهدوا الهدب الملونة تظهر من المحلل الضوئى عند استعمال مادة بنزوات الكوليستريل السائلة وهى فى طورها البينى. ومنذ ذلك الوقت، بذلت الجهود المضنية لمعرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المواد البلورية السائلة.

والآن، دعنا نتساءل : كيف برزت أهمية المواد البلورية السائلة ؟

فى عام ١٩٢٤م، برزت أهمية المواد البلورية السائلة عندما نجح العالم الألمانى «دانيال فورلاندر» فى تحديد الشكل الجزيئى لمكونات المواد وهى فى حالتها البلورية السائلة. فقد اكتشف «دانيال» أن هذه الجزيئات تأخذ أشكال تشبه القضيب بدلاً من كونها أشكال كروية، كما هو الحال فى المواد

البلورية، التى تتماسك جزيئاتها معاً فى مكان محدد وتترتب بطريقة خاصة يكون لكل جزئ وضع خاص. أما الجزيئات على شكل قضيب بالإضافة إلى أن لها وضع خاص يكون لهم جميعاً نفس الإتجاه "Orientational order".

ومن المعروف أن البلورات العادية تنصهر عندما تتغلب الطاقة الحرارية المؤثرة على قوة الترابط الجزيئية، وبالتالى ينكسر الترتيب البلورى ويتهدم الترتيب الجزيئى المكانى. عندئذٍ، تتحرك الجزيئات بحرية وبطريقة عشوائية. أما فى حالة الجزيئات القضيبية فقد تحدث بها أشياء أخرى. على سبيل المثال، عند درجة حرارة معينة قد يكون مقدار الطاقة الحرارية غير كافى لتغير القوى الجزيئية المسئولة على الترتيب الاتجاهى.

هذا بالطبع ما شاهده العالم فردريك رينتزير فى تجربته السابقة، عندما وجد أن انصهار بلوراته تظهر من خلال سحابة سائلية، فى هذه الحالة تكون الجزيئات مخططة لأعلى فى اتجاه موازى تقريباً بعضها لبعض ولكنها موزعة عشوائياً فى الفضاء.

والترتيب الاتجاهى فى المادة يمتد ليغطى ملايين الجزيئات وعلى ذلك فإن توحيد الإتجاه يسمى «الموجه». والجدير بالذكر،

أن غياب الترتيب المكانى للجزيئات يغير من بعض الخواص الفيزيائية مثل تغيير قيمة معامل انكسار المادة، الذى يعتمد فى هذه الحالة على الاتجاه عند لحظة القياس بالنسبة للموجه. هذا الطور البينى يجعل المادة مرئية عند النظر إليها عبر المحلل الضوئى.

والملاحظ أنه عند زيادة التسخين، فإن هذا الطور قد يصل إلى درجة تهدم الترتيب الاتجاهى للجزيئات، فى هذه الحالة تصبح البلورات السائلة مجرد سائل عادى. ولذلك تسمى درجة الحرارة الظاهرية بأنها درجة الحرارة التى تناظر الانتقال من السحابة السائلة إلى السائل الظاهرى.

وعند التبريد، تحدث عملية عكسية، حيث ترتب الجزيئات القضيبية فى ترتيب التركيب المائع "Ordered fluid structure" هذا الترتيب المبسط للبلورات السائلة يسمى الطور النيماتى. وتعتبر مادة بنزوات الكوليستريل نوع خاص من الطور النيماتى اللإنطباقى "Chiral nematic phase".

واللإنطباقية هنا تعنى أن الجزيئات القضيبية تماثل اليد بدلاً من الشكل المسمارى. ففى حالة الطور النيماتى تستطيع

جزيئات المادة من دوران الجزيئات القريبة منها بهدوء. هذه الخاصية تجعل موجه الجزيئات ذاته يلف بطريقة حلزونية. ودورة الدوران الحلزونية الكاملة غالباً ما تكون بطول الطول الموجى للضوء المرئى. وهذا يعنى أن الطول الموجى المنعكس بواسطة هذا الطور النيماتى يعتمد على عدد الدوران فى الطول المحدد. هذا ما يشابه عدد الخطوط فى المحزوز المستخدم فى عملية الحيود الضوئى التى بواسطتها يمكن تحديد الطول الموجى المنعكس من المحزوز.

وعادة تسمى الأطوار النيماتية «بأطوار الكوليستريل» نظراً لأن هذه الخاصية تم مشاهدتها أول الأمر فى هذه المادة. وحالياً، يتم إنتاج هذه المواد فى أطوارها الكوليستريلية على مستوى تجارى، حيث أن انعكاساتها المنتخبة للضوء تكون مرتفعة وتتغير مع تغير درجة الحرارة. ولذلك تستخدم هذه المواد من البلورات السائلة فى صناعة الترمومترات وكذلك فى تغيير ألوان الأجسام الحرارية.

وهناك أنواع أخرى من مواد البلورات السائلة أكثر تعقيداً فى أطوارها. على سبيل المثال، هناك بعض المواد بتسخين

بلوراتها، فإن ترتيب جزيئاتها المكانى قد لا يتهدم تماماً، بل تتشكل فى طبقات جزيئية، بحيث تتفاعل الطبقات بعضها مع بعض. مما يجعل هذه الجزيئات تتحرك عشوائياً خلال كل طبقة. هذه الأنواع التى تحفظ الترتيب المكانى للجزيئات تسمى البلورات السائلة السيمكتيكية "Smectic Liquid Crystals"، وكلمة «سيمكتيك» مشتقة من اللغة اليونانية القديمة وتعنى محلول الصابون. وهذا يشرح حقيقة المادة الإنزلاقية.

وفى الحقيقة، تتواجد أنواع عديدة من البلورات السائلة التى تتضمن طرق مختلفة من الترتيب الجزيئى فى حالة وسط بين الترتيب التام فى الحالة البلورية وعدم الترتيب فى الحالة السائلية. وتمثل هذه التراكيب الجزيئية المعقدة نوع من «العمارة الجزيئية».

والآن، وبعد هذه السنين من الجهود المضنية فى مجال البحث والتطوير، نحن على أعتاب فهم أهمية هذه الأنواع من التأسيس الجزيئى فى الطبيعة. على سبيل المثال، جزئ ال د. ن. أ "DNA" الحامل للشفرة الوراثية للكائنات الحية يمثل الطور النيماتى. والطريقة السهلة المتبعة للتعرف على هذه

التراكيب الجزيئية هو دراسة نماذج هدب التداخل تحت مجهر بصرى مستقطب للضوء.

والمـواد البلورية السائلة لها العديد من الخصائص المفيدة. علـى سبيل المثال، بعض مـن هذه المواد تتأثر بتطبيـق المجالين الكهربائى والمغناطيسى. فى هذه الحالة تعيد المادة اتجاهـها الجزيئـى بحيث يكون موزايا أو عمودياً على اتجاه المجـال الخارجى المؤثر. وبالتالى يتغير اتجاه الموجه. وهذا يعنى أن تغيير معامل الانكسار يؤدى إلى تغيرات فـى الخواص البصريـة للبلورات السائلة، ولذلك تستخدم هـذه المواد فـى إنتاج أجهـزة العرض المرئية التـى تستهلك طاقة أقـل بالمقارنة باستخدام الشاشات التـى تعتمد على أنابيب الشعاع الكاثودى المعروفة .

وفى الوقت الحالى، تم اكتشاف مواد بلورية سائلة فى طورها السيمكتيكى فيروكهربية "Ferroelectric Smectic Liquid Crystal". وتستخدم هذه المواد الآن فى صناعة التليفزيونات فائقة الدقة "High Defiinition Television (HDTV)".

والآن، تعتبر الدول المتقدمة تكنولوچيا البلورات السائلة الاستراتيچية مثل التكنولوچيا النووية وتكنولوچيا الليزر من الأسرار العسكرية بها، خاصة أن هذه المواد تستخدم فى أجهزة الرصد الضوئى وتوليد الضوء المميز والمضمنات البصرية وفى مجال المعلومات وفى الهندسة الوراثية وأجهزة الكمبيوتر فائقة الذاكرة... وخلافه.