

خرسانة اسمنتية



الفكرة العامة معظم السوائل والغازات والمواد الصلبة التي تكون عالمنا مخاليط.

1-1 أنواع المخاليط

الفكرة الرئيسية المخاليط إما متجانسة أو غير متجانسة.

1-2 تركيز المحلول

الفكرة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بدلالة النسبة المئوية أو المولات.

1-3 العوامل المؤثرة في الذوبان

الفكرة الرئيسية يتأثر تكون المحلول بعوامل، منها الحرارة والضغط والقطبية.

1-4 الخواص الجامعة للمحاليل

الفكرة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

حقائق كيميائية

- ينتج حوالي 42.3% من الفولاذ سنوياً عن إعادة التدوير.
- الحديد هو المكون الأساسي للفولاذ، لكن يمكن إضافة عناصر - منها النيكل والمنجنيز والكروم والفناديوم والتنجستون - بحسب المواصفات المطلوبة.
- يستعمل الأسمنت في صناعة الخلطات الأسمنتية ومواد البناء لتقويتها، وجعلها تتحمل العوامل البيئية العادية.
- ينتج نحو 6 بلايين متر مكعب من الخلطات الأسمنتية سنوياً، أي ما يعادل 1 متر مكعب ($1m^3$) لكل شخص سنوياً.

فولاذ



نشاطات تمهيدية

تجربة استهلاكية

كيف تتغير الطاقة عند تكوين المحاليل؟

تتغير الطاقة عند تكوين المحلول نتيجة تأثير قوتين: قوى التجاذب بين الجسيمات الذائبة في المحلول، وقوة التجاذب بين جسيمات المذاب والمذيب معاً. كيف يمكن ملاحظة هذا التغير؟



خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. زن 10 g من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ، ثم ضعها في كأس.
3. قس 30 mL من الماء بمخبار مدرج سعته 50 mL، ثم أضف الماء إلى NH_4Cl في الكأس، وحرك المحلول بساق التحريك.
4. تحسس أسفل الكأس من الخارج، وسجل ملاحظاتك.
5. كرر الخطوات 2-4 مستعملًا كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ بدلاً.
6. تخلص من المحاليل بسكبها في المغسلة.

التحليل

1. قارن أي العمليتين السابقتين كانت طاردة للحرارة، وأيها كانت ماصة لها؟

يذوب كلوريد الكالسيوم معطياً طاقة ويذوب كلوريد الأمونيوم ماصاً طاقة.

2. استنتج اكتب أمثلة من واقع حياتك على عمليات ذوبان طاردة للحرارة، وأخرى ماصة لها.

تنوع الإجابات، وقد تتضمن الكمادات الباردة والحارة المستعملة للأغراض الطبية.

استقصاء إذا أردت زيادة التغير في درجة الحرارة، فأيهما يجب إضافته بكمية أكبر: المذاب أم المذيب؟ فسر إجابتك.

تنوع الإجابات. ستؤدي إضافة المذاب، إلى حدٍّ معيّن، إلى تغَيُّر أكبر في درجات حرارة المحلول.

المطويات

منظمات الأفكار

التركيز اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول تراكيز المحاليل.

الخطوة 1 اطو ورقتين من المنتصف أفقيًا.



الخطوة 2 اقطع 3 cm على طول خط الشئ لإحدى الورقتين من كلا الجانبين. وقص الورقة الثانية على طول خط الشئ أيضًا من وسطها مع ترك 3 cm من كلا الجانبين دون قص.



الخطوة 3 أدخل الورقتين إحداهما في الأخرى لعمل كتاب من أربع صفحات.

المطويات استعمل هذه

المطوية مع القسم 1-2 في أثناء قراءتك لهذا القسم، استعمل المطوية لتسجيل ما تعلمته عن طرائق التعبير عن تراكيز المحاليل، مستعيناً بأمثلة حسابية.



1-1

الأهداف

- تعرف أنواع المخاليط غير المتجانسة والمخاليط المتجانسة (المحاليل).
- تقارن بين خصائص المخاليط المعلقة والمخاليط الغروية والمحاليل.
- تصف القوى الكهروستاتيكية في المخاليط الغروية.

مراجعة المفردات

المذاب: مادة تذوب في المذيب لتكوين المحلول.

المفردات الجديدة

- المخلوط المعلق
- المخلوط الغروي
- الحركة البراونية
- تأثير تندال
- المادة الذائبة
- المادة غير الذائبة

أنواع المخاليط Types of Mixtures

الفكرة الرئيسية المخاليط إما متجانسة أو غير متجانسة.

الربط مع الحياة إذا ملأت كأسًا زجاجية بماء البحر فسوف تلاحظ أن بعض المواد تترسب في قاع الكأس، ويظل الماء مالحًا مظهرًا من الوقت. لماذا تترسب بعض المواد دون غيرها؟

المخاليط غير المتجانسة Heterogeneous Mixtures

لا بد أنك تتذكر أن المخلوط مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر، تحتفظ فيه كل مادة بخصائصها الكيميائية، وأن المخاليط غير المتجانسة لا تتمزج مكوناتها تمامًا معًا؛ أي يمكن تمييز كل منها. هناك نوعان من المخاليط غير المتجانسة، هما المعلق والغروي.

المخلوط المعلق مخلوط غير متجانس يحتوي على جسيمات يمكن أن تترسب بالترويق؛ وذلك بتركه فترة دون تحريك. انظر الشكل 1-1؛ فالوحل الذي تشاهده **مخلوط معلق**. وعند تمرير المخلوط المعلق السائل خلال ورقة ترشيح تُفصل الجسيمات المعلقة. وقد تنفصل بعض المخاليط المعلقة إلى طبقتين واضحتين إذا تركت فترة دون تحريك؛ حيث تتكون مادة شبه صلبة في القاع، وسائل فوقها، ولكن عند تحريك المخلوط المعلق سرعان ما تبدأ المادة شبه الصلبة في الانسياب، وكأنها سائل. وهناك أنواع من الطين تتحول إلى مادة شبه صلبة بسرعة؛ استجابة للهبز أو الحركة، وهي تستخدم في مناطق الزلازل الأرضية، فتشيد المباني فوقها.



الشكل 1-1 يمكن فصل المخلوط المعلق إذا ترك دون تحريك فترة من الزمن، أو فصله بالترشيح.

أنواع المخاليط الغروية وأمثلة عليها

الجدول 1-1

التصنيف	مثال	الجسيمات المنتشرة	وسط الانتشار
صلب في صلب	الأحجار الكريمة الملونة	صلب	صلب
صلب في سائل	الدم، الجيلاتين	صلب	سائل
مستحلب صلب	الزبد، الجبن	سائل	صلب
مستحلب	الحليب، المايونيز	سائل	سائل
رغوة صلبة	الصابون الذي يطفو، حلوى الخطمي	غاز	صلب
* الهباء الجوي الصلب	الدخان، الغبار في الهواء	صلب	غاز
* الهباء الجوي السائل	الغيوم، الضباب، رذاذ مزيل العرق	سائل	غاز

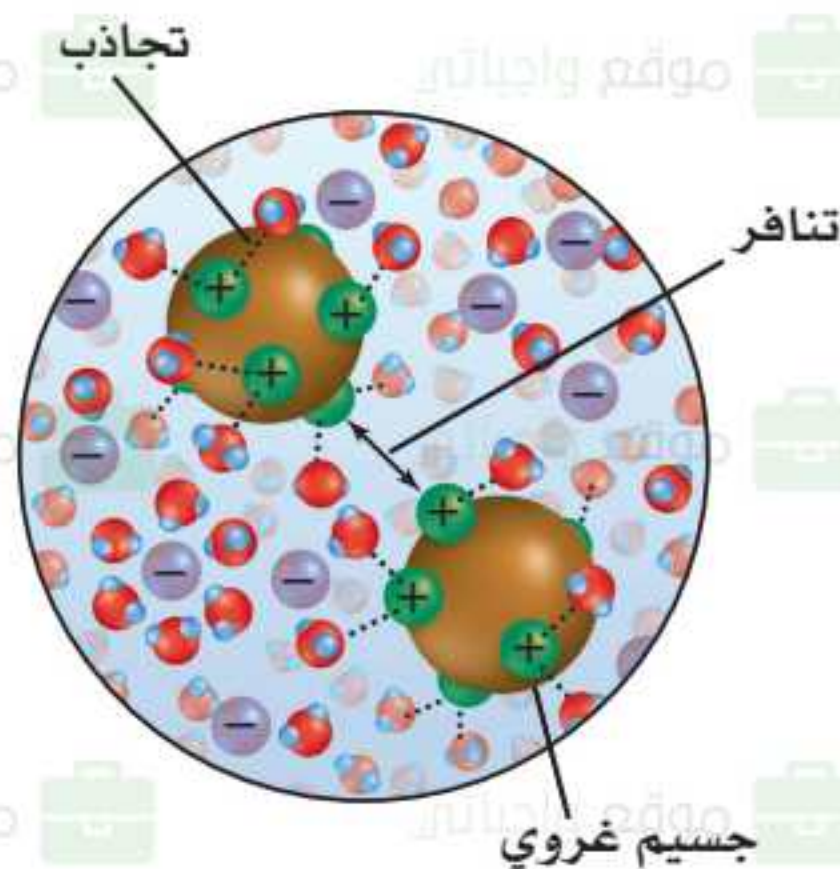
المخاليط الغروية لأن أحجام جسيمات المخلوط المعلق أكبر كثيراً من أحجام جسيمات الوسط فإنها قد تترسب في المخلوط. ويسمى المخلوط غير المتجانس الذي يتكون من جسيمات متوسطة الحجم **المخلوط الغروي**. وتتراوح أقطار الجسيمات في المخلوط الغروي بين 1 nm و 1000 nm، ولا تترسب. فعلى سبيل المثال، يعد الحليب مخلوطاً غروباً لا يمكن فصل مكوناته المتجانسة بالترويق أو الترشيح.

تسمى المادة الأكثر توافراً في المخلوط وسط الانتشار. وتصنف المخاليط الغروية تبعاً للحالة الفيزيائية لكل من الجسيمات المنتشرة ووسط الانتشار. فالحليب مستحلب غروي؛ لأن الجسيمات المنتشرة السائلة تنتشر بين جسيمات وسط الانتشار السائل. ويظهر الجدول 1-1 وصف أنواع أخرى من المخاليط الغروية.

تُمنع الجسيمات المنتشرة من الترسب في المخاليط الغروية؛ وذلك لوجود مجموعات ذرية أو قطبية مشحونة على سطحها، تقوم بجذب المناطق الموجبة أو السالبة لجسيمات وسط الانتشار، فتتكون طبقات كهروستاتيكية حول الجسيمات، كما هو موضح في الشكل 1-2، مما يجعل الطبقات تتنافر بعضها مع بعض عندما تصطدم الجسيمات المنتشرة معاً، لذا تبقى الجسيمات في المخلوط الغروي ولا تترسب.

وإذا تدخلنا في الطبقات الكهروستاتيكية فسوف تترسب الجسيمات المنتشرة في المخلوط الغروي. فعند تحريك مادة متأينة (إلكتروليتيّة) في مخلوط غروي مثلاً تتجمع الجسيمات المنتشرة معاً، وتتلّف المخلوط الغروي. كما أن التسخين أيضاً يتلف المخلوط الغروي؛ لأن الحرارة تعطي الجسيمات المتصادمة طاقة حركية كافية للتغلب على القوى الكهروستاتيكية، ثم تترسبها في المخلوط.

الشكل 1-2 تكون جسيمات الوسط طبقات مشحونة حول الجسيمات المنتشرة، حيث تتنافر هذه الطبقات بعضها مع بعض، وتمنع الجسيمات المنتشرة من الترسب.



الحركة البراونية تتحرك الجسيمات المنتشرة في المخاليط الغروية السائلة حركة عشوائية عنيفة تسمى **الحركة البراونية**. لاحظ عالم النبات الأسكتلندي روبرت براون (1858 - 1773) هذه الحركة أول مرة؛ حيث لاحظ الحركة العشوائية لحبوب اللقاح المنتشرة في الماء، فسميت باسمه.

تنتج الحركة البراونية عن تصادم جسيمات الوسط مع الجسيمات المنتشرة؛ بحيث تمنع هذه التصادمات الجسيمات المنتشرة من الترسب في المخلوط.

✓ **ماذا قرأت؟ اشرح** سببين لعدم ترسب جسيمات المخلوط الغروي.

تنجذب جسيمات المذاب في المخلوط

الغروي إلى المناطق الموجبة أو السالبة الشحنة لجسيمات المذيب التي تحتوي على مجموعات قطبية، هذا بالإضافة إلى منع الحركة البراونية لجسيمات المخلوط الغروي من الترسب.

تأثير تندال يظهر المخلوط الغروي المركز عادةً معتمًا أو معكرًا، ولكن المخلوط الغروي المخفف يظهر أحيانًا صافيًا كالمحاليل. وتبدو المخاليط الغروية المخففة كالمحاليل المتجانسة؛ لأن عدد الجسيمات المنتشرة فيها قليل جدًا، إلا أنها تعمل على تشتيت الضوء، وتسمى هذه الظاهرة **تأثير تندال**. يُظهر الشكل 1-3 مرور حزمة من الضوء في خلال مخلوطين مجهولين. ويمكنك ملاحظة كيف تعمل الجسيمات المنتشرة في المخلوط الغروي على تشتيت الضوء.

وتُظهر المخاليط المعلقة أيضًا تأثير تندال، أما المحاليل فلا يمكن أن تظهر هذه الظاهرة. كما يمكنك ملاحظة تأثير تندال عندما تشاهد مرور أشعة الشمس خلال الهواء المشبع بالدخان، أو مرور ضوء خلال الضباب. ويستخدم تأثير تندال في تحديد كمية الجسيمات المنتشرة في المخلوط المعلق.

المخاليط المتجانسة Homogeneous Mixtures

لقد تعلمت سابقًا أن المحاليل مخاليط متجانسة تحتوي على مادتين أو أكثر، تسمى المذاب والمذيب. والمذاب هو المادة التي تذوب. أما المذيب فهو الوسط الذي يذيب المذاب. ولا يمكنك التمييز بين المذاب والمذيب عند النظر إلى المحلول.

أنواع المحاليل لقد تعلمت أن معظم التفاعلات الكيميائية تحدث في المحاليل المائية، وهي المحاليل التي يكون فيها الماء مذيبًا. فالماء أكثر المذيبات شيوعًا في المحاليل السائلة. وقد توجد المحاليل في أشكال مختلفة، وقد تكون المواد الذائبة في المحاليل غازية أو سائلة أو صلبة، اعتمادًا على الحالة الفيزيائية للمذيب، كما هو موضح في الجدول 1-2. الهواء محلول غازي والمذيب فيه هو غاز النيتروجين. وقد تكون أسلاك تقويم الأسنان التي تضعها على أسنانك مصنوعة من النيتينول، وهو محلول صلب يتكون من التيتانيوم المذاب في النيكل، إلا أن معظم المحاليل تكون في الحالة السائلة.

تكوين المحاليل تسمى المادة التي تذوب في المذيب **المادة الذائبة**. فمثلاً ذوبان السكر في الماء حقيقة يمكن أن تكون قد تعلمتها من إذابة السكر في الماء لعمل



(1) (2)

الشكل 1-3

تشتت الجسيمات في المخلوط الغروي الضوء كما يظهر في الشكل (2)، ولا يحدث ذلك في المحلول (شكل 1). ويسمى ذلك تأثير تندال. لذا ترى حزمة الضوء في المخلوط (2) الغروي.

حدد أي المخاليط الظاهرة في الصورة غروي؟

المخلوط الذي يظهر في الكأس الأيمن في الصورة والذي تظهر فيه الحزمة الضوئية، هو المخلوط الغروي.

الكيمياء في واقع الحياة

ظاهرة تندال



تشكل أشعة الشمس عند مرورها داخل الغيوم لوحة فنية رائعة الجمال بقدرة الله عز وجل. ويمكنك ملاحظة ظاهرة تندال عند مرور أشعة الشمس من خلال الهواء المشبع بالدخان أو من خلال الضباب أو الغيوم.

مختبر تحليل البيانات

تصميم تجربة

التفكير الناقد

1. حدّد المتغيرات التي يمكن أن تستخدم للربط بين قدرة الضوء على المرور خلال السائل وعدد الجسيمات في المخلوط الغروي.
2. اربط بين المتغيرات التي استخدمتها في التجربة والعدد الحقيقي للجسيمات في المخلوط الغروي.
3. حلل ما احتياطات السلامة التي يجب اتخاذها؟
4. حدّد المواد اللازمة لقياس تأثير تنبدال، واختر تقنية لجمع أو تفسير البيانات.

الإجابات في الصفحة التالية

كيف يمكنك قياس التعكر؟ وضعت هيئة المواصفات والمقاييس ماء الشرب مجموعة من المعايير والمواصفات لضمان سلامته. ومن المواصفات التي يتم مراقبتها التعكر، وهو مقياس لدرجة الضبابية في الماء، الناتجة عن المواد الصلبة المعلقة في الماء، والتي تكون مرتبطة غالبًا مع التلوث ومع الفيروسات والطفيليات والبكتيريا. تأتي معظم هذه الجسيمات الغروية من التعرية، والنشاط الصناعي، وفضلات الإنسان، ونمو الطحالب، ومن الأسمدة، وتحلل المواد العضوية.

البيانات والملاحظات

يمكن استخدام تأثير تنبدال في قياس تعكر الماء. والهدف تصميم تجربة وتطوير مقياس لتفسير البيانات.

شراب محليّ كالشاي أو عصير الليمون. وتسمى المادتان السائلتان اللتان تذوب إحداهما في الأخرى بأي نسبة المواد القابلة للامتزاج، ومنها مانع التجمد المذكور في الجدول 1-2. وتُسمى المادة التي لا تذوب في المذيب مادة غير ذائبة. فالرمل مثلاً لا يذوب في الماء. وتسمى السوائل التي تمتزج معاً فترة قصيرة عند خلطها، ثم تنفصل بعدها - السوائل غير الممتزجة. فالزيت مثلاً لا يمتزج مع الخل؛ أي أن الزيت لا يذوب في الخل.

أنواع المحاليل وأمثلة عليها

الجدول 1-2

أنواع المحاليل	مثال	المذيب	المذاب
غاز	الهواء	النيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
سائل	ماء غازي	الماء (سائل)	ثاني أكسيد الكربون (غاز)
غاز	الرطوبة	الهواء الجوي (غاز)	الماء (سائل)
سائل	مانع التجمد	الماء (سائل)	الإيثيلين جلايكول (سائل)
سائل	ماء البحر	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)
صلب	ملمغم الأسنان	الفضة (صلب)	الزئبق (سائل)
صلب	الفولاذ	الحديد (صلب)	الكربون (صلب)

التفكير الناقد

1. حدّد المتغيرات التي يمكن أن تستخدم للربط بين قدرة الضوء على المرور خلال السائل وعدد الجسيمات في المخلوط الغروي.

ستتنوع الإجابات، إلا أن كمية التعكّر تتساوى مع عدد نقاط الحليب المستخدمة في تكوين المخلوط الغروي، ومن ثمّ يكون المتغير المستقل هو تركيز الحليب في مخلوط الماء والحليب. كما يمكن أن تكون المسافة التي يمكن رؤية العلامة عندها أسفل المخبر المدرج هي المتغير التابع، أما العامل الضابط فهو الماء النقي.

2. اربط بين المتغيرات التي استخدمتها في التجربة والعدد الحقيقي للجسيمات في المخلوط الغروي.

يستطيع الطلاب من خلال البحث تقدير عدد جزيئات البروتين في عيّنة حليب معيارية بالاعتماد على تركيبها، ويمكن بعد ذلك استقراء عدد جسيمات المخلوط الغروي عند كل تركيز من العيّنة.

3. حلل ما احتياطات السلامة التي يجب اتخاذها؟

ستتنوع الإجابات، وقد يذكر الطلاب سلامة الماء، كما يمكن أن تتضمن الإجابات احتياطات السلامة، منها القفازات والنظارات لتجنب التعرّض للملوثات المحتملة.

4. حدّد المواد اللازمة لقياس تأثير تندال، واختر تقنية لجمع أو تفسير البيانات.

قد تتضمن المواد الممكنة: الحليب، والماء، والمسطرة، والقطّارة، والمخبر المدرج الذي في أسفله علامة (لتحديد العمق الذي ينعدم عنده رؤية هذه العلامة).

التقويم 1-1

1. **الفكرة الرئيسية** صف خصائص المخاليط مستخدماً ماء البحر كمثال.

ستتنوع الإجابات. ولكنها قد تتضمن أن ماء البحر يُعدّ مخلوطاً غير متجانس لوجود جسيمات الطين والأوساخ فيه، ويُعدّ مخلوطاً متجانساً لوجود المواد الذائبة.

2. ميّز بين المخلوط الغروي والمخلوط المعلق.
جسيمات المخلوط المعلق أكبر من جسيمات المخلوط الغروي، وتترسّب جسيمات المخلوط المعلق، في حين لا تترسّب جسيمات المخلوط الغروي.

3. حدّد الأنواع المختلفة للمحاليل.

تُعدّ المحاليل جميعها مخاليط متجانسة تحتوي على مادتين أو أكثر. ويمكن أن يكون المحلول سائلاً أو صلباً أو غازياً. وأنواع المحاليل المذكورة في الجدول 1-2 في الصفحة 15 من كتابك المدرسي.

4. فسر مستخدماً تأثير تندال، لماذا تكون قيادة السيارات خلال أجواء الضباب باستخدام الأنوار العالية أصعب من القيادة باستخدام الأنوار المنخفضة؟

تُعطي الحزم الضوئية العالية مجالاً للرؤية أبعد على الطريق من الحزم الضوئية المنخفضة. ولأن الضباب يُشتت الضوء، تكون كمية الضوء الناتج عن الحزم الضوئية العالية لإضاءة الطريق أقل من الضوء الناتج عن الحزم الضوئية المنخفضة، إضافة إلى أن الحزم الضوئية العالية تدخل مباشرة في الضباب، ومن ثمّ ينعكس معظمها في اتجاه السائق مما يزيد من صعوبة الرؤية.

5. اذكر الأنواع المختلفة للمخاليط الغروية.

ارجع إلى الجدول 1-1 في الصفحة 15 من كتابك المدرسي للاطلاع على أوصاف أنواع المخاليط الغروية.

التقويم 1-1

6. فسر لماذا تبقى جسيمات المذاب في المخلوط الغروي منتشرة فيه؟

لا تترسب الجسيمات لأنها قطبية، أو تحيط بها طبقات مشحونة؛ مما يؤدي إلى تنافر هذه الطبقات معاً مانعة الجسيمات من الترسب أو الانفصال.

7. لخص ما الذي يسبب الحركة البراونية؟

تنتج الحركة البراونية عن تصادم جسيمات المذاب والمذيب معاً.

8. قارن كَوْن جدولاً تقارن فيه بين خصائص المخلوط المعلق والمخلوط الغروي والمحلول.

ستتنوع جداول الطلاب. ولكن يجب أن يتضمن كل منها حجم الجسيمات، واحتمال ترسبها، وهل تظهر هذه الجسيمات تأثير تنidal أم لا. وفيما يلي عينة من ذلك موضحة في الجدول الآتي:

المخاليط المعلقة، والغروية، والمحاليل

هل تظهر ظاهرة تنidal؟	هل سترسب الجسيمات؟	حجم الجسيمات	
نعم	نعم	كبيرة (اختلاف كبير)	المخاليط المعلقة
نعم	لا	1 nm - 1000 nm	المخاليط الغروية
لا	لا	التدرج الذري (ذرة، أيون، وجزيء)	المحاليل

1-2

الأهداف

- تصف التركيز باستعمال وحدات مختلفة.
- تحديد تراكيز المحاليل.
- تحسب مولارية المحلول.

مراجعة المفردات

المذيب: المادة التي تذيب المذاب لتكوين محلول.

المفردات الجديدة

التركيز

المولارية

المولالية

الكسر المولي

الشكل 1-4 تعكس شدة اللون تركيز الشاي، فتركيز الشاي ذو اللون الغامق أعلى من تركيز الشاي ذي اللون الفاتح.



تركيز المحلول

Solution Concentration

الفكرة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بدلالة النسبة المئوية أو بالمولات.

الربط مع الحياة هل تذوقت يوماً كأس شاي فوجدته مُراً؟ إنك لكي تعدل طعمه سوف تقوم بإضافة السكر لتحليته، أو تضيف الماء لتخفيفه. وما تقوم به في كلتا الحالتين هو تغيير تركيز الجسيمات المذابة في الماء.

التعبير عن التركيز Expressing Concentration

يعد تركيز المحلول مقياساً يعبر عن كمية المذاب الذائبة في كمية محددة من المذيب أو المحلول. ويمكن التعبير عن التركيز وصفيًا باستعمال كلمة "مركز" أو "مخفف". لاحظ إبريق الشاي في الشكل 1-4؛ فأحد الإبريقين يحوي شايًا أكثر تركيزًا من الآخر. وعمومًا يحتوي المحلول المركز على كمية كبيرة من المذاب. فالشاي الغامق يحتوي على جسيمات شاي أكثر من الشاي الفاتح، والعكس صحيح؛ إذ يحتوي المحلول المخفف على كمية أقل من المذاب؛ فالشاي الفاتح في الشكل 1-4 محلول مخفف يحتوي على جسيمات شاي أقل من الشاي الغامق.

وعلى الرغم من أن التعبير الوصفي عن التركيز مفيد، إلا أنه غالبًا ما يتم التعبير عن التركيز كمياً. ومن أكثر التعابير الكمية عن التركيز شيوعاً النسبة المئوية بالكتلة أو النسبة المئوية بالحجم أو التعبير عن التركيز بدلالة المولات مستخدماً المولارية أو المولالية. وكل هذه الطرائق تعبر عن التركيز بوصفه نسبة بين كمية المذاب وبين كمية المذيب أو المحلول كله. ويشمل الجدول 1-3 وصفاً لكل طريقة.

كيف يمكن تحديد الطريقة المستخدمة للتعبير عن تركيز المحلول؟ يعتمد استعمال الطريقة على نوع المحلول الذي يتم تحليله، فإذا كان أحد الكيمائيين مثلاً يعمل على تفاعل في محلول مائي فسوف يستعمل المولارية غالباً للتعبير عن تركيز المحلول؛ لأنه يحتاج إلى معرفة عدد الجسيمات المشاركة في التفاعل.

الجدول 1-3	
وصف التركيز	نسب التركيز
النسبة المئوية بدلالة الكتلة	$100 \times \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}}$
النسبة المئوية بدلالة الحجم	$100 \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}}$
المولارية (التركيز المولاري)	$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}}$
المولالية (التركيز المولالي)	$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب kg}}$
الكسر المولي	$\frac{\text{عدد مولات المذاب أو المذيب}}{\text{عدد مولات المذاب + عدد مولات المذيب}}$

النسبة المئوية بدلالة الكتلة هي نسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول، ويعبر عنها بنسبة مئوية. وكتلة المحلول هي مجموع كتل المذاب والمذيب.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

$$\text{النسبة المئوية بدلالة الكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

مثال 1-1

حساب النسبة المئوية بالكتلة للمحافظة على تركيز كلوريد الصوديوم NaCl في حوض الأسماك، كما هو في ماء البحر، يجب أن يحتوي حوض الأسماك على 3.6 g NaCl لكل 100 g ماء. ما النسبة المئوية بدلالة الكتلة لكلوريد الصوديوم NaCl في المحلول؟

1 تحليل المسألة

إن كتلة كلوريد الصوديوم في 100 g ماء معروفة. والنسبة المئوية بدلالة الكتلة هي نسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول (التي هي مجموع كتل المذاب والمذيب معاً).

المعطيات

كتلة المذاب = 3.6 g = NaCl

كتلة المذيب = 100 g = H₂O

2 حساب المطلوب

أوجد كتلة المحلول

كتلة المحلول = كتلة المذيب + كتلة المذاب

عوض عن كتلة المذاب = 3.6 g، وكتلة المذيب = 100.0 g

احسب النسبة المئوية بدلالة الكتلة

اكتب معادلة النسبة المئوية بالكتلة

$$\text{النسبة المئوية بدلالة الكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

$$= \frac{3.6 \text{ g}}{103.6 \text{ g}} \times 100 = 3.5\%$$

عوض عن كتلة المذاب = 3.6 g، وكتلة المحلول = 103.6 g

3 تقويم الإجابة

تكون النسبة المئوية بدلالة الكتلة صغيرة؛ لأن كتلة كلوريد الصوديوم الذائبة في 100 g ماء صغيرة.

مسائل تدريبية

9. ما النسبة المئوية بدلالة الكتلة لمحلول يحتوي على 20.0 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO₃ مذابة في 600.0 mL من الماء H₂O؟

10. إذا كانت النسبة المئوية بدلالة الكتلة لهيوكلوريت الصوديوم NaOCl في محلول مبيض الملابس هي 3.62%، وكان لديك 1500.0 g من المحلول فما كتلة NaOCl في المحلول؟

11. ما كتلة المذيب في المحلول المذكور في السؤال 10؟

12. **تحفيز** النسبة المئوية لكتلة كلوريد الكالسيوم في محلول هي 2.62%، فإذا كانت كتلة كلوريد الكالسيوم المذابة في المحلول 50.0 g فما كتلة المحلول؟

الإجابة في الصفحة التالية

9. ما النسبة المئوية بدلالة الكتلة لمحلول يحتوي على 20.0 g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO_3 مذابة في 600.0 mL من الماء H_2O ؟

احسب كتلة المحلول بالجرامات:

$$600.0 \text{ mL H}_2\text{O} \times 1.0 \text{ g/mL} = 600.0 \text{ g H}_2\text{O}$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة:

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$$

$$= \frac{20 \text{ g NaHCO}_3}{600 \text{ g H}_2\text{O} + 20 \text{ g NaHCO}_3} \times 100 = 3\%$$

10. إذا كانت النسبة المئوية بدلالة الكتلة لهيوكلوريت الصوديوم NaOCl في محلول مبيض الملابس هي 3.62%، وكان لديك 1500.0 g من المحلول فما كتلة NaOCl في المحلول؟

$$3.62\% = \frac{\text{كتلة NaOCl}}{1500.0 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{كتلة NaOCl} = 54.3 \text{ g}$$

11. ما كتلة المذيب في المحلول المذكور في السؤال 10؟

$$\text{مذيب} = 1500.0 \text{ g} - 54.3 \text{ g} = 1445.7 \text{ g}$$

12. تحفيز النسبة المئوية لكتلة كلوريد الكالسيوم في محلول هي 2.62%، فإذا كانت كتلة كلوريد الكالسيوم المذابة في المحلول 50.0 g فما كتلة المحلول؟

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$$

$$2.65\% = \frac{50 \text{ g CaCl}_2}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$$

$$\text{كتلة المحلول} = 1886.79 \text{ g}$$

الكيمياء في واقع الحياة

الديزل الحيوي



يعد الديزل الحيوي وقوداً بديلاً نظيف الاحتراق، وهو ينتج عن موارد متجددة مثل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية، ويستعمل في محركات الديزل مع القليل من التحسينات أو دونها. والديزل الحيوي سهل الاستعمال وقابل للتحلل الحيوي، وغير سام، ولا يحتوي على الكبريت أو المركبات الأروماتية (العطرية)، كما أنه لا يحتوي على النفط، ولكن يمكن مزجه مع ديزل "النفط" لتكوين الديزل الحيوي الممزوج؛ الذي يتكون من 20 % بالحجم ديزل حيوي و 80 % بالحجم ديزل من النفط.



النسبة المئوية بدلالة الحجم تصف عادة المحاليل التي يكون فيها المذيب والمذاب في الحالة السائلة. والنسبة المئوية بدلالة الحجم هي النسبة بين حجم المذاب إلى حجم المحلول، ويعبر عنها بنسبة مئوية. وحجم المحلول هو مجموع حجم المذاب وحجم المذيب. إن حسابات النسبة المئوية بدلالة الحجم تشبه حسابات النسبة المئوية بدلالة الكتلة.

$$\text{النسبة المئوية بدلالة الحجم} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين النسبة المئوية بدلالة الكتلة والحجم.

النسبة المئوية بالكتلة هي مقارنة بين كتلة المذاب إلى الكتلة الكلية للمحلول، بينما النسبة المئوية بالحجم هي مقارنة بين حجم المذاب والحجم الكلي للمحلول.

مسائل تدريبية

13. ما النسبة المئوية بدلالة الحجم للإيثانول في محلول يحتوي على 35 mL إيثانول مذاب في 155 mL ماء؟
14. ما النسبة المئوية بدلالة الحجم لكحول أيزوبروبيل في محلول يحتوي على 24 mL من كحول الأيزوبروبيل مذاب في 1.1 L من الماء؟
15. **تحفيز** إذا استعمل 18 mL من الميثانول لعمل محلول مائي منه تركيزه 15% بالحجم، فما حجم المحلول الناتج بالملتر؟

المولارية (التركيز المولاري) (M) إن النسبة المئوية بدلالة الكتلة وبدلالة الحجم طريقتان من طرائق التعبير الكمي عن تركيز المحلول. ومن أكثر الوحدات شيوعاً المولارية Molarity. والمولارية (M) هي عدد مولات المذاب الذائبة في لتر من المحلول، وتعرف أيضاً بالتركيز المولاري. فتركيز لتر من محلول يحتوي على مول من المذاب هو 1.0 M، كما أن تركيز لتر من المحلول يحتوي على 0.1 mol من المذاب هو 0.1 M. ولحساب مولارية المحلول يجب معرفة حجم المحلول باللتر وعدد مولات المذاب.

المولارية

$$\text{المولارية } M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

✓ **ماذا قرأت؟** احسب التركيز المولاري لمحلول حجمه 1.0 L، يحتوي على 0.5 mol من المذاب.

التركيز المولاري هو 0.5M

13. ما النسبة المئوية بدلالة الحجم للإيثانول في محلول يحتوي على 35 mL إيثانول مذاب في 155 mL ماء؟

$$100\% \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} = \text{النسبة المئوية بالحجم}$$

$$= \frac{35 \text{ mL}}{155 \text{ mL} + 35 \text{ mL}} \times 100\% = 18\%$$

14. ما النسبة المئوية بدلالة الحجم لكحول أيزوبروبيل في محلول يحتوي على 24 mL من كحول الأيزوبروبيل مذاب في 1.1 L من الماء؟

$$100\% \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} = \text{النسبة المئوية بالحجم}$$

$$= \frac{24 \text{ mL}}{24 \text{ mL} + 1100 \text{ mL}} \times 100\% = 2.1\%$$

15. **تحفيز** إذا استعمل 18 mL من الميثانول لعمل محلول مائي منه تركيزه 15% بالحجم، فما حجم المحلول الناتج بالملتر؟

$$100\% \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} = \text{النسبة المئوية بالحجم}$$

$$15\% = \frac{18 \text{ mL}}{x \text{ mL}} \times 100\%$$

$$x = 120 \text{ mL}$$

مهن في الكيمياء

فنيو الصيدلة يستعين الكثير من الصيادلة بالفنيين لتحضير الأدوية المناسبة للوصفات الطبية. يقرأ هؤلاء الفنيون تحاليل وتقارير المريض والوصفات الطبية من أجل تحضير التركيز المناسب أو الجرعة المناسبة من الأدوية التي ستعطى للمريض.

مثال 1-2

حساب المولارية يحتوي 100.5 mL من محلول حقن الوريد على 5.10 g من سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$. ما مولارية هذا المحلول، إذا علمت أن الكتلة المولية للجلوكوز هي 180.16 g/mol؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة الجلوكوز الذائبة في حجم من الماء، ومولارية المحلول هي النسبة بين عدد مولات المذاب إلى حجم المحلول بالتر.

المعطيات

كتلة المذاب $C_6H_{12}O_6 = 5.10 \text{ g}$

المطلوب

تركيز المحلول $M = ?$

الكتلة المولية للجلوكوز $C_6H_{12}O_6 = 180.16 \text{ g/mol}$

حجم المحلول = 100.5 mL

2 حساب المطلوب

احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$

بتطبيق العلاقة الرياضية

عدد مولات المذاب = الكتلة (g) / للمذاب / الكتلة المولية

$$= 5.10 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \left(\frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.16 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \right)$$

اقسم كتلة $C_6H_{12}O_6$

على الكتلة المولية

$$= 0.0283 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

وحول حجم المحلول إلى وحدة لتر

اكتب معادلة

المولارية

$$= 100.5 \text{ mL} \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) = 0.1005 \text{ L}$$

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

عوض عن عدد مولات المذاب = 0.0283 mol

وحجم المحلول = 0.1005 L

$$M = \frac{0.0283 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{0.1005 \text{ L}} = 0.282 \text{ M}$$

اقسم الأرقام والوحدات

3 تقويم الإجابة

ستكون قيمة المولارية صغيرة؛ لأن كتلة الجلوكوز الذائبة في المحلول صغيرة.

مسائل تدريبية

16. ما مولارية محلول مائي يحتوي على 40.0 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في 1.5 L من المحلول؟

17. احسب مولارية محلول حجمه 1.60 L مذاب فيه 1.5g من بروميد البوتاسيوم KBr.

18. ما مولارية محلول مبيض ملابس يحتوي على 9.5 g NaOCl لكل لتر من المحلول؟

19. تحفيز ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ بوحدة g التي تلزم لتحضير محلول مائي منها حجمه 1.5 L وتركيزه 0.25 M؟

16. ما مولارية محلول مائي يحتوي على 40.0 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في 1.5 L من المحلول؟

احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$:

$$\text{mol } C_6H_{12}O_6 = 40.0 \cancel{\text{g}} \times \frac{1 \text{ mol}}{180.16 \cancel{\text{g}}} = 0.222 \text{ mol}$$

احسب المولارية:

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$= \frac{\text{mol } C_6H_{12}O_6}{1.5 \text{ L}} = \frac{0.222 \text{ mol}}{1.5 \text{ L}} = 0.148 \text{ M}$$

17. احسب مولارية محلول حجمه 1.60 L مذاب فيه 1.5g من بروميد البوتاسيوم KBr.

احسب عدد مولات KBr :

$$\text{mol KBr} = 1.5 \cancel{\text{g}} \times \frac{1 \text{ mol}}{119.0 \cancel{\text{g}}} = 0.0130 \text{ mol KBr}$$

احسب المولارية :

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$= \frac{\text{mol KBr}}{1.60 \text{ L solution}} = \frac{0.0130 \text{ mol}}{1.60 \text{ L}}$$

$$= 8.13 \times 10^{-3} \text{ M}$$

18. ما مولارية محلول مبيض ملابس يحتوي على 9.5 g NaOCl لكل لتر من المحلول؟
احسب عدد مولات NaOCl:

$$\text{mol NaOCl} = 9.5 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{74.44 \text{ g}} = 0.13 \text{ mol}$$

احسب المولارية:

$$\begin{aligned} \text{المولارية } M &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} \\ &= \frac{\text{mol NaOCl}}{1.00 \text{ L}} = \frac{0.128 \text{ mol}}{1.00 \text{ L}} \\ &= 0.128 \text{ M} \end{aligned}$$

19. تحفيز ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 بوحدة g التي تلزم لتحضير محلول مائي منها حجمه 1.5 L وتركيزه 0.25 M؟

احسب عدد مولات Ca OH_2 :

$$\begin{aligned} \text{المولارية } M &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} \\ 0.25 \text{ M} &= \frac{x \text{ mol Ca(OH)}_2}{1.5 \text{ L}} \\ x &= 0.38 \text{ mol Ca(OH)}_2 \end{aligned}$$

احسب كتلة Ca(OH)_2 بالجرامات:

$$0.38 \text{ mol Ca(OH)}_2 \times \frac{74.08 \text{ g}}{\text{mol}} = 28 \text{ g Ca(OH)}_2$$



خطوة 1 تقاس كتلة المذاب وتضاف إلى دورق حجمي مناسب.



خطوة 2 يذاب المذاب في دورق حجمي مناسب في أقل كمية من الماء المقطر.



خطوة 3 يضاف الماء المقطر إلى المذاب حتى يصل مستوى المحلول إلى العلامة المحددة على الدورق.

الشكل 1-5 يبين خطوات تحضير محلول كبريتات النحاس.

فسر لماذا لا يمكنك وضع 375 g من كبريتات النحاس مباشرة في 1.0 L من الماء لتحضير محلول تركيزه 1.5 M؟

لأنها تؤدي إلى زيادة حجم المحلول عن الحجم المطلوب.

تحضير المحاليل القياسية تستعمل في المختبر محاليل لها تراكيز محددة تسمى المحاليل القياسية، ومنها محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تركيزه 1M

كيف يمكنك تحضير محلول مائي حجمه 1L وتركيزه 1.50M من كبريتات النحاس II المائية والتي لها الصيغة $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ؟ يحتوي محلول $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ الذي تركيزه 1.5mol على $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ مذابة في 1 L من المحلول. فإذا عرفت أن الكتلة المولية للمركب $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ هي 249.70 g/mol، وأن المحلول يحتوي على 1.50 mol من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، فتكون كتلته 374.55 g ويمكن تقريبها إلى 375 g، وهي كتلة يمكن قياسها بالميزان

$$\frac{1.50 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L من المحلول}} \times \frac{249.7 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{375 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L من المحلول}}$$

ولكن لا يمكنك إضافة 375 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ إلى 1.0 L من الماء للحصول على محلول تركيزه 1.5 M بهذه البساطة؛ تعمل $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ مثل المواد الأخرى، على زيادة حجم المحلول عن الحجم المطلوب. لذلك يجب استعمال كمية من الماء تقل عن 1.0 L للحصول على 1.0 L من المحلول، كما هو موضح في الشكل 1-5.

أحياناً نجري تجارب تتطلب استعمال كميات صغيرة من المحلول. فعلى سبيل المثال، قد تحتاج إلى 100 mL من 1.50 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ لإجراء إحدى التجارب. بالرجوع إلى تعريف المولارية، ومن خلال الحسابات السابقة نجد أن محلول $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ الذي تركيزه 1.50 M يحتوي محلول $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ الذي تركيزه 1.5 M على 1.5mol من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ مذابة في 1L من المحلول على 375 g من كبريتات النحاس المائية $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

يمكن استعمال هذه العلاقة بوصفها معامل تحويل لحساب كمية المذاب اللازمة لتجربتك.

$$100 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{375 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}} = 37.5 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

لذلك تحتاج إلى قياس 37.5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ لعمل 100 mL من محلول تركيزه 1.5 M.

مسائل تدريبية

20. ما كتلة CaCl_2 الذائبة في 1 L من محلول تركيزه 0.10 M؟
21. ما كتلة CaCl_2 اللازمة لتحضير 500.0 mL من محلول تركيزه 0.20 M؟
22. ما كتلة NaOH في محلول مائي حجمه 250 mL وتركيزه 3.0 M؟
23. تحفيز ما حجم الإيثانول في 100.0 mL من محلول تركيزه 0.15 M، إذا علمت أن كثافة الإيثانول هي 0.7893 g/mL؟

الإجابات في الصفحة التالية

20. ما كتلة CaCl_2 الذائبة في 1 L من محلول تركيزه 0.10 M؟

احسب عدد مولات CaCl_2 :

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$0.10 \text{ M} = \frac{(\text{mol CaCl}_2)}{1.0 \text{ L}}$$

$$\text{mol CaCl}_2 = (0.10 \text{ M})(1.0 \text{ L}) = (0.10 \text{ mol/L})(1.0 \text{ L}) \\ = 0.10 \text{ mol CaCl}_2$$

احسب كتلة CaCl_2 :

$$\text{كتلة CaCl}_2 = 0.10 \text{ mol CaCl}_2 \times \frac{110.98 \text{ g}}{\text{mol}} = 11 \text{ g}$$

21. ما كتلة CaCl_2 اللازمة لتحضير 500.0 mL من محلول تركيزه 0.20 M؟

احسب عدد مولات CaCl_2 :

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$0.20 \text{ M} = \frac{(\text{mol CaCl}_2)}{0.5 \text{ L}}$$

$$\text{mol CaCl}_2 = (0.20 \text{ M})(0.5 \text{ L}) = (0.20 \text{ mol/L})(0.5 \text{ L}) \\ = 0.10 \text{ mol CaCl}_2$$

احسب كتلة CaCl_2 :

$$\text{كتلة CaCl}_2 = 0.10 \text{ mol CaCl}_2 \times \frac{110.98 \text{ g}}{\text{mol}} = 11 \text{ g}$$

22. ما كتلة NaOH في محلول مائي حجمه 250 mL وتركيزه 3.0 M؟
احسب عدد مولات NaOH؛

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$3.0 \text{ M} = \frac{(\text{mol NaOH})}{0.250 \text{ L}}$$

$$\text{mol NaOH} = (3.0 \text{ M})(0.250 \text{ L})$$

$$= (3.0 \text{ mol/L})(0.250 \text{ L})$$

$$= 0.750 \text{ mol}$$

احسب كتلة NaOH؛

$$\text{كتلة NaOH} = 0.75 \text{ mol NaOH} \times \frac{40.00 \text{ g}}{\text{mol}}$$

$$= 3.0 \times 10^1 \text{ g}$$

23. تحفيز ما حجم الإيثانول في 100.0 mL من محلول تركيزه 0.15 M، إذا علمت أن كثافة الإيثانول هي 0.7893 g/mL؟

احسب عدد مولات C₂H₅OH؛

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$0.15 \text{ M} = \frac{(\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH})}{0.1 \text{ L}}$$

$$\text{mol C}_2\text{H}_5\text{OH} = 0.015 \text{ mol}$$

احسب كتلة C₂H₅OH؛

$$0.015 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{46 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 69 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

احسب حجم C₂H₅OH؛

$$69 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mL}}{0.7893 \text{ g}} = 0.87 \text{ mL C}_2\text{H}_5\text{OH}$$



الشكل 6-1 يمكن تخفيف المحلول المركز بإضافة كمية من المذيب. لاحظ أن عدد مولات المذاب لا يتغير عند تخفيف المحلول المركز.

تخفيف المحاليل المولارية تذكر أن المحاليل المركزة تحتوي على كمية كبيرة من المذاب. ويمكنك تحضير محلول أقل تركيزاً عن طريق تخفيف كمية من المحلول القياسي بإضافة المزيد من المذيب، إذ يزيد عدد الجسيمات التي تتحرك خلالها جسيمات المذاب، كما هو موضح في الشكل 6-1، ومن ثم يقل تركيز المحلول.

كيف يمكنك تحديد حجم المحلول القياسي اللازم تخفيفه؟

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

عدد مولات المذاب = المولارية × حجم المحلول باللتر.

ولأن عدد مولات المذاب لا يتغير بالتخفيف فإن عدد مولات المذاب في المحلول قبل التخفيف يساوي عدد مولات المذاب بعد التخفيف.

وبالتعويض عن عدد مولات المذاب بالمولارية مضروبة في حجم المحلول باللتر يمكن التعبير عن هذه العلاقة في معادلة التخفيف الآتية:

معادلة التخفيف

$$M = \text{المولارية}$$

$$V = \text{الحجم}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

حيث أن M_1 : المولارية قبل التخفيف، و V_1 : الحجم قبل التخفيف، و M_2 : المولارية بعد التخفيف، و V_2 : الحجم بعد التخفيف.

تمثل M_1 و V_1 المولارية وحجم المحلول القياسي. وتمثل M_2 و V_2 مولارية وحجم المحلول المخفف. يحتوي المحلول المركز قبل التخفيف على نسبة عالية من جسيمات المذاب بالنسبة إلى جسيمات المذيب، لاحظ أن هذه النسبة تقل بعد إضافة كمية أخرى من المذيب.

المفردات

مفردات أكاديمية

مركز Concentrated

يخفف قليلاً

كأن نقول مثلاً:

أضفنا ماء أكثر إلى عصير

الليمون؛ لأنه مركز جداً...

مثال 1-3

تخفيف المحلول القياسي إذا كنت تعرف حجم وتركيز المحلول المطلوب تحضيره يمكنك حساب حجم المحلول القياسي الذي تحتاج إليه. ما الحجم اللازم بالملترات لتحضير محلول من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 تركيزه 0.300 M وحجمه 0.5 L إذا كان تركيز محلوله القياسي 2.00 M ؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مولارية محلول قياسي من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 والمولارية والحجم للمحلول بعد التخفيف، وباستعمال العلاقة بين المولارية والحجم يمكن إيجاد حجم المحلول القياسي اللازم بالتر ثم تحويله إلى ملتر.

المعطيات

$$M_1 = 2.00 \text{ M CaCl}_2$$

$$M_2 = 0.300 \text{ M}$$

$$V_2 = 0.50 \text{ L}$$

المطلوب

$$V_1 = ? \text{ mL}$$

2 حساب المطلوب

حل المعادلة لإيجاد حجم المحلول القياسي V_1

اكتب معادلة التخفيف

حل لإيجاد V_1

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = V_2 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)$$

$$V_1 = (0.50 \text{ L}) \left(\frac{0.300 \text{ M}}{2.00 \text{ M}} \right)$$

$$V_1 = (0.50 \text{ L}) \left(\frac{0.300 \text{ M}}{2.00 \text{ M}} \right) = 0.075 \text{ L}$$

$$V_1 = (0.075 \text{ L}) \left(\frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \right) = 75 \text{ mL}$$

$$\text{عوض } V_2 = 0.50 \text{ L}, M_2 = 0.300 \text{ M}, M_1 = 2.00 \text{ M}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

حول إلى ملتر باستعمال معامل التحويل $1000 \text{ mL}/1 \text{ L}$

قس 75 mL من المحلول القياسي، ثم خففه بكمية الماء اللازمة للحصول على الحجم النهائي 0.5 L .

3 تقويم الإجابة

تم حساب الحجم V_1 ، وتحويله إلى ملترات، ويجب أن يكون أقل من الحجم النهائي للمحلول المخفف V_2 ، وهو من معطيات المسألة.

مسائل تدريبية

24. ما حجم المحلول القياسي KI الذي تركيزه 3.00 M اللازم لتحضير محلول مخفف منه تركيزه 1.25 M وحجمه 0.300 L ؟

25. ما حجم المحلول القياسي H_2SO_4 الذي تركيزه 0.50 M بالملترات اللازم لتحضير محلول مخفف منه حجمه 100 mL وتركيزه 0.25 M ؟

26. تخفّض إذا خفف 0.5 L من المحلول القياسي HCl الذي تركيزه 5 M ليصبح 2 L فما كتلة HCl في المحلول؟

24. ما حجم المحلول القياسي KI الذي تركيزه 3.00 M اللازم لتحضير محلول مخفف منه تركيزه 1.25 M وحجمه 0.300 L؟

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$(3.00 \text{ M})V_1 = (1.25 \text{ M})(0.300 \text{ L})$$

$$V_1 = \frac{(1.25 \text{ M})(0.300 \text{ L})}{3.00 \text{ M}} = 0.125 \text{ L} = 125 \text{ mL}$$

25. ما حجم المحلول القياسي H_2SO_4 الذي تركيزه 0.50 M بالمليترات اللازم لتحضير محلول مخفف منه حجمه 100 mL وتركيزه 0.25 M؟

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$(5.0 \text{ M})V_1 = (0.25 \text{ M})(100.0 \text{ mL})$$

$$V_1 = \frac{(0.25 \text{ M})(100 \text{ mL})}{0.5 \text{ M}} = 50 \text{ mL}$$

26. تحفيز إذا خفف 0.5 L من المحلول القياسي HCl الذي تركيزه 5 M ليصبح 2 L فما كتلة HCl في المحلول؟

احسب عدد مولات HCl:

$$\text{المولارية } M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$5 \text{ M} = \frac{(\text{mol HCl})}{0.5 \text{ L}}$$

$$\text{mol HCl} = 2.5 \text{ mol}$$

احسب كتلة HCl:

$$2.5 \text{ mol HCl} \times \frac{36.45 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 91.15 \text{ g HCl}$$

المولالية (التركيز المولي) (m) يتغير حجم المحلول عند تغير درجة الحرارة؛ فقد يتمدد أو يتقلص، مما يؤثر في مولارية المحلول. لكن لا تتأثر كتل المواد في المحلول بدرجات الحرارة، لذا من المفيد أحياناً وصف المحاليل بعدد مولات المذاب في كتلة معينة من المذيب. ويسمى مثل هذا الوصف **المولالية**، ويرمز إليه بالرمز m . ويكون تركيز المحلول الذي يحتوي على 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب m (1 محلول مولي).

المولالية

$$\text{المولالية } m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

مثال 4-1

حساب المولالية أضاف طالب في إحدى التجارب 4.5 g من كلوريد الصوديوم إلى 100.0 g من الماء. احسب مولالية المحلول.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة المذيب والمذاب. حدد عدد مولات المذاب، ثم احسب المولالية.

المعطيات

كتلة الماء $H_2O = 100.0 \text{ g}$

كتلة كلوريد الصوديوم $NaCl = 4.5 \text{ g}$

المطلوب

$$m = ? \text{ mol/kg}$$

2 حساب المطلوب

احسب عدد مولات $NaCl$

$$4.5 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.44 \text{ g NaCl}} = 0.077 \text{ mol NaCl}$$

$$100.0 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}$$

حول كتلة H_2O من جرامات إلى كيلوجرامات

باستعمال معامل التحويل $1 \text{ kg} / 1000 \text{ g}$

عوض بالمعطيات في معادلة المولالية.

اكتب معادلة المولالية

عوض عن عدد مولات المذاب 0.077 mol NaCl وكتلة

المذيب $0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}$

$$\text{المولالية } (m) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب}} = \frac{0.077 \text{ mol NaCl}}{0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0.77 \text{ mol/kg}$$

3 تقويم الإجابة

هناك أقل من 1/10 mol من المذاب في 1/10 Kg من الماء، لذا ستكون المولالية أقل من واحد، وهي كذلك.

مسائل تدريبية

27. ما مولالية محلول يحتوي على 10.0 g من كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ذائبة في 1000.0 g ماء؟

28. تحفيز ما كتلة $Ba(OH)_2$ بالجرامات، اللازمة لتحضير محلول مائي تركيزه $m = 1.00$ ؟

الإجابة في الصفحة التالية

27. ما مولالية محلول يحتوي على 10.0 g من كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ذائبة في 1000.0 g ماء؟

احسب عدد مولات Na_2SO_4 :

$$\begin{aligned}\text{mol Na}_2\text{SO}_4 &= 10.0 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol}}{142.04 \text{ g}} \\ &= 0.0704 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4\end{aligned}$$

احسب المولالية :

$$\begin{aligned}m &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} \\ &= \frac{0.0704 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{1.0000 \text{ Kg H}_2\text{O}} = 0.0704 m\end{aligned}$$

28. تحفيز ما كتلة Ba(OH)_2 بالجرامات، اللازمة لتحضير محلول مائي تركيزه 1.00 m؟

احسب عدد مولات Ba(OH)_2 :

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

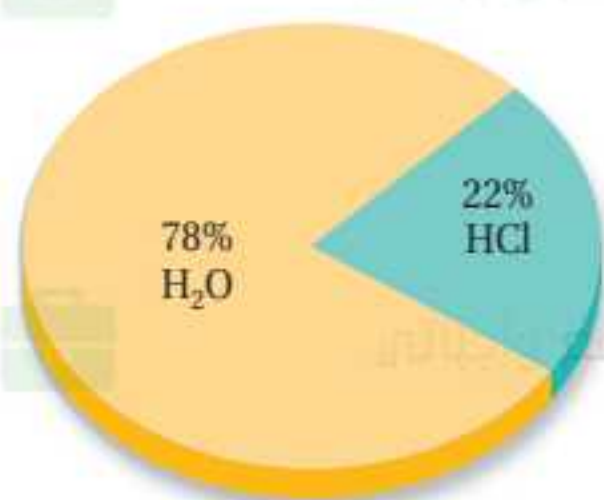
$$1.00 m = \frac{(\text{mol Ba(OH)}_2)}{1 \text{ kg}}$$

$$\text{mol Ba(OH)}_2 = 1 \text{ mol}$$

احسب كتلة Ba(OH)_2 :

$$1 \text{ mol Ba(OH)}_2 \times \frac{171 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 171 \text{ g Ba(OH)}_2$$

محلول حمض الهيدروكلوريك



$$X_{\text{HCl}} + X_{\text{H}_2\text{O}} = 1.00$$

$$0.22 + 0.78 = 1.00$$

الشكل 1-7 يشير الكسر المولي إلى عدد مولات المذاب والمذيب بالنسبة إلى عدد المولات الكلي في المحلول. ويمكن النظر إلى الكسر المولي على أنه نسبة مئوية، فمثلاً إذا كان الكسر المولي للماء ($X_{\text{H}_2\text{O}}$) يساوي 0.78؛ فهذا يعني أن المحلول يحتوي 78% من الماء.

الكسر المولي إذا عرفت عدد مولات المذاب والمذيب أمكنك التعبير عن تركيز المحلول بما يعرف **بالكسر المولي**، وهو نسبة عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول إلى عدد المولات الكلية للمذيب والمذاب. يستعمل الرمز X عادة للكسر المولي مع الإشارة إلى المذيب أو المذاب. ويمكن التعبير عن الكسر المولي للمذيب X_A والكسر المولي للمذاب X_B كما يأتي:

الكسر المولي

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

X_A و X_B يمثلان الكسر المولي لكل مادة.
 n_A و n_B يمثلان عدد مولات كل مادة.

فعلى سبيل المثال: يحتوي 100 g من محلول حمض الهيدروكلوريك على 36 g HCl و 64 g H₂O، ولتحويل هذه الكتل إلى مولات عليك استعمال الكتل المولية بوصفها عوامل تحويل.

$$n_{\text{HCl}} = 36 \text{ g HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}} = 0.99 \text{ mol HCl}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 64 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} = 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}$$

يُعبّر عن الكسر المولي لكل من الماء وحمض الهيدروكلوريك كما يأتي كما هو موضح في الشكل 1-7 كما يأتي:

$$X_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.99 \text{ mol HCl}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.22$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3.6 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.78$$

مسائل تدريبية

29. ما الكسر المولي لهيدروكسيد الصوديوم NaOH في محلول مائي منه يحتوي على 22.8% بالكتلة من NaOH؟

30. تحفيز إذا كان الكسر المولي لحمض الكبريتيك H₂SO₄ في محلول مائي يساوي 0.325 فما كتلة الماء بالجرامات الموجودة في 100 mL من المحلول؟

29. ما الكسر المولي لهيدروكسيد الصوديوم NaOH في محلول مائي منه يحتوي على 22.8% بالكتلة من NaOH؟
افرض أن لديك عينة وزنها 100.0 g، عندئذ:

$$\text{كتلة NaOH} = 22.8 \text{ g}$$

$$\text{كتلة H}_2\text{O} = 100.0 \text{ g} - (\text{كتلة NaOH}) = 77.2 \text{ g}$$

احسب عدد مولات كل من NaOH، و H₂O،

$$\text{mol NaOH} = 22.8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{40.00 \text{ g}} = 0.570 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 77.2 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{18.02 \text{ g}} = 4.28 \text{ mol H}_2\text{O}$$

احسب الكسر المولي لـ NaOH،

$$\begin{aligned} X_{\text{NaOH}} &= \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{NaOH}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \\ &= \frac{0.570 \text{ mol NaOH}}{0.570 \text{ mol NaOH} + 4.28 \text{ mol H}_2\text{O}} = \frac{0.570}{4.85} \\ &= 0.118 \end{aligned}$$

30. تحفيز إذا كان الكسر المولي لحمض الكبريتيك H₂SO₄ في محلول مائي يساوي 0.325 فما كتلة الماء بالجرامات الموجودة في 100 mL من المحلول؟
افرض أن عدد مولات العينة الكلي = 1.00 mol. عندئذ:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}}$$

$$0.675 = m_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.675 \times 18 = 12.15 \text{ g}$$

التقويم 1-2

31. **الفكرة الرئيسية** قارن بين خمس طرائق للتعبير عن تراكيز المحاليل كميًا.

تعتمد المولارية والمولالية والكسر المولي على عدد مولات المذاب بالنسبة لكمية أخرى، وتعرف كل من النسبة المئوية والمولارية للحجم على أساس حجم المحلول. في حين تعتمد المولالية، والكسر المولي على كمية المذيب. وتبقى النسبة المئوية للحجم، والكتلة هما الوحيدتان اللتان تتضمنان النسبة المئوية.

32. وضح التشابه والاختلاف بين 1M من محلول NaOH و 1m من محلول NaOH.

يحتوي كلا المحلولين على مذاب هو NaOH، ومذيب هو الماء، ويحتوي المحلول الذي تركيزه 1 m على 1mol من NaOH لكل 1Kg ماء، ويحتوي المحلول الذي تركيزه 1 M على 1 mol من NaOH لكل لتر (L) من المحلول.

33. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الصوديوم في علبة حساء الدجاج إذا احتوت على 450 mg كلوريد صوديوم في 240.0 g من الحساء.

احسب كتلة NaCl بالجرام:

$$450 \text{ mg NaCl} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0.45 \text{ g NaCl}$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة لـ NaCl:

$$100\% \times \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} = \text{النسبة المئوية بالكتلة}$$

$$= \frac{0.45 \text{ g}}{240.0 \text{ g}} \times 100 = 0.19\%$$

التقويم 1-2

34. أوجد كتلة كلوريد الأمونيوم NH_4Cl بالجرامات اللازمة لتحضير محلول مائي حجمه 2.5 L وتركيزه 0.5 M ؟

احسب عدد مولات NH_4Cl :

$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية M}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$
$$0.5 \text{ M} = \frac{(\text{mol NH}_4\text{Cl})}{2.5 \text{ L}}$$

$$\text{mol NH}_4\text{Cl} = 1.25 \text{ mol}$$

احسب كتلة NH_4Cl :

$$\text{كتلة NH}_4\text{Cl} = 1.25 \text{ mol NH}_4\text{Cl} \times \frac{53.49 \text{ g NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ mol}}$$
$$= 66.86 \text{ g}$$

35. لخص الخطوات العملية لتحضير محلول مخفف بحجم معين من المحلول القياسي المركز.

احسب حجم المحلول القياسي اللازم، وأضفه إلى الدورق القياسي، ثم أضف الماء إلى أن تصل إلى العلامة المطلوبة على الدورق القياسي.



1-3

الأهداف

- تصف تأثير قوى التجاذب بين الجزيئات في الذوبان.
- تعرف الذائبية.
- تستنتج العوامل المؤثرة في الذوبان.

مراجعة المفردات

طاردة للحرارة: التفاعل الكيميائي الذي يطلق طاقة أكثر مما يحتاج لكسر روابط المواد المتفاعلة.

المفردات الجديدة

الذوبان

حرارة الذوبان

المحلول غير المشبع

المحلول المشبع

المحلول فوق المشبع

قانون هنري

العوامل المؤثرة في الذوبان

Factors Affecting Solvation

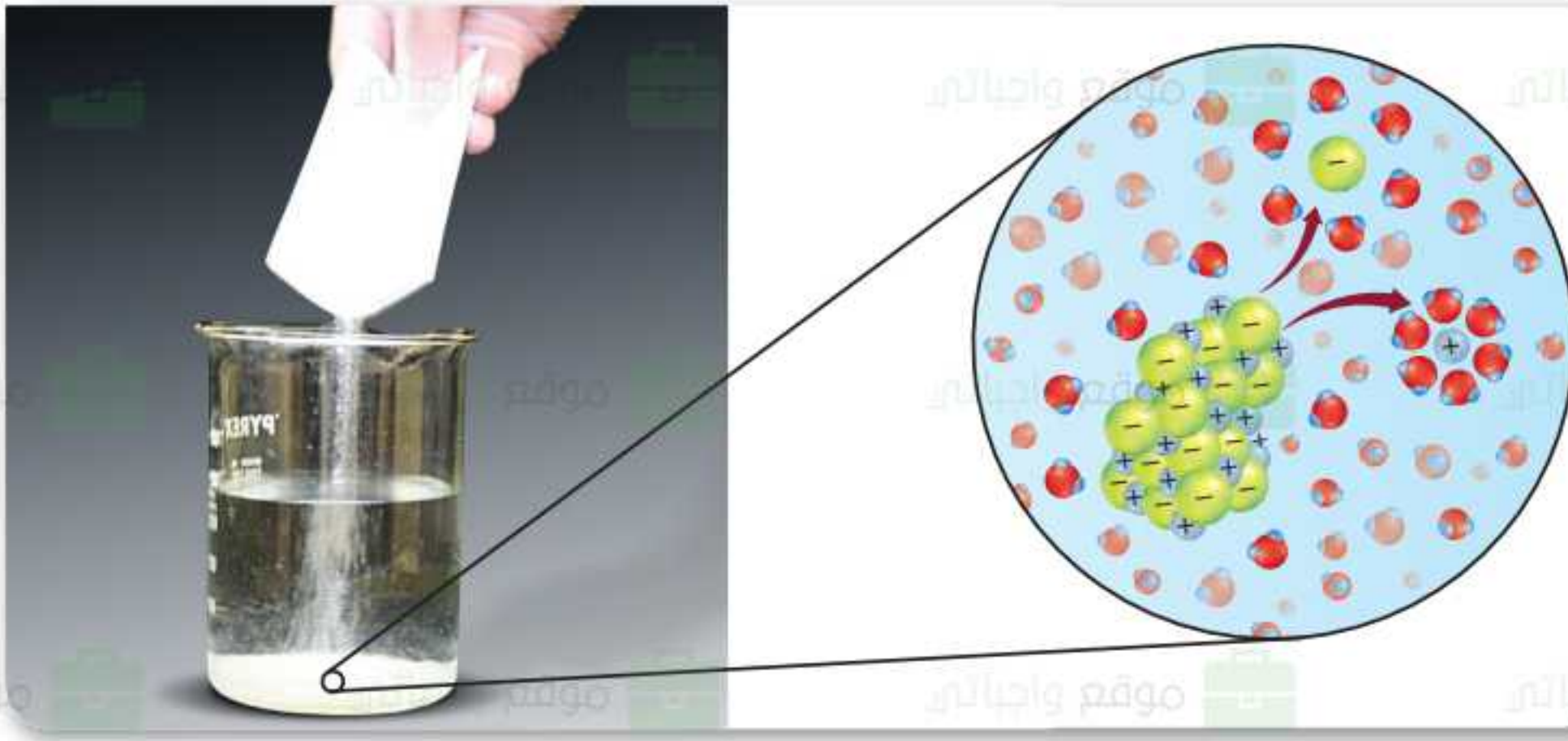
الفكرة الرئيسية يتأثر تكون المحلول بعوامل، منها الحرارة والضغط والقطبية.

الربط مع الحياة عند تحضير حساء من خليط جاف فإنك تضيف الماء البارد إلى الخليط، ثم تحركه، وسوف تلاحظ أن كمية قليلة من المسحوق ذابت في البداية، وبعد تسخينه وتحريكه مرة أخرى تجد أن المسحوق قد ذاب، وأصبح لديك حساء متماسك.

عملية الذوبان The Solvation Process

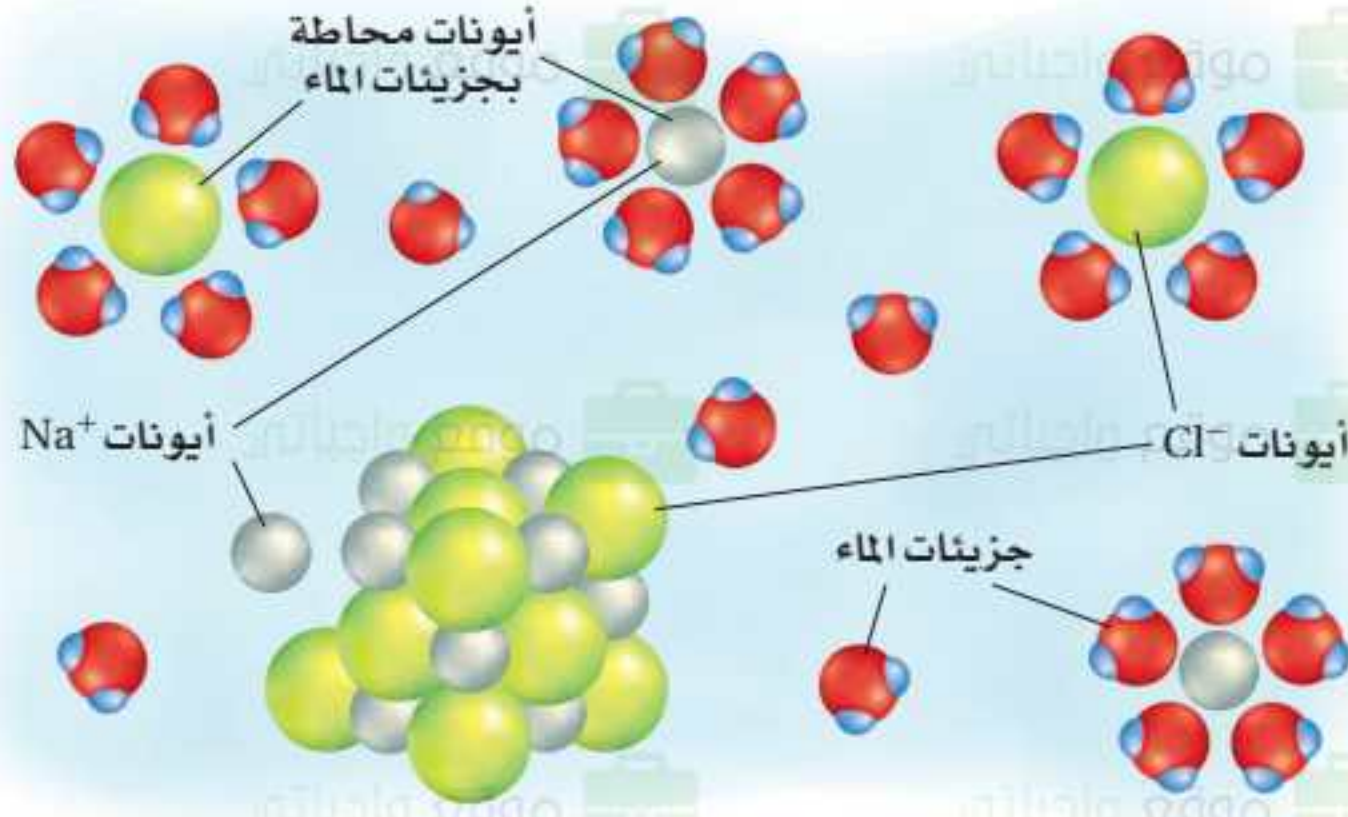
عند وضع مذاب صلب في مذيب، تحيط جسيمات المذيب بسطح المذاب الصلب تمامًا. فإذا كانت قوى التجاذب المتكونة بين جسيمات المذاب والمذيب أكبر من قوى التجاذب بين جسيمات المذاب نفسه فسوف تجذب جسيمات المذيب جسيمات المذاب، وتفصل بعضها عن بعض وتحيط بها، ثم تتعد جسيمات المذاب المحاطة بجسيمات المذيب عن المذاب الصلب، وتتجه نحو المحلول.

وتسمى عملية إحاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب **الذوبان**، كما هو موضح في الشكل 1-8، فالمذيب يذيب شبيهه "like dissolves like"، قاعدة عامة تستعمل لتحديد ما إذا كانت عملية الذوبان تحدث في مذيب معين. ولتحديد ما إذا كان المذيب والمذاب متماثلين يجب دراسة قطبية المركبات ونوع الروابط بين الجزيئية فيها.



الشكل 1-8 يأخذ الملح في الانفصال عندما يوضع في الماء؛ إذ تسحب جسيمات المذاب وتحاط بجسيمات المذيب.

ذوبان ملح الطعام NaCl في الماء



الشكل 9-1 يذوب كلوريد الصوديوم في الماء عندما تحيط جزيئات الماء بأيونات الصوديوم والكلوريد. لاحظ كيف تحيط جزيئات الماء القطبية بكل من أيونات الكلور السالبة وأيونات الصوديوم الموجبة.

محاليل المركبات الأيونية تعلم أن جزيئات الماء قطبية، وأنها في حركة مستمرة، بحسب نظرية الحركة الجزيئية. فعند وضع بلورة من مركب أيوني مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) في الماء تصطدم جزيئات الماء بسطح البلورة. وعندها تجذب أقطاب جزيئات الماء المشحونة أيونات الصوديوم الموجبة وأيونات الكلوريد السالبة. وهذا التجاذب بين الأقطاب والأيونات أكبر من التجاذب بين الأيونات في البلورة. لذلك تنزلق الأيونات مبتعدة عن سطح البلورة. وتحيط جزيئات الماء بالأيونات وتسحبها نحو المحلول، معرضة أيونات أخرى على سطح البلورة للذوبان، وهكذا تستمر عملية الذوبان حتى تذوب البلورة كلها، انظر الشكل 9-1. لا يمكن إذابة جميع المركبات الأيونية في الماء؛ فالجس مثلاً لا يذوب في الماء؛ لأن قوى التجاذب بين أيونات الجبس قوية؛ بحيث لا تستطيع قوى التجاذب بين جزيئات الماء والأيونات التغلب عليها. ولقد أسهمت اكتشافات محاليل ومخاليط معينة - ومنها الجبيرة الطبية المحضرة من الجبس - في تطوير الكثير من المنتجات والعمليات، كما هو موضح في الشكل 10-1.

الشكل 10-1 كيمياء المحاليل

أسهم العلماء العاملون في مجال المحاليل الكيميائية في تطوير منتجات وعمليات تتضمن مجالات التقنية الطبية، وتحضير الطعام وحفظه، والصحة العامة والسلامة.

1916م طور الأطباء محلول الجلوسول الذي يسمح بتخزين الدم عدة أسابيع بعد سحبه.

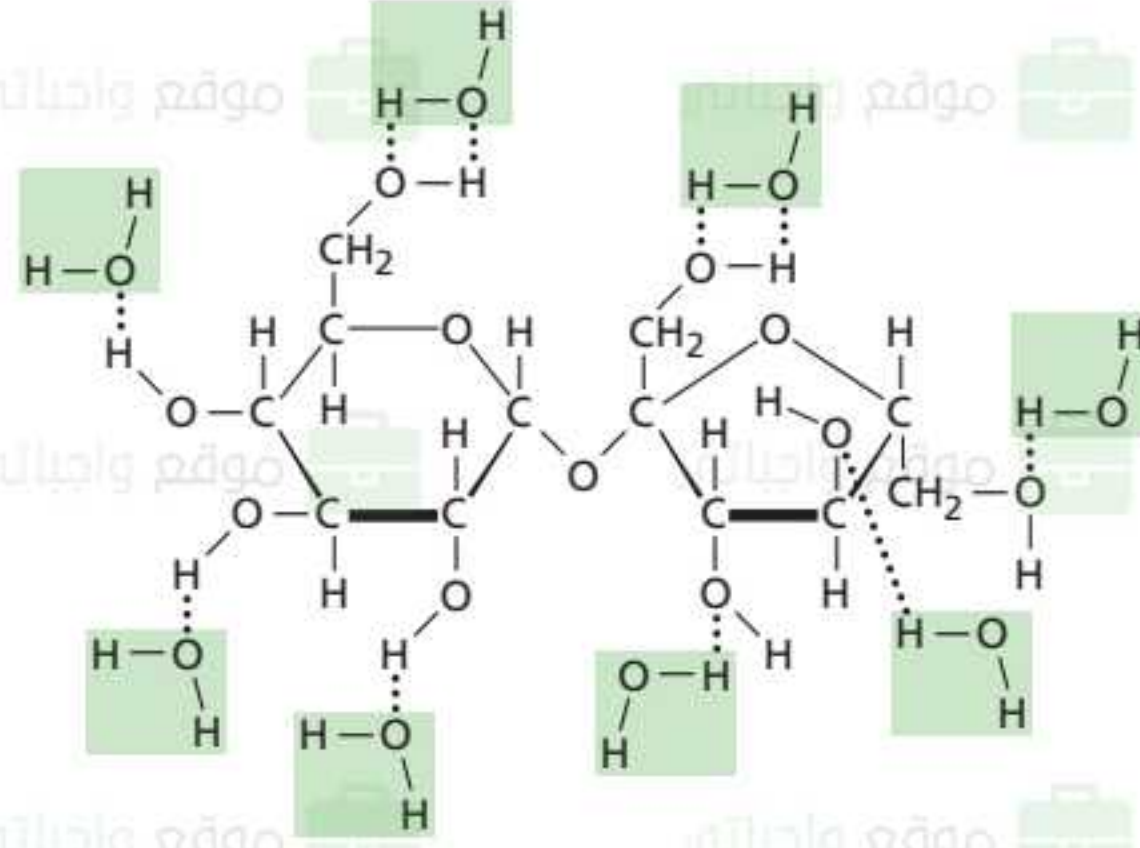


1883م أول نجاح لعملية طرد مركزي تستعمل الدوران السريع لفصل مكونات المخلوط.

1899م سجلت براءة اختراع جديدة لأحدث تقنية تستخدم في التقليل من حجم حبيبات الدهن الذائبة في الحليب؛ لمنع تكون طبقة زبد، في عملية تسمى التجانس.

1866م كان اختراع السلولويد -وهو محلول من الكافور والسليلوز- إشارة إلى بدايات صناعة البلاستيك.





الشكل 1-11 يحتوي جزيء السكروز على 8 روابط $O-H$ قطبية، وتكون جزيئات الماء القطبية روابط هيدروجينية مع الروابط $O-H$ في السكروز، وتسحب جزيئات السكروز نحو المحلول.

محاليل المركبات الجزيئية يعد الماء مذيئاً جيداً للكثير من المركبات الجزيئية. فسكر المائدة عبارة عن المركب الجزيئي السكروز، وتحتوي جزيئاته القطبية على عدة روابط من $O-H$ ، كما هو موضح في الشكل 1-11. وبمجرد ملاسة بلورات السكر الماء، تصطدم جزيئات الماء بالسطح الخارجي للبلورات، وتصبح كل رابطة $O-H$ في السكروز موقعاً لتكوين روابط هيدروجينية مع الماء، لذا يتم التغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السكروز بقوى التجاذب التي تتكون بين جزيئاته وجزيئات الماء القطبية، فتترك جزيئات السكروز البلورة، وتصبح ذائبة في الماء.

يتكون الزيت من الكربون والهيدروجين، ولا يكون محلولاً مع الماء؛ وذلك لأن قوى التجاذب التي تتكون بين جزيئات الماء القطبية وجزيئات الزيت غير القطبية ضعيفة. لذا يذوب الزيت في مذيئ غير قطبي؛ لأن المذاب غير القطبي يذوب بسهولة أكبر في المذيب غير القطبي.

2003م طور العلماء عينات كيميائية تزيل الفلزات السامة، والمبيدات الحشرية، وتقتل مسببات الأمراض في مياه الشرب.

1964م اكتشفت ستيفاني كوالك أليافاً اصطناعية من بلورات سائلة في محلول. وهي أكثر صلابة من الفولاذ وأخف من الألياف الزجاجية.



2010

1990

1970

1950

1980م تم تطوير نوع من ألواح الجبس لتشكل عازلاً يفصل بين المنزل ومحيطه الخارجي.

1943م أول كلية اصطناعية تخلص الجسم من السموم الذائبة في دم المريض.

حرارة الذوبان تنفضل جسيمات المذاب بعضها عن بعض خلال عملية الذوبان، وتتباعد جسيمات المذيب لتسمح لجسيمات المذاب بالدخول بينها. ويلزم طاقة للتغلب على قوى التجاذب التي بين جسيمات المذاب والتي بين جسيمات المذيب، والتي تعرف طاقة الشبكة البلورية ويرمز لها بالرمز (ط) أو (U)، لذلك فكلتا الخطوتين ماصّة للطاقة. وعند خلط جسيمات المذيب مع جسيمات المذاب تتجاذب جسيماتها وتنطلق طاقة تعرف طاقة التميّه ويرمز لها بالرمز (طه) أو (H_{hyd})، لذا فإن هذه الخطوة في عملية الذوبان طاردة للطاقة. ويسمى التغير الكلي للطاقة الذي يحدث خلال عملية تكون المحلول **حرارة الذوبان**.

وكما لاحظت في التجربة الاستهلاكية أن بعض المحاليل تُنتج طاقة في أثناء تكونها (طاردة للطاقة)، وبعضها الآخر يمتص طاقة في أثناء تكونه (ماصة للطاقة). فمثلاً بعد ذوبان نترات الأمونيوم في وعاء يحوي ماء يصبح الوعاء بارداً، أما بعد ذوبان كلوريد الكالسيوم في وعاء يحوي ماء فيصبح الوعاء ساخناً.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا تنتج بعض المحاليل طاقة في أثناء تكونها بينما يمتص بعضها الآخر طاقة في أثناء تكونه؟

يجب توفر الطاقة للتغلب على قوى التجاذب بين جزئيات المذاب، وكذلك بين جزئيات المذيب. وتنتج الطاقة عند تجاذب كل من جسيمات المذاب والمذيب معاً. وتحدد محصلة التغير في الطاقة لهاتين العمليتين ما إذا كان المحلول ماصاً للطاقة، أو طارداً لها.

العوامل المؤثرة في الذوبان Factors That Affect Solvation

يحدث الذوبان عند تصادم جسيمات المذاب والمذيب معاً. ويبين الشكل 1-12 ثلاث طرائق شائعة لزيادة التصادمات بين جسيمات المذاب والمذيب وزيادة سرعة الذوبان، وهي: التحريك، وزيادة مساحة سطح المذاب، ورفع درجة حرارة المذيب.

التحريك يعمل تحريك المحلول على إبعاد جسيمات المذاب عن سطوح التماس بسرعة أكبر، وبذلك يسمح بحدوث تصادمات أخرى بين جسيمات المذاب والمذيب. ومن دون تحريك المحلول تتحرك الجسيمات الذائبة بعيداً عن مناطق التماس ببطء.

مساحة السطح إن تكسير المذاب إلى قطع صغيرة يزيد من مساحة سطحه. وتساعد الزيادة في مساحة السطح على زيادة عدد التصادمات التي تحدث بين جسيماته وجسيمات المذيب. لذا فإن ملعقة من السكر المطحون تذوب أسرع من الكمية نفسها التي تكون في صورة مكعبات.

الحرارة تتأثر سرعة الذوبان بدرجة الحرارة؛ فالمذيب الساخن يذيب كمية أكبر من المذاب مقارنة بالمذيب البارد. لذلك يستوعب الشاي الساخن سكرًا ذائبًا أكثر من الشاي المثلج، كما أن السكر يذوب فيه أسرع. ومع زيادة درجة الحرارة تسلك معظم المواد الصلبة سلوك السكر عند الذوبان. إلا أن ذوبان بعض المواد الأخرى، ومنها الغازات، يقل بزيادة درجة الحرارة، وهذا يجعل المشروبات الغازية تفقد طعمها اللاذع أسرع عند درجة حرارة الغرفة، مما لو كانت باردة.



مكعب من السكر يذوب مكعب السكر في الشاي المثلج ببطء، وتزداد سرعة الذوبان عند تحريكه.

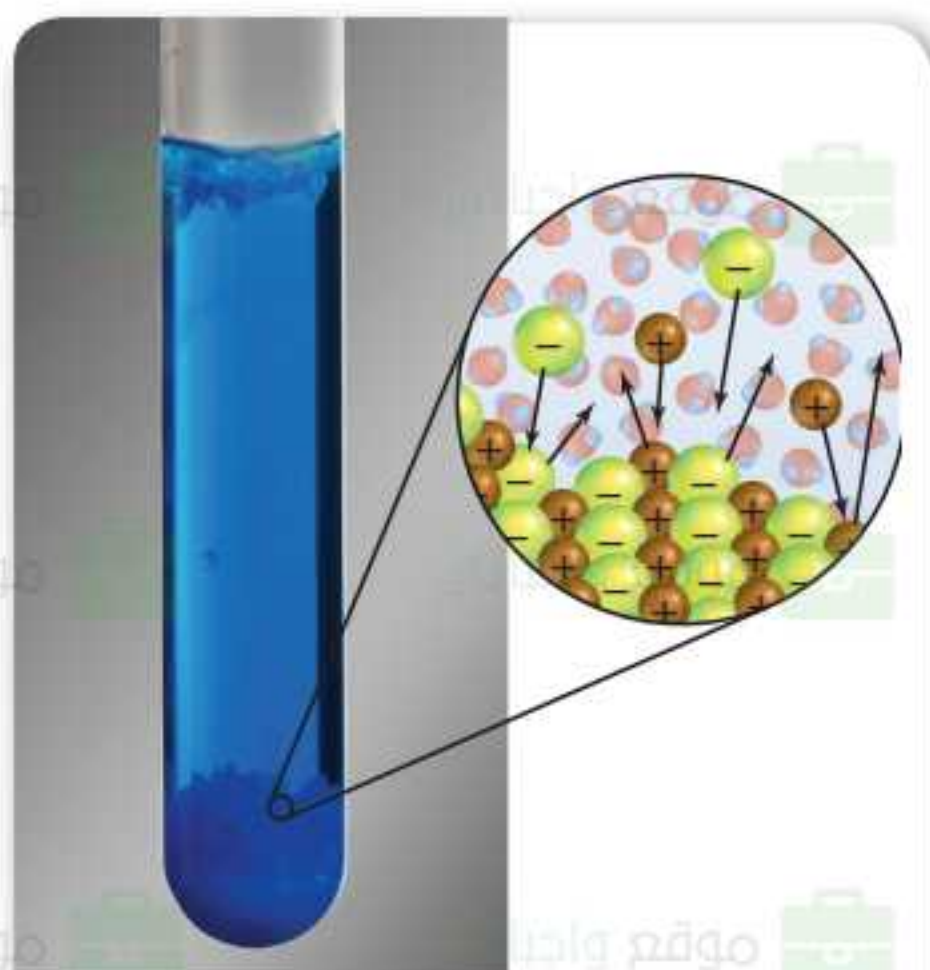


يذوب السكر المطحون بسرعة أكبر من مكعب السكر في الشاي المثلج، كما يزيد التحريك من سرعة ذوبان السكر المطحون.



يذوب السكر المطحون بسرعة كبيرة جدًا في الشاي الساخن.

الشكل 1-12 يؤثر كل من التحريك، ومساحة السطح، ودرجة الحرارة في سرعة الذوبان.



الشكل 1-13 تُساوي سرعة الذوبان في المحلول المشبع سرعة التبلور، لذلك لا تتغير كمية المذاب.

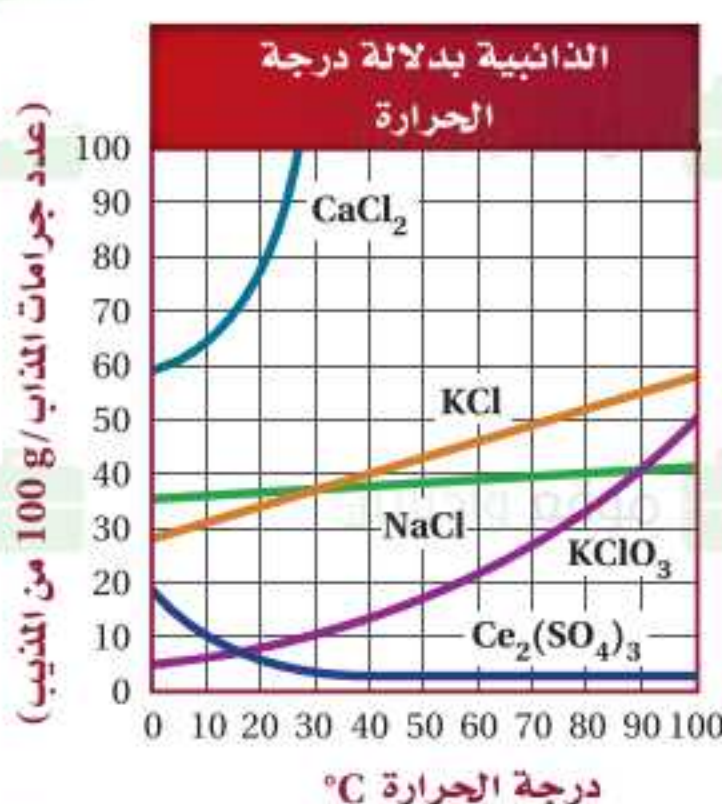


منحنى الذائبية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة عملية

الشكل 1-14 يبين الرسم البياني أدناه منحنى ذائبية عدة مواد عند درجات حرارة مختلفة.



اختبار الرسم البياني

حدد ذائبية NaCl عند درجة حرارة 80 °C.

40 g لكل 100 g H₂O

الذائبية Solubility

تعرف الذائبية على أنها أقصى كمية من المذاب يمكن أن تذوب في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة معينة. وكما يمكن فهم الذوبان على مستوى الجسيمات، يمكن كذلك فهم الذائبية على مستوى الجسيمات. تعتمد ذائبية المذاب على طبيعة كل من المذاب والمذيب؛ فعند إضافة المذاب إلى المذيب تتصادم جسيمات المذيب مع جسيمات سطح المذاب، وتبدأ جسيمات المذاب الذائبة في الاختلاط خلال جسيمات المذيب عشوائيًا. إلا أنه مع زيادة عدد جسيمات المذاب الذائبة يزداد عدد تصادماتها مع بقية البلورة، مما يجعل بعضها يلتصق بسطح البلورة، أو يتبلور مرة أخرى، كما هو موضح في الشكل 1-13. ومع استمرار عملية الذوبان تزداد سرعة التبلور، بينما تبقى سرعة الذوبان ثابتة. ويستمر الذوبان ما دامت سرعة الذوبان أعلى من سرعة التبلور.

واعتمادًا على كمية المذاب، قد تتساوى سرعة الذوبان والتبلور في النهاية. وعند هذه النقطة لا يذوب المزيد من المذاب، ويصل المحلول إلى حالة من الاتزان الديناميكي بين التبلور والذوبان إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة.

المحلول غير المشبع يحتوي المحلول غير المشبع على كمية مذاب أقل مما في المحلول المشبع عند درجة حرارة وضغط معينين. أي أنه يمكن إضافة كميات أكبر من المذاب إلى المحلول غير المشبع.

المحلول المشبع رغم استمرار ذوبان جسيمات المذاب وتبلورها في المحلول الذي وصل إلى حالة الاتزان إلا أن كمية المذاب الذائبة في المحلول تبقى ثابتة. ويعرف مثل هذا المحلول الموضح في الشكل 1-13 بالمحلول المشبع، وهو يحتوي على أكبر كمية من المذاب ذائبة في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة وضغط معينين.

درجة الحرارة والمحاليل فوق المشبعة تتأثر الذائبية بارتفاع درجة حرارة المذيب؛ حيث تزداد طاقة حركة جسيماته، فتزداد التصادمات ذات الطاقة الكبيرة مقارنة بالتصادمات عند درجة حرارة منخفضة. إن ذائبية الكثير من المواد أكبر عند درجات الحرارة المرتفعة، كما في الشكل 1-14. فذائبية كلوريد الكالسيوم CaCl₂ تساوي 64g لكل 100g من H₂O عند درجة حرارة 10 °C، وعند زيادة درجة الحرارة إلى 27 °C تزداد الذائبية بنسبة 50% تقريبًا: 100 g CaCl₂ لكل 100 g H₂O تقريبًا.

تقل ذائبية بعض المواد - ومنها كبريتات السيريوم - عند زيادة درجة الحرارة، ولكنها تبقى ثابتة بعد الوصول إلى درجة حرارة معينة.

الذائبية في الماء عند درجات حرارة مختلفة				الجدول 1-4	
الذائبية (g/ 100 g H ₂ O) *				الصيغة الكيميائية	المادة
100°C	60°C	20°C	0°C		
89.0	59.2	36.4	31.2	Al ₂ (SO ₄) ₃	كبريتات الألومنيوم
—	20.94	3.89	1.67	Ba(OH) ₂	هيدروكسيد الباريوم
0.076	0.121	0.173	0.189	Ca(OH) ₂	هيدروكسيد الكالسيوم
—	32.6	34.8	36.1	Li ₂ SO ₄	كبريتات الليثيوم
56.3	45.8	34.2	28.0	KCl	كلوريد البوتاسيوم
39.2	37.1	35.9	35.7	NaCl	كلوريد الصوديوم
733	440	216	122	AgNO ₃	نترات الفضة
487.2	287.3	203.9	179.2	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	السكروز
—	200	680	1130	NH ₃	الأمونيا*
—	0.359	0.878	1.713	CO ₂	ثاني أكسيد الكربون*
—	0.019	0.031	0.048	O ₂	الأكسجين*

* L / 1 L H₂O في حالة الغاز عند الضغط الجوي القياسي 101 kPa.

يمكن توضيح تأثير درجة الحرارة في ذائبية المواد من خلال البيانات الموجودة في الجدول 1-4. تلاحظ أن 203.9 g من السكروز C₁₂H₂₂O₁₁ تذوب في 100 g من الماء عند درجة حرارة 20 °C. بينما يذوب 487.2 g من السكروز في 100 g من الماء عند درجة حرارة 100 °C، وهذا يعني زيادة قابلية الذوبان 140% تقريباً. وحقيقة أن الذائبية تتغير عند تغير درجة الحرارة وأن بعض المواد تصبح أكثر قابلية للذوبان عند زيادة درجة الحرارة، هي المفتاح الأساسي لتكوين المحاليل فوق المشبعة. يحتوي المحلول فوق المشبع على كمية أكبر من المادة المذابة مقارنة بمحلول مشبع عند درجة الحرارة نفسها. ولعمل محلول فوق مشبع يتم تحضير محلول مشبع عند درجة حرارة عالية، ثم يبرد تدريجياً ويبطئ؛ إذ يسمح التبريد البطيء للمادة المذابة الزائدة أن تبقى مذابة في المحلول عند درجات حرارة منخفضة، كما هو موضح في الشكل 1-15.

المفردات

أصل الكلمة

Saturated والتي تعني مُشبَّعاً

مشتقة من الكلمة اللاتينية

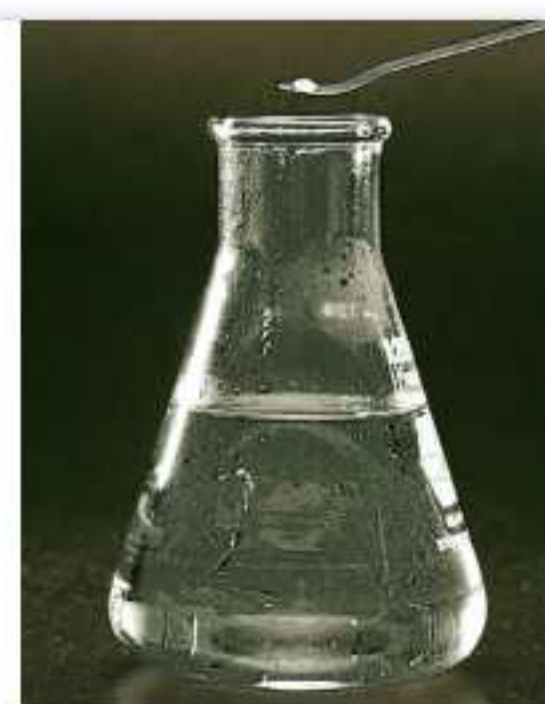
(Saturatus) وتعني يُشبع أو يملأ...



بعد اضافة نواة التبلور



عند اضافة نواة التبلور



محلول فوق مشبع

الشكل 1-15 عند

إضافة نواة التبلور إلى

محلول فوق مشبع من

السكروز تتبلور المادة

المذابة الزائدة.

نواة التبلور: هي عبارة عن قطعة أو مجموعة من القطع لبلورة أحادية لمادة ما، والتي يتكون عن طريقها بلورات أكبر من المادة نفسها.

الشكل 1-16 الرواسب المعدنية في الينابيع الحارة مثل (عيون الليث في المملكة العربية السعودية) تعتبر مثال على تكون البلورات من المحاليل فوق المشبعة .



الكيمياء في واقع الحياة

الاستمطار في السعودية

تعد تجارب الاستمطار في المملكة العربية السعودية واحدة من تجارب عدة قامت في دول عربية مختلفة، حيث أجريت لأول مرة عام 1988م في منطقة عسير، بينما أجريت التجربة الثانية عام 2006م في ثلاث مناطق وسط المملكة (الرياض، والقصيم، وحائل).

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل

الاستعمال الشائع

الضغط Pressure

الاستعمال العلمي: القوة المبذولة على وحدة المساحة.

خلال تسرب غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول يزداد الضغط داخل القارورة المغلقة.

الاستعمال الشائع: الجهد الفيزيائي أو الإجهاد الذهني.

يقع على الطلاب الكثير من الضغط في أثناء الاختبارات.

المحاليل فوق المشبعة غير ثابتة؛ فعند إضافة قطعة صغيرة جدًا من مذاب - تسمى نواة التبلور - إلى محلول فوق مشبع تترسب المادة المذابة الزائدة بسرعة، كما هو موضح في الشكل 1-15.

ويمكن أن يحدث التبلور عند كشط (Scratch) الجزء الداخلي من الكأس الزجاجية أو الوعاء الزجاجي المحتوي على المحلول بساق تحريك زجاجية بلطف أو تعرّض المحلول فوق المشبع للحركة أو الرجّ.

وباستعمال يوديد الفضة AgI بوصفه نوى تكثف في الهواء فوق المشبع ببخار الماء تتجمع جزيئات الماء في صورة قطيرات قد تسقط على الأرض على هيئة مطر. تسمى هذه الآلية استمطار الغيوم. كما يتكون سكر النبات Rock Candy والرواسب المعدنية على حواف الينابيع المعدنية - كالتي تظهر في الشكل 1-16 - من محاليل فوق مشبعة.

ذائبية الغازات تقل ذائبية غازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون عند درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة. وهذا سلوك متوقع لجميع المواد الغازية المذابة في المذيبات السائلة. هل تستطيع تفسير هذا السلوك؟ تذكر أن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تسمح للجسيمات بالتححرر أو النفاد من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة المرتفعة. ولذلك كلما زادت درجة حرارة المحلول قلت ذائبية المذاب الغازي.

الضغط وقانون هنري يؤثر الضغط في ذائبية المواد الغازية المذابة في المحاليل؛ فكلما ازداد الضغط فوق المحلول زادت ذائبية الغاز في أي مذيب. تعتمد المشروبات الغازية على هذا المبدأ؛ فهي تحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في محلول مائي تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح علبة المشروب الغازي يكون ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون داخل العلبة أعلى من الضغط الواقع خارج العلبة. ونتيجة لذلك تتصاعد فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول إلى السطح وتتطاير. وتستمر هذه العملية حتى يفقد المحلول غاز ثاني أكسيد الكربون كله تقريبًا، ويصبح المحلول بلا طعم. ويمكن وصف انخفاض ذائبية غاز ثاني أكسيد الكربون في المشروب الغازي بعد فتح العبوة بقانون هنري.

ينص **قانون هنري** على أن "تناسب ذائبية الغاز في سائل (S) تناسباً طردياً مع ضغط الغاز (P) الموجود فوق السائل عند ثبوت درجة الحرارة". فعندما تكون قارورة المشروب الغازي مغلقة، كما هو موضح في الشكل 1-17، يعمل الضغط الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون ذائباً في المحلول. ويمكن تمثيل هذه العلاقة كما يلي:

قانون هنري

S يمثل الذائبية

P يمثل الضغط

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

يبقى ناتج قسمة الذائبية على الضغط ثابتاً عند درجة حرارة معينة.

غالباً ما يستعمل قانون هنري لتحديد الذائبية S_2 عند ضغط جديد P_2 ، حيث P_2 معروف. ويمكن استعمال قواعد الجبر الأساسية لحل معادلة قانون هنري لإيجاد أي من المتغيرات. ولإيجاد S_2 ابدأ باستعمال قانون هنري الأساسي.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

بالضرب التبادلي نحصل على المعادلة:

$$P_1 S_2 = S_1 P_2$$

وبقسمة الطرفين على P_1 :

$$\frac{P_1 S_2}{P_1} = \frac{S_1 P_2}{P_1} \rightarrow S_2 = \frac{S_1 P_2}{P_1}$$

الشكل 1-17 ثاني أكسيد الكربون CO_2 مذاب في الصودا، كما يوجد بعضه فوق السائل.

فسر لماذا يتصاعد غاز CO من المحلول عند نزع الغطاء؟

عند إزالة الغطاء، يقل مقدار

الضغط فوق المحلول، مما ينتج عنه انخفاض ذائبية ثاني أكسيد الكربون.



يقل الضغط الذي فوق السائل عند فتح غطاء القارورة، لذا تقل ذائبية ثاني أكسيد الكربون.

يحافظ الضغط الذي فوق السائل في قارورة المشروب الغازي المغلقة على بقاء CO_2 الفائض ذائباً في المحلول ويمنعه من التطاير.

قانون هنري إذا ذاب 0.85 g من غاز ما عند ضغط مقداره 4.0 atm في 1.0 L من الماء عند درجة حرارة 25 °C، فكم يذوب منه في 1.0 L من الماء عند ضغط مقداره 1.0 atm ودرجة الحرارة نفسها؟

1 تحليل المسألة

أعطيت ذائبية الغاز عند الضغط الابتدائي، وثبات درجة حرارة الغاز مع تغير الضغط.

ولأن تقليل الضغط يؤدي إلى تقليل ذائبية الغاز فإن كتلة أقل من الغاز تذوب عند ضغط أقل.

المعطيات

$$S_1 = 0.85 \text{ g/L}$$

$$P_1 = 4.0 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1.0 \text{ atm}$$

المطلوب

$$S_2 = ? \text{ g/L}$$

2 حساب المطلوب

اكتب قانون هنري

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

$$S_2 = S_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$S_2 = \left(\frac{0.85 \text{ g}}{1.0 \text{ L}} \right) \left(\frac{1.0 \text{ atm}}{4.0 \text{ atm}} \right) = 0.21 \text{ g/L}$$

حل قانون هنري لإيجاد S_2

$$P_2 = 1.0 \text{ atm}, P_1 = 4.0 \text{ atm}, S_1 = 0.85 \text{ g/L}$$

ثم اضرب واقسم الأرقام والوحدات.

3 تقويم الإجابة

قلت الذائبية، كما هو متوقع؛ فقد قل الضغط فوق المحلول من 4.0 atm إلى 1.0 atm، لذا يجب أن تنخفض الذائبية إلى ربع قيمتها الأصلية. الوحدة g/L هي وحدة الذائبية.

مسائل تدريجية

36. إذا ذاب 0.55 g من غاز ما في 1.0 L من الماء عند ضغط 20.0 kPa، فما كمية الغاز نفسه التي تذوب عند ضغط 110 kPa؟

37. ذائبية غاز عند ضغط 10 atm هي 0.66 g/L. ما مقدار الضغط الواقع على محلول حجمه 1.0 L ويحتوي على 1.5 g من الغاز نفسه؟

38. تحفيز ذائبية غاز عند ضغط 7 atm تساوي 0.52 g/L. ما كتلة الغاز بالجرامات التي تذوب في لتر واحد إذا زاد الضغط إلى 10 atm؟

الإجابات في الصفحة التالية

التقويم 1-3

الخلاصة

- تتضمن عملية الذوبان إحاطة جسيمات المذيب لجسيمات المذاب.
- يكون المحلول غير مشبع أو مشبعًا أو فوق مشبع.
- ينص قانون هنري على أن ذائبية الغاز في سائل تتناسب طرديًا مع ضغط الغاز فوق السائل عند درجة حرارة معينة.

39. الفكرة الرئيسية عدد العوامل المؤثرة في الذوبان.

40. عرف الذائبية.

41. اشرح كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الذوبان؟

42. قارن كيف تشابه طريقة تحضير محلول مائي من ملح الطعام، ومحلول مائي من السكر؟

43. لخص ماذا يحدث إذا أضيفت نواة تبلور إلى محلول فوق مشبع؟ وبم تصف المحلول الناتج؟

44. الرسوم البيانية استعمل المعلومات الموجودة في الجدول 1-4 لعمل رسوم بيانية لذائبية كبريتات الألومنيوم، وكبريتات الليثيوم، وكلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة 0°C و 20°C و 60°C و 100°C. أي المواد السابقة تتأثر ذائبيتها أكثر بزيادة درجة الحرارة؟

الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

36. إذا ذاب 0.55 g من غاز ما في 1.0 L من الماء عند ضغط 20.0 kPa، فما كمية الغاز نفسه التي تذوب عند ضغط 110 kPa؟

احسب ذائبية الغاز الابتدائية:

$$S_1 = \frac{0.55 \text{ g}}{1.0 \text{ L}} = 0.55 \text{ g/L}$$

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب ذائبية الغاز النهائية:

$$S_2 = S_1 \times \frac{P_2}{P_1} = 0.55 \text{ g/L} \times \frac{110.0 \text{ kPa}}{20.0 \text{ kPa}} = 3.0 \text{ g/L}$$

37. ذائبية غاز عند ضغط 10 atm هي 0.66 g/L. ما مقدار الضغط الواقع على محلول حجمه 1.0 L ويحتوي على 1.5 g من الغاز نفسه؟

احسب ذائبية الغاز النهائية:

$$S_2 = \frac{1.5 \text{ g}}{1.0 \text{ L}} = 1.5 \text{ g/L}$$

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الضغط:

$$P_2 = P_1 \times \frac{S_2}{S_1} = 10.0 \text{ atm} \times \frac{1.5 \text{ g/L}}{0.66 \text{ g/L}} = 23 \text{ atm}$$

38. تحفيز ذائبية غاز عند ضغط 7 atm تساوي 0.52 g/L. ما كتلة الغاز بالجرامات التي تذوب في لتر واحد إذا زاد الضغط إلى 10 atm؟

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب ذائبية الغاز النهائية:

$$S_2 = S_1 \times \frac{P_2}{P_1}$$

$$S_2 = (0.52 \text{ g/L}) \times \frac{10.0 \text{ atm}}{7.0 \text{ atm}}$$

$$S_2 = 0.73 \text{ g/L}$$

التقويم 1-3

39. الفكرة الرئيسية عدد العوامل المؤثرة في الذوبان.

تؤثر مساحة السطح، ودرجة الحرارة، والضغط، والتحرك، في الذائبية.

40. عرف الذائبية.

الذائبية، أكبر كتلة من المذاب، تذوب في كمية مُعطاة من المذيب عند درجة حرارة وضغط محددين.

41. اشرح كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الذوبان؟

تتغلب قوة التجاذب بين جزيئات المذاب، والمذيب على قوى التجاذب بين جزيئات المذاب معاً، ومن ثم تؤدي إلى سحب جزيئات المذاب بعضها عن بعض.

42. قارن كيف تتشابه طريقة تحضير محلول مائي من ملح الطعام، ومحلول مائي من السكر؟

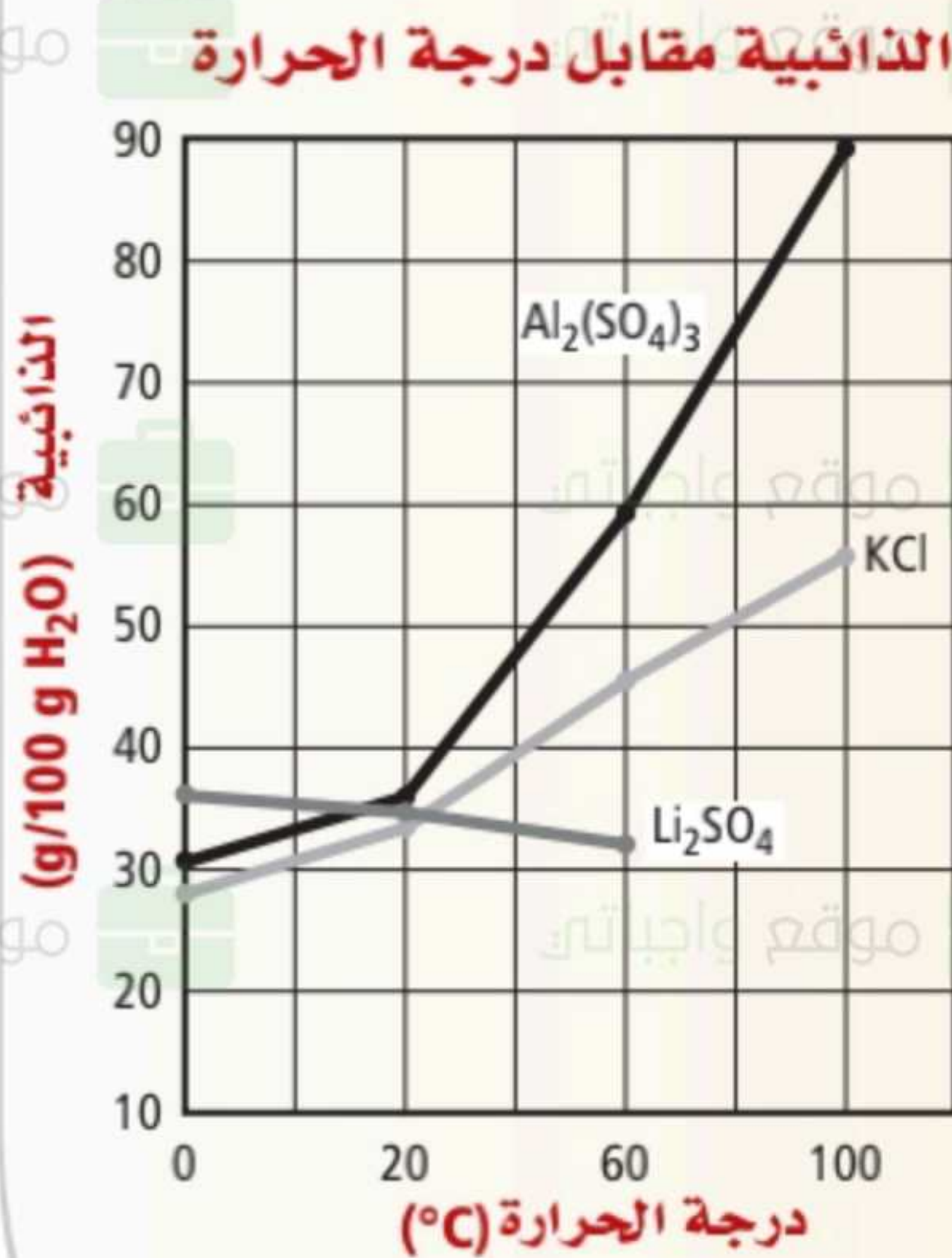
في كلتا الحالتين، نقوم أولاً بتحديد كمية المذاب وإذابتها في الكمية المطلوبة من المذيب في ورق حجمي، ثم تحريك المحلول جيداً لمتنجز مكوناته معاً.

43. لخص ماذا يحدث إذا أُضيفت نواة تبلور إلى محلول فوق مشبع؟ وبم تصف المحلول الناتج؟

يصبح المحلول مشبعاً، بعد أن تتبلور جسيمات المذاب الزائدة خارج المحلول.

44. الرسوم البيانية استعمل المعلومات الموجودة في الجدول 1-4 لعمل رسوم بيانية لذائبية كبريتات الألومنيوم، وكبريتات الليثيوم، وكلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة 0°C و 20°C و 60°C و 100°C. أي المواد السابقة تتأثر ذائبيتها أكثر بزيادة درجة الحرارة؟

تظهر كبريتات الألومنيوم أكبر تغير في الذائبية على مدى التغير في درجات الحرارة كما هو مبين في الرسم البياني الآتي:





1-4

الأهداف

تصف الخواص الجامعة.

تعرف أربع خواص جامعة للمحاليل.

تحدد الارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمد للمحلول.

مراجعة المفردات

الأيون: ذرة مشحونة كهربائياً.

المفردات الجديدة

الخواص الجامعة

الانخفاض في الضغط البخاري

الارتفاع في درجة الغليان

الانخفاض في درجة التجمد

الخاصية الأسموزية

الضغط الأسموزي

الخواص الجامعة للمحاليل

Colligative Properties of Solutions

الفكرة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

الربط مع الحياة إذا كنت قد عشت في منطقة ذات طقس بارد جداً في الشتاء فلعلك لاحظت أن الناس يرشون الملح على الأرصفة والطرق لإزالة الثلج والجليد. كيف يساعد الملح على جعل القيادة في الشتاء أكثر أمناً؟

المواد المتأينة والخواص الجامعة

Electrolytes and Colligative Properties

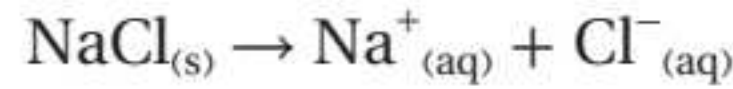
تؤثر المواد المذابة في بعض الخواص الفيزيائية للمذيبات؛ فقد وجد الباحثون الأوائل أن تأثير المذاب في المذيب يعتمد فقط على كمية جسيمات المذاب في المحلول، لا على طبيعة المادة المذابة نفسها. وتسمى الخواص الفيزيائية للمحاليل التي تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها **الخواص الجامعة**. وتشمل الخواص الجامعة الانخفاض في الضغط البخاري، والارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمد، والضغط الأسموزي.

المواد المتأينة في محلول مائي درست سابقاً أن المركبات الأيونية مواد توصل محاليلها التيار الكهربائي، لذا تسمى مواد إلكتروليتيّة؛ وذلك لأنها تتفكك في الماء إلى أيونات، كما هو موضح في الشكل 1-18. كما تتأين القليل من المركبات الجزيئية في الماء وتكون أيضاً محلولاً متأيناً. وتسمى المواد المتأينة التي تنتج أيونات كثيرة في المحلول مواد متأينة قوية. أما التي تنتج عدداً قليلاً من الأيونات في المحلول فتسمى المواد المتأينة الضعيفة.

الشكل 1-18 محلول كلوريد الصوديوم موصل جيد للكهرباء؛ وذلك لأنه محلول مادة متأينة، في حين لا يوصل محلول السكر السكر التيار الكهربائي؛ لأنه محلول مادة غير متأينة.



وكلوريد الصوديوم مادة متأيّنة قوية؛ حيث يتفكّك في المحلول وينتج أيونات Na^+ و Cl^- .



فإذابة 1 mol من كلوريد الصوديوم في 1 kg من الماء لا تنتج محلولاً تركيز أيوناته 1 m، بل تنتج 2 mol من جسيمات المذاب في المحلول، أي 1 mol لكل من أيوني Na^+ و Cl^- .

المواد غير المتأيّنة في المحلول المائي تذوب الكثير من المركبات الجزيئية في المذيبات، ولكنها لا تتأين. ومثل هذه المحاليل لا توصل التيار الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 1-18. وتسمى المواد المذابة مواد غير متأيّنة. والسكروز مثال على المواد غير المتأيّنة؛ حيث يحتوي محلول السكروز الذي تركيزه 1 m على 1 mol فقط من جزيئات السكروز.

✓ **ماذا قرأت؟ استنتج** أي المركبين له تأثير أكبر في الخواص الجامعة: كلوريد الصوديوم أم السكروز؟

سيكون لكلوريد الصوديوم الأثر الأكبر؛

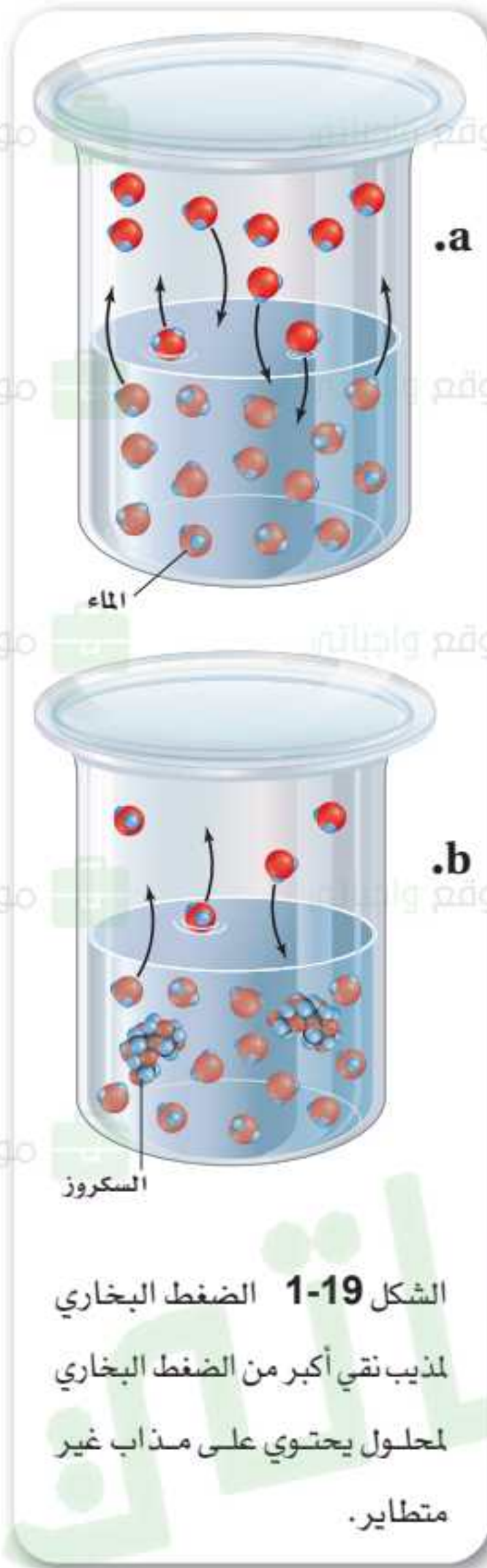
وذلك لأنّه يتفكّك مكوناً ضعف عدد الجسيمات.

الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering

الضغط البخاري هو الضغط الناتج عن بخار السائل عندما يكون في حالة اتزان ديناميكي مع سائله في وعاء مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين، وعند هذه النقطة تتساوي سرعتي التبخر والتكاثف.

تظهر التجارب أن إضافة مذاب غير متطاير - له ميل قليل إلى التحول إلى غاز - إلى مذيب يقلل الضغط البخاري للمذيب. كما أن الجسيمات التي تحدث الضغط البخاري تتبخر من سطح السائل. فعندما يكون المذيب نقياً كما في الشكل 1-19 a تشغل جسيماته مساحة السطح كلها. أما عندما يحتوي المذيب على مذاب، كما في الشكل 1-19 b، فإن خليط جسيمات المذاب والمذيب يحتل مساحة سطح المحلول. وبسبب وجود كمية قليلة من جسيمات المذيب على السطح يتحول القليل منها إلى الحالة الغازية، ومن ثم ينخفض الضغط البخاري. وكلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المذيب قل الضغط البخاري الناتج، لذا فإن **الانخفاض في الضغط البخاري** يعتمد على عدد جسيمات المذاب في المحلول، ولذلك فهو من الخواص الجامعة للمحاليل.

تستطيع توقع التأثير النسبي للمذاب في الضغط البخاري اعتماداً على كون المذاب متأيّناً أو غير متأيّن. فمثلاً يكون التأثير النسبي لـ 1 mol من كل من المواد المذابة غير المتأيّنة - ومنها الجلوكوز والسكروز والإيثانول - هو نفسه في الضغط البخاري، إلا أن تأثير 1 mol من كل من المواد المذابة المتأيّنة - ومنها كلوريد الصوديوم NaCl ، وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، وكلوريد الألومنيوم AlCl_3 - يزداد في الضغط البخاري؛ بسبب تزايد أعداد الأيونات التي ينتجها كل منها في محلولها.



الشكل 1-19 الضغط البخاري لمذيب نقي أكبر من الضغط البخاري لمحلول يحتوي على مذاب غير متطاير.

الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation

يؤثر المذاب غير المتطاير في درجة غليان المذيب لأنه يقلل الضغط البخاري له. تذكر أن السائل يغلي عندما يعادل ضغطه البخاري الضغط الجوي. وعندما ترتفع درجة حرارة المحلول المحتوي على مذاب غير متطاير إلى درجة غليان المذيب النقي فإن ضغط البخار الناتج يبقى أقل من الضغط الجوي، لذا لا يغلي المحلول. ولذلك يجب تسخين المحلول إلى درجة حرارة أعلى لتزويده بالطاقة الحركية الإضافية اللازمة لرفع الضغط البخاري له إلى ما يعادل الضغط الجوي. ويسمى الفرق بين درجة حرارة غليان المحلول ودرجة غليان المذيب النقي **الارتفاع في درجة الغليان**. وفي المواد غير المتأينة تتناسب قيمة ارتفاع درجة الغليان - التي يرمز إليها بالرمز ΔT_b - تناسباً طردياً مع مولالية المحلول.

الارتفاع في درجة الغليان

ΔT_b ارتفاع درجة الغليان

K_b ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي

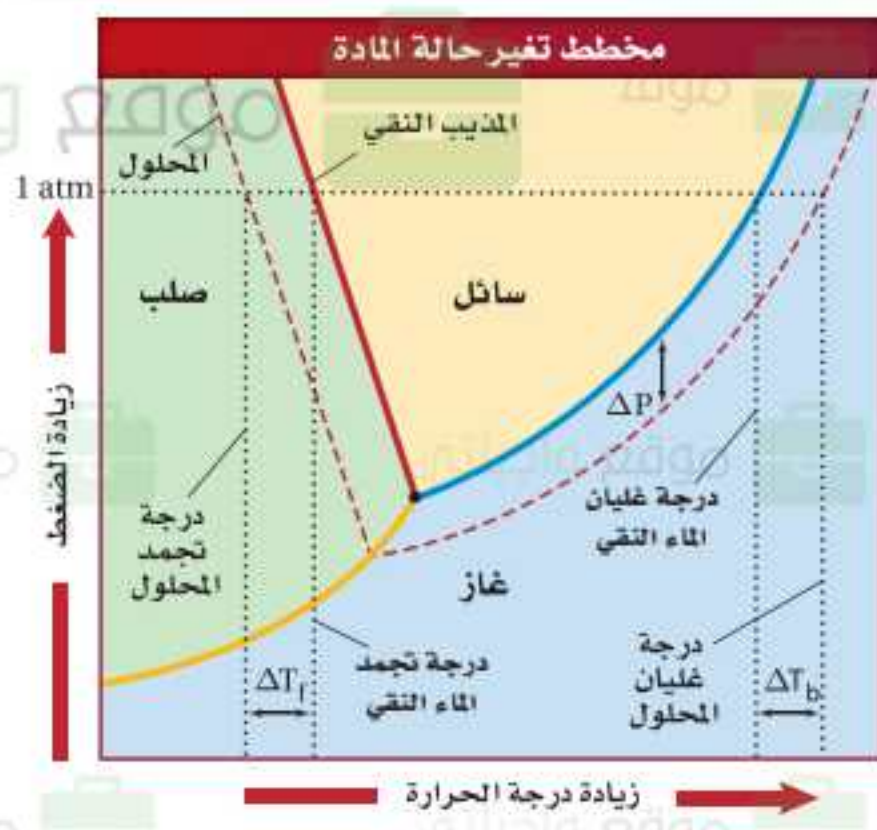
m مولالية المحلول

$$\Delta T_b = K_b m$$

كما أن ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالي K_b هو الفرق بين درجة غليان محلول يحتوي على 1 m من مذاب غير متطاير وغير متأين ودرجة غليان المذيب النقي. والوحدة المستعملة للتعبير عن ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي هي $^{\circ}\text{C} / m$ ، وتختلف قيمة الثابت K_b باختلاف المذيب. يبين الجدول 1-5 قيم K_b لعدد من المذيبات الشائعة. لاحظ أن قيمة K_b للماء هي $0.512^{\circ}\text{C} / m$ ؛ وهذا يعني أن 1 m من محلول مائي يحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين يغلي عند درجة حرارة 100.512°C ، وهذه الدرجة تزيد 0.512°C على درجة غليان الماء النقي 100.0°C .

وكما أن الانخفاض في الضغط البخاري خاصية جامعة فإن الارتفاع في درجة الغليان خاصية جامعة أيضاً. وتتناسب قيمة الارتفاع في درجة الغليان تناسباً طردياً مع مولالية المذاب في المحلول، أي أنه كلما زاد عدد جسيمات المذاب في المحلول زاد الارتفاع في درجة الغليان. ولأن المولالية مرتبطة مع الكسر المولي الذي يتضمن عدد جسيمات المذاب، لذا فهي تستعمل للدلالة على التركيز. ويعبر عن المذيب في المولالية بالكتلة بدلاً من الحجم. ولذلك لا تتأثر المولالية بتغير درجة الحرارة.

الجدول 1-5		ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي K_b
المذيب	درجة الغليان $^{\circ}\text{C}$	$K_b\text{ }^{\circ}\text{C}/m$
الماء	100.0	0.512
البنزين	80.1	2.53
رابع كلوريد الكربون	76.7	5.03
الإيثانول	78.5	1.22
الكلوروفورم	61.7	3.63



الشكل 1-20 يؤثر الضغط والحرارة في حالة المذيب النقي (الخط المتصل)، الصلبة أو السائلة أو الغازية، ويؤثران أيضًا في المحلول (الخط المتقطع).

اختبار الرسم البياني

صف كيف يمثل الفرق بين الخطين (المتصل والمتقطع) الانخفاض في الضغط البخاري، والارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمد؟ استعمل بيانات من الرسم البياني لدعم إجابتك.

■ انخفاض الضغط البخاري (ΔP)،

يمثل الفرق بين الخط الكامل، والمتقطع، عند حدود (السائل - الغاز)، كما يمثل الارتفاع في درجة الغليان (ΔT_b) الفرق بين درجة الغليان الاعتيادية على الخط الكامل، ونقطة التماثل على الخط المتقطع. وبالمثل يمثل الانخفاض في درجة التجمد (ΔT_f) الفرق في درجة التجمد الاعتيادية للماء.

الكيمياء في واقع الحياة

الانخفاض في درجة التجمد



الأسماك التي تعيش في المياه المالحة إن المحافظة على التركيز الملحي المناسب في غاية الأهمية للأسماك التي تعيش في المياه المالحة؛ فوجود الملح في المناطق القطبية من المحيط ضروري للمحافظة على المياه من التجمد، مما يسمح بالمحافظة على الحياة البحرية.

انظر إلى الشكل 1-20 ولاحظ أن المنحنى الذي يمثل المحلول يقع أسفل المنحنى الذي يمثل المذيب النقي عند أي درجة حرارة.

الانخفاض في درجة التجمد

Freezing Point Depression

تترتب الجسيمات في بنية أكثر تنظيمًا في الحالة الصلبة؛ أما في المحلول فتعمل جسيمات المذاب على إضعاف قوى التجاذب بين جسيمات المذيب، مما يمنع المذيب من الوصول إلى الحالة الصلبة عند درجة التجمد.

وتكون درجة تجمد المحلول دائمًا أقل من درجة تجمد المذيب النقي. ويبين الشكل 1-20 الفرق بين درجات الغليان والتجمد للماء النقي والمحلول المائي. وعند مقارنة الخطوط المتصلة مع المتقطعة في الرسم سوف تلاحظ أن نطاق درجة الحرارة للمحلول المائي في الحالة السائلة أكبر مما للماء النقي. ويبين الشكل 1-21 تطبيقين شائعين لاستعمال الملح لتقليل درجة تجمد المحلول المائي.

الانخفاض في درجة تجمد المحلول ΔT_f هو درجة تجمد المذيب النقي مطروحًا منها درجة تجمد المحلول.

الشكل 1-21 تعمل إضافة الأملاح إلى الجليد على تقليل درجة تجمد الجليد، مما يؤدي إلى انصهار الجليد على الطرق. وتعمل إضافة الملح إلى الجليد عند صنع الآيس كريم على تقليل درجة التجمد، مما يسمح للماء الناتج بتجميد الآيس كريم.



يبين الجدول 1-6 ثابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي (K_f) لكثير من المذيبات. هذا وتناسب قيم الانخفاض في درجة التجمد للمواد غير المتأينة تناسباً طردياً مع مولالية المحلول.

الجدول 1-6		ثابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي K_f
المذيب	درجة التجمد °C	K_f (°C/m)
الماء	0.0	1.86
البنزين	5.5	5.12
رابع كلوريد الكربون	-23.0	29.8
الإيثانول	-114.1	1.99
الكلوروفورم	-63.5	4.68

الانخفاض في درجة التجمد ΔT_f درجة الحرارة

$\Delta T_f = K_f m$ ثابت الانخفاض في درجة التجمد K_f المولالية m

وكما هو الحال مع قيم K_b فإن قيم K_f تعتمد على طبيعة المذيب. ولأن ثابت انخفاض درجة التجمد للماء (K_f) يساوي $1.86^\circ\text{C}/m$ فإن المحلول المائي الذي تركيزه $1 m$ يتجمد، ويحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين عند درجة -1.86°C وهي أقل من درجة تجمد الماء النقي (0.0°C). ويعد الجليسرول مذاب غير متأين، وينتجه الكثير من الأسماك والحشرات لحماية دمائها من التجمد في الشتاء القارص. كذلك فإن مقاوم التجمد أو مانع تكوين الجليد يحتوي على مذاب غير متأين، هو جليكول الإثيلين.

لاحظ أن معادلات الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد تحدد مولالية المواد غير المتأينة. أما في حالات المواد المتأينة فيجب استعمال المولالية الفعلية للمحلول والتي تأخذ بعين الاعتبار عدد جسيمات المذاب المتفككة، كما يوضحها المثال 1-6.



تجربة عملية
الانخفاض في درجة التجمد
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة

الانخفاض في درجة التجمد

كيف يمكنك قياس الانخفاض في درجة التجمد؟

الخطوات

- عندما تثبت درجة الحرارة في كل كأس سجل كلا منهما.
- اسكب محتويات الكأسين في المغسلة، واشطفها بكمية من ماء الصنبور.
- التحليل الإجابات في الصفحة التالية
- قارن درجة حرارة الماء والتلج بدرجة حرارة الماء والتلج المضاف إليهما الملح. بم تفسر تغير درجة الحرارة؟
- فسر لماذا أضيف الملح إلى إحدى الكأسين دون الأخرى؟
- فسر الملح مادة متأينة قوية تنتج أيوني الصوديوم Na^+ والكلور Cl^- عندما تتفكك في الماء. فسر لماذا يعد هذا التفكك مهماً عند حساب الانخفاض في درجة التجمد؟
- توقع هل من الأفضل استعمال الملح الخشن، أم ملح المائدة الناعم، عند صنع الآيس كريم المنزلي؟ فسر إجابتك.

- املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
- املاً كأسين سعة كل منهما 400 mL بالجليد المجروش، وأضف 50 mL من مياه الصنبور البارد إلى كل من الكأسين.
- قس درجة حرارة كل من الكأسين بمقياس حرارة (ثرمومتر) غير زئبقي.
- حرك محتويات كل كأس بساق مدمدة دقيقة واحدة، حتى تصبح درجتا حرارة الكأسين متماثلتين، وسجل درجة الحرارة.
- أضف 75 g من ملح الطعام الخشن NaCl إلى إحدى الكأسين، وتابع التحريك في الكأسين، سوف يذوب بعض الملح.



التحليل

1. قارن درجة حرارة الماء والتلج بدرجة حرارة الماء والتلج المضاف إليهما الملح. بم تفسر تغير درجة الحرارة؟

يجب أن تنخفض درجة تجمّد الماء ما بين $6^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C}$ عند إضافة الملح، وذلك لتداخل الأيونات مع قوى التجاذب بين جزيئات الماء، ومن ثمّ تمنع الماء من التجمّد عند درجة تجمّده الاعتياديّة 0°C .

2. فسر لماذا أضيف الملح إلى إحدى الكأسين دون الأخرى؟

يعمل الدورق الذي يحتوي على جليد فقط كمتغيّر ضابط.

3. فسر الملح مادة متأيّنة قوية تنتج أيوني الصوديوم Na^{+} والكلور Cl^{-} عندما تتفكّك في الماء. فسر لماذا يعد هذا التفكك مهماً عند حساب الانخفاض في درجة التجمّد؟

يؤثر عدد الجسيمات في المحلول على الخواصّ الجامعة للمحلول، وذلك لأنّ 1 mol من كلوريد الصوديوم ينتج 2 mol من الأيونات في المحلول؛ لذا يكون أثره أكبر على درجتَي التجمّد والغليان من المذاب الذي ينتج 1 mol من الجسيمات في المحلول.

4. توقع هل من الأفضل استعمال الملح الخشن، أم ملح المائدة الناعم، عند صنع الآيس كريم المنزلي؟ فسّر إجابتك.

ملح المائدة الناعم هو الخيار الأفضل؛ لأنّه يذوب بسرعة أكبر في المياه الباردة من الملح الصخريّ الخشن، ومن ثمّ ينتج انخفاض في درجة التجمّد أكبر، وبطريقة أسرع.

التغيرات في درجات التجمد والغليان يستعمل كلوريد الصوديوم NaCl عادة لمنع تكون الجليد على الطرق وتجميد الثلجات (الآيس كريم). ما درجتا غليان وتجمد محلول مائي من كلوريد الصوديوم تركيزه 0.029 m ، إذا علمت أن كلوريد الصوديوم مادة متأينة قوية؟

1 تحليل المسألة

أعطيت مولالية المحلول المائي لكلوريد الصوديوم. احسب ΔT_b و ΔT_f اعتماداً على عدد الجسيمات في المحلول، ثم حدد الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد. أضف ΔT_b إلى درجة الغليان، واطرح ΔT_f من درجة التجمد.

المعطيات

المذاب = كلوريد الصوديوم NaCl

المولالية = 0.29 m

المطلوب

درجة الغليان = °C ؟

درجة التجمد = °C ؟

2 حساب المطلوب

احسب مولالية الجسيمات الفعلية

$$m = 0.029 m$$

مولالية الجسيمات الفعلية = المولالية × عدد جسيمات المذاب المتفككة

$$m \times 2 = 0.058 m$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

ضع العلاقات الرياضية للارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_b = (0.512^\circ\text{C}/m)(0.058 m) = 0.030^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = (1.86^\circ\text{C}/m)(0.058 m) = 0.11^\circ\text{C}$$

$$\text{عوض عن } K_b = 0.512^\circ\text{C}/m, K_f = 1.86^\circ\text{C}/m$$

$$m = 0.058 m$$

احسب درجة الغليان بعد الارتفاع ودرجة التجمد بعد الانخفاض للمحلول.

$$T_b = 0.30^\circ\text{C} + 100.000^\circ\text{C} = 100.030^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.00^\circ\text{C} - 0.11^\circ\text{C} = -0.11^\circ\text{C}$$

أضف ΔT_b إلى درجة الغليان

واطرح ΔT_f من درجة التجمد

3 تقويم الإجابة

تكون درجة الغليان أعلى، ودرجة التجمد أقل، كما هو متوقع.

45. احسب درجة الغليان ودرجة التجمد لمحلول مائي تركيزه 0.625 m من أي مذاب غير متطاير وغير متأين.

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان، ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = 0.512^\circ\text{C}/m \times 0.625m = 0.320^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100^\circ\text{C} + 0.320^\circ\text{C} = 100.320^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

ومن المعادلة

احسب الانخفاض في درجة التجمد، ودرجة التجمد:

$$\Delta T_f = 1.86^\circ\text{C}/m \times 0.625m = 1.16^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.0^\circ\text{C} - 1.16^\circ\text{C} = -1.16^\circ\text{C}$$

46. ما درجة غليان محلول السكر في الإيثانول، الذي تركيزه 0.40 m ؟ وما درجة تجمده؟ علماً بأن السكر مادة غير متأينة؟

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان، ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = 1.22^\circ\text{C}/m \times 0.40m = 0.49^\circ\text{C}$$

$$T_b = 78.5^\circ\text{C} + 0.49^\circ\text{C} = 79.0^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

ومن المعادلة

احسب الانخفاض في درجة التجمد، ودرجة التجمد:

$$\Delta T_f = 1.99^\circ\text{C}/m \times 0.40m = 0.80^\circ\text{C}$$

$$T_f = -114.1^\circ\text{C} - 0.80^\circ\text{C} = -114.9^\circ\text{C}$$

47. تحفيزتم اختبار محلول تركيزه 0.045 m يحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين، ووجد أن الانخفاض في درجة تجمده بلغ 0.084°C . ما قيمة ثابت الانخفاض في درجة تجمده K_f ؟ وهل المذيب المكوّن منه المحلول في هذه الحالة هو الماء أو الإيثانول أو الكلوروفورم؟

$$\Delta T_f = K_f m$$

ومن المعادلة

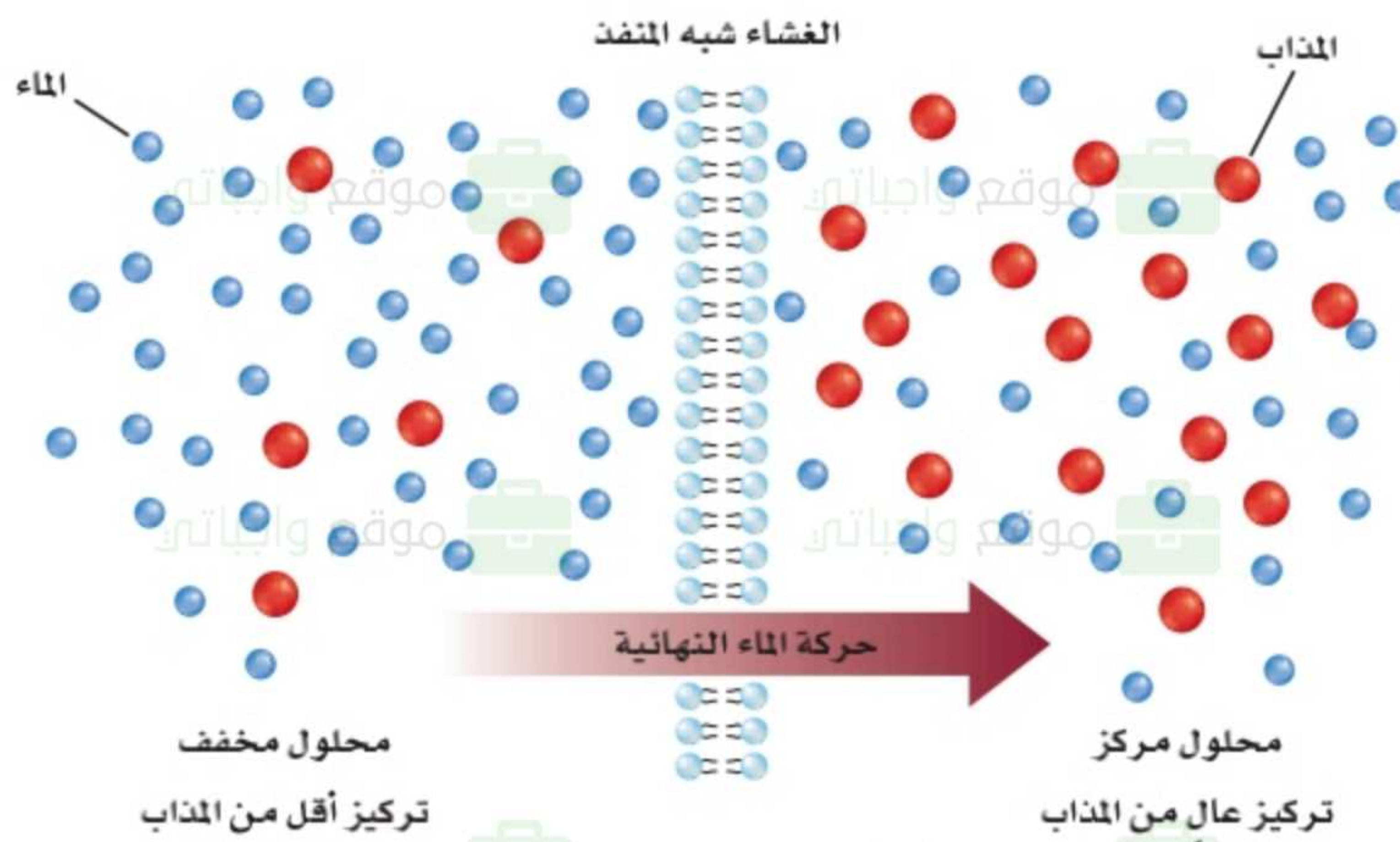
احسب ثابت الانخفاض في درجة التجمّد:

$$K_f = \frac{\Delta T_f}{m}$$

$$= \frac{0.080^\circ\text{C}}{0.045\text{ m}}$$

$$= 1.8^\circ\text{C}/\text{m}$$

سيكون المحلول أقرب إلى الماء؛ لأن القيمة المحسوبة قريبة من القيمة $1.86^\circ\text{C}/\text{m}$.



الشكل 1-22 تنتشر المذيبات بسبب الخاصية الأسموزية من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى خلال أغشية شبه منفذة.

الضغط الأسموزي Osmotic Pressure

عرفت أن الانتشار هو اختلاط الغازات أو السوائل، والنتائج عن حركتها العشوائية. أما الخاصية الأسموزية فهي انتشار المذيب خلال غشاء شبه منفذ من المحلول الأقل تركيزاً إلى المحلول الأكثر تركيزاً. والأغشية شبه المنفذة حواجز تسمح لبعض الجسيمات بالعبور. والأغشية التي تحيط بالخلايا الحية جميعها عبارة عن أغشية شبه منفذة. وتلعب الخاصية الأسموزية دوراً مهماً في الكثير من العمليات الحيوية، ومنها امتصاص الغذاء في النباتات.

يبين الشكل 1-22 نظاماً يكون فيه المحلول المخفف مفصلاً عن المحلول المركز بغشاء شبه منفذ. تتحرك جزيئات الماء خلال العملية الأسموزية في الاتجاهين عبر الغشاء، ولكن جزيئات المذاب لا تستطيع العبور. وتنتشر جزيئات الماء عبر الغشاء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز. وتسمى كمية الضغط الإضافي الناتج عن انتقال جزيئات الماء إلى المحلول المركز **الضغط الأسموزي**. ويعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في كمية محددة من المحلول، وهو خاصية جامعة للمحاليل.

التقويم 1-4

الخلاصة

- تقلل المواد المذابة غير المتطايرة الضغط البخاري للمحلول.
- يرتبط الارتفاع في درجة الغليان مباشرة بمولالية المحلول.
- يكون الانخفاض في درجة التجمد للمحلول أقل من درجة تجمد المذيب النقي.
- يعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في حجم معين.

48. **الفكرة الرئيسية** اشرح ما المقصود بالخواص الجامعة؟

49. صف الخواص الجامعة الأربع للمحاليل.

50. فسر لماذا يكون للمحلول درجة غليان أعلى من درجة غليان المذيب النقي؟

51. حلّ يغلي محلول مائي من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 عند درجة حرارة 101.3°C . ما كتلة كلوريد الكالسيوم بالكيلوجرام التي تذوب في 1000 g من المذيب؟

52. ثم احسب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول نفسه؟ إذا علمت أن الجلوكوز مادة غير متأينة؟

53. تحقق إذا علمت أن الارتفاع في درجة غليان محلول مائي لمذاب غير متأين وغير متطاير تساوي 1.12°C ، فما مولالية المحلول؟

الإجابات في الصفحة التالية

التقويم 1-4

48. **الفكرة الرئيسية** اشرح ما المقصود بالخواص الجامعة؟
تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

49. صف الخواص الجامعة الأربع للمحاليل.

الانخفاض في الضغط البخاري: الانخفاض في ضغط البخار مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.

الارتفاع في درجة الغليان: زيادة درجة الحرارة مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.

الانخفاض في درجة التجمد: انخفاض درجة التجمد مع نقصان جسيمات المذاب في المحلول.

الضغط الأسموزي: تغير الضغط الأسموزي مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.

50. فسر لماذا يكون للمحلول درجة غليان أعلى من درجة غليان المذيب النقي؟

تقل جسيمات المذاب في المحلول الضغط البخاري فوق المحلول؛ وذلك لأن المحلول يغلي عندما يتساوى ضغطه البخاري مع الضغط الخارجي، ومن ثم ينتج عن هذا الانخفاض في البخار الحاجة إلى درجة حرارة أعلى؛ لكي يتمكن المحلول من الغليان.

التقويم 1-4

51. حلّ يغلي محلول مائي من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 عند درجة حرارة 101.3°C . ما كتلة كلوريد الكالسيوم بالكيلوجرام التي تذوب في 1000 g من المذيب؟

$$\Delta T_b = K_b m$$

احسب المولالية

$$m = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{1.3^\circ\text{C}}{0.512^\circ\text{C}/m}$$

$$m = 2.53 \text{ mol/kg}$$

احسب عدد مولات CaCl_2 :

$$2.53 \text{ mol particles} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCl}_2}{3 \text{ mol particles}} = 0.84 \text{ mol } \text{CaCl}_2$$

احسب كتلة CaCl_2 بالكيلوجرام:

$$0.84 \text{ mol } \text{CaCl}_2 \times \frac{110.98 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.0936 \text{ kg}$$

التقويم 1-4

52. ثم احسب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول نفسه؟ إذا علمت أن الجلوكوز مادة غير متأينة؟

احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$:

$$50.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol}}{180.15 \text{ g}} = 0.278 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

احسب المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} = \frac{0.278 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{0.500 \text{ kg } H_2O} = 0.556 \text{ m}$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان، ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = (0.512^\circ\text{C}/m)(0.556m) = 0.285^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100.000^\circ\text{C} + 0.285^\circ\text{C} = 100.285^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

ومن المعادلة

احسب الانخفاض في درجة التجمد، ودرجة التجمد:

$$\Delta T_f = (1.86^\circ\text{C}/m)(0.556m) = 1.03^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.00^\circ\text{C} - 1.03^\circ\text{C} = -1.03^\circ\text{C}$$

53. تحقق إذا علمت أن الأرتفاع في درجة غليان محلول مائي لمذاب غير متأين وغير متطاير تساوي 1.12°C ، فما مولالية المحلول؟

$$\Delta T_b = K_b m$$

$$1.12^\circ\text{C} = (0.512^\circ\text{C}/m) \times (m)$$

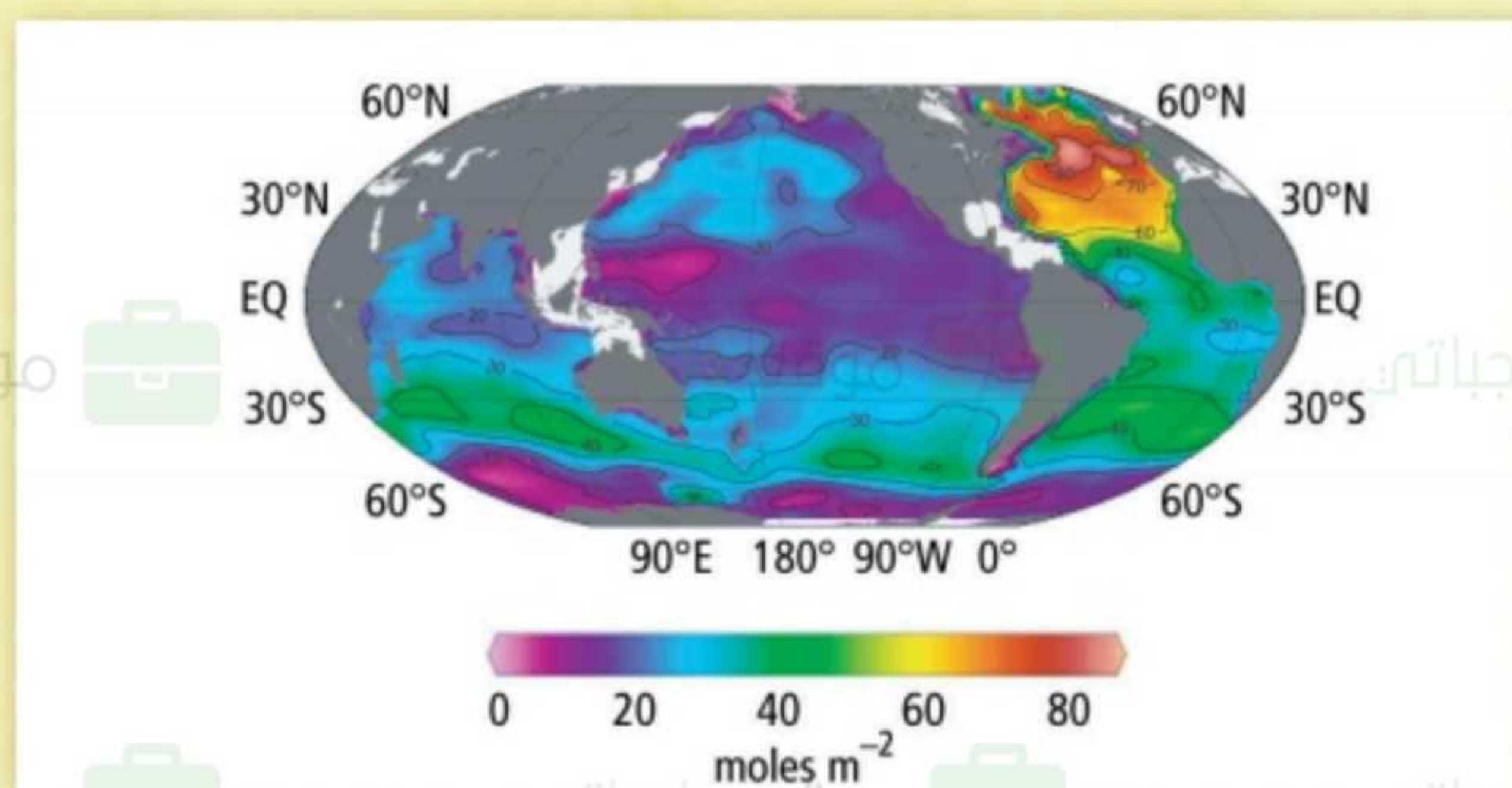
$$m = 2.19 \text{ m}$$

في الميدان

مهن: كيميائي البيئة

محلل CO₂

في كيميائية المياه، مما قد يلحق ضرراً، أو يقتل المخلوقات البحرية. فعلى سبيل المثال أظهرت الشعب المرجانية المنتشرة في مختلف أنحاء العالم دلائل إجهاد؛ نتيجة زيادة مستوى CO₂ الذائب في الماء.



شكل 1 ترمز الألوان الحمراء والصفراء والخضراء إلى المناطق التي فيها مستويات عالية من CO₂ الذائب في الماء.

الحجز في أعماق البحار Deep ocean sequestration

هناك اقتراح قد يقلل من كمية CO₂ الجوي، ويحمي الحياة في الجزء العلوي من المحيط، وهو تسيل غاز CO₂، ثم ضخه إلى طبقات المياه السفلى، وتسمى هذه العملية الحجز في أعماق البحار. وهناك تصور أن الضغط الشديد في الأعماق (أكبر من 3000 m) من شأنه أن يحول CO₂ إلى هيدرات تذوب في أعماق مياه المحيطات، ولكن سيبقى CO₂ عالقاً مئات السنين بعيداً عن الجزء العلوي للمحيط والغلاف الجوي.

بحوث مستمرة Ongoing research

يعمل العلماء على إيجاد إجابات عن كثير من الأسئلة حول أثر CO₂ في المخلوقات التي تعيش في الأعماق. ولا يزال هناك الكثير من المشاكل التقنية المتعلقة بعملية جمع CO₂ وتخزينه ونقل كميات كبيرة منه. وإذا تم حل هذه المشكلات التقنية فإن على الرأي العام والمسؤولين الأخذ في الحسبان الأخطار المتعلقة بانبعاث CO₂ في الهواء وفي المحيطات.

تشير السجلات الجيولوجية إلى أن مستويات ثاني أكسيد الكربون CO₂ في الغلاف الجوي أعلى كثيراً في الوقت الحاضر مقارنة بعشرين مليون سنة مضت. وقد أسهمت صناعات الإنسان في هذه الزيادة. إلا أن CO₂ لا يبقى في الغلاف الجوي إلى أجل غير مسمى؛ إذ تحتوي المحيطات بشكل طبيعي على CO₂ الذي يأتي من الغلاف الجوي، ومن المخلوقات الحية. وتقوم المحيطات بامتصاص 50% من CO₂ المنبعث من صناعات الإنسان. ويعتقد بعض العلماء أنه خلال ألف سنة قادمة سيذوب 90% منه في المحيطات.

جمع البيانات عن CO₂ Collecting CO₂ data

تتأثر سرعة ذوبان CO₂ في المحيطات بعدة عوامل، منها درجة الحرارة، وتركيز CO₂ في الهواء والماء، واختلاط الماء مع الهواء بسبب الرياح، وحركة الأمواج. لقد قضى فريق من الباحثين عدة سنوات لجمع وتحليل البيانات حول CO₂، وذلك من آلاف نقاط الجمع في المحيطات حول العالم. وتوضح بيانات الشكل 1 أن شمال المحيط الأطلسي يحتوي على أكبر كمية من CO₂ لكل متر مربع من سطح المحيط؛ لأن عوامل درجة الحرارة والعمق والتيارات البحرية تجعل من شمال المحيط الأطلسي ماصاً فعالاً لغاز CO₂ المنبعث من صناعات الإنسان.

جمع وتخزين CO₂ CO₂ capture and storage

هناك طريقة واحدة لتقليل كمية CO₂ المنطلقة إلى الغلاف الجوي، وهي جمع وتخزين CO₂ الناتج عن حرق الوقود الأحفوري. يقوم العلماء بالبحث عن احتمالية حقن CO₂ الذي تم جمعه مباشرة في المحيط؛ وذلك لتسريع عملية ذوبانه؛ حيث تقلل هذه العملية من أثر الاحتباس الحراري الذي يسببها غاز CO₂. ومع ذلك فقد يؤدي اختلال التوازن الطبيعي لثاني أكسيد الكربون CO₂ الذائب إلى آثار بالغة

الكتابة في الكيمياء

عصف ذهني إعداد مجموعة من الأسئلة للإجابة عنها بالبحث حول حجز ثاني أكسيد الكربون في أعماق البحار.

الإجابة في الصفحة التالية

الكيمياء

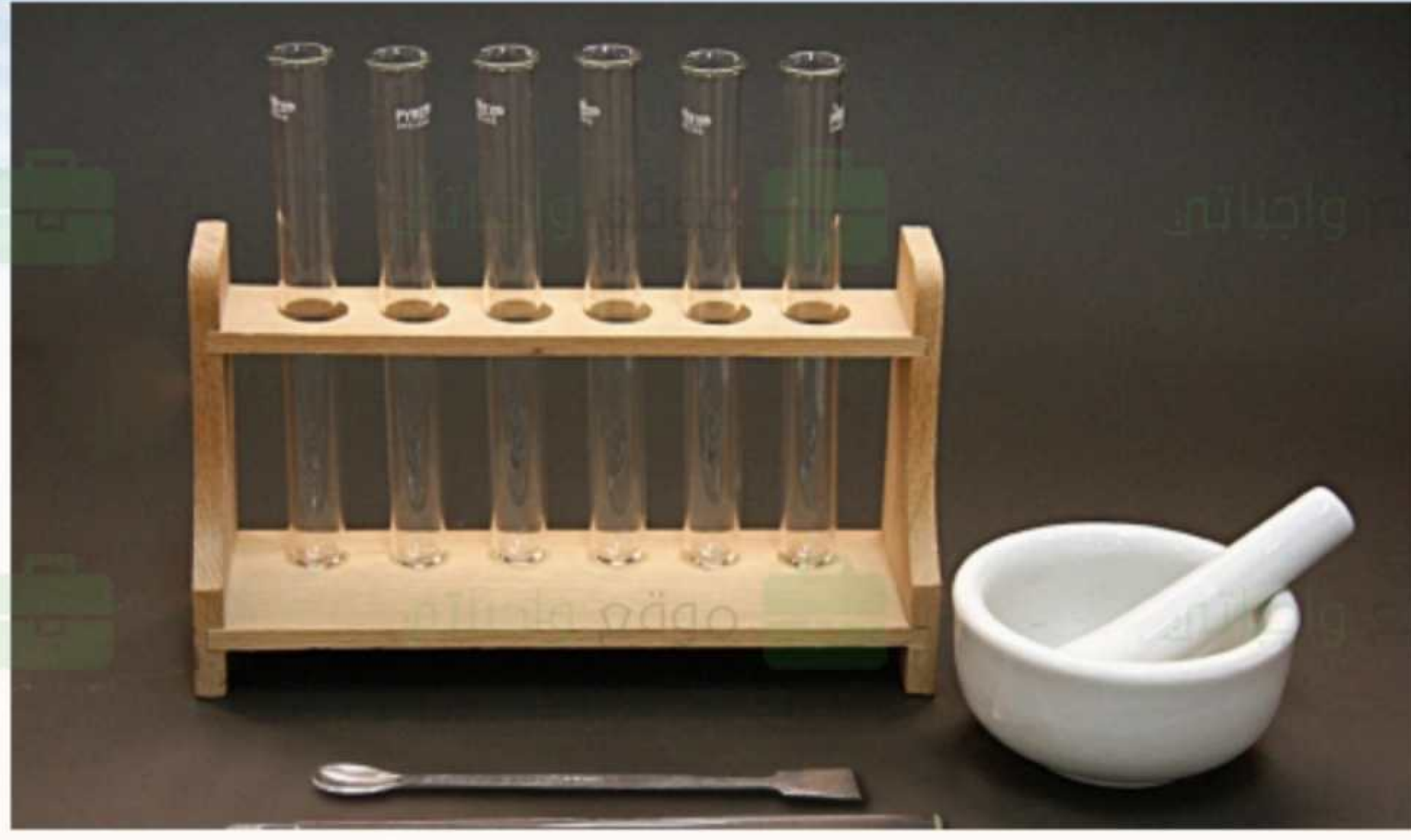
الكتابة في

عصف ذهني إعداد مجموعة من الأسئلة للإجابة عنها بالبحث
حول حيز ثاني أكسيد الكربون في أعماق البحار.

العصف الذهني تتنوع الإجابات، وقد تتضمن الأسئلة الآتية: ما التأثيرات القصيرة والطويلة المدى الناتجة عن تعرّض المخلوقات الحيّة، ونظام البيئة البحرية المرتفع في أعماق المحيط لتركيز عالٍ من CO_2 لفترات طويلة؟ ما الفترة التي يمكن حيز CO_2 السائل خلالها؟ وما العواقب المحتملة إذا لم تبق المستويات المرتفعة من CO_2 عند أعماق تزيد عن 3000 m لفترات طويلة جداً؟ كيف يؤثر نقصان مستويات CO_2 في الغلاف الجويّ على المناخ العالميّ؟ كيف تؤثر الأحداث الجيولوجيّة (الزلازل وحركة الصفائح) على مناطق حيز CO_2 ؟

مختبر الكيمياء

استقصاء العوامل المؤثرة في الذائبية



الخلفية تتضمن عملية تحضير محلول تصادم جسيمات المذيب والمذاب. فعند إضافة مركب قابل للذوبان إلى الماء تؤثر عدة عوامل في سرعة تكوين المحلول.

سؤال كيف تؤثر هذه العوامل في سرعة تكوين المحلول؟

المواد والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس II المائية	حامل أنابيب اختبار
ماء مقطر	هاون (مدق)
6 أنابيب اختبار	ملعقة
مخبار مدرج سعته 25 mL	ساعة
ساق تحريك زجاجية	
ماسك أنابيب	

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. املاء بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمم جدولاً لتسجيل البيانات.
3. اكتب فرضية حول ما تعرفه عن سرعة التفاعل لتفسير ما يمكن ملاحظته في خطوات العمل.
4. ضع الأنابيب الستة على حامل الأنابيب.
5. ضع بلورة من كبريتات النحاس II المائية في كل من الأنبوب الأول والأنبوب الثاني.
6. استعمل الهاون والمدق لطحن بلورة أخرى، ثم اكشط المسحوق الناتج بالملعقة، وضعه في الأنبوب الثالث، وكرر ذلك للأنابيب المتبقية.
7. قس 15 mL من الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة، ثم اسكه في أنبوبي الاختبار الأول والثاني، ثم سجل الزمن.
8. لاحظ المحلول في الأنبوب الأول بعد إضافة الماء مباشرة وبعد 15 دقيقة.
9. اترك الأنبوب الأول دون أي حركة على حامل الأنابيب.
10. كرر الخطوتين 7 و8 مع الأنبوبين الثالث والرابع.
11. استعمل ساق التحريك الزجاجية لتحريك أنبوب الاختبار الثاني مدة دقيقة أو اثنتين.
12. اترك الأنبوب الثالث دون تحريك.

13. حرك المحلول الرابع بالساق الزجاجية مدة دقيقة أو اثنتين.
14. كرر الخطوتين 7 و8 مع الأنبوب الخامس باستعمال ماء أكثر برودة، واترك الأنبوب بلا تحريك.

15. كرر الخطوتين 7 و8 مع الأنبوب السادس باستعمال ماء ساخن، واترك الأنبوب بلا تحريك.

16. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من بقايا المواد الصلبة والمحاليل باتباع إرشادات معلمك. ونظف أدوات المختبر جميعها، وأعدّها إلى أماكنها.

التحليل والاستنتاج الإجابات في الصفحة التالية

1. **المقارنة** ما التأثير الذي لاحظته عند تحريك الأنبوب الثاني والرابع مقارنة بالأنبوب الأول والثالث؟
2. **الملاحظة والاستنتاج** ما العامل الذي أدى إلى تكوين المحلول بسرعة في الأنبوب الرابع مقارنة بالأنبوب الثاني؟
3. **إدراك النتيجة والسبب** لماذا اختلفت النتائج بين الأنابيب الثالث والرابع والسادس؟
4. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك قد دعمت فرضيتك.
5. **تحليل الخطأ** اعرف مصدر الخطأ الرئيس المحتمل في التجربة، واقترح طريقة سهلة لتصحيحه.

الاستقصاء

التفكير الناقد إذا أمكن رؤية نتائج هذه التجربة بالعين المجردة، فاقترح تفسيراً تحت مجهر (لا يمكن ملاحظته) لأثر هذه العوامل في سرعة تكوين المحلول. ماذا يحدث على مستوى الجزيئات لتسريع تكوين المحلول في كل حالة؟

التحليل والاستنتاج

1. **المقارنة** ما التأثير الذي لاحظته عند تحريك الأنبوب الثاني والرابع مقارنة بالأنبوب الأول والثالث؟

احتوت أنابيب الاختبار التي تم تحريكها على محاليل أغمق بشكل أوضح من الأنبوب الأول والثالث اللذين بقيا صافيين لأنهما لم يتحرّكا ، وقد احتوى الأنبوب الرابع على أغمق محلول.

2. **الملاحظة والاستنتاج** ما العامل الذي أدى إلى تكوين

المحلول بسرعة في الأنبوب الرابع مقارنة بالأنبوب الثاني؟

كان معدل سرعة الذوبان في أنبوب الاختبار الرابع أكبر ما يمكن، وذلك بسبب طحن البلورات؛ لأن طحن المادة الصلبة يزيد المساحة السطحية لها، ممّا يسبّب ذوبانها بسرعة أكبر.

3. **إدراك النتيجة والسبب** لماذا اختلفت النتائج بين الأنابيب الثالث والرابع والسادس؟

كان ذوبان المادة الصلبة في الأنبوب السادس هو الأسرع، بسبب ازدياد درجة الحرارة، بينما قلّ الماء البارد في الأنبوب الخامس من سرعة ذوبان المادة الصلبة.

4. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك قد دعمت فرضيتك.

ستتنوع الإجابات

5. **تحليل الخطأ** اعرف مصدر الخطأ الرئيس المحتمل في التجربة، واقترح طريقة سهلة لتصحيحه.

المصدر الأساسي المحتمل للخطأ هو حجم البلورات، فإذا كان حجم البلورات كثير التباين فإن النتيجة ستتغير.

دليل مراجعة الفصل

1

الفصل

الفكرة العامة معظم السوائل والغازات والمواد الصلبة التي تكون عالمنا مخاليط .

1-1 أنواع المخاليط

الأفكار الرئيسية

- يمكن تمييز مكونات المخلوط غير المتجانس .
- هناك نوعان من المخاليط غير المتجانسة، هما المعلق والغروي .
- الحركة البراونية حركة عشوائية لجسيمات المخلوط الغروي .
- تُظهر المخاليط الغروية والمعلقة تأثير تندال .
- قد يوجد المحلول في إحدى الحالات الفيزيائية الثلاث: السائلة أو الغازية أو الصلبة، اعتمادًا على الحالة الفيزيائية للمذيب .
- يمكن أن يكون المذاب في المحلول غازًا أو سائلًا أو صلبًا .

المخاليط إما متجانسة أو غير متجانسة .

الفكرة الرئيسية

المفردات

- المخلوط المعلق • تأثير تندال
- المخلوط الغروي • المادة الذائبة
- الحركة البراونية • المادة غير الذائبة

1-2 تركيز المحلول

الأفكار الرئيسية

- يقاس التركيز كمًّا ونوعًا .
- المولارية هي عدد مولات المذاب في 1L من المحلول .
- المولالية هي نسبة عدد مولات المذاب في 1 kg من المذيب .
- عدد المولات قبل التخفيف = عدد المولات بعد التخفيف

يمكن التعبير عن التركيز بدلالة

الفكرة الرئيسية

النسبة المئوية أو المولات .

المفردات

- التركيز
- المولالية
- المولارية
- الكسر المولي

1-3 العوامل المؤثرة في الذوبان

الأفكار الرئيسية

- تتضمن عملية الذوبان إحاطة جسيمات المذيب لجسيمات المذاب .
- يكون المحلول غير مشبع أو مشبعًا أو فوق مشبع .
- ينصّ قانون هنري على أن ذائبية الغاز في سائل تتناسب طرديًا مع ضغط الغاز فوق السائل عند درجة حرارة معينة .

يتأثر تكون المحلول بعوامل، منها

الفكرة الرئيسية

الحرارة والضغط والقطبية .

المفردات

- الذوبان
- حرارة الذوبان
- المحلول المشبع
- المحلول فوق المشبع
- المحلول غير المشبع
- قانون هنري

1-4 الخواص الجامعة للمحاليل

الأفكار الرئيسية

- تقلل المواد المذابة غير المتطايرة الضغط البخاري للمحلول .
- يرتبط الارتفاع في درجة الغليان مباشرة بمولالية المحلول .
- يكون الانخفاض في درجة التجمد للمحلول أقل من درجة تجمد المذيب النقي .
- يعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في حجم معين .

تعتمد الخواص الجامعة على عدد

الفكرة الرئيسية

جسيمات المذاب في المحلول .

المفردات

- الخواص الجامعة
- الخاصية الأسموزية
- الانخفاض في الضغط البخاري
- الارتفاع في درجة الغليان
- الضغط الأسموزي
- الانخفاض في درجة التجمد

1-1

إتقان المفاهيم

54. وضح المقصود بالعبارة "ليست كل المخاليط محاليل".

قد تكون المحاليل مخاليط متجانسة منتظمة التركيب وبحالة فيزيائية واحدة. وقد تكون المخاليط غير متجانسة؛ إذ يمكن تمييز مكوناتها.

55. ما الفرق بين المذاب والمذيب؟

يُعدّ المذاب المادة التي تتم إذابتها، في حين يُعدّ المذيب المادة التي يذوب فيها المذاب.

56. ما المخلوط المعلق؟ وفيه يختلف عن المخلوط الغروي؟

المخلوط المعلق مخلوط غير متجانس؛ حيث تترسب جسيمات المذاب إذا لم يُحرّك. كما تكون جسيمات المذاب في المخلوط الغروي أصغر كثيراً من جسيمات المذاب في المخلوط المعلق ولا تترسب.

57. كيف يستخدم تأثير تندال للتمييز بين المخلوط الغروي

والمحلول؟ لماذا؟

تكون الحزمة الضوئية مرئية في المخلوط الغروي ولكنها لا تُرى في المحلول؛ وذلك لكون جسيمات المخلوط الغروي كبيرة بصورة كافية لتشتت الضوء (ظاهرة تندال).

58. سمّ مخلوطا غروياً مكوناً من غاز مذاب في سائل؟

قد تتضمن إجابات الطلاب الكريما المخفوقة، وبياض البيض المخفوق.



الشكل 1-23

59. تبيلة السلطة ما نوع الخليط غير المتجانس الموضح في الشكل 1-23؟ وما الخصائص التي اعتمدت عليها في تصنيفك؟

المخلوط المعلق، وتترسب مكوناته في قعر الدورق إذا ترك دون تحريك.

60. ما الذي يسبب الحركة البراونية في المخلوط الغروي؟

تنتج الحركة العشوائية لجسيمات المخلوط الغروي عن اصطدام الجسيمات معاً.

إتقان المفاهيم

61. ما الفرق بين النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم؟

النسبة المئوية بالكتلة هي النسبة بين كتلة المذاب والكتلة الكلية للمحلول. أما النسبة المئوية بالحجم فهي النسبة بين حجم المذاب والحجم الكلي للمحلول.

62. ما الفرق بين المولارية والمولالية؟

المولارية هي تركيز المحلول معبراً عنه بعدد مولات المذاب في حجم المحلول باللتر، في حين تعبر المولالية عن التركيز بعدد مولات المذاب في كل كيلوجرام من المذيب. ولا تعتمد المولالية على درجة حرارة المحلول.

63. ما العوامل التي يجب أخذها في الحسبان عند إعداد محلول مخفف من محلول قياسي؟

تكتب مولارية وحجم المحلولين المركز والمخفف في صورة المعادلة الآتية: $M_1 V_1 = M_2 V_2$

64. كيف يختلف محلولان من NaCl تركيز أحدهما 0.5 M والآخر 2.0 M؟

يحتوي محلول NaCl الذي تركيزه 2 M عددًا أكثر من المولات مقارنة بمحلول تركيزه 0.5 M.

65. تحت أي ظروف يمكن للكيميائي وصف المحلول بدلالة المولالية؟ ولماذا؟

تحت شروط تغيير درجة الحرارة؛ لأن المولالية تعتمد على الكتلة ولا تتغير مع درجة الحرارة.

إتقان حل المسائل

66. وفق خطوات العمل في تجربة مختبرية، قمت بخلط 25.0 g من $MgCl_2$ مع 550 mL من الماء. ما النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الماغنسيوم $MgCl_2$ في المحلول؟

$$\begin{aligned} \text{النسبة المئوية بالكتلة} &= \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\% \\ &= \frac{25.0 \text{ g } MgCl}{25.0 \text{ g } MgCl + 550 \text{ g } H_2O} \times 100\% = 4.3\% \end{aligned}$$

67. ما كمية LiCl بالجرامات الموجودة في 275 g من محلوله المائي الذي تركيزه 15%؟

$$\text{كتلة LiCl} = \frac{275 \text{ g} \times 15}{100} = 41 \text{ g}$$

68. إذا كنت ترغب في تحضير كمية كبيرة من محلول HCl بتركيز 5%، ولديك 25 mL من HCl فقط، فما أقصى حجم محلول 5% يمكنك تحضيره؟

$$\text{حجم المحلول} = \frac{25 \text{ mL HCl}}{5} \times 100\% = 500 \text{ mL}$$

1 التقويم

69. احسب النسبة المئوية بالحجم لمحلول يحضر بإضافة 75 mL من حمض الإيثانويك إلى 725 mL من الماء.

$$\begin{aligned} 100\% \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} &= \text{النسبة المئوية بالحجم} \\ &= \frac{75 \text{ mL CH}_3\text{COOH}}{75 \text{ mL CH}_3\text{COOH} + 725 \text{ mL H}_2\text{O}} \times 100 \\ &= 9.4\% \end{aligned}$$

70. احسب مولارية محلول يحتوي على 15.7 g من CaCO_3 الذائب في 275 mL من الماء.

$$\begin{aligned} \text{احسب عدد مولات } \text{CaCO}_3: \\ \text{mol CaCO}_3 &= 15.7 \text{ g CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{100.01 \text{ g CaCO}_3} \\ &= 0.157 \text{ mol CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{المولارية (M)} &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} \\ &= \frac{0.157 \text{ mol CaCO}_3}{0.275 \text{ L}} = 0.571 \text{ M} \end{aligned}$$

التمرين 1 التقويم

71. ما حجم محلول تركيزه 3.00 M تم تحضيره بإذابة 122 g LiF؟

احسب عدد مولات LiF :

$$\text{mol LiF} = 122 \text{ g LiF} \times \frac{1 \text{ mol LiF}}{25.9 \text{ g LiF}} = 4.71 \text{ mol LiF}$$

$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية M}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{حجم المحلول} = \frac{4.71 \text{ mol}}{3.00 \text{ M}} = 1.57 \text{ L}$$

72. ما عدد مولات BaS اللازمة لتحضير محلول حجمه $1.5 \times 10^3 \text{ mL}$ وتركيزه 10 M؟

حوّل الحجم إلى وحدة L :

$$1.5 \times 10^3 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1.5 \text{ L}$$

احسب عدد مولات BaS :

$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية M}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{mol BaS} = \frac{10.0 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times 1.5 \text{ L} = 15 \text{ mol}$$

1 التقويم

73. ما كتلة CaCl_2 بالجرامات اللازمة لتحضير محلول حجمه 2.0 L وتركيزه 3.5 M؟

احسب عدد مولات CaCl_2 :

$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية M}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{mol CaCl}_2 = \frac{3.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \times 2.0 \text{ L} = 7.0 \text{ mol CaCl}_2$$

احسب كتلة CaCl_2 :

$$\text{كتلة CaCl}_2 = 7.0 \text{ mol CaCl}_2 \times \frac{110.1 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 770 \text{ g}$$

74. غالبًا ما تحضر محاليل قياسية مختلفة التراكيز من HCl لتنفيذ التجارب. أكمل الجدول 1-7 بحساب حجم المحلول المركز أو المحلول الذي تركيزه 12 M من حمض الهيدروكلوريك اللازم لتحضير 1.0 L من محلول HCl باستعمال قيم المولارية المدونة في الجدول.

جدول 1-7 محاليل HCl	
حجم محلول 12 M HCl القياسي بوحدة mL	مولارية HCl
42 mL	0.50
83 mL	1.0
130 mL	1.5
170 mL	2.0
420 mL	5.0

من المعادلة: $M_1V_1=M_2V_2$

وا حسب الحجم الابتدائي بوحدة L، ثم حوِّله إلى mL لكل محلول:

$$V_1 = \frac{0.50 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{12 \text{ mol/L}} = 0.042 \text{ L HCl}$$

$$0.042 \text{ L HCl} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 42 \text{ mL HCl}$$

$$V_1 = \frac{1.0 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{12 \text{ mol/L}} = 0.083 \text{ L HCl}$$

$$0.083 \text{ L HCl} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 83 \text{ mL HCl}$$

$$V_1 = \frac{1.5 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{12 \text{ mol/L}} = 0.13 \text{ L HCl}$$

$$0.13 \text{ L HCl} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 130 \text{ mL HC}$$

$$V_1 = \frac{2.0 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{12 \text{ mol/L}} = 0.17 \text{ L HCl}$$

$$0.17 \text{ L HCl} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 170 \text{ mL HCl}$$

$$V_1 = \frac{5.0 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}}{12 \text{ mol/L}} = 0.42 \text{ L HCl}$$

$$0.42 \text{ L HCl} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 420 \text{ mL HCl}$$

1 التقويم

75. كم تحتاج من حمض النيتريك (mL) الذي تركيزه 5.0 M لتحضير 225 mL HNO₃ تركيزه 1.0 M؟

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_{1 \text{ HNO}_3} = 1.0 \text{ M} \times \frac{225 \text{ mL}}{5.0 \text{ M}}$$

$$V_{1 \text{ HNO}_3} = 45 \text{ mL}$$

76. تجربة إذا قمت بتخفيف 55 mL من محلول تركيزه 4.0 M لتحضير محلول مخفف حجمه 250 mL، فاحسب مولارية المحلول الجديد.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{4.0 \text{ M} \times 55 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} = 0.88 \text{ M}$$

77. ما حجم حمض الفوسفوريك (بوحددة mL) الذي تركيزه 3.0 M ، والذي يمكن تحضيره من 95 mL من محلول 5.0 M H₃PO₄؟

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{5.0 \text{ M} \times 95 \text{ mL}}{3.0 \text{ M}} = 160 \text{ mL}$$

78. إذا خففت 20.0 mL من محلول تركيزه 3.5 M لتحضير محلول حجمه 100.0 mL، فما مولارية المحلول بعد التخفيف؟

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{3.5 \text{ M} \times 20 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 0.70 \text{ M}$$

79. ما مولالية محلول يحتوي على 75.3 g من KCl مذابة في 95.0 g من الماء؟

احسب عدد مولات KCl:

$$\text{mol KCl} = 75.3 \text{ g KCl} \times \frac{1 \text{ mol KCl}}{74.6 \text{ g KCl}} = 1.01 \text{ mol KCl}$$

احسب حجم H₂O:

$$95.0 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.0950 \text{ kg H}_2\text{O}$$

احسب المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

$$m = \frac{1.01 \text{ mol KCl}}{0.0950 \text{ kg H}_2\text{O}} = 10.6 \text{ m}$$

80. ما كتلة Na_2CO_3 (بوحدة g) التي يجب إذابتها في 155 g من الماء لعمل محلول تركيزه 8.20 mol/kg ؟

احسب كتلة H_2O بالكيلوجرام kg:

$$155 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.155 \text{ kg H}_2\text{O}$$

احسب عدد مولات Na_2CO_3 :

$$\text{mol Na}_2\text{CO}_3 = \frac{8.20 \text{ mol}}{\text{kg}} \times 0.155 \text{ kg} = 1.27 \text{ mol}$$

احسب كتلة Na_2CO_3 :

$$\text{كتلة NaCO}_3 = 1.27 \text{ mol NaCO}_3 \times \frac{83.00 \text{ g NaCO}_3}{\text{mol NaCO}_3} = 105 \text{ g}$$

81. ما مولالية محلول يحتوي على 30.0 g من النفثالين $C_{10}H_8$ الذائب في 500 g من التولوين؟

احسب عدد مولات $C_{10}H_8$:

$$30.0 \text{ g } C_{10}H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_8}{128 \text{ g } C_{10}H_8} = 0.234 \text{ mol } C_{10}H_8$$

احسب كتلة المذيب (التولوين) بالكيلوجرام:

$$500.0 \text{ g التولوين} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.5000 \text{ kg}$$

احسب المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

$$m = \frac{0.234 \text{ mol } C_{10}H_8}{0.5000 \text{ kg التولوين}} = 0.468 \text{ m}$$

82. ما المولالية والكسر المولي لمذاب يحتوي على 35.5% بالكتلة من محلول حمض الميثانويك HCOOH ؟

$$\frac{35.5 \text{ g HCOOH}}{100.0 \text{ g محلول}}$$

احسب عدد مولات HCOOH :

$$35.5 \text{ g HCOOH} \times \frac{1 \text{ mol HCOOH}}{46.03 \text{ g HCOOH}} = 0.771 \text{ mol HCOOH}$$

احسب كتلة H_2O بالكيلوجرام kg :

$$\begin{aligned} \text{كتلة } \text{H}_2\text{O} &= 100.0 \text{ g} - 35.5 \text{ g} = 64.5 \text{ g} \\ &= 6.45 \times 10^{-2} \text{ kg} \end{aligned}$$

احسب عدد مولات H_2O :

$$\begin{aligned} \text{moles H}_2\text{O} &= 64.5 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g H}_2\text{O}} \\ &= 3.58 \text{ mol H}_2\text{O} \end{aligned}$$

احسب المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

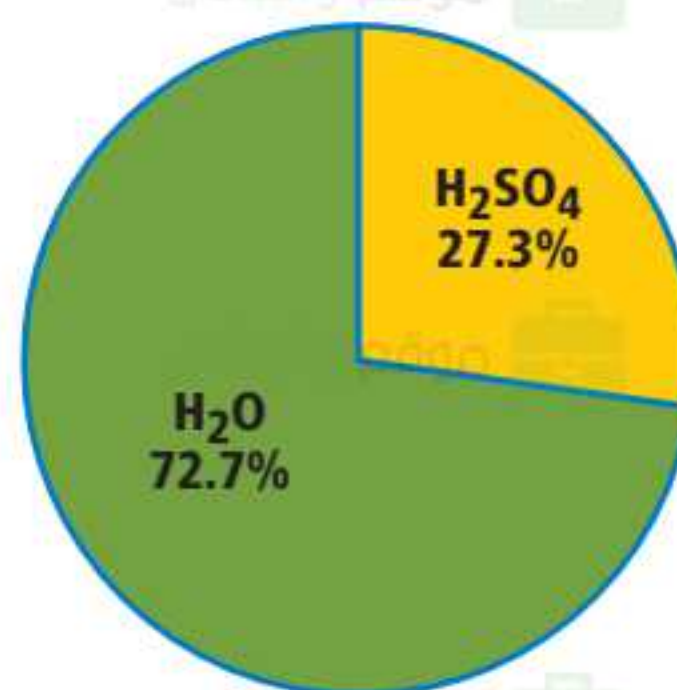
$$= \frac{0.771 \text{ mol HCOOH}}{6.45 \times 10^{-2} \text{ kg H}_2\text{O}} = 12.0 \text{ m}$$

احسب الكسر المولي لـ HCOOH :

$$X_{\text{HCOOH}} = \frac{n_{\text{HCOOH}}}{n_{\text{HCOOH}} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$= \frac{0.771 \text{ mol}}{0.771 \text{ mol} + 3.58 \text{ mol}} = 0.177$$

83. استعن بالشكل 1-24، واحسب الكسر المولي لحمض الكبريتيك H_2SO_4 في المحلول .



الشكل 1-24

احسب عدد مولات H_2SO_4 :

$$27.3 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4}{97.1 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4} = 0.281 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4$$

احسب عدد مولات H_2O :

$$72.7 \text{ g } \text{H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g } \text{H}_2\text{O}} = 4.034 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}$$

احسب الكسر المولي لـ H_2SO_4 :

$$X_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4} + n_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$X_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0.281 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4}{0.281 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 + 4.034 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}}$$

$$= 0.0650$$

84. احسب الكسر المولي لمحلول MgCl_2 الناتج عن إذابة

132.1 g MgCl_2 في 175 mL من الماء؟

احسب عدد مولات MgCl_2 :

$$132.1 \text{ g MgCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{95.21 \text{ g}} = 1.387 \text{ mol MgCl}_2$$

احسب عدد مولات H_2O :

$$175 \text{ mL H}_2\text{O} \times \frac{1.0 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} = 9.72 \text{ mol H}_2\text{O}$$

احسب الكسر المولي لـ MgCl_2 :

$$X_{\text{MgCl}_2} = \frac{n_{\text{MgCl}_2}}{n_{\text{MgCl}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1.387 \text{ mol MgCl}_2}{1.387 \text{ mol MgCl}_2 + 9.72 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.125$$

إتقان المفاهيم

85. صف عملية الذوبان.

تُحاط جسيمات المذاب بجسيمات المذيب الموضوع فيه، ويعود السبب في ذلك إلى التجاذب القائم بين جسيمات المذيب والمذاب التي تعمل على تشتت جسيمات المذاب وانتشارها في المحلول.

86. اذكر ثلاث طرائق لزيادة سرعة الذوبان.

زيادة درجة حرارة المذيب، وزيادة مساحة سطح المذاب، والتحرك.

87. اشرح الفرق بين المحاليل المشبعة والمحاليل غير المشبعة.

يحتوي المحلول المشبع على أكبر كتلة من المذاب عند مجموعة من الشروط المعطاة، ويحتوي المحلول غير المشبع على كتلة أقل من الكتلة التي يستطيع إذابتها.

إتقان حل المسائل

88. إذا كانت ذائبية غاز تساوي 0.54 g/L عند ضغط مقداره 1.5 atm فاحسب ذائبية الغاز عند مضاعفة الضغط.

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الذائبية:

$$S_2 = \frac{0.54 \text{ g/L} \times 3.0 \text{ atm}}{1.5 \text{ atm}} = 1.08 \text{ g/L}$$

89. ذائبية غاز تساوي 9.5 g/L عند ضغط 4.5 atm. ما كمية

الغاز بالجرامات التي تذوب في 1 L إذا تم تخفيض الضغط إلى

3.5 atm؟

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الذائبية:

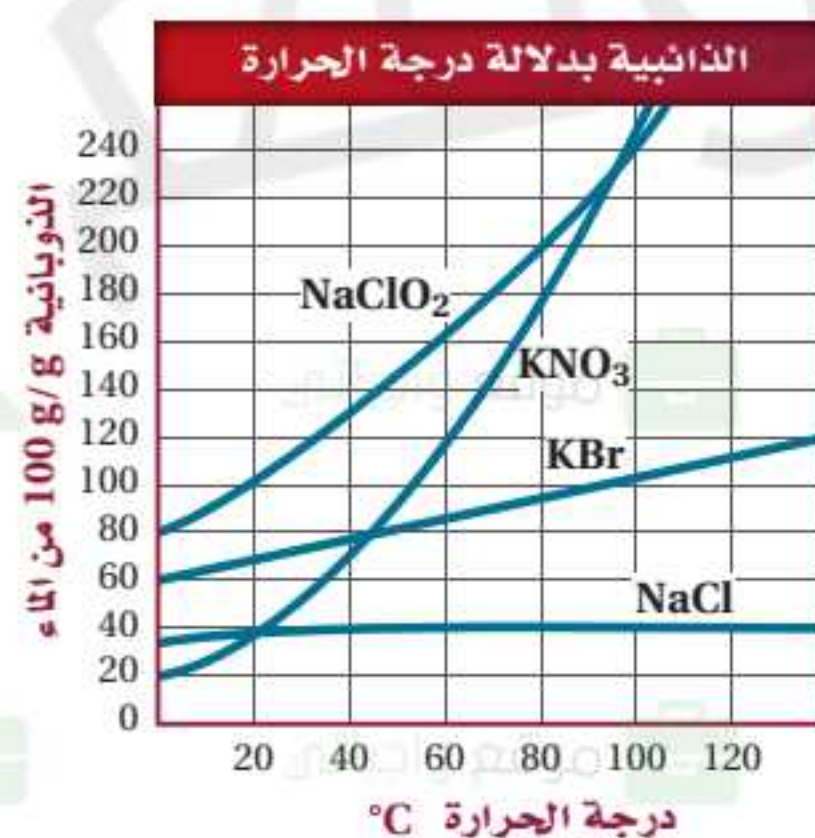
$$S_2 = \frac{9.5 \text{ g/L} \times 3.5 \text{ atm}}{4.5 \text{ atm}} = S_2 = 7.4 \text{ g/L}$$

90. ذائبة غاز تساوي 1.80 g/L عند ضغط مقداره 37.0 kPa . ما قيمة الضغط التي تصبح عندها الذائبة 9.00 g/L ؟

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الضغط

$$P_2 = \frac{37.0 \text{ kPa} \times 9.00 \text{ g/L}}{1.80 \text{ g/L}} = 185 \text{ kPa}$$

91. استعن بالشكل 1-25 لمقارنة ذائبة بروميد البوتاسيوم KBr ونترات البوتاسيوم KNO_3 عند درجة حرارة 80°C .



الشكل 1-25

ذائبة KBr هي $95 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ ، في حين تساوي ذائبة KNO_3 الضعف عند درجة الحرارة نفسها وتساوي $170 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ تقريباً.

185 kPa

92. استعن بقانون هنري لإكمال الجدول 1-8

جدول 1-8 الذائبية والضغط	
الضغط kPa	الذائبية g/L
25	2.9
32	3.7
39	4.5

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الضغط

$$P_2 = \frac{32 \text{ kPa} \times 2.9 \text{ g/L}}{3.7 \text{ g/L}}$$

$$P_2 = 25 \text{ kPa}$$

ثم احسب الذائبية :

$$S_2 = \frac{3.7 \text{ g/L} \times 39 \text{ kPa}}{32 \text{ kPa}}$$

$$S_2 = 4.5 \text{ g/L}$$

93. المشروبات الغازية الضغط الجزئي لغاز CO_2 داخل زجاجة مشروب غازي هو 4.0 atm عند درجة حرارة 25°C . إذا كانت ذائبية CO_2 تساوي 0.12 mol/L . وعند فتح الزجاجة ينخفض الضغط الجزئي إلى $3.0 \times 10^{-4} \text{ atm}$ ، فما ذائبية CO_2 في الزجاجة المفتوحة؟ عبر عن إجابتك بوحدة g/L .

من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب الذائبية بالمولات:

$$S = \frac{(0.12 \text{ mol/L})(3.0 \times 10^{-4} \text{ atm})}{4.0 \text{ atm}}$$

$$= 9.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L CO}_2$$

ثم احسب الذائبية بالجرامات:

$$\frac{9.0 \times 10^{-6} \text{ mol CO}_2}{1 \text{ L}} \times \frac{44.01 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 4.0 \times 10^{-4} \text{ g/L CO}_2$$

إتقان المفاهيم 1-4

94. عرف الخاصية الجامعة.

الخاصية الفيزيائية للمحلول التي تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها. ومن الأمثلة عليها: انخفاض الضغط البخاري، ارتفاع درجة الغليان، انخفاض درجة التجمد، الضغط الأسموزي.

95. استعمل مصطلحي (المركّز والمخفّف) لمقارنة المحلول على طرفي غشاء شبه منفذ.

إذا كان هناك اختلاف في التركيز، فسيكون المحلول أقل تركيزاً عند جهة من الغشاء وأكثر تركيزاً في الجهة الأخرى.

96. حدد كل متغير في المعادلة الآتية: $\Delta T_b = K_b m$.

ΔT_b تمثّل الفرق بين درجات غليان المحلول والمذيب النقي،
في حين يُمثّل K_b الثابت المولالي لارتفاع درجة الغليان، أمّا
 m فتُمثّل مولالية المحلول.

97. ما المقصود بالضغط الأسموزي؟ ولماذا يعد خاصية جامعة؟

الضغط الأسموزي هو الضغط المبذول من قبل جزيئات الماء التي تتحرّك إلى داخل المحلول من خلال الخاصية الأسموزية. حيث يُعدّ الضغط الأسموزي خاصية جامعة؛ لأنه يعتمد على عدد جسيمات المذاب الذائبة في المحلول.

إتقان حل المسائل

98. احسب درجة التجمد لمحلول يحتوي على 12.1 g من النفثالين غير المتأين $C_{10}H_8$ الذائب في 0.175 kg من البنزين C_6H_6 . استعن بالجدول 1-6.

الجدول 1-6		ثابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي K_f
المذيب	درجة التجمد $^{\circ}C$	$K_f (^{\circ}C/m)$
الماء	0.0	1.86
البنزين	5.5	5.12
رابع كلوريد الكربون	-23.0	29.8
الإيثانول	-114.1	1.99
الكلوروفورم	-63.5	4.68

احسب عدد مولات $C_{10}H_8$:

$$\begin{aligned} \text{mol } C_{10}H_8 &= 12.1 \text{ g } C_{10}H_8 \times \frac{1 \text{ mol } C_{10}H_8}{128.08 \text{ g } C_{10}H_8} \\ &= 0.0945 \text{ mol } C_{10}H_8 \end{aligned}$$

احسب المولالية :

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

$$= \frac{0.0945 \text{ mol } C_{10}H_8}{0.175 \text{ kg } C_6H_6} = 0.540 m$$

ومن المعادلة $\Delta T_f = K_f m$

احسب الانخفاض في درجة التجمد، ودرجة التجمد :

$$\Delta T_f = 5.12^{\circ}C/m + 0.540m = 2.76^{\circ}C$$

$$T_f = 5.5^{\circ}C - 2.76^{\circ}C = 2.74^{\circ}C$$



99. إذا قمت بإذابة 179 g من MgCl_2 في 1.00 L ماء ،

فاستعن بالجدول 6-1 على إيجاد درجة تجمد المحلول .

إذا علمت أن كلوريد الماغنسيوم مادة متأينة قوية .

احسب عدد مولات MgCl_2 :

$$\text{mol MgCl}_2 = \frac{179 \text{ g MgCl}_2}{95.3 \text{ g/mol}} = 1.88 \text{ mol MgCl}_2$$

احسب كتلة H_2O بالكيلوجرام :

$$\begin{aligned} \text{كتلة H}_2\text{O} &= 1.00 \text{ L H}_2\text{O} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}} \\ &\times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1.00 \text{ kg H}_2\text{O} \end{aligned}$$

احسب مولالية المحلول :

$$\begin{aligned} \text{المولالية } m &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} \\ &= \frac{1.88 \text{ mol MgCl}_2}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} = 1.88 m \end{aligned}$$

احسب مولالية الجسيم :

$$m = 1.88m \times 3 = 5.64 m$$

الجسيم

$$\Delta T_f = K_f m$$

ومن المعادلة

احسب الانخفاض في درجة التجمد، ودرجة التجمد :

$$\Delta T_f = 1.86^\circ\text{C}/m \times 5.64m = 10.5^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.0^\circ\text{C} - 10.5^\circ\text{C} = -10.5^\circ\text{C}$$

100. الطبخ يقوم طبخ بتحضير محلول بإضافة 12.5 g من NaCl إلى وعاء يحوي 0.750 L من الماء. عند أي درجة حرارة يغلي المحلول في الوعاء؟ استعن بالجدول 1-6.

احسب عدد مولات NaCl:

$$\text{mol NaCl} = \frac{12.5 \text{ g NaCl}}{58.44 \text{ g/mol}} = 0.214 \text{ mol NaCl}$$

احسب كتلة H₂O بالكيلوجرام:

$$\begin{aligned} \text{كتلة H}_2\text{O} &= 0.750 \text{ L H}_2\text{O} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mL H}_2\text{O}} \\ &\times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.750 \text{ kg H}_2\text{O} \end{aligned}$$

احسب مولالية المحلول:

$$\begin{aligned} \text{المولالية } m &= \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} \\ &= \frac{0.214 \text{ mol NaCl}}{0.750 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0.285m \end{aligned}$$

احسب مولالية الجسيم:

$$m = 0.285 m \times 2 = 0.570 m$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان، ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = 0.512^\circ\text{C}/m \times 0.570m = 0.292^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100.00^\circ\text{C} + 0.292^\circ\text{C} = 100.29^\circ\text{C}$$

101. المثلجات (الآيس كريم) يستعمل خليط الملح NaCl والثلج والماء لتبريد الحليب والكريم لصنع مثلجات (آيس كريم) منزلية. ما كمية الملح بالجرامات التي يجب إضافتها إلى الماء لتخفيض درجة التجمد 10.0°C ؟

$$\Delta T_b = K_b m$$

احسب المولالية:

$$m = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{10.0^\circ\text{C}}{1.86^\circ\text{C}/m} = 5.38 m$$

لأيونات كلٍّ من Na^+ و Cl^- .

احسب مولالية المحلول:

$$\begin{aligned} \text{عدد مولات المذاب (mol)} \\ \text{المولالية } m &= \frac{\text{كتلة المذيب (kg)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} \\ &= \frac{2.69 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} = 2.69 m \end{aligned}$$

احسب كتلة NaCl :

$$\begin{aligned} \text{كتلة NaCl} &= \frac{2.69 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} \times \frac{58.44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \\ &= 157 \text{ g NaCl/1 kg H}_2\text{O} \end{aligned}$$

مراجعة عامة

102. أي مذاب له أكبر تأثير في درجة غليان 1.00 kg من الماء: 50 g من كلوريد الإسترانسيوم SrCl_2 أم 150 g من رابع كلوريد الكربون CCl_4 ؟ فسر إجابتك.

 SrCl_2 :احسب عدد مولات SrCl_2 :

$$\text{mol SrCl}_2 = \frac{50.0 \text{ g mol SrCl}_2}{158.6 \text{ g mol SrCl}_2} = 0.315 \text{ mol SrCl}_2$$

احسب مولالية المحلول:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} = \frac{0.315 \text{ mol}}{1.00 \text{ kg}} = 0.315 m$$

احسب مولالية الجسيم:

$$m = 0.315 m + 3 = 0.945 m$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = 0.512^\circ\text{C}/m + 0.945m = 0.484^\circ\text{C}$$

$$T_b \text{ SrCl}_2 = 100.0^\circ\text{C} + 0.484^\circ\text{C} = 100.484^\circ\text{C}$$

 CCl_4 :احسب عدد مولات CCl_4 :

$$\text{mol CCl}_4 = \frac{150.0 \text{ g mol CCl}_4}{154 \text{ g mol}} = 0.974 \text{ mol CCl}_4$$

احسب مولالية المحلول:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}} = \frac{0.974 \text{ mol}}{1.00 \text{ kg}} = 0.974 m$$

احسب مولالية الجسيم:

$$m = 0.974 m + 1 = 0.974 m$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

من المعادلة

احسب الارتفاع في درجة الغليان ودرجة الغليان:

$$\Delta T_b = 0.512^\circ\text{C}/m + 0.974m = 0.310^\circ\text{C}$$

$$T_b \text{ CCl}_4 = 100.0^\circ\text{C} + 0.310^\circ\text{C} = 100.31^\circ\text{C}$$

سيكون لـ 50g من SrCl_2 تأثير أكبر.

103. استعمل معرفتك بالقطبية والذائبية لتوقع ما إذا كان الذوبان ممكناً في كل من الحالات الموضحة في الجدول 1-9. فسر إجابتك.

جدول 1-9 هل الذوبان ممكن؟	
مذيب	مذاب
H_2O سائل	$MgCl_2$ صلب
C_6H_6 سائل	NH_3 سائل
H_2O سائل	H_2 غاز
Br_2 سائل	I_2 سائل

$MgCl_{2(s)}$ في $H_2O_{(l)}$: نعم. $NH_{3(l)}$ في $C_6H_{6(l)}$: لا.
 $H_{2(g)}$ في $H_2O_{(l)}$: لا. $I_{2(l)}$ في Br_2 : نعم.

هذه التوقعات مبنية على القاعدة العامة «المذيب يذيب شبيهه»؛ فالمذيب القطبي كالماء سوف يذيب مذاباً قطبياً مثل كلوريد الماغنسيوم، في حين يذيب المذيب غير القطبي مثل سائل البروم مذاباً غير قطبي مثل سائل اليود. وتعد الأمونيا جزيئاً قطبياً، في حين يُعد البنزين غير قطبي. أما جزيء الماء فيُعد جزيئاً قطبياً في حين يكون الهيدروجين ثنائي الذرة غير قطبي.

104. إذا قمت بتحضير محلول مائي مشبع من كلوريد البوتاسيوم عند درجة حرارة 25°C ، ثم قمت بتسخينه إلى 50°C فهل يصبح المحلول غير مشبع، أو مشبعًا، أو فوق مشبع؟ فسر إجابتك.

سيصبح محلولًا غير مشبع، إذ تزداد ذائبية KCl في الماء بازدياد درجة الحرارة. ويستوعب المحلول كمية أكبر من المذاب عند درجة حرارة 50°C .

105. ما كتلة نترات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ التي تلزم لتحضير 3.00 L من محلول تركيزه 0.500 M؟

احسب عدد مولات $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$:

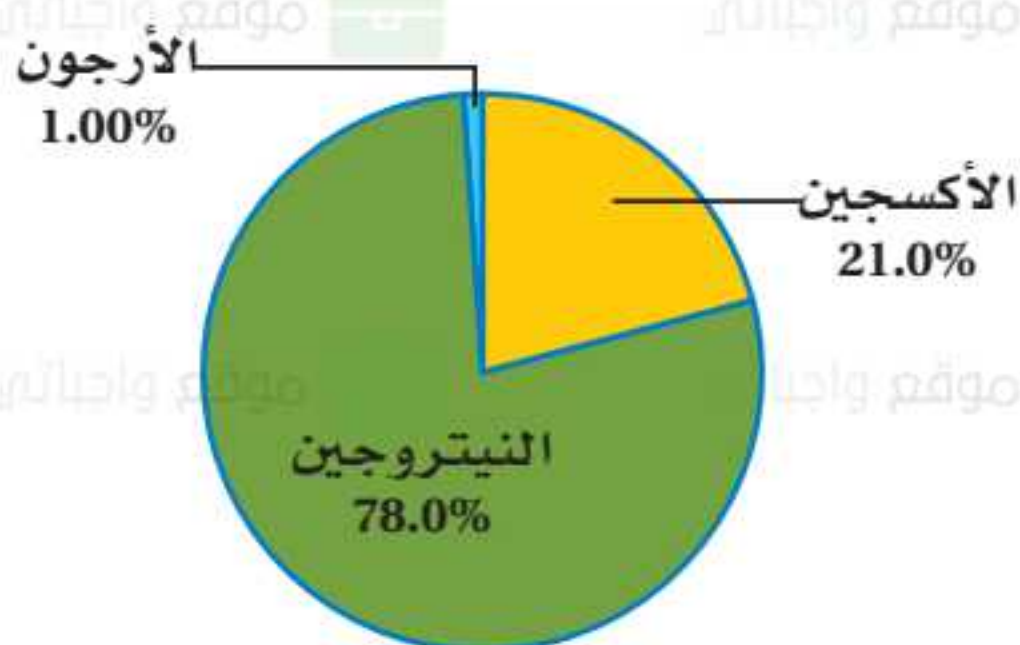
$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية M}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{mol Ca(NO}_3)_2 = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$3.00 \text{ L} \times \frac{0.500 \text{ mol Ca(NO}_3)_2}{1 \text{ L}} = 1.5 \text{ mol Ca(NO}_3)_2$$

احسب كتلة CaCl_2 :

$$1.5 \text{ mol Ca(NO}_3)_2 \times \frac{164.09 \text{ g Ca(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Ca(NO}_3)_2} = 246 \text{ g Ca(NO}_3)_2$$



الشكل 1-26

106. يبين الشكل 1-26 النسب المئوية لمكونات عينة من الهواء. احسب الكسر المولي لكل غاز في العينة.

احسب عدد مولات كل من N_2 ، و O_2 ، و Ar :

$$78.0 \text{ g } N_2 + \frac{1 \text{ mol } N_2}{28.0 \text{ g } N_2} = 2.79 \text{ mol } N_2$$

$$21.0 \text{ g } O_2 + \frac{1 \text{ mol } O_2}{32.0 \text{ g } O_2} = 0.656 \text{ mol } O_2$$

$$1.00 \text{ g } Ar + \frac{1 \text{ mol } Ar}{39.9 \text{ g } Ar} = 0.0251 \text{ mol } Ar$$

احسب الكسر المولي لكل من N_2 ، و O_2 ، و Ar :

$$X_{N_2} = \frac{2.79 \text{ mol } N_2}{2.79 \text{ mol } N_2 + 0.656 \text{ mol } O_2 + 0.0251 \text{ mol } Ar} = 0.804$$

$$X_{O_2} = \frac{0.656 \text{ mol } O_2}{2.79 \text{ mol } N_2 + 0.656 \text{ mol } O_2 + 0.0251 \text{ mol } Ar} = 0.189$$

$$X_{Ar} = \frac{0.0251 \text{ mol } Ar}{2.79 \text{ mol } N_2 + 0.656 \text{ mol } O_2 + 0.0251 \text{ mol } Ar} = 0.00723$$

107. اعمل خطة لتحضير 1000 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك المائي تركيزه 5% بالحجم. يجب أن تصف خطتك كميتي المذاب والمذيب اللازمة، والخطوات المستعملة في تحضير المحلول.

$$100\% \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} = \text{النسبة المئوية بالحجم}$$

$$5\% = \frac{\text{حجم المذاب}}{1000 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$50 \text{ mL} = \text{حجم المحلول}$$

يلزم 50 mL HCl، وبطرح حجم محلول HCl من المحلول الكلي لتحصل على حجم الماء الذي يساوي 950 mL اللازمة. أذب 50 mL HCl في كمية مناسبة من الماء، ثم أضف الماء ليصل حتى يصل حجم المحلول إلى 1000 mL.

108. قارن واستخلص النتائج ادرس المخطط في الشكل 21-1، وقارن بين الخطوط المتقطعة لـ ΔT_b و ΔT_f ، وصف الاختلافات التي لاحظتها. كيف يمكن لهذه الخطوط أن توضع في أماكن مختلفة تبعاً لنوع المحاليل إذا كانت متأينة أو غير متأينة؟ ولماذا؟

تكون درجة تجمّد المحلول أقل من درجة تجمّد الماء النقي، في حين تكون درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان الماء النقي.

وتكون قيم ΔT_b و ΔT_f للمحاليل المتأينة أعلى مما هي عليه بالنسبة للمواد غير الإلكتروليتية؛ لأن المواد الإلكتروليتية تتفكك في الماء، مُنتجة عدداً أكبر من الجسيمات في المحلول.

109. توسّع بين الشكل 27-1 ذائبية الأرجون في الماء عند ضغوط مختلفة. استعمل قانون هنري للتحقق من الذائبية عند (15 atm).



من المعادلة $\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$ احسب ذائبية

$$S_2 = \frac{(55 \text{ mg Ar}/100 \text{ g H}_2\text{O})(15 \text{ atm})}{(10.0 \text{ atm})}$$

$$= 82 \text{ mg Ar}/100 \text{ g H}_2\text{O}$$

مسألة تحفيز

110. لديك محلول يحتوي على 135.2 g من KBr مذابة في 2.3 L من الماء. كم (mL) منه يلزم لتحضير محلول مخفف حجمه 1.5 L وتركيزه 0.1 M؟ وما درجة غليان المحلول المخفف الجديد؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات KBr، ثم احسب مولارية المحلول الأصلي:

$$135.2 \text{ g KBr} \times \frac{1 \text{ mol KBr}}{119 \text{ g KBr}} = 1.14 \text{ mol KBr}$$

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$= \frac{1.14 \text{ mol KBr}}{2.3 \text{ L H}_2\text{O}} = 0.496 \text{ M}$$

الخطوة 2: خفف المحلول، بحساب الحجم اللازم (mL):

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = 0.10 \text{ M} \times \frac{1.5 \text{ L}}{0.496 \text{ M}} = 0.30 \text{ L}$$

$$0.30 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 300 \text{ mL}$$

الخطوة 3: احسب درجة غليان المحلول المخفف:

$$\Delta T_b = K_b m$$

احسب المولالية من المعادلة

$$m = \frac{0.10 \text{ mol KBr}}{1 \text{ L H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ L H}_2\text{O}}{1000 \text{ mL H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mL H}_2\text{O}}{1 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1000 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0.10 m$$

احسب مولالية الجسيم:

$$m = 0.10 m \times 2 = 0.20 m$$

الجسيم

احسب الارتفاع في درجة الغليان، ودرجة الغليان:

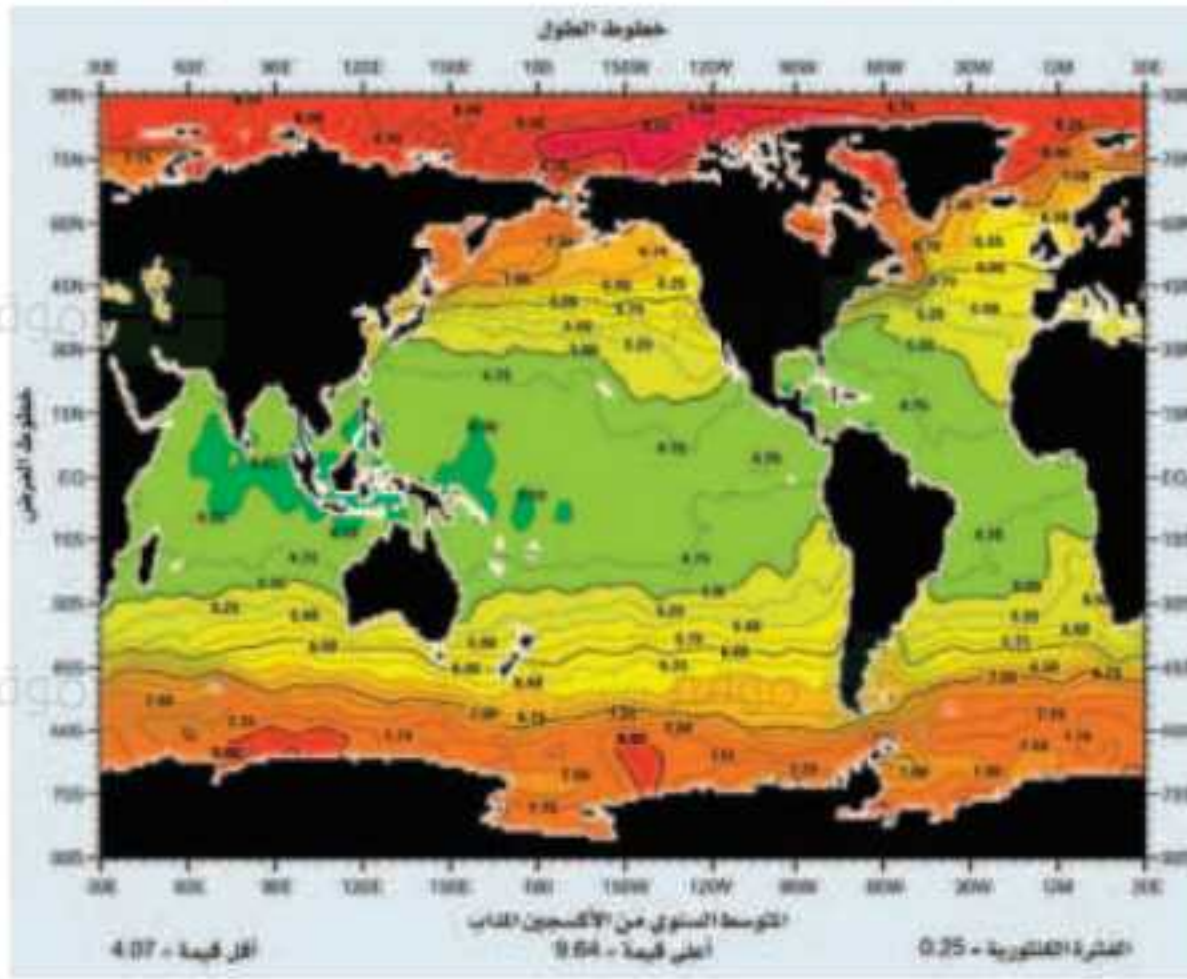
$$\Delta T_b = 0.512^\circ\text{C}/m \times 0.20 m = 0.10^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100.0^\circ\text{C} + 0.10^\circ\text{C} = 100.1^\circ\text{C}$$

الكتابة في الكيمياء

111. الحليب المتجانس تم بيع أول حليب متجانس Homogenized Milk في الولايات المتحدة عام 1919م. أما اليوم فكل الحليب المبيع متجانس على شكل مستحلب غروي. ابحث عن عملية التجانس Homogenization Process. اكتب مقالة مختصرة تصف فيها العملية، وتتضمن مخططاً يوضح العملية، ومناقشة المنافع والمضار المتعلقة بشرب الحليب المتجانس.

ستتنوع إجابات الطلاب. يجب أن يلاحظ الطلاب أن الحليب الطازج يحتوي على دهون معلقة في داخله. وإذا تركت فترة فإنها ستشكل طبقة يمكن فصلها. وأن الآلية التي يتكوّن بها الحليب المتجانس تعتمد على تكسير حبيبات الدهون إلى أجزاء صغيرة تمنعها من تكوين الطبقة الدهنية.



المتوسط السنوي من الأكسجين المذاب تبين البيانات الموجودة في الشكل 1-28 متوسط قيم الأكسجين الذائبة في مياه المحيطات بوحدة mL / L خلال شهر واحد من عام 2001م. لاحظ أن المحور الأفقي يمثل خطوط الطول، والمحور العمودي يمثل خطوط العرض.



الشكل 1-28

112. هل ترتبط قيم الأكسجين المذاب بشكل واضح مع خط الطول أو خط العرض؟ لماذا ترى ذلك صحيحًا؟

تعدّ قيم الأكسجين المذاب الأكثر قرباً وارتباطاً بخط العرض. وكذلك ترتبط مساحة السطح، ودرجة حرارة الماء أكثر بخط العرض من خط الطول.

113. عند أي خط عرض يكون متوسط الأكسجين المذاب أقل؟

القيم أكثر انخفاضاً بالقرب من خط الاستواء.

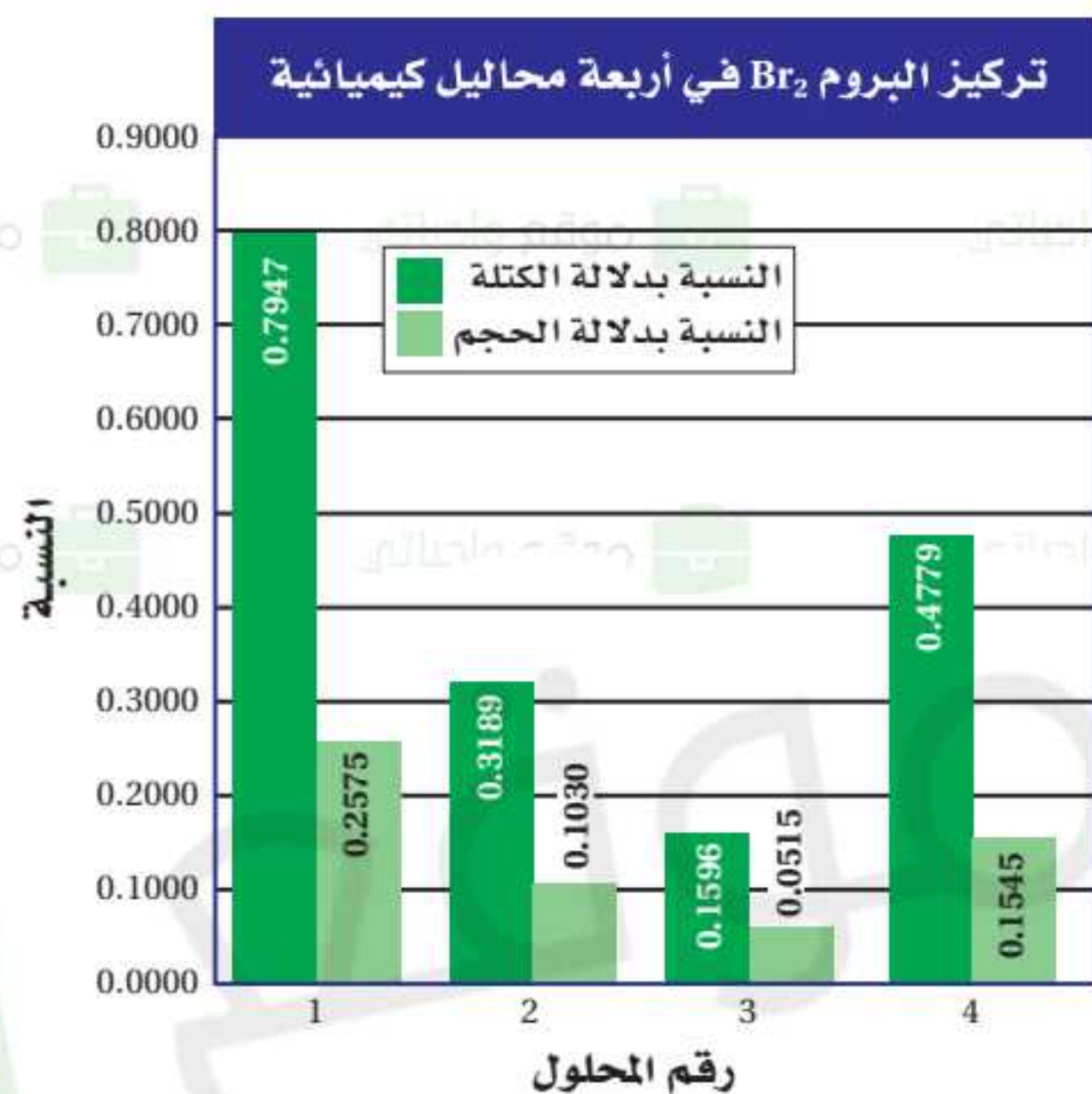
114. صف الاتجاه العام الذي توضحه البيانات، واربط ذلك مع العلاقة بين ذائبية الغاز ودرجة الحرارة.

بصورة عامة، يزداد الأكسجين المذاب في مياه سطح المحيط، عند زيادة خط العرض شمالاً وجنوباً، وتكون درجات حرارة سطح الماء أكبر بالقرب من خط الاستواء. وتقل درجة حرارة سطح الماء عند الأقطاب، وبصورة عامة تزداد ذائبية الغاز عند انخفاض درجة الحرارة.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



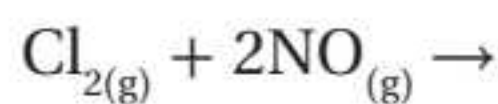
1. ما حجم البروم Br_2 الذائب في 7.00 L من المحلول 1؟

- a. 55.63 mL
- b. 8.808 mL
- c. 18.03 mL
- d. 27.18 mL

2. ما كمية البروم (بالجرام) في 55.00 g من المحلول 4؟

- a. 0.4779 g
- b. 3.560 g
- c. 1.151 g
- d. 0.2628 g

3. ما نواتج التفاعل التالي؟

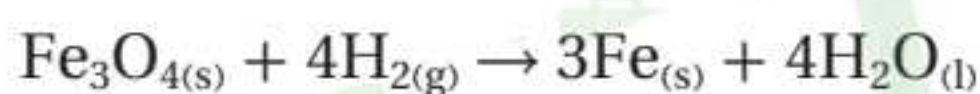


- a. NCl_2
- b. $2NOCl$
- c. N_2O_2
- d. $2ClO$

4. إذا أذيب 1 mol من كل من المواد التالية في 1 L من الماء فأياً يكون له الأثر الأكبر في الضغط البخاري لمحلولها؟

- a. KBr
- b. $C_6H_{12}O_6$
- c. $MgCl_2$
- d. $CaSO_4$

استعن بالتفاعل الآتي للإجابة عن السؤال 5.



5. إذا تفاعل 16 mol H_2 فكم مولاً من Fe ينتج؟

- a. 6
- b. 3
- c. 12
- d. 9

6. ما حجم محلول كلوريد النيكل 0.125 M الذي

يحتوي على 3.25 g من $NiCl_2$ ؟

- a. 406 mL
- b. 32.5 mL
- c. 38.5 mL
- d. 201 mL

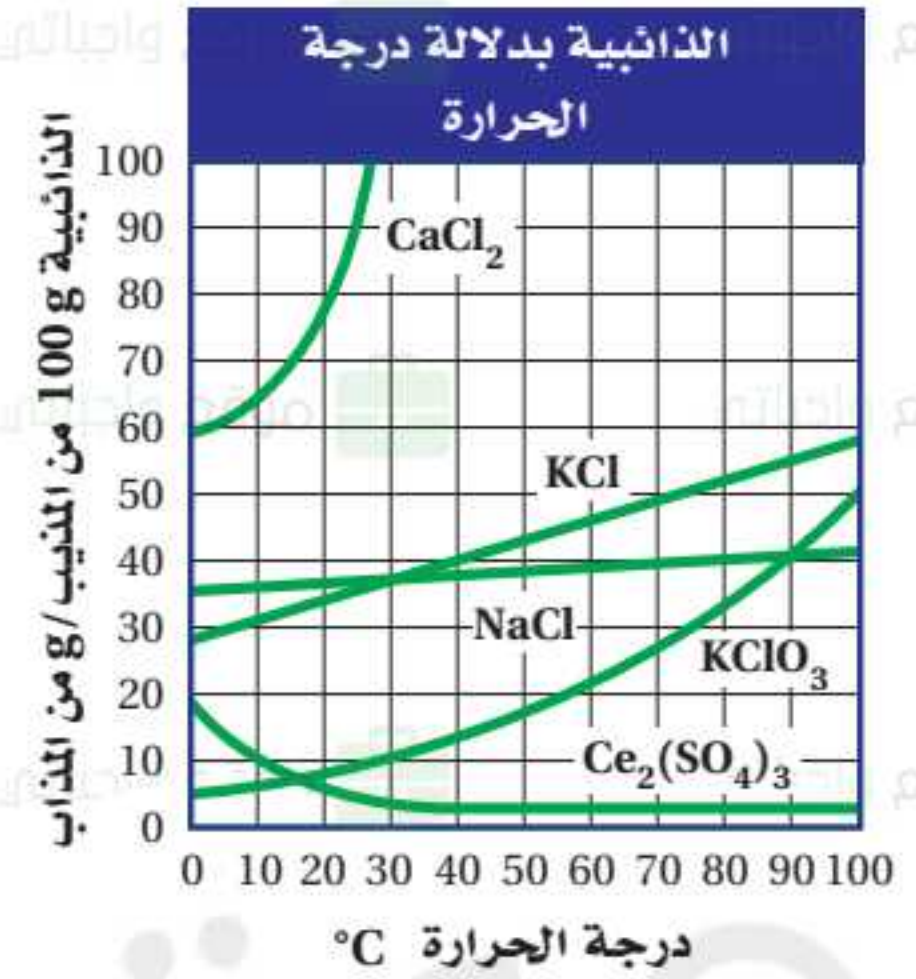
7. أي مما يأتي لا يعد خاصية جامعة؟

- a. رفع درجة الغليان.
- b. زيادة الضغط البخاري.
- c. الضغط الأسموزي.
- d. حرارة المحلول.

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة 8 – 10.



10. ما عدد مولات KClO_3 اللازمة لتحضير محلول مائي حجمه 1.0 L عند درجة حرارة 75°C ؟

$$30 \text{ g KClO}_3 / \text{H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol}}{122.55 \text{ g KClO}_3} = 0.245 \text{ mol KClO}_3 / 1\text{L}$$

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. إذا أعطيت عينة من مذاب صلب وثلاثة محاليل مائية تحتوي على ذلك المذاب، فكيف يمكنك تحديد أي المحاليل مشبع، وأيها غير مشبع، وأيها فوق مشبع؟

أضف كمية قليلة إلى كل من المحاليل الثلاثة، فإذا تكوّنت بلورات فسيكون المحلول فوق مشبع، وإذا كانت غير ذائبة يكون المحلول مشبعًا، أما إذا ذابت فإن المحلول يكون غير مشبع.

8. ما عدد مولات KClO_3 التي يمكن أن تذوب في 100 g من الماء عند درجة حرارة 60°C ؟

$$21 \text{ g KClO}_3 \times \frac{1 \text{ mol}}{122.55 \text{ g}} = 0.17 \text{ mol KClO}_3$$

9. أي محاليل الأملاح يمكنه استيعاب المزيد من المذاب عند درجة حرارة 20°C : NaCl أم KCl ؟ كيف يمكن مقارنة ذلك بذائبية كل منهما عند درجة حرارة 80°C ؟

يمكن لمحلول NaCl أن يستوعب كمية أكبر من المذاب عند 20°C . وتنعكس الذائبية عند 80°C ، فيُصبح KCl أكثر ذائبية من NaCl .