

الباب
التاسع



الباب التاسع

السوائل والمواد الصلبة

Solutions and Solids

تتكون المادة سائلة كانت أم صلبة أم غازية من جسيمات صغيرة دائمة الحركة أساس اختلاف هذه الحالات الثلاث من بعضها البعض جاء نتيجة تباين نوعية وقوى رابطة الجسيمات ببعضها، وأهمها ما تسمى بالقوى الضمجزئية والتي تؤثر على شكل وحجم المادة كما تؤثر في خواصها الفيزيائية، كدرجة الغليان ودرجة التجمد ومعدل التبخر كما سيحجى تفصيلها في هذا الباب .

9-1 التبخر:

تحدث عملية التبخر للمواد السائلة أو الصلبة، فإذا اكتسبت المادة الطاقة الحركية لكافية لتتغلب على القوى القابضة للجزيئات ببعضها تصبح حرة، ويمكنها الهروب من سطح اامادة في حالة غازية أي تتبخر. فمياه الأمطار الراكضة تتبخر وتختفى كبخار ماء في الهواء المحيط بها، والسوائل العضوية كالبنزين يتبخر في الهواء بسرعة نائقة وهكذا ...

إن تبخر المواد الصلبة كالنفثالين إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة يسمى بالتسامي -Sublimation-

فالمادة لكي تتبخر لابد أن تكتسب طاقه كافية لهذه العملية من المادة نفسها في بيئة حرارية، فالماء عند التبخر تقل درجة حرارته . وهنالك عدة عوامل تؤثر في عملية التبخر وهي :

١- مساحة السطح:

كلما زادت مساحة سطح المادة قلت فرصة اصطدام الجزيئات ببعضها فالاصطدام يقلل طاقة الجزيئات التي تحتاجها لعملية التبخر وعليه فالسطح الأكبر يساعد على عملية التبخر.

٢- تباين قوى ترابط المادة:

سنعرف فيما بعد أن هنالك تبايناً واضحاً في قوى ترابط المواد ببعضها بما يسمو بالقوى الضمجزئية، مما يجعل قدرة تفكك المواد مختلفة وبالتالي تختلف قدرتها على التبخر، فكلما كانت قيمة هذه القوى كبيرة أصبح التبخر بطيئاً والعكس صحيح.

٣- درجة الحرارة:

إن الارتفاع في درجة الحرارة يعطي الجزيئات طاقة عالية فتتحرك أسرع وترتفع قيمة الكسر الكلي للجزيئات فوق المحلول فيرتفع الضغط على السائل نتيجة لذلك.

ولقد وجد بأن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من ضغط بخار المادة فوق سطح السائل ويستمر هذا الارتفاع إلى أن تصل درجة الحرارة قيمة محدودة لا تزيد بعدها أبداً، حتى إذا زاد الضغط إلى قيمة عالية جداً. وتسمى درجة الحرارة في هذه الحالة درجة الحرارة الحرجة، وعندها لا يكون هنالك وجود للمادة في حالة سائلة بل تصبح في هيئة بخار أو غاز. هذا ويسمى ضغط بخار السائل عند هذه الدرجة بالضغط الحرج وهو الضغط الكافي لتكثف المادة.

فإذا تم تسخين السائل في إناء مفتوح تستمر درجة حرارة السائل في الارتفاع لحين ظهور فقاعات على السطح، وتثبت درجة الحرارة لمدة طويلة حتى يتبخر ويحتفي كل

السائل، وعند هذه الدرجة يحدث الغليان والدرجة تسمى بدرجة غليان السائل. تحدث عملية الغليان للسائل عند درجة حرارة معينة يكون فيها ضغط بخار السائل مساوياً تماماً للضغط فوق سطح السائل. وحينما يكون مقدار الضغط واحد ضغط جوي (1atm) نسمى درجة الحرارة عند الغليان بدرجة الغليان الاعتيادية.

فالجول رقم (9-1) يبين درجة الغليان للعديد من السوائل كثيرة الاستخدام

درجة الغليان م	السائل
100	H ₂ O
- 33	NH ₃
- 84	HCl
- 70	HBr
17	HF
- 37	HI
59	Br ₂
-34.6	Cl ₂
- 188	F ₂
- 161	CH ₄
- 89	C ₂ H ₆
- 30	C ₃ H ₈
0	C ₄ H ₁₀
68	C ₆ H ₁₄
125	C ₈ H ₁₈

جدول رقم 9-1

الجدول يبين درجة الغليان

لبعض السوائل

ومن هذا نستنتج أن درجة غليان السائل تقل بانخفاض الضغط ولهذا الظاهرة الكثير من الفوائد في حياتنا العملية والمعملية أيضاً حيث يمكن استخدام فناء ضغط محكم الغلق لطهي اللحم والخضار في درجة حرارة منخفضة جداً تصل إلى ٤٠م° لتجنب تكسير الفيتامينات والمواد الأخرى المفيدة في درجة غليان الماء والزيت العالين علاوة على كسب الزمن للطهي السريع بهذه الطريقة.

لقد وجدت علاقة خطية بين لوغاريتم الضغط ومقلوب درجة الحرارة المطلقة

حسب المعادلة التالية:

$$(9-1) \quad \log_{10} P = \frac{A - \Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times RT}$$

حيث إن ΔH_{vap} هي الحرارة المكتسبة للتبخير ووحدتها (Joule/mol)

R هي ثابت الغاز (8.31J/mol.K)

A هي ثابت السائل وهو عبارة عن القاطع للمنحنى.

وعند درجتين حرارتي مختلفتين فإن:

$$\log P_1 = A - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times 8.31 T_1}$$

$$\log P_2 = A - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times 8.31 T_2}$$

$$(9-2) \quad \log P_2 - P_1 = \frac{-\Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times 8.31} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$= \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times 8.31} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$(9-3) \quad \log \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{2.30 \times 8.31} \left[\frac{T_2}{T_2} - \frac{T_1}{T_1} \right]$$

والمعادلة الأخيرة تسمى بمعادلة كلوزيوس - كلايرون على اسم العالمين

. Clapeyron و Clausius

مثال: (9-1)

الرسم البياني للعلاقة بين الضغط ومقلوب درجة الحرارة المطلقة لسائل غير متطاير أعطت خطاً مستقيماً زاوية ميله قدرت بـ 2200، احسب قيمة الحرارة المكتسبة للتبخر.

الحل:

من قانون كلوزيوس - كلايرون فإن:

$$\Delta H_{\text{vap}} = -2.30 \times 8.31 \times \text{slope}$$

$$\therefore \Delta H_{\text{vap}} = -2.30 \times 8.31 \times 2.2 \times 10^3$$

$$= 4.2 \times 10^4 \text{ J/mol}$$

$$= 4.2 \times 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \times \frac{1\text{KJ}}{1000\text{J}} = 42 \text{ KJ/mol}$$

مثال: (9-2)

إذا كان الضغط البخاري لسائل غير متطاير هو 65 mm Hg عند درجة حرارة 23 مئوية علماً بأن الحرارة المكتسبة للتبخر للسائل هي 4.2×10^4 جول / مول.

الحل:

$$\log \frac{65 \text{ mmHg}}{P_1} = \frac{4.2 \times 10^4 \text{ J/mol}}{2.3 \times 8.31 \text{ J/mol.K}} \left[\frac{310 - 296}{310 \times 296} \right]$$

$$= \frac{4.2 \times 10^4 \text{ J/mol}}{19.11 \text{ J/mol.K}} \times \frac{14}{9.18 \times 10^4} = 0.335 \text{ K}$$

$$\therefore 65 \text{ mmHg} = P_1 \times \text{anti log } 0.335 \text{ K}$$

$$P_1 = \frac{65 \text{ mmHg}}{2.16} = 30 \text{ mmHg}$$

قاعدة ليشاتيليه : LeChatelier's Principle

تنص القاعدة على أنه إذا تعرض أي نظام كيميائي في حالة اتزان إلى إجهاد خارجي سيتغير الاتزان تبعاً لذلك في اتجاه انعكاس بحيث يحفظ النظام لاتزانه الحقيقي الأول وينتهي ذلك الإجهاد.

فعلى سبيل المثال فإن السائل والبخار يكونان دائماً في حالة اتزان بحيث يكون معدل التبخر والتكثف متساويين ويمكن التعبير عن ذلك الاتزان بالمعادلة التالية:



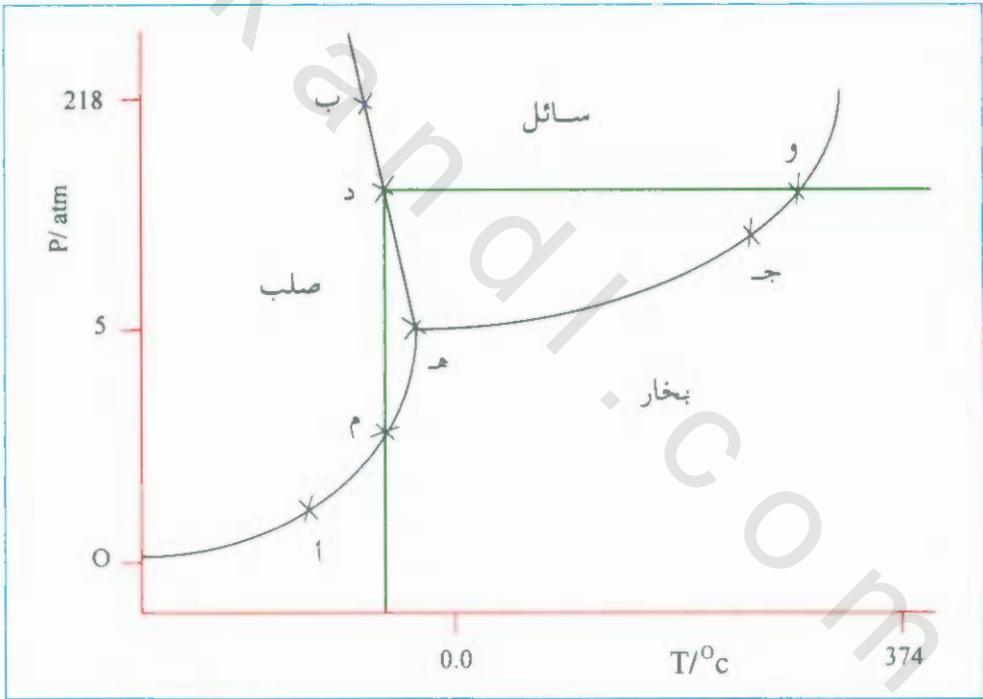
وعلى ضوء معادلة ليشاتيليه فإذا تعرض النظام لنقص في الضغط الخارجي لابد أن يقابله زيادة في تبخر في السائل فيزداد حجم البخار الناتج ليعوض ذلك النقص في الضغط.

أيضاً فإن الارتفاع في درجة الحرارة يقابله زيادة في تبخر السائل وذلك لأنه أثناء عملية التبخر يحدث امتصاص للحرارة وعلى العكس من ذلك، فإذا خفضت درجة الحرارة تحدث عملية التكثف للبخار فتنتقل حرارة لتعوض النقص منها. أي أن الزيادة في الحرارة يحدث اتزان انعكاس لينتج عنه تفاعل ممتصر للحرارة (endothermic) أما التخفيض في درجة الحرارة فينتج عنها عملية اتزان انعكاس ينتج عنه تفاعل طارد للحرارة (exothermic).

9-2 حالات المادة بالرسم البياني:

مما هو معروف أن المادة يمكن أن تتواجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية وذلك في ظروف محددة تعتمد أساساً على درجة الحرارة والضغط. وبالرسم البياني للعلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة يمكن تحديد الظروف التي تتواجد فيها المادة في مرحلة اتزان بين أكثر من حالة واحدة.

فكما اتضح من قاعدة ليشاتيلية أعلاه أنه كلما تغيرت درجة الحرارة أو الضغط للمادة في حالة اتزان تتغير بذلك الحالة التي كانت عليها لتعوض هذا التغيير. فإذا نظرنا للشكل رقم (9-1)



شكل رقم (9-1)

الشكل يبين حالات الماء عند مختلف درجات الحرارة والضغط

للماء نجد أن الماء يتواجد في ثلاث حالات السائلة أو الصلبة أو الغازية وكل حالة مفصولة عن الأخرى بخط واضح وأي نقطة على طول أحد الخطوط الفاصلة الثلاث تبين أن الاتزان بين حالتين فالنقطة (أ) تبين حالة الاتزان بين صلب وبخار والنقطة (ب) تبين حالة الاتزان بين صلب وسائل والنقطة (ج) تبين حالة لاتزان بين سائل وبخار أما النقطة (هـ) فتسمى بالنقطة الثلاثية لتبين أن هنالك اتزاناً بين الحالات الثلاثة وإمكانية وجود المادة كصلب وسائلة وبخار والرسم البياني يوضح لنا أيضاً ماذا يحدث للمادة في حالتها عند أي نقطة عندما تثبت درجة الحرارة، ويتغير الضغط أو عند ضغط ثابت ويحدث تغيير في درجة الحرارة. فعند النقطة (د) وعند درجة حرارة ثابتة وبنقصان في الضغط حتى النقطة (م) حيث يوجد الثلج والبخار في حالة اتزان وبالاستمرار في انخفاض الضغط يتحول إلى بخار وعند النقطة نفسها (د) وعند ضغط ثابت وزيادة في درجة الحرارة يذوب الثلج ويتحول الماء حتى النقطة (و) حيث تتواجد الحالتين سائل - بخار في اتزان تام فيتبخر الماء تماماً بارتفاع قليل في درجة الحرارة وضغط ثابت.

وفي حالة المواد الصلبة التي تتسامى مثل النفتالين نجد أن عملية التسامي تحدث عند درجات الحرارة دون النقطة الثلاثية، حيث تذوب المادة السائلة فوق هذه النقطة. وأفضل مثال لذلك تسامي الثلج عند درجة حرارة ثابتة تمر على النقطة الثلاثية، وذلك بخفض قيمة الضغط على الثلج تدريجياً فيتحول إلى بخار. ولهذه الظاهرة تطبيقاتها العملية المفيدة حيث تحفظ الغازات الاصطناعية في اسطوانات حديدية وتحت ضغط عال جداً في هيئتها الصلبة وبفتح الأسطوانة ينخفض الضغط وتتسامى المادة فتتحول إلى غاز.

درجتي التجمد والذوبان،

تعرف درجة التجمد أو الذوبان بدرجة الحرارة التي تتواجد عندها المادة في اتزان بين الحالة الصلبة والسائلة وعند هذه الدرجة نجد أن معدل التحول للجسيمات من صلب إلى سائل تساوي معدل التحول من سائل إلى صلب وفي كلا الحالتين يحدث التغيير إما بالزيادة أو النقصان في السرعات الحرارية دون التغيير في درجة الحرارة. وعليه فإن الحرارة المكتسبة للتجمد (Crystallization) هي قيمة الطاقة الناتجة عن تحويل 1 مول من السائل إلى صلب عند نفس درجة الحرارة.

$$(9-4) \quad \Delta H_{\text{cry}} = \Delta H_{\text{solid}} - \Delta H_{\text{liquid}}$$

وأيضاً فإن الحرارة المكتسبة للذوبانية (تسمى بالانصهار - fusion) ΔH_{fus} هي قيمة طاقة الناتجة عن ذوبان أو انصهار واحد مول من المادة الصلبة.

$$(9-5) \quad \Delta H_{\text{fus}} = \Delta H_{\text{liq}} - \Delta H_{\text{solid}}$$

وعلى هذا فالقيمة العددية لكل من ΔH_{fus} و ΔH_{cryst} متساوية بل تختلف في العلامة فواحدة سالبة بالنسبة للأخرى.

إذن هاتان القيمتان تعبران عن مدى قوة التصاق المادة ببعضها وعموماً فقيمهما تصغر بكثير من الحرارة المكتسبة للتبخر حيث تتطلب المادة طاقة كافية للتفكيك التام بين جزيئات المادة لتتحول إلى غاز.

9-3 الأشكال البلورية:

استخدمت أشعة س (x-ray) لدراسة ومعرفة أشكال المواد الصلبة وذلك بتسليط الأشعة على المادة الصلبة فتنتشت ثم تقاس كثافتها فتدل على المواقع الحقيقية

للذرات في المادة الصلبة، وذلك عن طريق مجموعة نقاط لها نفس المسافات المتكررة في خطوط واحدة في اتجاه الزوايا فيسمى هذا النوع بالشبكية أو بالبلورة الشبكية (crystal lattice). فالبلورة الشبكية الواحدة للمادة الصلبة عبارة عن وحدات متشابهة ومتكررة تسمى بوحدة الخلية - unit cell - وهي تحمل كل صفات الشبكية أو البلورة. فالمواد الصلبة تتجمد أو ترسب في أشكال بلورية منتظمة بل ومتناسقة ولها أشكال عديدة والشائع منها:

١- الخلية المكعبة البسيطة: Simple Cubic Cell

وهي عبارة عن مكعب به ثماني ذرات موجودة في أركان المكعب وهو فراغ من الداخل. يتبلور الأكسجين O_2 عند التجميد في شكل خلية مكعبة بسيطة.

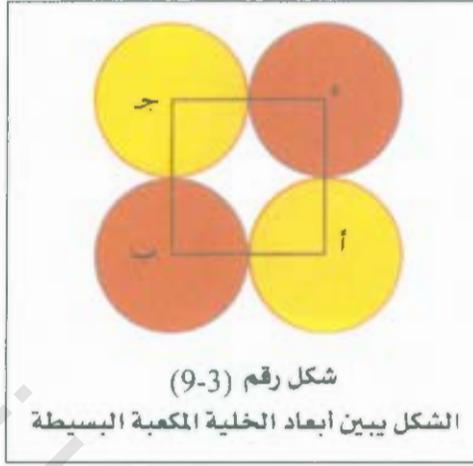


وقد أمكن معرفة أبعاد هذا النوع من الخلايا فوجد أن

$$(9-6) \quad 2r = s$$

حيث إن r هي نصف القطر

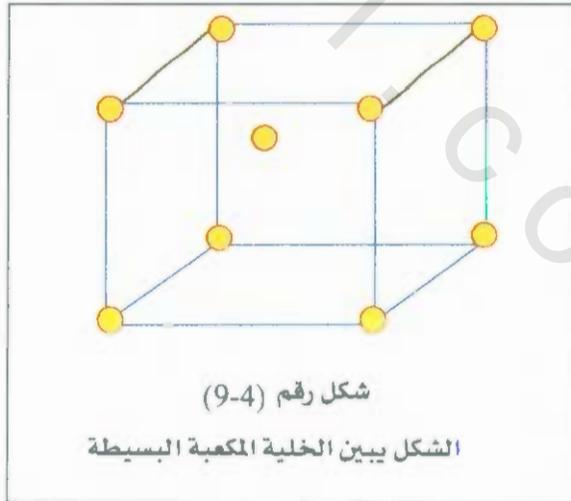
S هي طول المكعب من الطرفين .



حيث إن $أب = ب = ج = د = 2r = S$

٢- الخلية المكعبة الجسمة: Body - centred

وهي عبارة عن خلية مكعبة لها ثماني ذرات في أركان المكعبات وذرة في وسط المكعب ومن أمثلة هذا النوع تبلور معادن الكروم والحديد والتنجستن. أنظر شكل (9-4).



فالذرة الوسطية تلامس الذرات في الأركان المقابلة ولذا فإن أبعاد هذا النوع

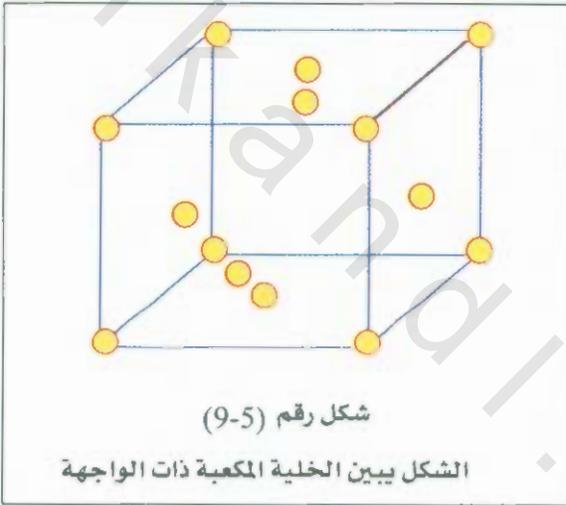
عبارة عن:

(9-7)

$$4r = s\sqrt{3}$$

3- الخلية المكعبة ذات الواجهة: Faced - centered cubic cell

وهذه عبارة عن مكعب له ثماني ذرات موجودة في الأركان الثمانية للمكعب وأيضاً ست ذرات أخرى موجودة في وسط كل واجهة من الواجهات الست للمكعب كما في الشكل (9-5)



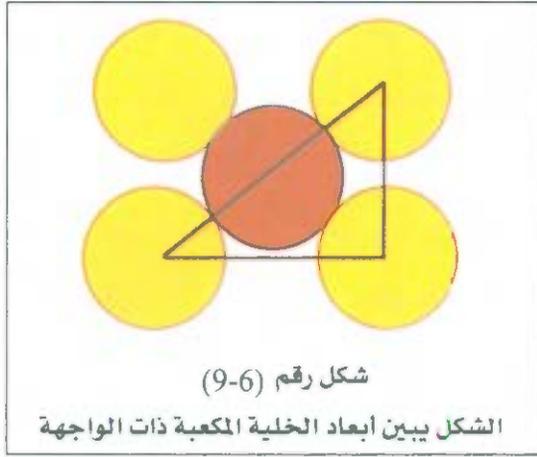
فالذرات في أركان المكعب لا تلامس بعضها بل تظهر الملامسة على القطر

المواجه كما في الشكل (9-6)

وعليه تكون أبعاده كما يلي:

(9-8)

$$4r = s\sqrt{2}$$



والمعادن التي تتبلور على هذا الشكل مثل النيكل والفضة والذهب والألمنيوم وكذلك جزيئات كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والثاليوم .

حيث إن $أب = ب ج$

$$أج = 4r$$

9- أنواع البلورات:

لقد تعرفنا في الفصل السابق على مختلف الأشكال البلورية للمواد الصلبة ذلك باختلاف مواقع الذرات في الشبكية ولا شك أن قوى ترابط هذه الذرات بعضها تؤثر على الخواص الطبيعية للمادة مما نتج عنه معرفة أربعة أنواع مختلفة للبلورات وهي:

1- البلورات الجزيئية: Molecular crystals

يتكون هذا النوع من اندماج ذرتين أو أكثر مثل

$CO, O_2, H_2O, HCl, NH_3, \dots$ وكل المواد العضوية كالجلكوز، ورابع

كلوريد الكيون....

فالبلورات الجزئية لها طاقات شبكية صغيرة وسهلة التكسير، فمعظمها يبقى كجزء عند ذوبانه في الماء ولا يتكسر ولذا تُعد رديئة التوصيل للكهرباء وعضو الذي يتأين مثل حمض الهيدروكلوريك تُعد جيدة التوصيل للكهرباء في المحاليل المائية، معظمها أيضاً لا تذوب في الماء بل في المذيبات العضوية إلا العليل منها فيذوب في الماء كالسكر والكحول؛ لأن الأخيرة لها صفات كيميائية كالماء. معظمها أيضاً طيارة وسهلة التبخير. ونسبة لسهولة تفككها وقلة الطاقة للتغلب على قوى ترابط ذراتها نجد أن درجة ذوبان الصلب منها ودرجة غليان السائل منها قليلة جداً.

٢- البلورات: Covalent Crystals

في هذا النوع من البلورات توجد روابط تناسقية وقوية بين ذرات العنصر ومثال ذلك الرمل الذي يحتوي على SiO_2 وكذلك المهورات التي تحتوي على عنصر الكربون المترابطة مع أربع ذرات مجاورة. ونسبة لهذه الخاصية لترابط الذرات القوية نجد أن مثل هذه المركبات قوية، ولها درجة ذوبان عالية جداً. ونسبة لأن الإلكترونات تحتل مكان الروابط بين الذرات فهي غير حرة في البلورة، ولذلك نجد أن هذا النوع رديء التوصيل للكهرباء وصعبة الذوبان في معظم المذيبات.

٣- البلورات الأيونية: Ionic crystals

تتكون البلورة في هذا النوع من أيونات موجبة (كاتيون) وأخرى سالبة (أنيون) وترتبط بينهما قوة إلكتروستاتيكية كبيرة، ولذلك نجد أن البلورة لها طاقة شبكية كبيرة، وتصبح درجة ذوبانها عالية، وفي حالتها الصلبة فهي رديئة للتوصيل الكهربائي، وتصبح جيدة التوصيل حينما تذاب في الماء، حيث تتفكك سريعاً وتتباعد كاتيوناتها من أنيوناتها حرة في المحلول ومن صفاتها أيضاً أنها سريعة الذوبان

في الماء وصعبة الذوبان في المذيبات العضوية. ومن أمثال هذا النوع من البلورات



٤- البلورات المعدنية: Metallic crystals

ومن المعادن النموذجية لهذا النوع هي الحديد والنحاس والزنك والصدوديوم. ومن صفات المميزة لهذا النوع أنها جيدة التوصيل للكهرباء ومتوسطة الذوبانية ولا تذوب في المذيبات العامة.

ومن حاصية المعادن أن لها أيونات موجبة في الشبكية والإلكترونات التكافؤية حائمة في شبكية حرة دون ارتباط حيث يرمز لهذا النموذج بالإلكترونات البحرية electron - sea model - وهذا هو سبب جعل هذه البلورات جيدة التوصيل للكهرباء - ولهذا السبب أيضاً نجد أن شحنة المعدن لها أثر كبير في قوة الترابط حيث وجد أن طاقة الشبكية للمغنيزيوم، أكبر من تلك التي للصدوديوم حيث إن المغنيزيوم ثنائي شحنة والصدوديوم أحادي، ولذلك فإن درجة ذوبان الأول 650° والثاني 98° فقط.

٥- البلورات السائلة: Liquid crystals

بعض المواد لها خاصية إنسيابية كالسوائل دلالة على قوة وتنظيم الجزيئات تقاربها ببعضها البعض وذلك عند درجة حرارة أكبر بقليل جداً من درجة ذوبانها لذلك سميت بالبلورات السائلة. وهناك ثلاثة أنواع من البلورات السائلة:

أ - nematic نيماتك.

ب - smectic سمكتك.

ج - cholesteric كوليسترک.

وجزيئاتها جميعاً على شكل قضيب فجاءت التسمية مختلفة نسبة لاختلاف ترتيب هذه الجزيئات القضيبيية .

والخاصية المميزة لهذا النوع هي تأثيرها على الضوء حيث تشتت الضوء الساقط عليها ليس ذلك فحسب بل يتأثر الضوء المشتت المرئي المنعكس بالتغيير في درجة الحرارة . يستخدم هذا النوع من البلورات السائلة في الساعات اليدوية حيث يوضه بطريقة معينة بين لوحين من الزجاج فيهما قطبين سالب وموجب وبالتغيير في طاقة القطبين تتغير ترتيب الجزيئات في بلورة السائل وبالتالي يتغير لون المادة، وبهذه الطريقة يمكن قراءة أعداد أو أرقام محددة في الساعة .

٦- القوى الضمجزيئية: Intermolecular Forces

القوى الضمجزيئية هي القوى التي تحدث بين الجزيئات المتقاربة في المحلول وهي التي تحدد الصفات الفيزيائية والشكل والتركيب الكيميائي للمادة وبمعرفة قيمتها يمكننا تقدير درجة الانصهار أو الغليان للمادة . والقوى الضمجزيئية تتضمن:

١- القوى القطبية: Dipole Forces

تظهر هذه القوى بين الجزيئات التي لها نهاية سالبة وأخرى موجبة، حيث هنالك فرقاً بسيطاً في قيمتي الكهروسالبية للذرتين مثل أول أكسيد الكربون (CO) أو كلوريد اليود (ICI) ففي المحلول المائي نجد أن الجزيء يصبح بنهائيتين كما يلي:



فتقترب النهاية السالبة من الجزيء للنهية الموجبة من الجزيء الآخر المشيل وتحدث بين الجزيئات قوى ترابطية تسمى بالقوى القطبية ولذلك نجد أنه عند تسخين

لمحلول تنفث هذه القوى بين الجزيئات بسهولة ولذلك تكون درجة الذوبان أو الغليان مثل هذه امواد قليلة . ونسبة لتباعد الجزيئات من بعضها في الغازات لا نتوقع أن تشكل هذه القوى للمادة الأثر الذي تشكله إن كانت في السوائل .

٢- رابطة الهيدروجين: Hydrogen bonding

هذه إحدى أنواع القوى القطبية بل أكثر قوة منها وتحدث بين ذرة الهيدروجين المرتبطة أصلاً بذرة أكسجين أو نيتروجين أو فلور وإلكترون غير مزدوج من ذرة أكسجين أو النيتروجين أو الفلور والتي تنتمي للجزيء الآخر المثيل ومثال ذلك ابطة الهيدروجين في سائل الماء فتحدث كما يلي :



تحدث هذه الرابطة لأن الفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الهيدروجين والاكسجين أو النيتروجين أو الفلور كبير فتكون رابطة قوية . هذه الرابطة لا تحدث إذا استبدلنا ذرة الأكسجين أو النيتروجين أو الفلور بأي ذرة أخرى كذرة الكبريت أو كلور على الرغم من أن كهروسالبيتها كالسابقات وذلك لأن ذرة الهيدروجين صغيرة جداً ويناسب صغرها هذا صغر ذرات الأكسجين والنيتروجين والفلور .

وبسبب رابطة الهيدروجين نجد أن الماء له درجة غليان عالية حيث تبلغ الحرارة المكتسبة للتبخير 2257 جول / جم . وأيضاً تفسر قوة هذه الرابطة صغر المسافة التي

تربط بين ذرات الهيدروجين والأكسجين مما ينتج عنه انخفاض ملحوظ في كثافة الماء عند درجة التجمد .

٣- قوى التشتت Dispersion forces

تسمى أحياناً بقوى لندن نسبة لمكتشفها -Fritz London- وتحدث هذه القوى الضعيفة نسبة للقوى القطبية المؤقتة التي تحدث في الجزيء ذي الرابطة التساهمية أو ذي الرابطة القطبية الضعيفة ففي جزيء الهيدروجين H_2 أو الفلور F_2 فإن الفرق بين الكهروسالبية صفر وبما أن الإلكترونات جسيمات غير ثابتة فمن المحتمل أن تتركز في منطقة دون أخرى في أي من الأوقات أي مؤقتاً وفي هذه الأثناء تكون هذه المنطقة سالبة وما يقابلها تماماً موجبة فيحدث استقطاب مؤقت لهذا الجزيء الذي بدوره يؤثر على الجزيء الملاصق له فتحدث قوى تسمى بقوى التشتت أو قوى لندن فقد لوحظ أن هذه القوى تكبر بازدياد الوزن الجزيئي .

زيادة على تأثير هذه القوى على درجات الذوبان والغليان للمواد فإن الوزن الجزيئي له تأثير إيجابي أيضاً فمثلاً نجد أن درجتي الذوبان والغليان للفلور (F_2) -220° ، -188° مئوية أصغر من درجتي الذوبان والغليان للكلور (Cl_2) -110° ، -34° أصغر من درجتي الذوبان والغليان للبروم (Br_2) -7° ، 59° أصغر من درجتي الذوبان والغليان لليود (I_2) 114° ، 184° حيث إن الوزن الجزيئي لليود أكبر من البروم أكبر من الكلور أكبر من الفلور .

لوحظ أيضاً أن درجتي الذوبان والغليان للميثان (CH_4) -184° ، 162° أصغر من درجتي الذوبان والغليان للبروبان (C_3H_8) -172° ، -88° وذلك لأن الوزن الجزيئي للميثان أصغر من البروبان .

وبالرغم من أن حمض الهيدروكلوريك HCl أكثر قطبية من HBr أكثر قطبية من HI إلا أن درجة غليان HI تكبر درجة غليان HBr أكبر من درجة غليان HCl مما يدل ذلك على أن تأثير الزيادة في الوزن الجزيئي للمادة أكبر من تأثير القطبية على درجة الغليان إلا في حالة HF حيث إنه أكبر قطبية من الآخرين بكثير، وله رابطة هيدروجينية قوية مما يؤثر ذلك على درجة غليانه الكبيرة بالرغم من صغر قيمة الوزن الجزيئي له.

أسئلة وتمارين

١- للبنزين ضغط جوي مقداره 145 مم زئبق عند درجة حرارة 75.0°C و 20.0 مم زئبق عند درجة حرارة 32.0°C . باستخدام معادلة كلورزيوس كلابيرون احسب الحرارة المكتسبة للتبخر.

(الإجابة: 40.6 KJ)

٢- من المعلومات في المسألة رقم (1) أعلاه احسب ضغط بخار البنزين عند درجة حرارة قدرها 85° فهرنهايت.

(الإجابة: 17 مم زئبق)

٣- مستخدماً الشكل (9-1) حدد الحالة الفيزيائية عند الدرجات التالية:

أ - 7atm ، -2°C

ب - صفر مئوية ، 5atm

ج - 110atm ، 110°C

(الإجابة: أ - صلبة.

ب - صلبة - بخار - سائل (الثلاثية)

ج - سائل

٤- احسب الطاقة اللازمة لإذابة 10.0 جرام بنزين علماً بأن حرارة انصهار البنزين هي 2.37 كيلو جول / مول.

(الإجابة: 0.303 كيلو جول).

٥- احسب نصف القطر لذرة الحديد التي تشكل وحدة خلية جسم وسطي

(body centered) ذات أبعاد عن الحافة مقدارها (0.444) نانوميتر.

(الإجابة: 0.192 nm)

٦- يتبلور الزنون على شكل خلية مكعبة ذات الواجهة . فإذا كانت حافة الخلية 0.620 نانوميتر احسب نصف قطر للزنون؟

(الإجابة : 0.219 nm) .

obeikandi.com