

الباب الأول

حالات المادة

للمواد المختلفة التي توجد في الطبيعة أو التي تحضر صناعياً خواص مختلفة يمكن بواسطتها تقسيم المواد إلى مجموعات ؛ وفي مقدمة الخواص التي اعتبرت في ذلك التقسيم المقاومة التي تبديها المواد عند محاولة تغيير شكلها ؛ فهي إما أن تكون :-

(١) مواد صلبة : - وهي التي يكون لها حجم محدود وشكل محدود عندما لا يؤثر عليها مؤثر ما ؛ وهي تقاوم الكسر وتغير الشكل بشدة أو بقلّة تبعاً لطبيعتها ، وإذا سحبت أو ضغطت لا يتغير شكلها كثيراً . وكثير من المواد الصلبة يكون ذا شكل هندسي محدود وهي البلوريات أو المواد المتبلورة بخلاف المواد غير المتبلورة التي ليس لها شكل خاص .

عند امتحان جملة بلورات من مادة واحدة تظهر لأول وهلة مخالفة لبعضها ولكنها متشابهة في الحقيقة إذ تكون الزوايا التي بين المسطحات متساوية فيها ، ففي بلورات الكوارتز مثلاً تكون هذه الزوايا دائماً 120° ويعتبر في الفرع الخاص بدراسة البلورات أن البلورات المتشابهة هي التي 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 بالتسامي ، أو بواسطة تفاعلات كيميائية .

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

(ب) مراد سائل : - وهي التي يكون لها حجم محدود وليس لها شكل معين فانها تأخذ شكل الوعاء الذي يحويها . وهي أكثر قابلية للضغط من المواد الصلبة ولو أن هذه الخاصة ضعيفة فيها ، ويمكن فصلها إلى أجزاء بدون مجهود يذكر . تتميز المواد السائلة عن بعضها عادة بلونها ، وكثافتها ، ودرجة غليانها ، كما أن بعض السوائل يكون لها رائحة خاصة . وأما درجة تجمد السوائل فهي عادة نفس الدرجة التي تنصهر عليها المواد الصلبة المتحصل عليها من تبريد هذه السوائل ، وتختلف سيولة السوائل ويكون بعضها لزجا .

(ح) غازات : - وهي التي لا يكون لها حجم ولا شكل معين : بل تحاول ملء كل الفراغ الذي يسمح لها بأشغاله ، فهي مثل السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي يحويها بل تمتاز عنها بقابلية تمددها إلى حد غير محدود ، وقابلية الغازات للضغط كبيرة جداً .

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

لا يوجد بين الحالات الصلبة والسائلة والغازية حدود قاطعة ، بل توجد حالات متوسطة تكون فيها المقاومة نحو محاولة تغير الشكل تغيراً تدريجياً ؛ فانه يوجد ما بين المواد الصلبة تماماً كالنحاس والمواد السائلة تماماً كالماء جملة مواد لا يمكن تعريف حالتها إلا باسمها الذاتي وهي التي تكون المواد اللينة والمواد التي يكون قوامها كالعجين والسوائل اللزجة الخ . ويمكن على هذا القياس ضغط الغازات في حيز مقفل في ظروف حرارية مناسبة بحيث تتحول إلى الحالة السائلة دون أن يظهر أي تغير فجائي فيها في وقت من الأوقات ؛ فلا يمكن إذاً تحديد الحالة الطبيعية للمادة بصفة قاطعة ، والحالات التي 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 .

الاجسام المتجانسة وغير المتجانسة

تختلف الاجسام تبعاً لخواص الأجزاء المكونة لها، فالاجسام التي تكون جميع الأجزاء التي يمكن تجزئتها اليها بوسائل ميكانيكية ذات خواص متشابهة، مهما صغرت هذه الأجزاء، تسمى بالاجسام المتجانسة مثل الزجاج والماء والهواء الجوي. والاجسام التي تكون أجزاؤها المختلفة ذات خواص غير متشابهة تسمى باجسام غير المتجانسة كما هو الحال في معظم الاجسام الطبيعية والصناعية، فان الجرانيت مثلاً يشمل الفلسبار الرمادي اللون والكوارتز الشفاف والميكا السوداء أو الرمادية الداكنة اللون. لايسهل دائماً تمييز أجزاء الجسم غير المتجانس. فان اللبن مثلاً يظهر متجانساً للعين بينما تشاهد فيه حبيبات الدهن التي تسبح في السائل عندما ينظر اليه بالمجهر كثيرأ ما تسمى الاجسام غير المتجانسة أى التي يمكن فصلها ميكانيكياً إلى أجزاء متجانسة بالمخاليط.

من البديهي أن التمييز بين الاجسام المتجانسة وغير المتجانسة يتوقف على كمال الوسائل التي لدينا لفحص الاجسام المختلفة، فقد يحكم اليوم على جسم ما بأنه متجانس ثم يتبين عكس ذلك عند ما يمكن فحصه بواسطة أجهزة أقوى وأكمل من التي لدينا الآن. ومن الأمثلة في هذا الصدد استعمال المجهر في السنين الأخيرة لفحص السبائك alloys التي كانت تعتبر كمواد متجانسة، فظهر أنها مكونة في أغلب الأحوال من تلافق أجزاء صغيرة جداً من مكوناتها المختلفة (علم المينارولوجيا الميكروسكوبية) وقد أدى كذلك اكتشاف الأتراميكروسكوب ultra microscope إلى اعتبار السوائل الغروية غير متجانسة بعد أن كانت تعتبر متجانسة، إذ بين فيها جزيئات دقيقة جداً معلقة في السائل. (لايسمح الميكروسكوب العادي برؤية الحبيبات التي لايزيد قطرها عن ١٥,٠ ميكرون أى 10^{-5} سم) (المحاليل الغروية هي سوائل تحتوى على جزيئات صلبة أتراميكروسكوبية على حالة تعليق، وتتم هذه المحاليل من مسام ورق الترشيح ولا يرسب منها شيء بركودها مدة طويلة).

فصل المخاليط إلى أجزاء متجانسة

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

(أولاً) 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 مثلاً فصل برادة الحديد من مخلوط منها مع مسحوق الكبريت يجذبها بالمغنطيس .

(رابعاً) استعمال الكهر باء . فإذا نثر مخلوط مكون من مسحوق ناعم من الكبريت والرصاص الأحمر على لوحة من الأيونييت (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 الطبيعي المكون من كبريتيد الخارصين وكبريتيد الرصاص بمعاملة مسحوق الخام بتيار من الهواء والماء المضاف إليه كمية من الزيت ، فإن 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 مثلاً فصل الكبريت من برادة الحديد بمعاملة المخلوط بشافى كبريتيد

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

(سابعاً) الانصهار . يمكن مثلاً 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 التي يعرض إليها ويتبقى الرمل .

(ب) فصل المراد الصلبة من السوائل : —

تفصل المواد الصلبة من السوائل بطرق مختلفة منها : —

(أولاً) ترك المخلوط في حالة ركود مدة من الزمن فتترسب 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 فتترسب الحبيبات على هيئة طبقات تبعاً لحجمها .

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

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

(جـ) فصل السوائل من السوائل : —

لا تمتاز بعض السوائل ببعضها كما يمتزج الماء والكحول ، بل يبقى أحدهما السائلين على حالة تعليق في السائل الآخر كما في حالة الزيت والماء عند رجهما

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



تسمى السوائل التي تحتوى على حبيبات دقيقة من سائل آخر في 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 في اللبن يرج هذا في قمع الفصل مع الأثير فيذيب الدهن في الأثير ويتجمع معه في الطبقة الخفيفة العليا .

(شكل ١)

(٤) فصل الغازات من المواد الهابطة ومن السوائل :

تتمزج الغازات ببعضها في العادة مكونة مخاليط متجانسة . ويحتوى بعض السوائل ذات الجاذبية السطحية الضعيفة مثل محلول الصابون على رغوة من فقائيع 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 في فصل الجزيئات الدقيقة من المواد الصلبة التي تكون معلقة في الغازات مثل جزيئات الكربون التي تكون الدخان في الهواء .

المواد النقية

تعتبر الأجسام المتجانسة مواد نقية ، وقد يكون لنفس المادة النقية أحجام وأشكال مختلفة ولكنها تتميز ببعض الصفات التي تكون ثابتة فيها ، ومن هذه الصفات : -

- (ا) درجة غليان ثابتة تحت الضغط الجوى .
(ب) درجة انصهار ثابتة .
(ح) 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 . وعدداً 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 البديهي أن هذا التقسيم ليس تقسيم نسبى إذ أنه مبنى على الوسائل المعروفة للآن لتحليل المواد المختلفة ، فقد قال لافوازيير (Lavoisier) لا يمكننا الجزم بأن ما نعتبره اليوم بسيطاً هو بسيط فى الحقيقة ، وكل ما يمكننا قوله هو أن عنصراً ما هو الحيد الحالى الذى وصل إليه التحليل الكيميائى وأنه لم يمكن تجزئته فى حالة معلوماتنا الحالية . ولكنه يتبين من الترتيب الدورى Periodic classification الذى وضعه مندليف (Mendeleieff) للعناصر أنه إذا لم يحز الجزم بأن هذه العناصر هى مواد بسيطة فعلاً فإنها بلا شك تكون قسماً مستقلاً عن المواد المعروفة الأخرى .

ومع كبر عدد المواد المعروفة فإن عدد العناصر التى تكونها قليل نسبياً إذ يبلغ حوالى تسعين عنصراً . توجد العناصر فى الكون بكميات تختلف عن بعضها كثيراً ، فيوجد عنصر الأكسجين 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 حوالي ٤٩ ٪ منها ، ولا تزيد نسبة العناصر الأخرى مجتمعة عن ١ ٪ .

تبين بالتحليل الطيفي أن الأجسام المنتشرة في السماء مكونة من نفس العناصر الداخلة في تركيب الكرة الأرضية ويصحبها بعض العناصر الأخرى وأما المواد المتجانسة التي يمكن تجزئتها إلى أبسط منها فتقسم إلى قسمين : (٢) 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 في 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 التي تحددها خواص معينة يمكن التعبير عنها بأرقام كالشفافية والحرارة النوعية الخ ، أو بحالتها الكيميائية التي يحددها التركيب الكيميائي معبراً عنه بنوع وعدد وكمية العناصر التي تكونها .

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

(١) توهج سلك البلاتين عند تعريضه للهب فيعود إلى حالته الأصلية

عندما يبرد .

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

والتحولات الكيميائية هي التي تغير معظم خواص المادة وهي لا تزول بل تبقى بعد زوال العامل الذي 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 في معوجة متصلة بقبالة ، فينصهر السكر ويسمر لونه ويتفحم وتتصاعد منه غازات ذات رائحة خاصة ، ويتكاثف في القبالة الباردة سائل بني اللون مخالف كلية للسكر المستعمل .

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

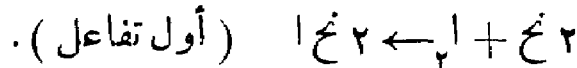
لا يكون دائما التمييز ما بين التحولات الطبيعية والكيميائية قاطعا كما في الأمثلة المذكورة بل توجد حالات متوسطة .

لتذليل الصعوبات في وضع حد ظاهر ما بين التحولات الطبيعية والكيميائية ففكر البعض في تعريف الأولى بأنها تحولات عكسية أي أنه يمكن إجراؤها في الاتجاهين ، والثانية بأنها غير عكسية ، ولكن بين هنري إلسانت كلير ديفيل (Henri Sainte - Claire - Deville) تشابه هذه وتلك وذلك بإثباته أن حدوث الانعكاس reversibility يتواجد في ظاهري الاتحاد والتحلل الكيميائي كما في ظاهرة تغير حالة المادة ، فأثبت مثلا حدوث

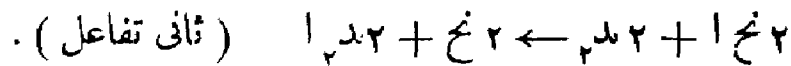
الانعكاس في تحلل الماء إلى إيدروجين وأكسجين على 1200° . وعلى ذلك فإن
الرأى الحديث يميل إلى عدم جعل تمييز ما بين أنواع التحولات المختلفة ،
ودون دوهم (Duhem, Thermodynamique et Chimie) « كل نظرية تنطبق
على التفاعلات الكيميائية عموماً تشمل أيضاً التحولات في الحالة الطبيعية » .

قانون عدم فناء المادة

يتأكسد النحاس باتحاده بالأكسجين على درجة حرارة مرتفعة ويتحول
إلى أكسيد نحاس ، ويختزل أكسيد النحاس بواسطة الأيدروجين على درجة
حرارة مرتفعة مكوناً نحاس وماء ، فإذا وضعت كمية من مسحوق النحاس في
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 تماماً وزن الأكسجين المستهلك : —



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



وبامتصاص الماء الناتج من التفاعل الثاني في 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 لافوازيير (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 إزدىاد فى وزن مادة ما يحدث نقص أو إزدىاد 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 لافوازيير صحيح

وأن الفروق التى تشاهد لا تتعدى نسبتها $\frac{1}{710}$

