

الباب السابع

المحاليل

تنقسم المواد المتجانسة المركبة (أى غير العناصر) إلى قسمين : -

(أ) المواد ذات التركيب الثابت وهى المركبات .

(ب) المواد ذات تركيب قابل للتغير وهى المحاليل .

إذا أضيفت كمية من ملح الطعام إلى الماء فإنها تذوب ويتكون محلول متجانس كما يتكون محلول متجانس أيضا من مزيج الكحول بالماء ، ويمكن عموما فصل مكونات المحاليل باستعمال الطرق الملائمة ، فيفصل ملح الطعام من محلوله فى الماء مثلاً بالتقطير حيث يتبخر الماء ويتكاثف فى القابلة ويتبقى الملح فى دررق التقطير . وفى حالة الاستغناء عن المذيب يكتفى بتبخير المحلول على حمام ذى درجة حرارة مناسبة فيتبخر وتبقى المادة المذابة . ويمكن فصل الكحول من الماء بالتقطير الجزئى fractional distillation

(تكون بعض المواد محاليل تسمى بالمحاليل الغروية وهى تشبه المحاليل المتجانسة فى كونها تمر من مسام ورق الترشيح دون أن ينفصل منها شىء ، ولا يرسب منها راسب عندما تترك مدة طويلة ، وتظهر متجانسة للعين المجردة وحتى باستعمال الميكروسكوب ومع ذلك تعتبر المحاليل الغروية غير متجانسة فىمكن مشاهدة عدم تجانسها بواسطة الأترامكروسكوب ultra-microscope فهى تختلف عن المحاليل الحقيقية المتجانسة اختلافا تاما كما تختلف عن السوائل التى تحتوى على مواد صلبة على حالة تعليق والتى يمكن فصل المواد الصلبة منها بالترشيح) .

تسمى المواد التى تكون الجزء الأكبر من المحلول أو التى تشبه حالتها الطبيعية الحالة الطبيعية للمحلول بالمذيب ، وتسمى المادة الأخرى بالمادة المذابة أو المذاب .

(مزيج الماء والكحول يمكن تسميته محلول الكحول في الماء أو محلول الماء في الكحول) .

توجد أنواع مختلفة من المحاليل : —

(أ) مادة صلبة في سائل : كلوريد الصوديوم في الماء .

(ب) سائل في سائل آخر : كحول في الماء .

(ج) غاز في سائل : ثاني أكسيد الكربون في الماء

[توجد أنواع أخرى من المحاليل أيضاً : محلول غاز في مادة صلبة (الأيدروجين في البلاديوم) ومحاليل مواد صلبة في مواد صلبة وتسمى هذه بالمحاليل الصلبة] .

(أ) محاليل المواد الصلبة في السوائل :

وهي أهم أنواع المحاليل . إذا أضيفت كميات من ملح الطعام إلى كمية معينة من الماء على دفعات متتالية يذوب الملح إلى حد محدود ، ثم يلاحظ أن الماء لا يمكنه إذابة أى كمية جديدة منه بل يتبقى هذا على حالته في قاع الاناء ، وتعتبر هذه حالة اتزان بين المحلول والمادة الصلبة الزائدة ، بمعنى أنه إذا تبخرت كمية من ماء المحلول ترسب كمية من الملح تناسب طردياً معها ، وإذا أضيفت كمية من الماء إلى المحلول تذوب كمية جديدة من الملح تناسب معها ، ويسمى المحلول في هذه الحالة بالمحلول المشبع saturated solution

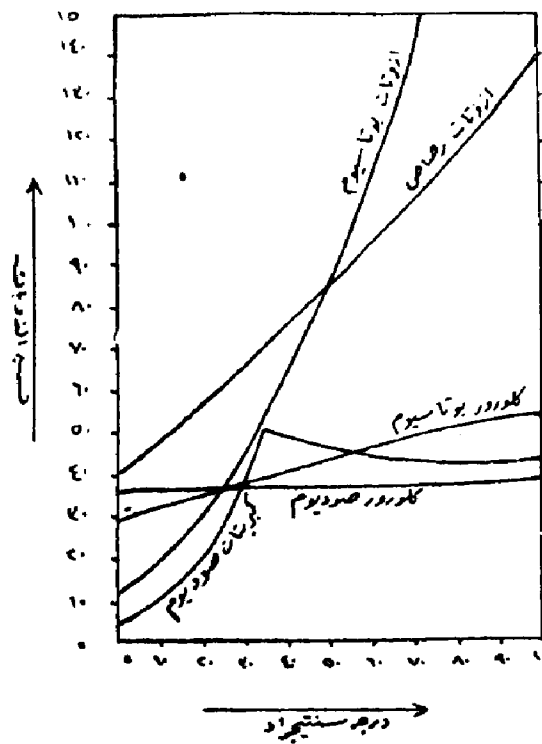
يعبر عن تركيز المحاليل بطرق مختلفة ، وقد يكون ذلك بعدد جرامات المذاب في مائة جرام من المحلول أو بعدد جرامات المذاب في مائة جرام من المذيب ، ويسمى أقصى وزن من المادة يمكن إذابته في مائة جرام من المذيب (أى للحصول على درجة التشبع) نسبة الذوبان . تتوقف نسبة الذوبان على :-

١ (أولاً) نوع المذيب ونوع المذاب .

٢ (ثانياً) درجة الحرارة .

٣ (ثالثاً) الضغط (بصفة ضعيفة) .

ترتفع عادة نسبة الذوبان بارتفاع درجة الحرارة، وفي حالات قليلة لا تختلف هذه النسبة كثيراً بارتفاع درجة الحرارة كما في ملح الطعام، أو تقل بالتسخين كما في كبريتات الكالسيوم وبوتيرات الكالسيوم calcium butyrate. يسهل مشاهدة ذلك بإذابة كمية قليلة من بوتيرات الكالسيوم مثلاً في الماء



(شكل ٦)

لتكوين محلول مشبع رائق، ثم تسخين المحلول في حمام مائي، فتظهر فيه بلورات من الملح.

يعبر عادة عن تأثير الحرارة على نسبة الذوبان بخطوط بيانية كما في الشكل (٦)

بما أن نسبة الذوبان تكون عادة أكبر في المحاليل الساخنة منها في المحاليل الباردة، يتوقع أن ترسب كمية من المذاب عند تبريد المحاليل المشبعة الساخنة، ولكن يشاهد في بعض

الاحوال أن تبقى هذه المحاليل رائقة بعد تبريدها، فهي تحتوى إذا على كمية من المذاب تفوق ما قد يمكنها أن تذيبه على نفس درجة الحرارة، وتسمى هذه بالمحاليل فوق المشبعة.

تعتبر هذه الحالات حالات إتران غير ثابت إذ يكفي في معظم الاحوال إضافة بلورة صغيرة جداً من المذاب إلى المحاليل فوق المشبعة أو دلك جدران الاناء التي توجد فيه بواسطة محرك لاجداث تبلور الكمية الزائدة من المذاب والوصول إلى الاتزان الثابت.

بلاحظ أن الأملاح التي تبلور مع عدد مختلف من جزيئات ماء التبلور

لا تذوب بنفسية واحدة ، فان نسب ذوبان (ص ٣ ك ب ا) ، (ص ٣ ك ب ا ٧ بد ١) ، (ص ٣ ك ب ا ١٠ بد ١) ليست متساوية كما يقين في الخطوط البيانية في الشكل (٦) حيث تدل كل زاوية في الخط البياني على تكوين ملح ذي عدد مختلف من جزيئات ماء التبلور .

نسب ذوبان بعض الاملاح

تدل الأرقام في الجدول الآتي على نسب ذوبان الاملاح محسبة كأملاح أندريدية بالجرام التي تلزم لتشيع ١٠٠ جم من الماء .

نسبة الذوبان		الملح
° ١٠٠	° ١٥	
٣٩,٠	٣٥,٩	كلوريد الصوديوم
٥٦,٧	٣٢,٤	كلوريد البوتاسيوم
٥٨,٨	٣٤,٤	كلوريد الباريوم (با كل ٣ بد ١)
١٧٨	٨٥	نترات الصوديوم
٢٤٦	٢٥,٨	نترات البوتاسيوم
٢٠٨	١٤٠	يوريد البوتاسيوم
	٠,٠٠٠٢٣	كبريتات الباريوم
	٠,٠٠٠١٥	كلوريد الفضة

مقابل السوائل في سائل أخرى :

لا تمتزج بعض السوائل ببعضها كالماء والزئبق مثلاً ، ولكن قد تمتزج بعض السوائل بسوائل أخرى بأى نسبة كالماء والكحول ، أو بنسبة محدودة كالماء والايثير .

تذيب ١٠٠ جم من الماء ٥,٨ جم من الايثير على درجة ٢٢° ، وتذيب ١٠٠ جم من الايثير ٤,١٢ جم من الماء ، وتذيب ١٠٠ جم من الماء ٠,٢١٨ جم من ثاني كبريتيد الكربون ، وتذيب ١٠٠ جم من ثاني كبريتيد الكربون ١٠,٧١ جراماً من الماء على درجة ٢٢° أيضاً .

يمكن فصل مكونات محلول سائل في سائل آخر بالتقطير الجزئي ، وذلك عند ما يوجد فرق محسوس بين درجتي غليانهما .

(ج) محاليل الغازات في السوائل :-

تتوقف نسبة ذوبان الغازات في السوائل على :

(أولاً) نوع الغاز ونوع السائل .

(ثانياً) درجة الحرارة .

(ثالثاً) الضغط .

تقل نسبة ذوبان الغازات في السوائل عادة بارتفاع الحرارة ، وأما تأثير الضغط عليها فهو يتبع قانون هنري Henry (سنة ١٨٠٣) وهو : -
« تتناسب كمية الغاز التي يمتصها حجم محدود من السائل تناسباً طردياً مع الضغط وذلك على درجة حرارة ثابتة » .

وبما أن أحجام الغازات تتناسب عكسياً مع الضغط فيكون حجم الغاز الذي يمتصه حجم معلوم من السائل ثابتاً مهما اختلف الضغط . ينطبق هذا القانون على الغازات القليلة الذوبان وعندما لا يكون الضغط كثير الارتفاع (بضعة ضغوط جوية) .

يعبر عادة عن نسب ذوبان الغازات في السوائل بنسبة حجم الغاز المذاب إلى حجم السائل المذيب وذلك على درجة حرارة معينة : (وعلى الضغط الذي يكون عليه الغاز الباقي في حالة اتزان مع المحلول الذي صار تشبعه بالغاز .)

نسبة ذوبان بعض الغازات على درجة ٢٠°	
٠,٠١٨١	إيدروجين
٠,٠١٤٠	نتروجين
٠,٠٢٨٣	أكسجين
٠,٩٠١٤	ثاني أكسيد الكربون
٤٣٩,٣٧٠	حامض إيدروكلوريك
٦٥٤,٠٠٠	نشادر

» عند إذابة مخلوط من غازات مختلفة في سائل ، تتناسب الكمية التي تذوب من كل من هذه الغازات تناسباً طردياً مع ضغطه الجزئي عندما يكون الغاز على حالة اتران مع السائل (دالتون) .»

الانتشار الغشائي والضغط الاسموزي

من أهم خواص الغازات خاصية الانتشار Diffusion وبفضلها توزع الغازات نفسها توزيعاً منتظماً خلال الفراغ الذي يسمح لها بالانتشار فيه . ولجزيئات السوائل وكذا لجزيئات المواد المذابة فيها نفس الخاصية . غير أن الانتشار في هذه الحالة يكون أبطأ مما هو في حالة الغازات ؛ ويرجع ذلك إلى أن جزيئات السوائل أكثر ازدحاماً فتصبح فرصة تصادمها مع بعضها أكبر . [يمكن مشاهدة خاصية الانتشار في السوائل بإضافة كمية من الماء باحتراس بحيث تبقى فوق طبقة من محلول مركز من كبريتات النحاس موضوعة في مخبر ، فيلاحظ بعد مضي مدة من الزمن أن انتشار جزيئات المذاب الملونه إلى أعلا في طبقة الماء ، كما أن جزيئات الماء تنتشر إلى أسفل خلال جزيئات محلول كبريتات النحاس] . عند تقريب طبقتي المذاب والمذيب من بعضهما يحدث الانتشار وهو ينسب لاختلاف تركيز جزيئات المذاب والمذيب في الطبقتين لا تبين التجربة السابقة كيفية حدوث الانتشار ؛ ويمكن إجراء تجربة توضح ذلك بأخذ أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين ، أحدهما عريض والآخر مسحوب في شكل أنبوبة ضيقة ، ويوجد في الجانب فتحة (ا) على شكل أنبوبة ، وتتصل هذه الأنبوبة بأنبوبة صغيرة من المطاط عليها مشبك لقفلهما كما في شكل (v) . وعند الطرف العريض (ب) تثبت أنبوبة (ح) من الورق المقوى (بارشمنت) . يصب محلول مركز نوعاً من السكر المذاب في الماء خلال الفتحة الجانبية (ا) حتى تمتلئ الأنبوبة كلها ويرتفع المحلول في الأنبوبة الضيقة إلى ارتفاع معين . ثم تغمر الأنبوبة (ح) في كمية من الماء النقي [معلوم أن ورق

(البارشمنت) يسمح بمرور أو انتشار جزيئات كل من المذيب والمذاب خلال مسامته [فيلاحظ بعد مدة من الزمن أن المحلول يرتفع في الانبوبة الضيقة ويدل ذلك على أن جزيئات المذيب وهو الماء ينتشر خلال الغشاء بسرعة أكبر



(شكل ٧)

من سرعة انتشار جزيئات المذاب وهو السكر . كما أن ارتفاع السائل يحدث ضغطاً . هذه الظاهرة وهي انتشار المحاليل خلال الأغشية المنفذة permeable membranes تعرف بالانتشار الغشائي osmosis والضغط الناتج يعرف بالضغط الاسموزي osmotic pressure . وحيث أن غشاء ورق (البارشمنت) ينفذ جزيئات السكر كما ينفذ جزيئات الماء ، فإن ارتفاع السائل في الانبوبة لا يستمر بل يشاهد بعد مدة أن السائل ينخفض في الانبوبة إلى أن يصبح مستوى سطح السائل داخل الانبوبة وخارجها واحداً ، ويكون ذلك عندما يصبح تركيز المحلول داخل

الانبوبة مماثلاً لتركيز المحلول خارجها ، نتيجة مرور جزيئات السكر وجزيئات الماء خلال الغشاء المنفذ .

وإذا أستعمل غشاء غير الغشاء المنفذ المشار اليه بحيث يكون منفذاً لجزيئات الماء فقط ، أي لا يسمح بمرور جزيئات السكر (يسمى مثل هذا الغشاء بغشاء نصف منفذ semi permeable membrane ، فإن الانتشار يحدث في اتجاه واحد فقط وفي هذه الحالة تمر جزيئات الماء إلى محلول السكر داخل الانبوبة ، غير أن مرور الماء إلى داخل الانبوبة المحتوية على محلول السكر لا يستمر إلى ما لانهاية إذ يأتي وقت يقف فيه مرور الماء ، ويكون سبب ذلك أن مرور الماء إلى محلول السكر يحدث ضغطاً يأخذ في الزيادة إلى أن يأتي وقت يضغط فيه المحلول على جزيئات الماء الجديدة التي تحاول المرور خلال الغشاء فيدفعها إلى الخارج / أي أن الضغط الناتج من دخول الماء يقاوم قوة

انتشار الماء خلال الغشاء إلى المحلول ، وعندما تصبح القوتان متساويتان
يتمتع الانتشار . والضغط الذى يحدث على المحلول فى هذه الحالة ثابت ويعرف
بالضغط الاسموزى ويمكن تعريفه بأنه الضغط الذى يقع على المحلول عندما
يفصل بينه وبين السائل المذيب غشاء نصف منفذ ، أو هو الضغط الذى يجب
أن يضغط به المحلول لكي يتمنع مرور جزيئات المذيب اليه خلال غشاء نصف
منفذ . وإذا أخذنا محلولين من مادة واحدة يكون كل منهما ذا تركيز مختلف
وفصلناهما بغشاء نصف منفذ ، فإن المذيب يمر من المحلول الأقل تركيزاً إلى
المحلول الأكبر تركيزاً حتى يتساوى تركيز المحلولين . وبالمثل إذا أخذت محاليل
لمواد مختلفة وفصل بينها بغشاء نصف منفذ فإن المذيب يمر من المحاليل ذات
الضغط الاسموزى الأصغر إلى المحاليل ذات الضغط الاسموزى الأكبر إلى
أن تصبح المحاليل ذات ضغط أسموزى واحد Isosmotic

إن أول أغشية شوهدت فيها خاصية نصف التنفيذ كانت الأغشية التى
تحيط بخلايا النبات والحيوان . واستعمل « دى فريز » De Vries عام ١٨٧٨
خلايا النبات فى تجاربه على الضغط الاسموزى . تحتوى هذه الخلايا على سائل
مذاب فيه كثير من الأملاح ، ويغلف كل خلية طبقة بروتوبلازمية تلتصق
التصاقاً بسيطاً بجدار الخلية وتسلك هذه الطبقة سلوك غشاء نصف منفذ غير
تام . وعند وضع الخلايا فى محلول مركز من ملح ما فإن الماء يخرج منها إلى
المحلول ، بحيث إذا وضعت تحت الميكروسكوب يلاحظ أن طبقة البروتوبلازم
انكشفت وابتعدت فى كثير من المواقع عن الجدار . وإذا وضعت هذه
الخلايا فى محلول مخفف جداً أو فى ماء نقي فإن الماء يمر إلى داخلها وتعود
طبقة البروتوبلازم إلى حالتها الأولى . وتفسر هذه الظاهرة سبب ذبول النبات
عند إضافة أملاح بكميات كبيرة إلى الأرض كسماد ، فإن تركيز الملح يسبب
خروج الماء من الخلايا فيذبل النبات .

أن قياس الضغط الاسموزى يستلزم استعمال أغشية نصف منفذة ولا

يمكن عمله بدونها ، ويرجع الفضل في تحضير غشاء نصف منفذ إلى « تراوب ، traube عام ١٨٦٦ الذي وجد أن الأغشية المحضرة من حديدو سيانيد النحاس تكون نصف منفذة لمحاليل سكر القصب ولمواد أخرى . وفي عام ١٨٧٧ تمكن « فيفر ، Pfeffer من تحضير أغشية نصف منفذة ذات متانة كافية لكي تتحمل جملة ضغوط جوية ، وذلك بترسيب حديدو سيانيد النحاس داخل جدار اسطوانة خزفية مسامية . فتملأ ^{الخلية} المحلول من كبريتات النحاس وتغمر في محلول من حديدو سيانيد البوتاسيوم فينتشر المحلولان خلال جدار الاسطوانة وعند تقابلهما يتكون راسب جيلاتيني من حديدو سيانيد النحاس ويكون الغشاء نصف المنفذ هذا مدعماً بمادة الاسطوانة الخزفية فيتحمل ضغوطاً عالية .

تفسير عمل الغشاء نصف المنفذ :

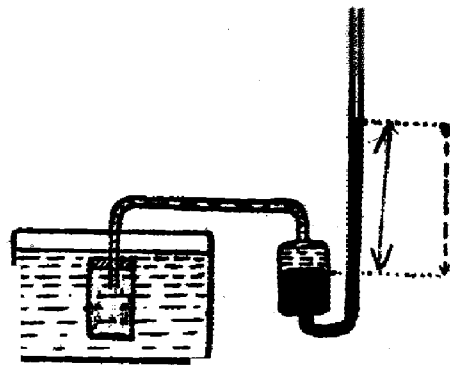
توجد آراء مختلفة لتفسير عمل الغشاء نصف المنفذ ، منها رأى « تراوب ، وهو يشير بأن عمل هذا الغشاء يشبه عمل الغربال فيسمح بمرور جزيئات ذات حجوم معينة ويمنع ما عداها وهذا الرأى لا يؤخذ به كثيراً . وهناك رأى آخر يشير بأن الغشاء نصف المنفذ مكون من أنابيب شعرية ذات أقطار ضيقة وأن لهذه الأنابيب قدرة الاختيار ؛ فغشاء حديدو سيانيد النحاس يفضل أخذ الماء من المحلول عن أخذ السكر . على أن الرأى الذى يؤخذ به أكثر هو الذى يشير بأن الغشاء نصف المنفذ يسمح بمرور المادة التى تذوب فيه ولا يسمح بمرور المواد التى لا تذوب فيه ؛ وقد عملت تجارب تؤيد هذا الرأى من بينها التجربة التى أجراها « كرام براون Crum Brown ، بأن أخذ محلولاً مركزاً من نترات الكالسيوم وأضاف إليه مقداراً من الفينول يكنى لتشبعه به مع بقاء كمية تكفى لتكوين طبقة سمكها بضعة ملليمترات تطفو فوق لمحلول المشبع الموضوع فى مخبر طويل ضيق . ثم أخذ كمية من الماء المقطر شبعها بالفينول ووضعها بأحتراس فوق طبقة الفينول فى المخبر ؛ وبما أن

الماء يذوب في الفينول فيحدث تبعاً للنظرية المشار إليها أن جزيئات الماء على جانبي طبقة الفينول يمكنها أن تمر خلال هذه الطبقة التي تعمل في هذه الحالة كغشاء نصف منفذ ، في حين أن جزيئات نترات الكالسيوم لا تذوب في الفينول فلا يمكنها أن تمر خلال هذا الغشاء . وقد وجد فعلاً أن الماء مر خلال طبقة الفينول إلى محلول نترات الكالسيوم فزاد حجم المحلول ونتج عن ذلك ارتفاع طبقة الفينول الموجودة على سطح المحلول .

والأرجح هو عدم وجود تعليل واحد ينطبق على جميع الحالات ؛ ففي بعضها يعمل الغشاء بكيفية تتمشى مع التعليل بالخاصة الشعرية وفي البعض الآخر يعمل بكيفية تتمشى مع التعليل بخاصة الذوبان المشار إليها .

قياس الضغط الأسموزي ونقيين الوزن الجزيئي :

لقياس الضغط الأسموزي لمحلول ما ، يستعمل جهاز كالبيان بالشكل (٨) يوضع المحلول في الاسطوانة الخزفية التي تتصل بمانومتر بواسطة أنبوبة ، وتغمر الاسطوانة في ماء نقي تحفظ درجة حرارته ثابتة أثناء إجراء التجربة فيشاهد بعد فترة أن الزئبق يرتفع تدريجياً في المانومتر بسبب ازدياد الضغط



(شكل ٨)

داخل الخلية ويصل نهائياً إلى ارتفاع ثابت ويعبر الضغط الثابت الناتج عن الضغط الأسموزي للمحلول . وقد عمل « فيفر » ، Pfeffer عدة تجارب دلت على أن الضغط الأسموزي يتناسب طردياً مع تركيز المحلول وأنه يزيد بازدياد درجة الحرارة .

وقد اشار « فانت هوف » Vant Hoff عام ١٨٨٥ إلى أنه إذا اعتبرت المادة المذابة مشابهة للغاز وأن الضغط الأسموزى هو نتيجة ضغط جزيئات المذاب على الغشاء نصف المنفذ فإن النسبة بين الضغط والتركيز تتبع ما يحدث في حالة الغازات ~~وحتى~~ إذا اعتبر الضغط الأسموزى نتيجة جذب بين جزيئات المذيب والمذاب فإن مقداره لا بد أن يتناسب مع مقدار الجزيئات التى تحدث هذا الجذب فى وحدة الحجم مع مراعاة أن يكون المحلول مخففاً بحيث لا تؤثر جزيئات المذاب على بعضها فلا تجذب بعضها بعضاً وأن يقوم كل جزيء بعملية الجذب غير متأثر بالجزيئات التى حوله ~~وهذا~~ وهذا القانون الذى يحدد العلاقة بين الضغط الأسموزى والتركيز يطابق قانون بويل للغازات ويعرف بقانون بويل فانت هوف للمحاليل ، وتوضحه مقادير الضغط الأسموزى لمحاليل من سكر القصب على درجة صفر فى تجربة عملت بمعرفة « بركلى » Earl of Berkeley « وهارتلى » Hartley المبينة فى الجدول الآتى :

التركيز (جرامات فى اللتر)	الحجم باللترات المذاب فيه جزيء - جرام	الضغط بالجوى ض	ض ت	ح × ض
١٠,٠٠	٣٤,٢	٦٥	,٠٦٥	٢٢,٢
٢٠,٠٠	١٧,١	١,٢٧	,٠٦٤	٢١,٧
٤٥,٠٠	٧,٦٠	٢,٩١	,٠٦٥	٢٢,١
٩٣,٧٥	٣,٦٥	٦,٢٣	,٠٦٧	٢٢,٧

ويتضح من الجدول السابق أن النسبة $\frac{\text{ض}}{\text{ت}}$ كمية ثابتة .

وقد أشار « فانت هوف » أيضاً إلى أن الضغط الأسموزى لا بد أن يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة ~~(مترددات الكبر)~~ وتؤيد تجارب « فيفر » ، وتجارب « مورس » Morse هذا الاستنتاج ، وهو

موضح في التجربة الآتية التي استعمل فيها محلول من سكر القصب يحتوى على ٣٢,٦ جم في اللتر :-

درجات حرارة مئوية					
٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥	صفر
٢,٦٣	٢,٥٩	٢,٥٤	٢,٥٠	٢,٤٥	٢,٤٣
٨,٨٣	٨,٨٤	٨,٨٢	٨,٨٣	٨,٨١	٨,٩٠

تدل الأرقام المذكورة في الجدول السابق على أن الضغط الاسموزي يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة ، وأن قانون تغير الضغط الاسموزي بتغير الحرارة يطابق قانون جاى لوساك للغازات ، ويعرف هذا القانون بقانون « جاى لوساك فانت هوف » . حيث أن الضغط الاسموزي للمحاليل المخففة يتناسب طردياً مع التركيز أو عكسياً مع الحجم الذي يذاب فيه وزن معين من المادة ، وأنه يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة ، فتمكن « فانت هوف » أن يضع المعادلة الخاصة بالضغط الاسموزي ، وهي بمائلة للمعادلة العامة للغازات ، على الصورة الآتية : —

$$C \times \text{ض} = \text{و} \times \text{د}$$

وأضاف « فانت هوف » إلى ذلك قاعدة عامة وهي أن الضغط الاسموزي لمحلول ما يساوى الضغط الذي تحدثه المادة المذابة لو كانت في حالة غاز وشغلت حيزاً يساوى حجم هذا المحلول ، أى أن قانون أفوجادرو ينطبق أيضاً على المحاليل المخففة .

من كل ما تقدم يمكن أن نستنتج أن قيمة (و) في المعادلة : —

$$C \times \text{ض} = \text{و} \times \text{د}$$

لها نفس القيمة العددية (عند أخذ جزئ — جرام من المادة المذابة) التي لثابت الغازات (ر) . وللتأكد من صحة ذلك يكتفى بالرجوع إلى الأرقام المشار إليها في تجربة « بركلى وهارتلى » (ص ١١٩) التي تدل على أن

متوسط قيمة (ح × ض) هو (٢٢,٢) وبقسمة هذا العدد على درجة الحرارة المطلقة (٢٧٣°)، تنتج قيمة (و م)

$$ح \times ض = و م \times د$$

$$٢٢,٢ = و م \times ٢٧٣$$

$$\therefore و م = \frac{٢٢,٢}{٢٧٣} = ٠,٠٨١٣$$

وتتفق قيمة (و م) وهي (٠,٠٨١٣) مع قيمة ثابت الغازات (م = ٠,٨٢١) مع فرق لا يتجاوز ١٪

ويمكن أيضاً تطبيق نظرية أفوجادرو على المحاليل بالطريقة الآتية :

معلوم أنه في حالة الغازات ان الجزيء - جرام في درجة الصفر يحدث ضغطاً مقداره (٧٦ سم من الزئبق) عند ما يشغل الغاز حجماً مقداره (٢٢,٤٠٠ لتر) وقياساً على هذا يكون الضغط الاسموزي للحلول يساوى (٧٦ سم من الزئبق) عند ما يحتوى المحلول على جزيء - جرام مذاباً في (٢٢,٤٠٠ لتر) على درجة صفر، من الأرقام الواردة في الجدول (ص ١١٩) فان الجزيء - جرام من السكر المذاب في (٣٤,٢٠٠ لتر) على درجة الصفر يحدث ضغطاً مقداره (٦٥, جو) أو (٤٩,٤ سم من الزئبق) . فلو كان الجزيء - جرام مذاباً في (٢٢,٤٠٠ لتر) فانه في نفس درجة الحرارة يحدث ضغطاً مقداره

$$٧٥,٤ \text{ سم} = \frac{٣٤,٢٠٠ \times ٤٩,٤}{٢٢,٤}$$

هذا العدد بقرب من الرقم المتوقع نظرياً ومقداره ٧٦ سم .

وبناء على قوانين هوف ، للمحاليل المخففة فان الضغط الاسموزي يتوقف على التركيز الجزيئى ، أى على عدد الجرام - جزيئات من المادة المذابة

$$\frac{ن م د}{ح} = ض \quad \text{بالمعادلة :}$$

[حيث تعبر (ن) عن عدد من الجرام - جزيئات في المحلول ، ح عن حجم المحلول] وعلى ذلك فإن المحاليل المحتوية على كميات متساوية جزيئياً من مواد مختلفة يكون لها نفس الضغط الأسموزي ، فإذا عرف الضغط الأسموزي لمحلول معروف التركيز يمكن احتساب الوزن الجزيئي للمادة المذابة بتطبيق المعادلة :-

$$\frac{م}{ح} \times \frac{د}{ح} = \frac{ن}{ح} \times \frac{د}{ح} = \frac{ن}{ح} \times \frac{د}{ح}$$

(م : وزن المادة المذابة . ح : وزنها الجزيئي ، م = ٠,٨٢١ ، د : درجة الحرارة المطلقة ، ح : حجم المحلول باللتر ، ض : الضغط بالجو) بتطبيق هذه المعادلة للحصول على الوزن الجزيئي للسكر وبالرجوع للأرقام المذكورة في الجدول (ص ١١٩) فإن :

$$٣٤٥ = \frac{٢٧٣ \times ٠,٨٢١ \times ١٠}{١ \times ٦٥} = \frac{م \times ح \times د}{ض \times ح}$$

أي أن الوزن الجزيئي للسكر المحسوب بهذا الطريقة هو (٣٤٥) ،
[الوزن الجزيئي الحقيقي هو ٣٤٢] .

لا تسرى القوانين السابقة على المحاليل التي تنتج من إذابة مواد تتأين في المحلول ونظراً للصعوبات التي تحيط بتحضير أغشية نصف منفذة مضبوطة ، فإن عملية الحصول على الوزن الجزيئي للمادة بقياس الضغط الأسموزي لا تعتبر من الطرق العملية المستعملة ؛ غير أنها قد تستعمل في تقدير الوزن الجزيئي للمواد التي تكون على حالة غروية .

لوحظ من التجارب العديد التي عملت أن القوانين الخاصة بالضغط الأسموزي لا تنطبق إلا على المحاليل المخففة ، أما في حالة المحاليل المركزة فإن النتائج المتحصل عليها بإجراء التجارب تختلف بدرجة كبيرة عن النتائج المحسوبة بتطبيق تلك القوانين .

التبخير والضغط البخارى

من الحقائق المعروفة أن الغازات والأبخرة إذا بردت وضغطت بدرجة كافية فإنها تتكثف إلى سوائل ، وتجذب جزيئات السائل بعضها البعض كما يحدث في حالة الغازات وتتحرك جزيئات السائل طالما كانت هناك حرارة تسمح بحدوث هذه الحركة بحيث إذا انعدمت الحرارة (على درجة الصفر المطلق) وقفت حركة الجزيئات ، وتكون حركة جزيئات السوائل أبطأ من حركة جزيئات الغازات بسبب قوة الجذب الشديدة الواقعة على جزيئات السائل والتي تجعل الفراغات بين الجزيئات صغيرة جداً لا تتحرك جزيئات السائل كلها بنفس السرعة وقد يحدث أن بعضها — وهى التى لها سرعة أعلا من المتوسط — تنزع نفسها من السائل وتخرج إلى الفراغ حتى يمكنها أن تتحرك بحرية أكثر كما تفعل جزيئات الغاز أو البخار ؛ هذه الظاهرة تعرف بالتبخير evaporation . فاذا وضع السائل فى إناء مقفل بحيث لا يمكن للجزيئات أن تتحرك فى الفراغ غير المحدود فإنها تبقى فى فراغ الاناء المحدود ويحدث تجمعها ضغطاً فى هذا الفراغ ، وإذا وصل الاناء المقفل بمانومتر فإن المانومتر يبين هذا الضغط ، لا يستمر الضغط الناتج فى الاناء فى الزيادة إلى ما لا نهاية بل يأتى وقت يصل إلى نقطة اتزان ويرجع ذلك إلى أن زيادة الضغط تجعل بعض الجزيئات تلمس السطح وتنجذب إلى السائل وتعود إلى حالتها الأولى ويزيد عدد الجزيئات التى تعود إلى السائل كلما زاد الضغط المتكون أى كلما زاد عدد الجزيئات الموجودة فى فراغ الاناء إلى أن يأتى وقت يكون فيه عدد الجزيئات التى تخرج من السائل مساوياً لعدد الجزيئات التى تعود إليه وهى حالة الاتزان المشار إليها . وضغط البخار فى هذه الحالة يعرف بالضغط البخارى للسائل أو ضغط البخار المشبع وهو يزداد بارتفاع درجة الحرارة ؛ وعلى ذلك يكون لكل درجة حرارة ضغط بخارى معين . وفى درجات الحرارة الواحدة يختلف الضغط البخارى من سائل إلى آخر نظراً إلى أن بعض السوائل

تكون أكثر تطايراً من البعض الآخر . وعند ما ترتفع درجة حرارة السائل بدرجة كافية فإن سطح السائل لا يمكن لخروج كل الجزيئات التي تريد الخروج إلى الفراغ فتتكون فقائيع من البخار داخل السائل وترتفع هذه إلى السطح وتخرج إلى الفراغ ؛ هذا النوع من التبخير بتكوين فقائيع يعرف بالغليان ، وتعرف درجة الحرارة التي يبدأ فيها تكوين الفقائيع بدرجة الغليان . وعندما يصبح الضغط البخارى للسائل مساوياً للضغط الخارجى الواقع عليه فإن درجة الحرارة لا ترتفع أكثر من ذلك ، وزيادة كمية الحرارة تزيد كمية الفقائيع المتكونة . يمكن تعريف درجة الغليان بأنها الدرجة التي عندها يكون الضغط البخارى مساوياً للضغط الخارجى الواقع على سطح السائل (والآخر إما ضغط الهواء الجوى أو ضغط الهواء والبخار أو أى غاز آخر) . إذا زاد الضغط الخارجى ترتفع درجة الغليان وهى تنخفض كلما قل هذا الضغط ، فإن الماء يغلى على درجة صفر مئوية تحت ضغط ٤,٦ سم من الزئبق ؛ وهناك سوائل تتحلل فى درجة حرارة تكون أقل ارتفاعاً من درجة غليانها تحت الضغط الجوى العادى فلا يمكن تقطيرها تحت هذا الضغط ، بل يلزم إجراء التقطير بحيث يحدث الغليان فى درجة حرارة تكون أقل ارتفاعاً وذلك بتخفيف الضغط الواقع عليها ؛ وتسمى هذه العملية بالتقطير تحت ضغط منخفض distillation under reduced pressure أو بالتقطير فى حيز مفرغ .
[distillation in vacu]

عند إذابة مادة غير متطايرة فى مذيب متطاير (مثلاً ملح الطعام فى الماء) ، فإن الضغط البخارى للحلول يكون أقل من الضغط البخارى للسائل النقي (المذيب) . فإذا كانت ض الضغط البخارى للسائل النقي لمذيب ، ض_١ الضغط البخارى للحلول فى نفس درجة الحرارة .

فإن السمية $\frac{\text{ض} - \text{ض}_1}{\text{ض}}$ تعرف بالانخفاض النسبى للضغط البخارى .

وقد وجد Von Babo عام (١٨٤٨) ، Wullner عام (١٨٥٦) ، أن الانخفاض

النسبي للضغط البخارى يتناسب مع كمية المادة المذابة فى وزن معين من المذيب كانت التجارب التى أجريت فى مبدأ الأمر على الانخفاض البخارى تعمل على محاليل مائية لأملاح مختلفة وكانت النتائج تتعارض كثيراً بسبب التأين الذى يحدث فى المحلول ؛ وفى عام ١٨٨٦ أجرى (راوالت Raoult) تجاربه على مواد لاتتأين مع استعمال مذيبات غير الماء ووضع القوانين العامة الآتية : -

القانون الأول (لراوالت) : الانخفاض النسبي للضغط البخارى لمذيب معين يتناسب مع التركيز الجزيئى للمادة المذابة أو

$$\frac{\text{ض} - \text{ض}_1}{\text{ض}} = \text{ث} \times \frac{\text{و}}{\text{و}_1}$$

(حيث و : وزن المادة المذابة بالجرامات فى وزن معين من المذيب ؛ ح : الوزن الجزيئى للمادة المذابة ؛ ث : عدد ثابت يختلف باختلاف المذيب)
وتوضح التجربة الآتية هذا القانون وهى عملت على محاليل ناتجة من إذابة (و) جم من مواد مختلفة فى ١٠٠ جم من الاثير : -

المادة المذابة	الوزن الجزيئى (ح)	$\text{ث} = \frac{\text{ض} - \text{ض}_1}{\text{ض}} \times \frac{\text{و}_1}{\text{و}}$
السياناميد	٤٢,٠	,٧٤
الأنيلين	٩٣,٠	,٧١
حامض البنزويك	١٢٢,٠	,٧١
حامض الكلوروكليك الثلاثى	١٦٣,٥	,٧١

قيمة (ث) فى الجدول السابق تمثل الانخفاض النسبي للضغط البخارى عندما يذاب جزء - جرام من المادة فى ١٠٠ جرام من المذيب وهو الاثير فى هذه الحالة وتختلف قيمة (ث) باختلاف المذيب المستعمل . ويستنتج من

القانون السابق أن الانخفاض النسبي للضغط البخارى يتساوى عند إذابة أوزان متساوية جزئياً من مواد مختلفة في مذيب معين .

القانون التالى (لراولت) : الانخفاض النسبي للضغط البخارى يساوى النسبة بين عدد جرامات - الجزئى - للمادة المذابة إلى مجموع عدد جرامات - الجزئى - الموجودة في المحلول فيكون : -

$$N = \frac{N_2}{N_1 + N_2} = \frac{ض - ض_1}{ض}$$

$$\text{أو } \frac{و}{و + و_1} = \frac{\frac{و}{ح}}{\frac{و}{ح} + \frac{و_1}{ح_1}} = \frac{ض - ض_1}{ض}$$

[حيث (و) وزن المذاب ، (و_١) وزن المذيب ، (ح) الوزن الجزيئى للمذيب ، (ح_١) الوزن الجزيئى للمذاب]
 وفي المحاليل المخففة حيث تكون قيمة (ن_٢) صغيرة جداً بالنسبة إلى قيمة (ن_١) فيمكن وضع المعادلة على الصورة الآتية :

$$\frac{و}{و + و_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{ض - ض_1}{ض}$$

ويتضح مما سبق أنه يمكن إحتساب الوزن الجزيئى للمادة المذابة من انخفاض الضغط البخارى .

مثال : عند إذابة جرام من السياناتاميد (وزنه الجزيئى ٤٢) في ١٠٠ جرام من الأثير (وزنه الجزيئى ٧٤) وجد أن الانخفاض النسبي للضغط البخارى هو ٠,١٧٦ , وعلى ذلك يكون الوزن الجزيئى للسياناتاميد : -

$$\frac{و}{و + و_1} = \frac{ض - ض_1}{ض}$$

$$\frac{74 \times 1}{100} = 0,176$$

$$42 = \frac{1 \times 74}{0,176 \times 100} =$$

الوزن الجزيئي للمذاب = 42

يمكن تقدير الضغط البخارى لسائل ما ، بإدخال كمية من هذا السائل فى فراغ أنبوبة بارومترية مملوءة بالزئبق ومنكسة فوقه ، فيتبخر السائل فى الفراغ فوق الزئبق ويضغط بخاره على الزئبق فينخفض عمود الزئبق بمقدار يساوى الضغط البخارى للسائل على درجة الحرارة التى أجريت عليها التجربة .

لتقدير انخفاض الضغط البخارى ، لمذيب بإذابة مادة غير متطايرة فيه ، توجد طريقة مستعملة بكثرة ، وهى تنحصر فى إمرار هواء أولاً فى المحلول ثم فى المذيب النقي بحيث يكون التمرير بدرجة تجعل الهواء مشبعاً بالبخار . عندما يمر الهواء خلال المحلول فإنه يأخذ منه بخاراً بكمية تتناسب مع الضغط البخارى للمحلول على درجة حرارة التجربة ، وعند تمريره بعد ذلك خلال المذيب فإنه يأخذ كمية أخرى من البخار تتناسب مع الفرق بين الضغط البخارى للمذيب والمحلول . فإذا وزنت الأواني التى تحتوى المذيب والمحلول فيمكن الحصول على العلاقة الآتية : —

$$\frac{\text{الفقد فى وزن المحلول}}{\text{الفقد فى وزن المذيب}} = \frac{\text{ض (د)}}{\text{ض - ض (د)}}$$

تعيين الوزن الجزيئى للمواد

من ارتفاع نقطة غليانه محاليلها

حيث أن الضغط البخارى للمحلول أقل من الضغط البخارى للمذيب النقي فتكون نقطة غليان المحلول ، وهى النقطة التى يصبح عندها ضغطه البخارى

يساوى الضغط الجوى ، أعلا من نقطة غليان المذيب النقي . وقد ذكر فيما سبق أن الانخفاض النسبى للضغط البخارى يتناسب عكسيا مع الوزن الجزيئى للمادة المذابة ، وعلى ذلك فإن ارتفاع نقطة غليان محلول ما يتناسب عكسيا مع الوزن الجزيئى للمادة المذابة .

فاذا كانت (و) هى درجة غليان المذيب النقي ، (و⁻) هى درجة غليان

المحلول فإن (و - و⁻) تتناسب مع $\frac{1}{\Delta}$

$$\text{أى أن } (و - و⁻) = \frac{\theta}{\Delta}$$

[حيث θ عدد ثابت و (Δ) هى الوزن الجزيئى للمادة المذابة]

فاذا كان هناك محلول تركيزه (و) جم مذابا فى (و⁻) جم من المذيب

$$\text{فإن } (و - و⁻) = \frac{\theta \times و}{و⁻ \times \Delta}$$

[حيث (θ) عدد ثابت يعرف بثابت الغليان للمذيب وهو عبارة عن

ارتفاع نقطة الغليان الناتج من إذابة جزيء - جرام من المذاب فى جرام واحد

من المذيب] فاذا رمزنا بالرمز (Δ) لمقدار الارتفاع فى نقطة الغليان أى

أن (و - و⁻) = Δ فيكون

$$\frac{\theta \times و}{و⁻ \times \Delta} = \Delta$$

من هذا القانون يتضح أن ارتفاع نقطة الغليان للمذيب الواحد تتناسب

مع التركيز الجزيئى للمادة المذابة ، وبذا تكون المحاليل المحتوية على كميات من

المذاب متساوية جزيئيا لها نفس درجة الغليان .

تختلف قيمة (θ) فى القانون السابق من مذيب إلى آخر ويمكن الحصول

على قيمتها بإجراء التجربة ، ويبين الجدول الآتى قيمة (θ) لبعض المذيبات .

المذيب	نقطة الغليان ٧٦. ملليمتر	ث	المذيب	نقطة الغليان ٧٦. ملليمتر	ث
الاسيتون	٥٦,٢°	١٧٢.٠	كحول إيثيل	٧٨,٥°	١١٥.٠
البنزين	٨٠,٢°	٢٥٧.٠	أثير إيثيل	٣٤,٦°	٢١١.٠
الكوروفورم	٦١,٢°	٣٨٦.٠	الماء	١٠٠,٠°	٥١٣.٠

معمول : يعبر أحيانا عن (ث) بمقدار الارتفاع في نقطة الغليان الناتج من إذابة جزء - جرام من المادة في (١٠٠ جرام) من المذيب وأحيانا في (١٠٠٠ جرام) من المذيب ، وفي هذه الحالة تصبح قيمة (ث) أقل (١٠٠ مرة) أو (١٠٠٠ مرة) عن قيمتها الواردة في الجدول أعلاه .

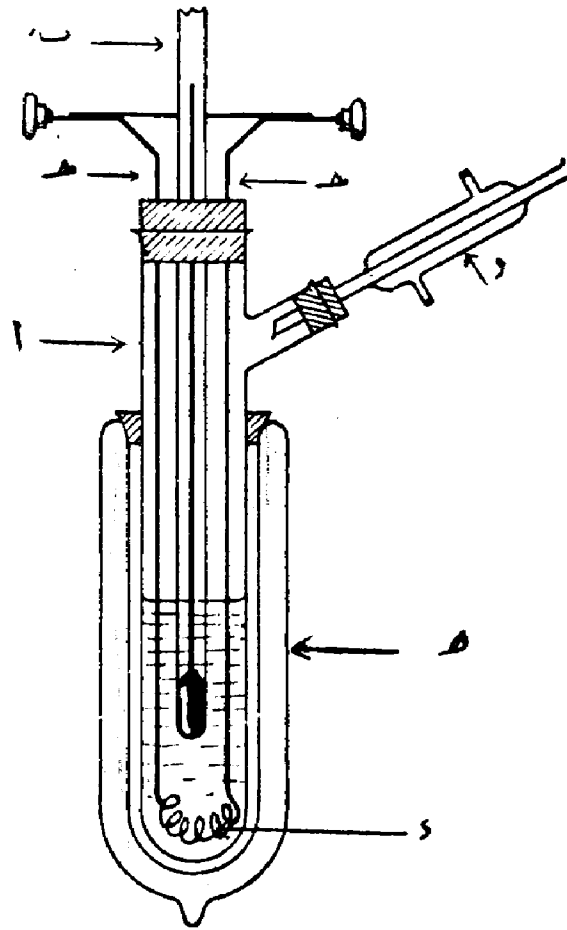
مثال : وجد أن درجة غليان محلول ناتج من إذابة ١٠٥٠ , جم من مادة ما في ١٥,٨٤ جم من الأثير أعلا بمقدار (١٠٠ , °) عن درجة غليان الأثير النقي ، فما هو الوزن الجزيئي للمادة (ثابت الغليان لمائة جرام من الأثير = ٢١,٦) .

حيث أن ثابت الغليان لمائة جم أثير هو ٢١,٦ فيكون للجرام الواحد هو (١٠٠ × ٢١,٦)

$$\text{ويكون الوزن الجزيئي للمادة} = \frac{١٠٥٠ \times ١٠٠ \times ٢١,٦}{١٥,٨٤ \times ١٠٠} = ١٤٣,٢$$

ولتعيين مقدار ارتفاع نقطة الغليان يستعمل جهاز كالمبين بشكل (٩) به أنبوبة غليان (١) مغطاة بغطاء من الفلين ينفذ منه ترمومتر ، بكان ، (ب) وسلكان غليطان من النحاس (ح) يتصلان من أسفل بسلك من البلاتين (د) قرب قاع الأنبوبة . وتثبت أنبوبة الغليان هذه عند الاستعمال بقطعة من الفلين في زجاجة ديوار ، ويتصل بالأنبوبة الجانبية لأنبوبة الغليان مكشف (و) لتكشف بخار المذيب أثناء الغليان . يوزن مقدار من المذيب

ويوضع في الأنبوبة (١) ويسخن لدرجة الغليان بإمرار تيار كهربائي في سلك البلائين ، وعند ما تثبت درجة الحرارة تؤخذ قراءة الترمومتر ، وهذه الدرجة هي درجة غليان المذيب . ثم يدخل في الأنبوبة كمية معروفة الوزن من المادة



(شكل ٩)

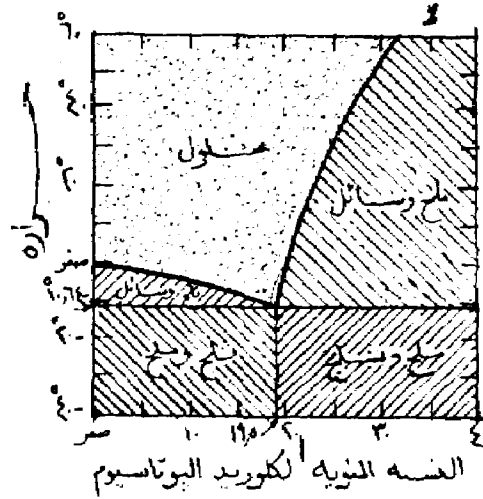
المراد إيجاد وزنها الجزيئي (المذاب) وتعين درجة غليان المحلول . ثم يحسب الوزن الجزيئي للمادة بتطبيق المعادلة :-

$$\frac{w \times \Delta}{W \times \Delta} =$$

تعيين الوزن الجزيئي للمواد

من انقصاص درجة تجمد محاليلها

كان يعرف من عهد بعيد أن الماء الذي يصلح للشرب يمكن الحصول عليه من ماء البحر المتجمد ، وأنه بتبريد أى محلول ملحي يتكون ثلج نقي به آثار ضئيلة من الملح .



(شكل ١٠)

يبين المنحنى البياني (شكل ١٠) ، ذوبان كلوريد البوتاسيوم على درجات الحرارة بين (- ١٠,٦٤ إلى ٦٠ °) ولا يمكن دراسة هذا المنحنى على درجات أقل من (- ١٠,٦٤ °) لأن المحلول يتحول عندئذ إلى كتلة متجمدة . تتجمد المحاليل على درجة حرارة أقل من درجة تجمد المذيب النقي وقد وجد « بلاجدن » (Blagden) أن إنخفاض درجة التجمد يتناسب مع كمية المادة المذابة في المحلول . فإذا أخذنا حالة محلول من كلوريد البوتاسيوم فإن نقطة تجمده - أى درجة الحرارة التى يبدأ عندها ظهور الثلج - تنخفض كلما أضيفت إلى المحلول كميات جديدة من كلوريد البوتاسيوم حتى تصل إلى أقصى انخفاضها على درجة (- ١٠,٦٤ °) وذلك عندما

يصبح المحلول محتويا على ١٩,٥ ٪ من كلوريد البوتاسيوم ، فاذا كان هناك محلول من كلوريد البوتاسيوم تركيزه ٥ ٪ مثلاً ثم خفضت درجة حرارته ابتداء من درجة حرارة معينة ولتسكن صفر فعندما تصل إلى درجة (- ٤ °) فإن الثلج يأخذ في الانفصال من المحلول وبذا تقل كمية الماء وبالتالي يزيد تركيز كلوريد البوتاسيوم في المحلول . وكلما انخفضت درجة الحرارة انفصلت كمية جديدة من الثلج وهكذا يستمر انفصال الثلج ويزداد تركيز المحلول إلى أن يصبح محتويا على ١٩,٥ ٪ كلوريد بوتاسيوم وتكون الحرارة عندئذ (- ١٠,٦٤ °) ، وعندها تتجمد كل الكتلة إلى مخلوط من الثلج والملح . أما إذا أخذنا محلولاً من كلوريد البوتاسيوم يحتوى على أكثر من ١٩,٥ ٪ من هذا الملح ثم بردناه بالتدريج ففي هذه الحالة لا يحدث انفصال ثلج نقى بل ينفصل ملح كلوريد البوتاسيوم حتى نصل إلى درجة يكون فيها المحلول محتوياً على ١٩,٥ ٪ من كلوريد البوتاسيوم ، وعندئذ تتجمد كل الكتلة إلى مخلوط من الملح والثلج وتكون درجة الحرارة (- ١٠,٦٤ °) وإذا أخذنا محلولاً يحتوى على ١٩,٥ ٪ كلوريد بوتاسيوم وبدأنا في تبريده تدريجياً فلا ينفصل منه ثلج أو ملح إلى أن تصل درجة الحرارة إلى (- ١٠,٦٤ °) وعند ذلك تنفصل كتلة من الثلج والملح .

وقد أشير فيما سبق إلى أن « بلاجدن » وجد أن انخفاض نقطة تجمد المذيب يتناسب طردياً مع كمية المادة المذابة ، غير أن التجارب التي كانت تعمل في ذلك الوقت كانت لمحاليل مواد تتأين فكانت تعطي نتائج متضاربة وفي عام ١٨٨٢ كان « راوالت » يدرس تأثير المواد العضوية غير المتأينة على انخفاض نقطة التجمد للماء وللذويات الأخرى فتمكن من وضع القانون الآتي :-

« أن انخفاض نقطة تجمد مذيب ما تتناسب طردياً مع التركيز الجزيئي

للمادة المذابة ، وإن المحاليل ذات التركيز الجزئى الواحد تكون لها نفس درجة التجلد ، ويمكن وضع هذا القانون على الصورة الآتية :-

$$\frac{\theta \times \Delta}{\theta \times \Delta} = \text{ث}$$

[حيث (ث) : ثابت التجلد وهو يمثل مقدار الانخفاض الذى يحدث لنقطة التجلد عند إذابة جزء - جرام من المذاب فى جرام من المذيب ؛ (ح) الوزن الجزئى للمادة المذابة ، (و) : وزن المادة المذابة بالجرامات ، (و) وزن المذيب بالجرامات] والجدول الآتى يبين قيمة (ث) لبعض المذيبات

المذيب	درجة التجلد	ث
حامض الخليك	١٦,٦°	٣٩٠٠
البنزين	٥,٤°	٥١٢٠
الماء	صفر°	١٨٥٨
النيتروبنزين	٥,٧٢°	٦٨٧٠

ولتقدير الانخفاض فى نقطة التجلد يستعمل جهاز « بكان » ، وهو عبارة عن أنبوبة يوضع فيها نحو ٢٠ جم من المذيب تبرد بانتظام فى مزيج مبرد وتقاس أولاً نقطة تجمد المذيب ، ثم يذاب فى ذلك المذيب كمية معلومة من المذاب ويبرد المحلول ثانياً وتقاس نقطة تجمده ، فيكون الفرق بين الدرجتين هو انخفاض نقطة التجلد . يستعمل لقياس درجة الحرارة ترمومتر « بكان » ، كالمستعمل فى قياس ارتفاع نقطة الغليان وهذا الترمومتر مقسم إلى ست درجات والدرجة مقسمة إلى مائة قسم ، ويوجد بالترومتر خزان صغير فى طرفه العلوى مملوء بالزئبق يسمح بتجهيزه لقياس درجات الحرارة المختلفة .

مثال : عند إذابة ٠,٦٢٢ جم من مادة في ٤٠ جم من الماء يتجلد المحلول على درجة (- ٠,٥١ °) ، ما هو الوزن الجزيئي للمادة ؟

[ثابت التجلد للماء = ١٨,٥٨ لكل مائة جم]

$$\frac{\theta \times W}{W \times \Delta} = K_f$$

$$\frac{0,622 \times 100 \times 18,58}{0,51 \times 40} =$$

$$56,7 =$$

