# الباب الأول

## حالات المـــادة

للمواد المختلفة التى توجد فى الطبيعة أو التى تحضر صناعياً خواص مختلفة أمكن بواسطتها تقسيم المواد إلى مجموعات ؛ وفى مقدمة الخواص التى اعتبرت فى ذلك التقسيم المقاومة التى تبديها المواد عند محاولة تغيير شكلها ؛ فهى إما أن تكون :—

( ا ) مواد صلبة : — وهى التى يكون لها حجم محدود وشكل محدود عندما لا يؤثر عليها مؤثر ما ؛ وهى تقاوم الكسر وتغير الشكل بشدة أو بقلة تبعاً لطبيعتها ، وإذا سحبت أو ضغطت لا يتغير شكلها كثيرا . وكثير من المواد الصلبة يكون ذا شكل هندسى محدود وهى البلوريات أو المواد المتبلورة بخلاف المواد غير المتبلورة التى ليس لها شكل خاص .

عند امتحان جملة بلورات من مادة واحدة تظهر لأول وهلة مخالفة لبعضها ولكنها متشابهة فى الحقيقة إذ تكون الزوايا التى بين المسطحات متساوية فيها ، ففى بلورات الكوارتز مثلا تكون هذه الزوايا دائما ١٢٠° ويعتبر فى الفرع الخاص بدراسة البلورات أن البلورات المتشابهة هى التى تكون الزوايا ما بين المسطحات فيها متساوية مهما اختلفت مقاييس هذه المسطحات .

تتكون البلورات عادة من الأجسام القابلة للتبلور عند ما تتحول هذه الأجسام إلى الحالة الصلبة تدريجياً وكلما كان تحولها إلى هذه الحالة أبطأ كلما كان حجم البلورات المتكونة أكبر . ويتحصل على البلورات بالانصهار والتبريد ، أو بالإذابة ، أو بالتسامى ، أو بواسطة تفاعلات كيميائية .

تميز المواد الصلبة عن بعضها عادة بلونها وشكلها البلورى إذا كانت قابلة للتبلور ، وكثافتها ، وقابلية ذوبانها فى السوائل المختلفة ، ودرجة انصهارها .

( ب ) مواد سائلة : — وهى التى يكون لها حجم محدود وليس لها شكل معين فانها تأخذ شكل الوعاء الذى يحويها . وهى أكثر قابلية للضغط من المواد الصلبة ولو أن هذه الخاصة ضعيفة فيها ، ويمكن فصلها إلى أجزاء بدون مجهود يذكر.

تميز المواد السائلة عن بعضها عادة بلونها، وكثافتها، ودرجة غليانها ، كما أن بعض السوائل يكون لها رائحة خاصة . وأما درجة تجمد السوائل فهى عادة نفس الدرجة التى تنصهر عليها المواد الصلبة المتحصل عليها من تبريد هذه السوائل، وتختلف سيولة السوائل ويكون بعضها لزجا .

(ح) غازات : — وهى التى لايكون لها حجم ولاشكل معين: بل تحاول ملء كل الفراغ الذى يسمح لها بأشغاله ، فهى مثل السوائل تأخذ شكل الوعاء الذى يحويها بل تمتاز عنها بقابلية تمددها إلى حد غير محدود ، وقابلية الغازات للضغط كبيرة جداً .

تميز الغازات عن بعضها بلونها ورائحتها ، وقابليتها للاشتغال ، ومساعدتها على الاحتراق ، وكثافتها ، وامتصاص بعض المحاليل الخاصة إياها .

لايوجد بين الحالات الصلبة والسائلة والغازية حدود قاطعة ، بل توجد حالات متوسطة تكون فيها المقاومة نحو محاولة تغير الشكل تغيراً تدريجياً ؛ فانه يوجد مابين المواد الصلبة تماما كالنحاس والمواد السائلة تماما كالماء جملة مواد لايمكن تعريف حالتها إلا باسمها الذاتى وهى التى تكون المواد اللينة والمواد التى يكون قوامها كالعجين والسوائل اللزجة الخ . ويمكن على هذا القياس ضغط الغازات فى حيز مقفل فى ظروف حرارية مناسبة بحيث تتحول إلى الحالة السائلة دون أن يظهر أى تغير فجائى فيها فى وقت من الأوقات ؛ فلا يمكن إذاً تحديد الحالة الطبيعية للمادة بصفة قاطعة ، والحالات التى نشاهدها قابلة للتدرج ولكنه يمكن تخيل حالة صلبة تامة وحالة سائلة تامة وحالة غازية تامة فيحاول تعريف المواد المختلفة بهذه الحالات الثلاثة عندما تكون خواصها قريبة من إحداها .

# الأجسام المتجانسة وغير المتجانسة

تختلف الأجسام تبعاً لخواص الأجزاء المكونة لها، فالأجسام التى تكون جميع الأجزاء التى يمكن تجزئتها اليها بوسائل ميكانيكية ذات خواص متشابهة ، مهما صغرت هذه الأجزاء ، تسمى بالأجسام المتجانسة مثل الزجاج والماء والهواء الجوى . والأجسام التى تكون أجزاؤها المختلفة ذات خواص غير متشابهة تسمى بأجسام غير المتجانسة كما هو الحال فى معظم الأجسام الطبيعية والصناعية ، فان الجرانيت مثلا يشمل الفلسبار الرمادى اللون والكوارتز الشفاف والميكا السوداء أو الرمادية الداكنة اللون . لايسهل دائما تمييز أجزاء الجسم غير المتجانس . فان اللبن مثلا يظهر متجانساً للعين بينما تشاهد فيه حبيبات الدهن التى تسبح فى السائل عندما ينظر اليه بالمجهر

كثيراً ما تسمى الأجسام غير المتجانسة أى التى يمكن فصلها ميكانيكياً إلى أجزاء متجانسة بالمخاليط .

من البديهى أن التمييز بين الأجسام المتجانسة وغير المتجانسة يتوقف على كمال الوسائل التى لدينا لفحص الأجسام المختلفة ، فقد يحكم اليوم على جسم ما بأنه متجانس ثم يتبين عكس ذلك عند مايمكن فحصه بواسطة أجهزة أقوى وأكمل من التى لدينا الآن . ومن الأمثلة فى هـــذا الصدد استعمال المجهر فى السنين الأخيرة لفحص السبائك alloys التى كانت تعتبر كموادمتجانسة، فظهر أنها مكونة فى أغلب الأحوال من تلاصق أجزاء صغيرة جداً من مكوناتها المختلفة (علم المينارولوجيا الميكروسكوبية) وقد أدى كذلك اكتشاف الألترامكرسكوب ultra microscope إلى اعتبار السوائل الغروية غير متجانسة بعد أن كانت تعتبر متجانسة ،إذ بين فيها جزيئات دقيقة جداً معلقة فى السائل . ( لايسمح الميكروسكوب العادى برؤية الحبيبات التى لايزيد قطرها عن ٠,١٥ ميكرون أى ١,٥ × ١٠ — ٥ سم ) ( المحاليل الغروية هى سوائل تحتوى على جزيئات صلبة ألترامكروسكوبية على حالة تعليق ، وتمر هذه المحاليل من مسام ورق الترشيح ولا يرسب منها شيء بركودها مدة طويلة ) .

# فصل المخاليط إلى أجزاء متجانسة

( ا ) فصل مكونات مخاليط المواد الصلبة : — يمكن فصل مكونات مخاليط المواد الصلبة بطرق مختلفة : —

( أولا ) طرق ميكانيكية كالتنقية باليد أو الغربلة ، وذلك عندما تكون الحبيبات كبيرة الحجم نوعاً .

( ثانياً ) الاستفادة من اختلاف كثافة المكونات ، وذلك بسحق المخلوط ورجه مع سائل ذى كثافة تكون متوسطة بين كثافات المكونات المختلفة ، فترسب الأجزاء الثقيلة بينما تطفو الأجزاء الخفيفة على سطح السائل . يشترط فى هذه الحالة ألا يتفاعل السائل كيميائياً مع أجزاء المخلوط .

( ثالثاً ) استعمال المغنطيس . يمكن مثلا فصل برادة الحديد من مخلوط منها مع مسحوق الكبريت بجذبها بالمغنطيس .

( رابعاً ) استعمال الكهرباء . فإذا نثر مخلوط مكون من مسحوق ناعم من الكبريت والرصاص الأحمر على لوحة من الأيبونيت ( مطاط أسود صلب ) مكهربة تبقى حبيبات الرصاص الأحمر ملاصقة لسطح اللوحة بينما يسهل فصل مسحوق الكبريت منها .

( خامساً ) الاستفادة من اختلاف الجاذبية السطحية للمكونات نحو السوائل فيمكن فصل مكونات الخام الطبيعى المكون من كبريتيد الخارصين وكبريتيد الرصاص بمعاملة مسحوق الخام بتيار من الهواء والماء المضاف اليه كمية من الزيت ، فان حبيبات كبريتيد الخارصين تكون شبه رغوة على سطح السائل بينما يتجمع كبريتيد الرصاص فى القاع لأنه يبتل بسهولة أكبر من كبريتيد الخارصين .

(سادساً) الاستفادة من اختلاف ذوبان المكونات فى السوائل المختلفة. فيمكن مثلا فصل الكبريت من برادة الحديد بمعاملة المخلوط بثانى كبريتيد

الكربون حيث يذوب فيه الكبريت فيفصل الراسب المكون من برادة الحديد ثم بتبخير المحلول يفصل كبريتيد الكربون ويتبقى الكبريت .

( سابعاً ) الانصهار . يمكن مثلا فصل مسحوق الرصاص من الرمل بتسخين المخلوط فينصهر الرصاص ويطفو الرمل على سطحه .

( ثامناً ) التطاير . يفصل اليود من الرمل بتسخين المخلوط فيتسامى اليود ويتكاثف على الجدران الباردة التى يعرض اليها ويتبقى الرمل .

( ب ) فصل المواد الصلبة من السوائل : —

تفصل المواد الصلبة من السوائل بطرق مختلفة منها : —

( أولا ) ترك المخلوط فى حالة ركود مدة من الزمن فترسب المواد الصلبة، وكلما كانت الحبيبات أكبر حجماً كانت سرعة رسوبها أكبر ، وتتوقف سرعة الرسوب أيضاً على كثافة المواد الصلبة وكثافة السائل ولزوجته.

يمكن فصل أجزاء مخلوط صلب مكون من حبيبات مختلفة الحجم برجه مع الماء فترسب الحبيبات على هيئة طبقات تبعاً لحجمها .

( ثانياً ) استعمال القوة المركزية الطاردة . إذا وضع مخلوط مكون من سائل ومسحوق صلب فى أنابيب الآلة المركزية الطاردة فان الدوران يجعل المسحوق يتجمع فى قاع الأنابيب ويمكن فصل السائل الرائق من أعلى سطحه.

( ثالثاً ) الترشيح . وهى الطريقة الأكثر استعمالا لفصل المواد الصلبة من السوائل . تترشح المحاليل الساخنة بسرعة أكبر من المحاليل الباردة كما أنه يمكن إسراع الترشيح بجمع المترشح فى وعاء يكون فيه الضغط منخفضاً .

( ح ) فصل السوائل من السوائل : —

لا تمتزج بعض السوائل ببعضها كما يمتزج الماء والكحول ، بل يبقى أحد السائلين على حالة تعليق فى السائل الآخر كما فى حالة الزيت والماء عند رجهما

معاً ، ولفصلهما من بعضهما يوضع المزيج فى قمع الفصل (شكل ١) ويترك مدة من الزمن حيث ينفصل إلى طبقتين معينتين تبعاً للكثافة ويمكن جمع كل سائل على حدة بفتح الصنبور الذى بأسفل القمع .

( شكل ١ )

تسمى السوائل التى تحتوى على حبيبات دقيقة من سائل آخر فى حالة تعليق بالمستحلبات Emulsions ويمكن فصل مكونات المستحلبات بالقوة المركزية الطاردة أو باستعمال مذيب مناسب يذوب فيه أحد مكونات المستحلب دون الآخر ، ويستعمل قمع الفصل لأجراء هذه العملية ، فلفصل كريات الدهن الصغيرة الموجودة على حالة تعليق فى اللبن يرج هذا فى قمع الفصل مع الأيثير فيذوب الدهن فى الأيثير ويتجمع معه فى الطبقة الخفيفة العليا .

( ٤ ) فصل الغازات من المواد الصلبة ومن السوائل :

تمتزج الغازات ببعضها فى العادة مكونة مخاليط متجانسة . ويحتوى بعض السوائل ذات الجاذبية السطحية الضعيفة مثل محلول الصابون على رغوة من فقاقيع من الغاز على سطحها ، فيمكن فصل هذه الرغوة بواسطة القوة المركزية الطاردة أو بمعاملة المحلول بكمية صغيرة من الكحول فتزداد الجاذبية السطحية وتزول الرغوة . تستعمل الكهرباء فى فصل الجزيئات الدقيقة من المواد الصلبة التى تكون معلقة فى الغازات مثل جزيئات الكربون التى تكون الدخان فى الهواء .

## المواد النقيـــة

تعتبر الأجسام المتجانسة مواد نقية ، وقد يكون لنفس المادة النقيـــة أحجام وأشكال مختلفة ولكنها تتميز ببعض الصفات التى تكون ثابتة فيها ، ومن هذه الصفات : —

( ا ) درجة غليان ثابتة تحت الضغط الجوى .

( ب ) درجة انصهار ثابتة .

( حـ ) نسبة ذوبان ثابتة فى كل من المذيبات التى تذوب فيها المادة النقية .

كما أن الثوابت الطبيعية الأخرى تكون ثابتة فى المواد النقية مثل الكثافة. الشكل البلورى ، خاصة كسر الضوء ، المقاومة الكهربائية الخ . وعدا ذلك تكون المواد النقية ذات تركيب كيميائى ثابت .

## المواد البسيطة والمركبة ( العناصر والمركبات )

كثير من المواد المتجانسة طبيعياً عند تأثير بعض العوامل عليها كالحرارة والضوء والكهرباء أو عند معاملتها بمواد أخرى ، تنفصل إلى أجزاء أبسط منها مخالفة لها فى الخواص ، وتسمى هذه المواد بالمواد المركبة أو المركبات . وأما المواد التى لم يمكن فصلها إلى أجزاء أبسط منها باستعمال جميع وسائل التحليل المعروفة فتسمى بالمواد البسيطة أو العناصر الكيميائية .

من البديهى أن هذا التقسيم ليس تقسيم نسبى إذ أنه مبنى على الوسائل المعروفة للآن لتحليل المواد المختلفة ، فقد قال لافوازير ( Lavoisier ) لا يمكننا الجزم بأن ما نعتبره اليوم بسيطاً هو بسيط فى الحقيقة ، وكل ما يمكننا قوله هو أن عنصراً ما هو الحد الحالى الذى وصل اليه التحليل الكيميائى وأنه لم يمكن تجزئته فى حالة معلوماتنا الحالية » . ولكنه يتبين من الترتيب الدورى Periodic classification الذى وضعه منديليف ( Mendeleieff ) للعناصر أنه إذا لم يجز الجزم بأن هذه العناصر هى مواد بسيطة فعلا فانها بلا شك تكون قسما مستقلا عن المواد المعروفة الأخرى .

ومع كبر عدد المواد المعروفة فان عدد العناصر التى تكونها قليل نسبياً إذ يبلغ حوالى تسعين عنصراً . توجد العناصر فى الكون بكميات تختلف عن بعضها كثيراً ، فيوجد عنصر الاكسيجين فى الهواء والماء ويدخل فى تركيب

القشرة الأرضية الصلبة ، وهو العنصر الأكثر انتشاراً إذ يكون وحده نحو ٥٠ ٪ من الجزء المعروف من الكرة الأرضية ، وتكون عناصر السليكون والألومنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكربون والأيدروجين حوالى ٤٩ ٪ منها ، ولا تزيد نسبة العناصر الأخرى مجتمعة عن ١ ٪ .

تبين بالتحليل الطيفى أن الأجسام المنتشرة فى السماء مكونة من نفس العناصر الداخلة فى تركيب الكرة الأرضية ويصحبها بعض العناصر الأخرى

وأما المواد المتجانسة التى يمكن تجزئتها إلى أبسط منها فتنقسم إلى قسمين :

( ا ) المواد ذات التركيب الثابت وتسمى بالمركبات مثل أكسيد النحاس وكلوريد الصوديوم الخ .

( ب ) المواد ذات التركيب القابل للتغير مع بقائها متجانسة وتسمى بالمحاليل مثل محلول ملح الطعام فى الماء ، يكون المحلول متجانساً مهما اختلفت فيه نسبة الماء أو نسبة الملح المذاب ، ويمكن دائماً بواسطة طرق مناسبة فصل المحاليل إلى مادتين نقيتين أو أكثر .

## التغيرات الطبيعية والكيميائية

يمكن تمييز المواد المتجانسة عن بعضها إما بحالتها الطبيعية التى تحددها خواص معينة يمكن التعبير عنها بأرقام كالكثافة والحرارة النوعية الخ ، أو بحالتها الكيميائية التى يحددها التركيب الكيميائى معبراً عنه بنوع وعدد وكمية العناصر التى تكونها .

يمكن تحويل مادة ما من حالة إلى أخرى ، وتكون التحولات طبيعية أو كيميائية . فالتحولات الطبيعية هى التى لا تغير جميع خواص المادة ، بل تغير حالتها وتزول بزوال العامل الذى يحدثها ، ومن أمثلتها : —

( ا ) توهج سلك البلاتين عند تعريضه للهب فيعود إلى حالته الأصلية عندما يبرد .

( ب ) تسخين النفثالين فى معوجة متصلة بقابلة ، فتنصهر النفثالين ( أول تحول ) ثم تغل وتتقطر ( ثانى تحول ) ، ثم تتكاثف فى القابلة الباردة ( ثالث تحول ) ، وتشبه النفثالين فى حالاتها الثلاثة ( مادة صلبة ، سائل ، بخار ) المادة الأصلية فى معظم خواصها ، وهى تعود فعلا إلى الحالة الأصلية الصلبة بزوال العامل المؤثر وهو الحرارة . والانصهار ، والغليان ، والتقطير ، والتكاثف تحولات طبيعية .

والتحولات الكيميائية هى التى تغير معظم خواص المادة وهى لا تزول بل تبقى بعد زوال العامل الذى يحدثها ، ومن أمثلتها : —

( ا ) احتراق شريط من المغنسيوم عند تسخينه : فانه يشتعل بإضاءة شديدة ويتحول إلى مسحوق أبيض مخالف كلية للمادة الأصلية حتى بعد التبريد

( ب ) تسخين سكر القصب فى معوجة متصلة بقابلة ، فينصهر السكر ويسمر لونه ويتفحم وتتصاعد منه غازات ذات رائحة خاصة ، ويتكاثف فى القابلة الباردة سائل بنى اللون مخالف كلية للسكر المستعمل.

( ح ) تسخين مخلوط من برادة الحديد والكبريت ، فتتكون مادة جديدة مخالفة كلية للمخلوط المستعمل ولا تتحول اليه ثانية بالتبريد ، وهى كبريتيد الحديد .

لا يكون دائماً التمييز ما بين التحولات الطبيعية والكيميائية قاطعاً كما فى الأمثلة المذكورة بل توجد حالات متوسطة .

لتذليل الصعوبات فى وضع حد ظاهر ما بين التحولات الطبيعية والكيميائية فكر البعض فى تعريف الأولى بأنها تحولات عكسية أى أنه يمكن إجراؤها فى الاتجاهين ، والثانية بأنها غير عكسية ، ولكن بين هنرى إسانت كلير ديفيل ( Henri Sainte - Claire - Deville ) تشابه هذه وتلك وذلك بإثباته أن حدوث الانعكاس reversibility يتواجد فى ظاهرتى الاتحاد والتحلل الكيميائى كما فى ظاهرة تغير حالة المادة ، فأثبت مثلا حدوث

الانعكاس فى تحلل الماء إلى إيدروجين وأكسجين على ١٢٠٠°. وعلى ذلك فان الرأى الحديث يميل إلى عدم جعل تمييز ما بين أنواع التحولات المختلفة ، ودون دوهيم ( Duhem, Thermodynamique et Chimie ) « كل نظرية تنطبق على التفاعلات الكيميائية عموما تشمل أيضاً التحولات فى الحالة الطبيعية » .

## قانون عدم فناء المادة

يتأكسد النحاس باتحاده بالأكسيجين على درجة حرارة مرتفعة ويتحول إلى أكسيد نحاس ، ويختزل أكسيد النحاس بواسطة الأيدروجين على درجة حرارة مرتفعة مكوناً نحاس وماء ، فاذا وضعت كمية من مسحوق النحاس فى أنبوبة من الزجاج ووزنت الأنبوبة مع محتوياتها ثم أمر فيها بعد تسخينها تيار من الأكسجين لمدة كافية يمكن معها تعيين وزن الأكسجين المستهلك ، فعند تبريد الأنبوبة ووزنها مع ما تحتويه من أكسيد النحاس ، يوجد أن إزدياد وزنها يساوى تماما وزن الأكسجين المستهلك : —

$$٢ \text{ نح} + \text{ا}_٢ \longrightarrow ٢ \text{ نح ا} \quad \text{( أول تفاعل )} .$$

وإذا سخنت الأنبوبة بعد ذلك ومرر على أكسيد النحاس لمدة كافية تيار من الأيدروجين النقى الجاف بكيفية يمكن معها تعيين وزن الأيدروجين المستهلك ، ثم بردت الأنبوبة ووزنت مع ما تحتويه من النحاس يوجد أن وزنها يساوى تماما وزنها قبل التجربة .

$$٢ \text{ نح ا} + ٢ \text{ ىد}_٢ \longrightarrow ٢ \text{ نح} + ٢ \text{ىد}_٢\text{ا} \quad \text{( ثانى تفاعل )} .$$

وبامتصاص الماء الناتج من التفاعل الثانى فى أنابيب ممتلئة بمواد تمتص الماء مثل كلوريد الكالسيوم أو حامض الكبريتيك المركز ووزن هذه الأنابيب قبل وبعد التجربة يمكن تعيين وزن هذا الماء ، فيوجد أنه يساوى الفرق بين وزن أكسيد النحاس المتكون منه ( أى وزن الأكسجين ) + وزن الأيدروجين المستهلك أثناء عملية الاختزال .

وتبين من تجارب أخرى عديدة أن المواد يمكنها أن تتغير تغيرات كثيرة بتفاعلات كيميائية ولكن أوزانها الاجمالية لا تتغير .

وضع لافوازير ( Lavoisier ) ( ١٧٤٣ — ١٧٩٤ ) القانون الآتى : — « إن وزن مركب ما يساوى مجموع أوزان ما يدخل فى تركيبه » ، وتنسب اليه أيضاً العبارة العامة الآتية : « لا يفقد شيء ولا يخلق شيء » ، يشمل قانون عدم فناء المادة العبارتين المذكورتين وهو : « كلما يحدث نقص أو إزدياد فى وزن مادة ما يحدث نقص أو ازدياد مساو له فى وزن مادة أو جملة مواد أخرى » وأثبتت جميع التجارب التى عملت للآن صحة هذا القانون .

حاول الباحثون فى السنين الأخيرة معرفة ما إذا كان تقدم وسائل البحث يمكنهم من إيجاد فروق بسيطة فى الأوزان تصحب بعض عمليات الاتحاد أو التحليل الكيميائى فلم يصلوا إلى إيجاد أى تغير . واستنتج لاندولت ( Landolt ) سنة ١٩٠٨ من جملة تجارب عملها بغاية من الدقة أن قانون لافوازير صحيح وأن الفروق التى تشاهد لا تتعدى نسبتها $\frac{١}{١٠^{٧}}$