

## الخصائص الجامعة للمحاليل

## الدرس الثاني

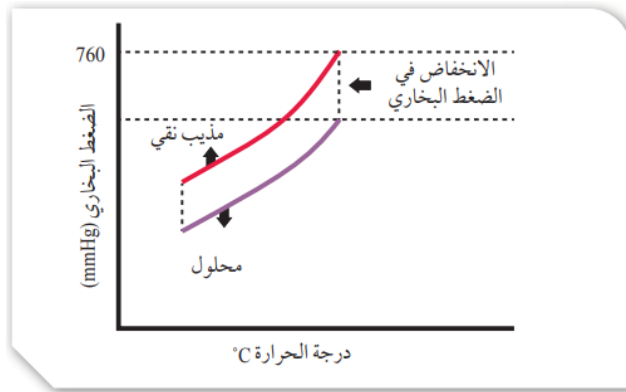
- # عرفنا في ما سبق أن المحاليل تتكوّن من المذاب والمذيب.  
# وُجد أنّ بعض خصائص المذيب الفيزيائية تتأثر بعدد الجسيمات المذابة فيه، ولا تعتمد على طبيعة المذاب، ويطلق على هذه الخصائص التي تتأثر بعدد جسيمات المذاب اسم الخصائص الجامعة للمحاليل .

## ?? سؤال ( 165 ) : وضّح المقصود بالخصائص الجامعة للمحاليل؟

الجواب : هي مجموعة خصائص للمحلول تميّزه عن المذيب النقي ، مثل : الضغط البخاري ، و درجة الغليان ، و درجة التجمد ، و الضغط الأسموزي . و تتأثر بعدد الجسيمات .

## 1. الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering :

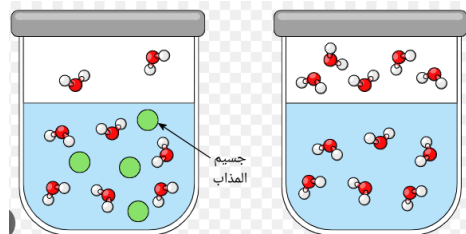
- ◆ أنّ السائل يتبخّر عند أي درجة حرارة .
- ◆ أنّ البخار الناتج يولد ضغطاً على سطح السائل يسمّى الضغط البخاري للسائل.
- ◆ الضغط البخاريّ : هو الضغط الذي يتكون نتيجة لتبخّر جزيئات المادة وتحويلها إلى الحالة الغازية، ثم استقرارها في حالة توازن مع الطور السائل أو الصلب .
- ◆ التوازن الديناميكي الحراري:
- ◆ يعني أن معدل تبخر جزيئات المادة إلى الحالة الغازية يساوي معدل تكثف البخار ليعود إلى حالته الأصلية (سائلة أو صلبة)
- ◆ بيّنت التجارب أنه عند إضافة مذاب إلى مذيب ينخفض الضغط البخاريّ للمحلول مقارنة بالمذيب النقي ، وهذا مايسمى الانخفاض في الضغط البخاريّ Vapor Pressure Lowering .
- ◆ يقاس مقدار هذا الانخفاض بحساب الفرق بين الضغط البخاريّ للمذيب النقي والضغط البخاري للمحلول عند درجة حرارة معيّنة.
- ◆ يوضّح الشكل (10) مقارنةً بين الضغط البخاريّ لمحلول ومذيب نقي.



الشكل ( 10 ) الضغط البخاريّ لمحلول و لمذيب نقي

## ?? سؤال ( 166 ) : لماذا الضغط البخاري للمحلول ، أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي ؟

الجواب : عند إذابة مادة غير متطايرة وهي المواد التي لها درجة انصهار وغليان مرتفعة؛ فإنّ جزيئات المذاب سوف تحتل جزءاً من سطح الماء. (المذيب)، فيقل عدد جزيئات الماء عند السطح ويقل تبخّرُها، إضافةً إلى نشوء تجاذب بين بعض جسيمات المذيب وجسيمات المذاب، وهذا أيضاً يقلّل عدد جسيمات المذيب، التي يمكنها أن تفلت من السطح لتتحول إلى الحالة الغازية، مقارنة بعدد جسيمات المذيب النقي المتبخرة، ونتيجةً لذلك يقلّ الضغط البخاري للمحلول عنه للمذيب النقي.



- ◆ يعتمد الضغط البخاري للمحلول على عدد جسيمات المذاب فيه؛ **فانخفاض الضغط البخاري للمحلول يزداد** بزيادة تركيز المحلول .
- ◆ كلما ازداد عدد جسيمات المذاب في حجم معين من المحلول **يزداد** تركيزه **ويقل** ضغطه البخاري؛ لذلك فالمحلول **المُرَكَّز** أقل ضغطاً بخارياً من المحلول **المُخَفَّف**، في حين أن الضغط البخاري للمذيب النقي أعلى منه لكليهما.
- ◆ بشكل عام، يمكن القول أن **الضغط البخاري** هو مقياس لقابلية المادة للتبخر ويتأثر بقوى التجاذب بين الجزيئات ودرجة الحرارة أي يتأثر بالتركيز بشكل عكسي .
- ◆ يعتمد الانخفاض في الضغط البخاري على تركيز المذاب في المحلول . كلما زاد تركيز المذاب، انخفض الضغط البخاري للسائل.

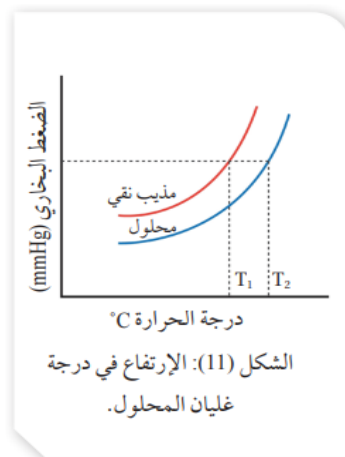
?? سؤال ( 167 ) :

**أفكر:** ما أثر الضغط الجوي في درجة غليان المحلول؟

## 2. الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation :

- ◆ يتميز المذيب النقي بدرجة غليان محددة عند ضغط جوي محدد.
- ◆ يغلي السائل عندما يصبح ضغطه البخاري مساوياً للضغط الجوي.
- ◆ الماء النقي يبدأ بالغليان عند درجة حرارة 100 C ، ثم تثبت درجة غليانه عند هذه الدرجة .
- ◆ عند إذابة مادة غير متآينة وغير متطايرة في الماء؛ فإن المحلول يبدأ بالغليان على درجة أعلى من 100°C ؛ وبذلك فإن درجة غليان المحلول **أعلى** من درجة غليان المذيب النقي.
- ◆ عند وصول المحلول إلى درجة غليان المذيب يكون الضغط البخاري أقل من الضغط الجوي؛ مما يتطلب زيادة درجة الحرارة؛ للتغلب على قوى التجاذب الناشئة بين جسيمات المذيب والمذاب كي يصل الضغط البخاري إلى الضغط الجوي، فتزداد درجة الغليان.
- ◆ ويسمى الفرق بين درجة غليان المذيب النقي والمحلول **الارتفاع في درجة الغليان**.  $\Delta T_b$  **Boiling Point Elevation** أنظر الشكل (11) .

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



- ◆ يتناسب مقدار الارتفاع في درجة غليان المحلول طرديا مع التركيز المولالي للمحلول.
- ◆ يُعَبَّر عنه بالصيغة الرياضية كما يأتي :

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت  $\times$  المولالية

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$= \frac{\text{التركيز المولالي (m)}}{\text{عدد مولات المُذاب (mol)}} \times \text{كتلة المُذيب (kg)}$$

$\Delta T_b$  : الارتفاع في درجة الغليان.  
 $K_b$  : ثابت الارتفاع في درجة غليان المُذيب.  
 $m$  : التركيز المولالي للمحلول.

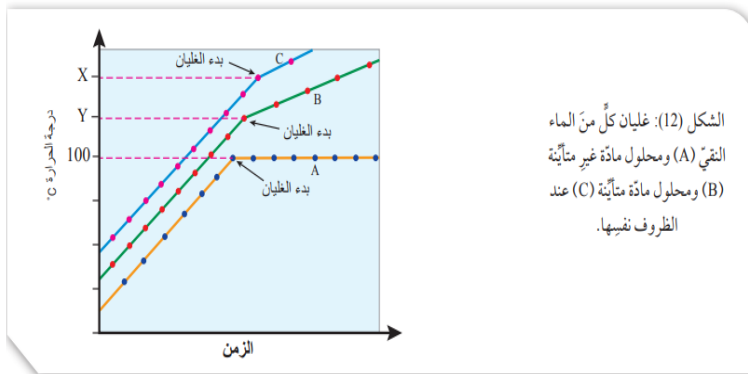
$$\Delta T_b = T_2 - T_1$$

حيث  $T_2$  درجة غليان المحلول و  $T_1$  درجة غليان المُذيب

المُذيب	درجة الغليان °C عند ضغط جوي 1atm	ثابت الارتفاع في درجة غليان المُذيب $K_b$ °C.kg/mol
الماء	100	0.512
الايثانول	78.3	1.07
البنزين	80.2	2.61

- ◆ يوضِّح الجدول (5) قِيَم ثابت الارتفاع في درجة الغليان لبعض المُذيبات السائلة.
- ◆ يسمى ( $K_b$ ) ثابت الارتفاع في درجة غليان المُذيب السائل .
- ◆  $K_b$  : يساوي مقدار الارتفاع في درجة غليان المُذيب عند إذابة 1mol من المُذاب في 1 kg من المُذيب النقي، وتعتمد قيمته على طبيعة المُذيب.
- ◆ أن درجة غليان المحلول لا تثبُت في أثناء الغليان، بل تستمر في الارتفاع.

وعند المقارنة بين درجتي غليان محلولي المادتين غير المتطايرتين المتأينة وغير المتأينة - عند التركيز نفسه - كما في الشكل (12)، نجد أن درجة غليان محلول المادة المتأينة ( $X$ ) أعلى من درجة الغليان لمحلول المادة غير المتأينة ( $Y$ ).



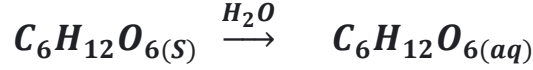
الشكل (12): غليان كل من الماء النقي (A) ومحلول مادة غير متأينة (B) ومحلول مادة متأينة (C) عند الظروف نفسها.

**أفكر:** أيهما له أعلى درجة غليان محلول  $KBr$  أم محلول  $MgBr_2$  لهما التركيز نفسه؟

?? سؤال ( 168 ) : وضِّح المقصود بالارتفاع في درجة الغليان .

الجواب : الفرق بين درجة غليان المُذيب النقي والمحلول ، عند إذابة 1mol من المُذاب في 1 kg من المُذيب النقي .

??سؤال ( 169 ) : أيهما له درجة غليان أعلى محلول من الجلوكوز (  $C_6H_{12}O_6$  ) أم محلول من ملح الطعام (  $NaCl$  ) لهما نفس التركيز . فسّر إجابتك مستعيناً بالمعادلات .  
الجواب :  
من خلال المعادلتين الآتيتين :



من خلال المعادلتين الآتيتين لمادة غير متأيّنة (  $C_6H_{12}O_6$  ) ، ومادة متأيّنة (  $NaCl$  ) :  
إذ يتضح من المعادلتين أن عدد الجسيمات في محلول  $NaCl$  أكثر منه في محلول  $C_6H_{12}O_6$  وبما أنّ خواص المحلول تعتمد على عدد الجسيمات؛ فإنّ الارتفاع في درجة غليان محلول المادة المتأيّنة أعلى منه لمحلول المادة غير المتأيّنة.  
إذاً ستكون درجة غليان محلول ملح الطعام (  $NaCl$  ) أكبر من درجة غليان محلول الجلوكوز (  $C_6H_{12}O_6$  ) .

??سؤال ( 170 ) :

إذا علمت أنّ  $18 \text{ g}$  من السُّكَّر  $C_6H_{12}O_6$  ، أُذيب في  $500 \text{ g}$  من الماء النقي  $H_2O$ ؛ فأحسب درجة غليان المحلول الناتج. علماً أن ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء  $0.512 \text{ C}^\circ \text{ kg} / \text{mol}$  والكتلة المولية للسُّكَّر للمذاب

$$M_r = 180 \text{ g} / \text{mol}$$

المعطيات :

$$m (H_2O) = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg} , \quad m (C_6H_{12}O_6) = 18 \text{ g}$$

$$K_b = 0.512 \text{ C}^\circ \text{ kg} / \text{mol}$$

$$M_r = 180 \text{ g} / \text{mol}$$

المطلوب : إيجاد درجة غليان المحلول .

الجواب :

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{18}{180} = 0.1 \text{ mol} \quad \text{نحسب عدد مولات المذاب :}$$

$$(m) = \frac{n}{mass} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.2 \text{ mol} / \text{kg} \quad \text{نحسب التركيز المولي للمحلول :}$$

نحسب الارتفاع في درجة الغليان :

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$= 0.512 \frac{\text{C}^\circ \text{ kg}}{\text{mol}} \times 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$$

$$\Delta T_b = 0.102 \text{ C}^\circ$$

$$\Delta T_b = T_2 - T_1$$

$$0.102 = T_2 - 100$$

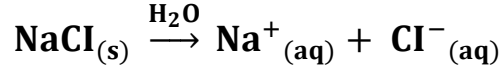
$$T_2 = 100.102 \text{ C}^\circ$$

??سؤال ( 171 ) : إذا علمت أن 5.85 g من NaCl أذيب في 0.5 kg من الماء؛ فأحسب درجة غليان المحلول. علماً أن :  
الكتلة المولية للمذاب (Mr = 58.5 g/mol)، وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء (0.512 °C.kg/mol).  
المعطيات:

$$K_b = 0.512 \text{ °C.kg / mol} , Mr_{NaCl} = 58.5 \text{ g/mol} , m_{(H_2O)} = 0.5 \text{ kg} , m_{(NaCl)} = 5.85 \text{ g}$$

المطلوب: حساب درجة غليان المحلول.

الجواب :



عدد مولات الأيونات = 2 mol

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{5.85 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{58.5 \text{ g}} = 0.1 \text{ mol} \quad : \quad \text{عدد مولات المذاب}$$

$$m = \frac{n}{mass} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5} = 0.2 \text{ mol / kg} \quad : \quad \text{مولالية المحلول}$$

بما أن عدد مولات الأيونات = 2  
فإن التركيز المولالي الكلي للأيونات يساوي :  
 $2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol / kg}$

نحسب الارتفاع في درجة الغليان :

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 0.512 \times 0.4 = 0.205 \text{ °C}$$

إن درجة غليان المحلول تساوي :

$$\Delta T_b = T_2 - T_1$$

$$T_2 = 100 + 0.205 = 100.205 \text{ °C}$$

سؤال ( 172 ) أتتحقق: أحسب مقدار الارتفاع في درجة غليان محلول تكون بإذابة 12g من حمض الميثانويك (Mr = 46 g/mol HCOOH في 2kg من الإيثانول. علماً أن ثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول 1.07 °C.kg/mol).  
الجواب :

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{12}{46} = 0.261 \text{ mol} \quad : \quad \text{نحسب عدد مولات المذاب}$$

$$(m) = \frac{n}{mass} = \frac{0.261 \text{ mol}}{2 \text{ kg}} = 0.13 \text{ mol / kg} \quad : \quad \text{نحسب التركيز المولالي للمحلول}$$

نحسب الارتفاع في درجة الغليان :

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$= 1.07 \frac{\text{°C.kg}}{\text{mol}} \times 0.13 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$$

$$\Delta T_b = 0.139 \text{ °C}$$

$$\Delta T_b = T_2 - T_1$$

$$0.139 = T_2 - 78.3 \rightarrow T_2 = 78.44 \text{ °C}$$

3. الانخفاض في درجة التجمد (  $\Delta T_f$  ) Freezing Point Depression

- ◆ تنتشر جسيمات المذاب بين جسيمات المذيب في المحلول وتحتل حيزا بينها مما يُعيق تقاربها وتجاذبها.
- ◆ أنّ التجاذب الناشئ بين جسيمات المذاب والمذيب يعمل على التقليل من فرص التجاذب بين جسيمات المذيب نفسها .
- ◆ إنّ جسيمات المذاب تُعيق تقارب الجسيمات من بعضها وانجذابها نحو بعضها بعضاً .
- ◆ للوصول إلى الحالة الصلبة في المحلول عند درجة التجمد؛ فيلزم حينئذ انخفاض أكثر في درجة الحرارة . فتصبح أقل من درجة تجمد المذيب النقي حتى تتقارب جسيمات المذيب، وتتجاذب وتصل إلى حالة التجمد .
- ◆ يسمّى الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي **الانخفاض في درجة التجمد** **Freezing Point Depression (AT)**. وبهذا نجد أن درجة تجمد المحلول **أقل** من من درجة تجمد المذيب النقي .
- ◆ ويتناسب مقدار الانخفاض في درجة تجمد المحلول **طرديا** مع التركيز المولالي للمحلول، ويُعبّر عنه بالصيغة الرياضية الآتية :

الانخفاض في درجة التجمد = ثابت  $\times$  المولالية

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

$\Delta T_f$  : الانخفاض في درجة التجمد.

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

حيث :  $T_2$  درجة تجمد المحلول و  $T_1$  درجة تجمد المذيب

$K_f$  : ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب.

$m$  : التركيز المولالي للمحلول.

- ◆ يُقاس ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب بإذابة  $1\text{mol}$  من المذاب في  $1\text{kg}$  من المذيب النقي، وتعتمد قيمة ثابت الانخفاض على طبيعة المذيب.
- ◆ يوضح الجدول (6) قيم ثابت الانخفاض في درجة تجمد بعض المذيبات السائلة.

الجدول (6): قيم ثابت الانخفاض في درجة تجمد بعض المذيبات السائلة.

المُذيب	درجة التجمد °C	ثابتُ الانخفاض في درجة تجمد المُذيب $K_f$ °C.kg/mol
الماء	0.0	1.86
الإيثانول	-114.1	1.99
البنزين	5.5	5.07

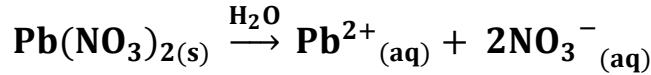
سؤال ( 173 ) : وضّح المقصود بالإنخفاض في درجة التجمد .

الجواب : الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي ، عند إذابة  $1\text{mol}$  من المذاب في  $1\text{kg}$  من المذيب النقي .

سؤال ( 174 ) أحسب درجة التجمد لمحلول كلوريد المغنيسيوم  $MgCl_2$  يحتوي على  $0.95 \text{ g}$  من المادة المذابة في  $0.1 \text{ kg}$  من الماء المقطر. علماً أن  $K_f = 1.86 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$  ,  $Mr = 95 \text{ g/mol}$ .  
المعطيات:

$$\begin{aligned} m_{(MgCl_2)} &= 0.95 \text{ g} \\ m_{(H_2O)} &= 0.1 \text{ kg} \\ Mr_{(MgCl_2)} &= 95 \text{ g/mol} \\ K_f &= 1.86 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol} \end{aligned}$$

المطلوب: حساب درجة تجمد المحلول  
الجواب :



عدد مولات الأيونات = 3  
أحسب عدد مولات المذاب :

$$n = \frac{0.95 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{95 \text{ g}} = 0.01 \text{ mol}$$

أحسب التركيز المولالي للمحلول :

$$m = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ kg}} = 0.1 \text{ mol/kg}$$

بما أن عدد مولات الأيونات = 3

فإن التركيز المولالي الكلي للأيونات :  $3 \times 0.1 = 0.3 \text{ mol / kg}$

أحسب الانخفاض في درجة التجمد:

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f \times m \\ &= 1.86 \times 0.3 = 0.558 \end{aligned}$$

درجة تجمد المحلول :

$$T_2 = 0.0 - 0.558 = -0.558^\circ\text{C}$$

سؤال ( 175 ) **أتحقق:** أحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد لمحلول تكون بإذابة  $0.1 \text{ mol}$  من مادة غير متأينة في  $400 \text{ g}$  من البنزين. علماً أن ثابت الانخفاض في درجة تجمد البنزين  $5.07 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$

## الربط بالحياة



## الانخفاض في درجة التجمد

في البلدان التي يهطل فيها الثلج في أثناء فصل الشتاء، تُرش بعض المواد الكيميائية -مثل ملح كلوريد الصوديوم- على الطرقات حتى تقل درجة تجمد الماء؛ فيؤدّي ذلك إلى منع تراكم الثلوج على الطريق، فيقل خطر انزلاق المركبات التي تسير عليه.

## أفكر:

أيهما أكثر فعالية في منع تراكم الثلوج كلوريد الصوديوم NaCl أم كلوريد الكالسيوم  $\text{CaCl}_2$ ؟

## التجربة 1

## الانخفاض في درجة التجمد

## المواد والأدوات:

كأسان زجاجيان سعة كل منهما 300 mL، جليد مجروش، ماء مُقَطَّر، ساق تحريك زجاجية، مقياس حرارة غير زئبقي، ملح الطعام NaCl الخشن، ميزان حساس. إرشادات السلامة: ارتدي معطف المختبر والقفازين والنظارات الواقية.

## خطوات العمل:

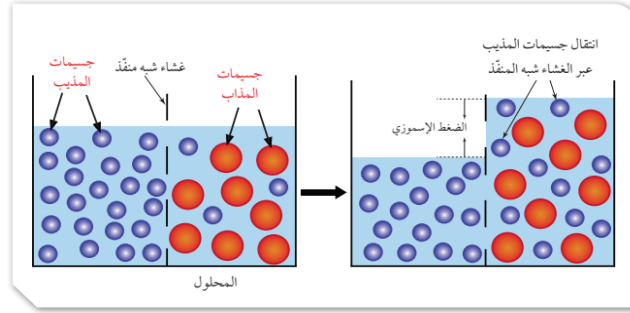
1. أقيس 250 g من الجليد المجروش وأضعها في كل كأس زجاجية.
2. أضيف إلى كل كأس 50 mL من الماء المُقَطَّر.
3. أقيس درجة حرارة خليط الجليد والماء في كل من الكأسين باستخدام مقياس الحرارة، وأسجل القراءة.
4. أجرب: أحرّك ساق التحريك محتويات كل كأس مدة دقيقة ونصف حتى تصبح درجتا حرارة الكأسين متماثلتين، وأسجلهما.
5. ألاحظ: أضيف 50 g من الملح إلى إحدى الكأسين، وأحرّك محتويات كل منهما، ثم أسجل درجة الحرارة عند ثباتها.

## الاستنتاج والتحليل:

1. أقرن بين درجة حرارة الكأسين في الخطوة 5.
2. أفسر أثر أيونات الملح ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) الموجودة في المحلول في انخفاض درجة التجمد.

## 4. الضغط الأسموزي Osmotic Pressure :

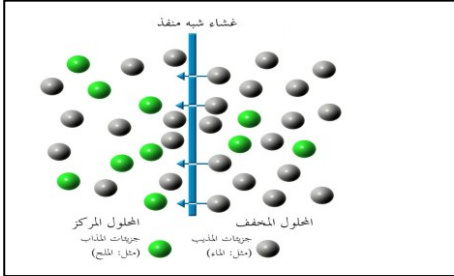
- ◆ تسمى عملية انتشار المذيب من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر أغشية شبه منفذة الأسموزية .  
**Osmosis**
- ◆ تسمح الأغشية شبه المنفذة بمرور جسيمات المذيب وتمنع مرور جسيمات المذاب كبيرة الحجم كما يوضح الشكل (14) .



الشكل ( 14 ) : الضغط الأسموزي

## سؤال ( 175 ) : كيف يتشكل الضغط الأسموزي ؟

- الجواب :** يرتفع سطح السائل فوق المحلول المركز، وعندما يصبح الضغط الناتج عن اختلاف ارتفاع مستوى سطح السائل بين المحلولين كافياً لمنع الأسموزية يثبت ارتفاع مستوى سطح السائلين مع استمرار انتقال المذيب بين المحلولين، ولكن بشكل متساوٍ، وتسمى كمية الضغط اللازمة لمنع الأسموزية الضغط الأسموزي **Osmotic Pressure** .



## سؤال ( 176 ) : وضّح المقصود بالضغط الأسموزي .

- الجواب :** كمية الضغط اللازمة لمنع الأسموزية .

## سؤال ( 177 ) : وضّح المقصود بالأسموزية .

- الجواب :** عملية انتشار المذيب من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر أغشية شبه منفذة انظر الشكل أعلاه .

## سؤال ( 178 ) : وضّح المقصود بالأغشية شبه المنفذة .

- الجواب :** غشاء يسمح بمرور جزيئات المذيب (مثل الماء) ولكنه يمنع مرور جزيئات المذاب (مثل الأملاح أو السكر) .

## سؤال ( 179 ) : ما هي العوامل التي يعتمد عليها الضغط الأسموزي ؟

- الجواب :** يُعَدُّ من الخصائص الجامعة للمحاليل التي تعتمد على عدد جسيمات المذاب في كمية محدّدة من المحلول .

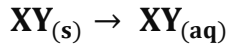
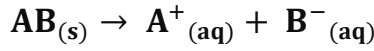
## سؤال ( 180 ) : ما أهميّة الأسموزية ؟

- الجواب :** تؤدي الأسموزية دوراً حيوياً في كثير من العمليات الحيوية في النباتات، مثل : عمليات امتصاص الماء والغذاء من التربة.

## مراجعة الدرس ( 2 ) الوحدة ( 2 )

- الفكرة الرئيسية: أوضح العلاقة بين كل من الضغط البخاري للمحلول ودرجة غليانه مقارنة مع المذيب النقي.
- أوضح المقصود بكل من: الانخفاض في درجة التجمد، الانخفاض في الضغط البخاري للمحلول.
- أستخدم الأرقام.** أحسب درجة غليان المحلول الناتج من إذابة  $3.33 \text{ g}$  من  $\text{CaCl}_2$  في  $600 \text{ g}$  من الماء النقي. علماً أن الكتلة المولية للمذاب ( $\text{Mr} = 111 \text{ g/mol}$ ) وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء ( $0.512^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ ).
- أستخدم الأرقام.** أحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد لمحلول حضر بإذابة  $2 \text{ mol}$  من مادة غير متأيّنة في  $250 \text{ g}$  من الإيثانول. علماً أن ثابت الانخفاض في درجة تجمد الإيثانول  $1.99^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ .
- أميز** بين ثابت الارتفاع في درجة الغليان وثابت الانخفاض في درجة التجمد.

- أستنتج** مادتان نقيتان أعطيتا الرموز الإفتراضية الآتية  $\text{AB}_{(s)}$  و  $\text{XY}_{(s)}$  أضيف  $1 \text{ mol}$  من كل مادة من هاتين المادتين إلى دورق يحتوي  $500 \text{ mL}$  من الماء، وتبين المعادلتان الآتيتان إذابة كل منهما في الماء، أستعين بهما في الإجابة عن السؤالين الآتيين:



- أي المحلولين له درجة غليان أعلى؟ ولماذا؟
- أي المحلولين له أعلى ضغط بخاري؟

- أستخدم الأرقام:** مشع ( روديتر ) سيارة يحتوي على  $5 \text{ kg}$  ماء، أحسب كتلة جلايكول الإيثيلين  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  اللازم إضافتها لضمان عدم تجمد الماء في المشع حتى درجة حرارة ( $-5.022^\circ\text{C}$ ) علماً أن:  $K_f = 1.86^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$  ,  $\text{Mr C}_2\text{H}_6\text{O}_2 = 62 \text{ g/mol}$

- أستخدم الأرقام:** كحول يستخلص من زيت جوز الهند، ويدخل في صناعة منظفات الشعر والصابون، يتجمد محلول يحتوي على  $5 \text{ g}$  من الكحول في  $0.1 \text{ kg}$  من البنزين  $\text{C}_6\text{H}_6$  عند درجة حرارة  $4.1^\circ\text{C}$ ، أحسب الكتلة المولية للكحول. علماً أن  $K_f \text{ C}_6\text{H}_6 = 5.07^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$ ، ودرجة تجمد البنزين  $5.5^\circ\text{C}$

- أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية :

## 1. تعتمد الخصائص الجامعة للمحاليل على:

- الطبيعة الكيميائية للجسيمات.
- حجم الجسيمات.
- عدد الجسيمات.
- درجة حرارة المحلول.

- أذبيت عينة كتلتها  $5.1 \text{ g}$  من كلوريد الكالسيوم  $\text{CaCl}_2$  في كأس يحتوي ماء. أي من العبارات الآتية صحيحة بالنسبة لهذا المحلول؟

- يتجمد المحلول عند درجة حرارة أقل من درجة تجمد الماء النقي.
- يكون ضغط البخار للمحلول أعلى من ضغط البخار للماء النقي.
- يغلي المحلول عند درجة حرارة أقل من درجة غليان الماء النقي.
- يتجمد المحلول عند درجة حرارة أكبر من درجة تجمد الماء النقي.

3. قيم ثابت الارتفاع في درجة الغليان وثابت الانخفاض في درجة التجمد للماء هما  $0.512^{\circ}\text{C kg/mol}$  و  $1.86^{\circ}\text{C kg/mol}$  على التوالي. إذا كان مقدار الارتفاع في درجة غليان محلول مادة مذابة هو  $0.2^{\circ}\text{C}$ ؛ فإن مقدار الانخفاض في درجة تجمد المحلول يساوي:

- أ.  $0.72^{\circ}\text{C}$       ب.  $0.75^{\circ}\text{C}$   
ج.  $1.2^{\circ}\text{C}$       د.  $0.8^{\circ}\text{C}$

4. درجة تجمد المحلول المائي لكلووريد الألمنيوم  $\text{AlCl}_3$  الذي تركيزه  $0.1\text{ m}$  تساوي: ( بافتراض التأين التام للملح )  
(  $K_f \text{ H}_2\text{O} = 1.86^{\circ}\text{C kg/mol}$  )

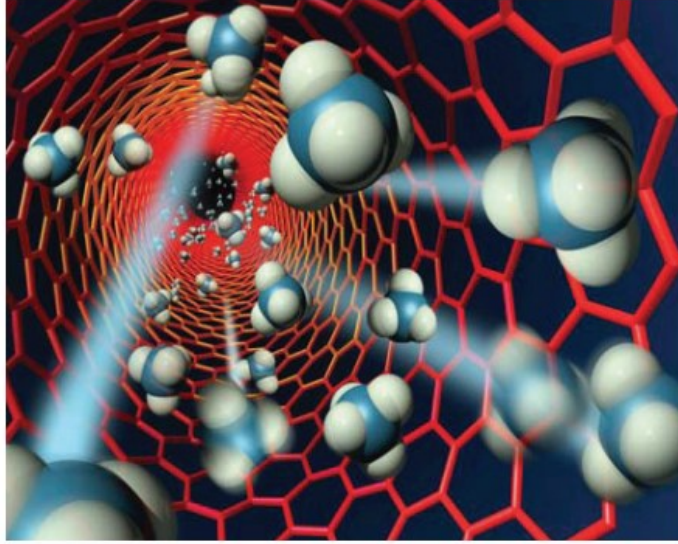
- أ.  $-0.74^{\circ}\text{C}$       ب.  $-0.71^{\circ}\text{C}$   
ج.  $-1.2^{\circ}\text{C}$       د.  $-0.8^{\circ}\text{C}$

5. أحدد المحاليل الآتية له أعلى درجة غليان:

- أ. محلول كلوريد البوتاسيوم  $\text{KCl}$  تركيزه  $0.02\text{ mol/kg}$   
ب. محلول نترات المغنيسيوم  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  تركيزه  $0.02\text{ mol/kg}$   
ج. محلول السكر  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  تركيزه  $0.02\text{ mol/kg}$   
د. محلول كبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  تركيزه  $0.01\text{ mol/kg}$

حل مراجعة الدرس ( 2 ) الوحدة ( 2 )

## الإثراء والتوسع

أغشية الأنابيب النانوية  
Carbon nano tubes

دفعت ندرة المياه الباحثين إلى تطوير تقنيات فعالة ومستدامة لتحلية المياه. ويزداد الاهتمام بالطرائق القائمة على الأغشية بين الباحثين نظرًا لمزاياها الفائقة والتميز، مثل جودة المياه العالية وانخفاض التكلفة. قام باحثون بإنشاء غشاء مصنوع من أنابيب الكربون النانوية وهي أنابيب مصنوعة من ذرات الكربون في ترتيب فريد، مجوفة من الداخل وتعمل مليارات من هذه

الأنابيب كمسام في الغشاء، وتسمح هذه الأنابيب فائقة الصغر للسوائل والغازات بالتدفق بسرعة، في حين يمنع حجم المسام الصغير الجزيئات الأكبر حجمًا من النفاذ، وبهذا يمكن استخدام الأنابيب النانوية كمسام في تحلية المياه وإزالة الملح منها؛ إذ كانت تُنفذ عادةً عن طريق الأسموزية المعاكسة حيث يتم فيها التأثير بضغط أكبر من الضغط الأسموزي فيعكس اتجاه حركة جسيمات المذيب (الماء) من المحلول إلى المذيب النقي عبر غشاء شبه منفذ إلا أن هذه الأغشية أقل نفاذية، وتتطلب كميات كبيرة من الضغط، وهي مكلفة للغاية. لذلك فإن الأغشية النانوية الأكثر نفاذية تقلل من تكاليف الطاقة اللازمة لتحلية المياه بنسبة عالية مقارنة بالأغشية التقليدية المستخدمة في الأسموزية المعاكسة. وسيفتح استخدام أغشية الأنابيب النانوية مجموعة واسعة من التطبيقات في المستقبل.

## مراجعة الوحدة

1. أوضح المقصود بكل من الآتية: الارتفاع في درجة غليان المحلول، الأسموزية.
2. أحدد العوامل التي تؤثر في ذائبية كل من: مادة صلبة في سائل، غاز في سائل.
3. محلولان لكلوريد الصوديوم أحدهما مخفف **A** والآخر مركز **B**، أجب عن الأسئلة الآتية:
  - أ. أي منهما يغلي عند درجة حرارة أعلى؟
  - ب. أي منهما يتجمد عند درجة حرارة أقل؟
  - ج. إذا وضع المحلولان في وعاء واحد يفصل بينهما غشاء شبه نافذ يسمح بمرور الماء فقط، أي محلول تتوقع أن يظهر زيادة في تركيز كلوريد الصوديوم؟
4. أحدد المادة الأكثر ذائبية في الماء من كل زوج من أزواج المركبات الآتية:
  - أ.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .
  - ب.  $\text{HCl}$  ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ .
  - ج.  $\text{PbSO}_4$  ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
5. **أستخدم الأرقام.** ذائبية غاز النيتروجين  $\text{N}_2$  في الماء  $0.0152 \text{ g/L}$  عند درجة حرارة  $20^\circ\text{C}$ ، وضغطه الجزئي  $585 \text{ mmHg}$ ، ما مقدار ذائبيته في الماء عندما يكون ضغطه الجزئي  $823 \text{ mmHg}$  وعند درجة الحرارة نفسها.
6. **أستخدم الأرقام.** محلول كلوريد البوتاسيوم  $\text{KCl}$  درجة حرارته  $50^\circ\text{C}$ ، يتكون من  $50 \text{ g KCl}$  في  $130 \text{ g}$  من الماء، برد المحلول إلى  $20^\circ\text{C}$ ، بالرجوع إلى الشكل (7)؛ أجب عن الأسئلة الآتية:
  - أ. هل المحلول مشبع أم غير مشبع عند درجة حرارة  $50^\circ\text{C}$ ؟
  - ب. أحسب كتلة المادة المترسبة عند تبريد المحلول.
7. الأدرنالين هو الهرمون الذي يحفز الجسم للاستجابة في أوقات التوتر والطوارئ، عند إذابة  $0.64 \text{ g}$  من الأدرنالين في  $36.0 \text{ g}$  من  $\text{CCl}_4$ ؛ وجد أن مقدار الارتفاع في درجة غليانه تساوي  $0.49^\circ\text{C}$ ، أحسب الكتلة المولية للأدرنالين، علماً أن  $K_b \text{ CCl}_4 = 5.02^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$ .
8. **أستخدم الأرقام.** أحسب الكتلة المولية لمادة غير متأينة وغير متطايرة كتلتها  $0.64 \text{ g}$  أذيت في  $100 \text{ g}$  من البنزين. علماً أن درجة غليان المحلول الناتج  $80.33^\circ\text{C}$  ودرجة غليان البنزين النقي  $80.2^\circ\text{C}$ .
9. **أستنتج قيمة (X) في الصيغة الجزيئية للكبريت  $\text{S}_x$  من المعلومات في الجدول الآتي:** (السؤال يحتاج لتعديل)

المعلومات	القيم
كتلة الكبريت $\text{S}_x$ المذاب	0.24 g
كتلة المذيب $\text{CCl}_4$	100 g
الكتلة المولية للكبريت S	32.1 g/mol
الانخفاض في درجة تجمد $\text{CCl}_4$	$0.2^\circ\text{C}$
ثابت انخفاض درجة تجمد $\text{CCl}_4$	$29.8^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$

## مراجعة الوحدة

10. **أستخدم الأرقام.** أحسب درجة الغليان لمحلول تركيزه  $0.06 \text{ mol/kg}$  من كبريت البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

11. **أستنتج** المحلول المائي الذي له أعلى درجة غليان من المحاليل الآتية:

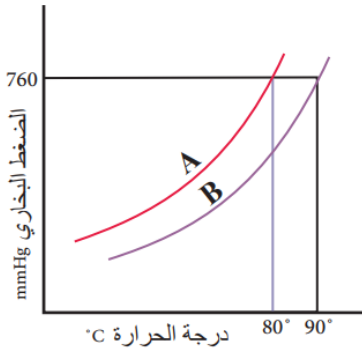
$0.1 \text{ mol/kg NaCl}$

$0.1 \text{ mol/kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

$0.1 \text{ mol/kg Na}_2\text{SO}_4$

12. **أفسر:** درجة غليان محلول المادة المتأينة أعلى من درجة غليان محلول المادة غير المتأينة، علماً أنهما متساويتان في التركيز.

13. أرتب المواد ذات الرموز الافتراضية (A, B, C) وفق تزايد الارتفاع في درجة غليان محاليلها، علماً أن الانخفاض في درجة تجمدها ( $^{\circ}\text{C}$ ) هي: **A: 2.4, B: 13.3, C: 3.55**



14. **أستنتج** من الشكل الآتي:

أ. الرمز الذي يشير إلى المذيب النقي.

ب. الرمز الذي يشير إلى المحلول.

ج. درجة الغليان لكل من A و B.

15. **أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:**

1. **أحد الآتية يعد محلولاً حقيقياً:**

أ. الحليب. ب. السكر في الماء.

ج. الطباشير في الماء. د. التراب في الماء.

2. **المحلول الأقل درجة تجمد عند التركيز نفسه  $0.1 \text{ mol/kg}$  هو:**

أ.  $\text{NaCl}$  ب.  $\text{K}_2\text{SO}_4$

ج.  $\text{CaCl}_2$  د.  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

3. **أحد الآتي يعد مثلاً على المخلوط المعلق:**

أ. الطباشير في الماء.

ب. الدم.

ج. محلول كبريتات البوتاسيوم.

د. الماء المقطر.

4. **العبرة الصحيحة في ما يتعلق بأقطار الجسيمات المنتشرة في المخلوط الغروي، هي:**

أ. أقل من  $1 \text{ nm}$

ب. أكبر من  $1000 \text{ nm}$

ج.  $1 \text{ nm} - 1000 \text{ nm}$

د.  $1 \text{ mm} - 1000 \text{ mm}$

5. **يصنف محلول الزئبق في الفضة أنه:**

أ. صلب في سائل. ب. سائل في سائل.

ج. صلب في غاز. د. سائل في صلب.

## مراجعة الوحدة

6. العبارة الصحيحة من العبارات الآتية، هي:

- أ. الإيثانول  $C_2H_5OH$  السائل والماء يكونان طبقتين منفصلتين.  
 ب. لا يذوب حمض الإيثانويك في الماء.  
 ج. يمتزج سائل رابع كلوريد الكربون  $CCl_4$  مع الماء ويشكلان طبقة واحدة.  
 د. يكون سائلا البنزين والماء طبقتين منفصلتين.

7. يرش الملح على الطرقات بعد تساقط الثلوج، حيث ينخفض درجة انصهار الثلج، أحد الأملاح الآتية أكثر فاعلية في منع تراكم الثلوج:

- أ.  $MgCO_3$       ب.  $KCl$   
 ج.  $AgBr$         د.  $BaSO_4$

8. سائلان لا يمتزجان معاً إذا كان:

- أ. كلاهما جزيئاته تمتلك خصائص قطبية.  
 ب. كلاهما جزيئاته لا تمتلك خصائص قطبية.  
 ج. جزيئات أحدهما قطبية والآخر غير قطبية.  
 د. أحدهما الماء والآخر ميثانول  $CH_3OH$ .

9. تكون حالة الجسيمات المنتشرة صلبة وحالة وسط الانتشار غازاً في:

- أ. الضباب.      ب. الدخان.  
 ج. حجر الخفاف.      د. الحليب.

10. أحد المركبات الآتية يكون محلولاً متجانساً في الماء:

- أ.  $CaCO_3$       ب.  $I_2$   
 ج.  $C_4H_{10}$       د.  $CH_3CH_2OH$

11. تكون ذائبية غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  في الماء أكبر ما يمكن عند درجة حرارة وضغط:

- أ.  $20^\circ C, 0.988 \text{ atm}$   
 ب.  $20^\circ C, 1.2 \text{ atm}$   
 ج.  $25^\circ C, 1 \text{ atm}$   
 د.  $25^\circ C, 1.2 \text{ atm}$

12. محلول مكون من 8,585 نترات الصوديوم  $NaNO_3$  مذابة في 100 g من الماء، يتجمد عند درجة حرارة  $-3.75^\circ C$ . أحسب الكتلة المولية لنترات الصوديوم، علماً أن:

$$:K_f H_2O = 1.86^\circ C \text{ kg/mol}$$

- أ. 52      ب. 85  
 ج. 100      د. 105

13. ثلاثة مواد صلبة بيضاء اللون، أعطيت الرموز الافتراضية **A, B, C** إحدى هذه المواد سكر، والثانية ملح نترات البوتاسيوم **KNO<sub>3</sub>**، والثالثة كبريتات الباريوم **BaSO<sub>4</sub>**، وضعت كميات متساوية منها في ثلاث كؤوس زجاجية، وأضيف إلى كل منها **100mL** من الماء، وسجلت الملاحظات الآتية:

- المادة **A** ذائبة في الماء ومحلولها موصل للكهرباء.
- المادة **B** لم تذوب في الماء.
- المادة **C** ذائبة في الماء ومحلولها لم يوصل التيار الكهربائي.

فإن:

- أ. **A**: سكر، **B**: **KNO<sub>3</sub>**، **C**: **BaSO<sub>4</sub>**
- ب. **C**: سكر، **A**: **KNO<sub>3</sub>**، **B**: **BaSO<sub>4</sub>**
- ج. **C**: سكر، **B**: **KNO<sub>3</sub>**، **A**: **BaSO<sub>4</sub>**
- د. **B**: سكر، **A**: **KNO<sub>3</sub>**، **C**: **BaSO<sub>4</sub>**

14. باستخدام المعلومات الواردة في الجدول؛ فإن ترتيب الأملاح التي أعطيت الرموز الافتراضية **A, B, C, D** وفق ذائبيتها في الماء:

المحلول	كتلة المذاب عند 60 °C
A	35 g/50 g H <sub>2</sub> O
B	20 g/60 g H <sub>2</sub> O
C	30 g/120 g H <sub>2</sub> O
D	40 g/80 g H <sub>2</sub> O

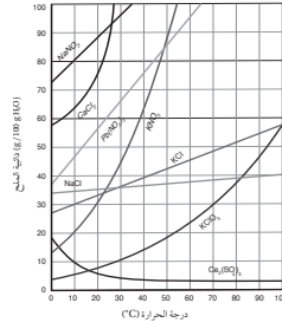
- أ. **D > A > C > B**
- ب. **A > B > D > C**
- ج. **A > D > B > C**
- د. **C > D > A > B**

15. محلول **X** متأين ومحلول **Y** غير متأين، لهما التركيز نفسه، إحدى العبارات الآتية صحيحة في ما يتعلق بهما:

- أ. درجة غليان محلول **X** أعلى من درجة غليان محلول **Y**.
- ب. درجة غليان محلول **X** تساوي درجة غليان محلول **Y**.
- ج. ضغط محلول **X** البخاري يساوي ضغط محلول **Y** البخاري.
- د. درجة تجمد محلول **X** أعلى من درجة تجمد محلول **Y**.

## أسئلة تفكير الوحدة الثانية

السؤال الأول:



1. ما درجة الحرارة التي تتساوى عندها ذائبية  $\text{KNO}_3$  و  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ؟

.....

2. ما مقدار ذائبية  $\text{KCl}$  عند درجة حرارة  $60^\circ\text{C}$ ؟

.....

3. ما أكبر كمية من  $\text{CaCl}_2$  يمكن أن تذوب في 1kg من الماء عند درجة  $22^\circ\text{C}$ ؟

.....

**السؤال الثاني:** أذيب 27 g من غاز الأسيتلين  $\text{C}_2\text{H}_2$  في 1L من الأسيتون  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  عند ضغط 1atm، ودرجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  فكم يذوب من الأسيتلين عند زيادة الضغط الجزئي له إلى 10 atm عند درجة الحرارة نفسها.

.....

**السؤال الثالث:** أذيب 14 g من مادة صلبة متأينة صيغتها العامة  $\text{XA}_3$  في 500 g من الماء، فوجد أن درجة تجمد المحلول  $-0.78^\circ\text{C}$ ، أحسب الكتلة المولية للمركب  $\text{XA}_3$ ، علماً أن  $K_f = 1.86^\circ\text{C kg/mol}$ .

.....

**السؤال الرابع:** أذيبت عينة من مادة صلبة أيونية في 1.00 kg من الماء؛ فكانت درجة تجمد الماء  $-0.01^\circ\text{C}$ . إذا أذيب ثلاثة أضعاف كتلة المادة الصلبة الأيونية في 1.0 kg من الماء وكانت درجة تجمد المحلول الناتج  $-0.09^\circ\text{C}$ ، أي من الصيغ التالية يمكن أن تكون صيغة المادة الصلبة:  $\text{MX}$ ،  $\text{MX}_2$ ، أو  $\text{MX}_3$ ، حيث M تمثل أيوناً موجباً و X أيوناً سالباً بشحنة -1  $K_f = 1.86^\circ\text{C kg/mol}$ ؟

.....

**السؤال الخامس:** أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. المادة التي لا تكون محلولاً متجانساً مع الماء:

أ.  $\text{CCl}_4$ . ب.  $\text{KBr}$ . ج.  $\text{NaI}$ . د.  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

2. أحد المحاليل الآتية يمثل محلولاً صلباً:

- أ. الإيثانول في الماء. ب. السكر في الماء.  
 ج. كلوريد الصوديوم في الماء. د. النحاس في الذهب.  
 3. تعد الغيوم مثلاً على مخلوط:  
 أ. غاز في سائل. ب. سائل في سائل.  
 ج. غاز في غاز. د. سائل في غاز.  
 4. العبارات الآتية المتعلقة بالمخاليط الغروية جميعها صحيحة ما عدا:  
 أ. تسمح بنفاذ شعاع ضوئي من خلالها دون تشتت.  
 ب. لا يمكن فصل مكوناتها بالترشيح.  
 ج. قطر دقائق المذاب فيها من (1000 nm – 1 nm).  
 د. تبدو ضبابية عند تمرير أشعة ضوئية خلالها.  
 5. العوامل الآتية جميعها تؤثر في ذائبية المواد الصلبة ما عدا:  
 أ. طبيعة المذاب. ب. طبيعة المذيب. ج. درجة الحرارة. د. الضغط.  
 6. الخصائص الآتية تزداد بزيادة تركيز مادة غير متطايرة في المحلول ما عدا:  
 أ. الضغط الأسموزي. ب. الارتفاع في درجة الغليان.  
 ج. الضغط البخاري. د. الانخفاض في درجة التجمد.  
 7. أحد الغازات الآتية أكثر ذائبية في الماء عند الظروف نفسها:  
 أ.  $\text{CO}_2$  (Mr = 44 g/mol) ب.  $\text{N}_2$  (Mr = 28 g/mol)  
 ج.  $\text{H}_2$  (Mr = 2 g/mol) د. Ar (Mr = 40 g/mol)  
 8. حضر محلول مشبع من نترات البوتاسيوم  $\text{KNO}_3$  بإذابة 40 g منه في 50 g من الماء عند درجة حرارة  $48^\circ\text{C}$ ، ثم برد المحلول إلى  $27^\circ\text{C}$  حيث ذائبية  $\text{KNO}_3$  عند هذه الدرجة تساوي 40 g / 100 g  $\text{H}_2\text{O}$ ، فإن كتلة الملح المترسبة (g) في المحلول تساوي:  
 أ. 40 ب. صفر ج. 10 د. 20  
 9. ذائبية غاز ما في الماء عند  $25^\circ\text{C}$  وضغط جزئي 3.5 atm تساوي 0.77 g/L، للحصول على محلول يحتوي 0.22 g/L من الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها؛ فإن الضغط اللازم (atm) يساوي:  
 أ. 0.59 ب. 1 ج. 0.286 د. 167  
 10. المحاليل الآتية متساوية في التركيز:  
 (1)  $\text{Br}_2$  في  $\text{CCl}_4$  ، (2)  $\text{NaCl}$  في الماء ، (3)  $\text{MgCl}_2$  في الماء.  
 الترتيب الصحيح لها وفق توصيلها للتيار الكهربائي:  
 أ.  $1 > 2 > 3$  ب.  $3 > 2 > 1$  ج.  $2 > 3 > 1$  د.  $2 > 1 > 3$

11. محلول مكون من 12.5 g من مادة مذابة غير متأينة في 170 g من الماء، فارتفعت درجة غليان المحلول بمقدار  $0.63^{\circ}\text{C}$ ، فإن الكتلة المولية للمادة المذابة تساوي ( $K_b \text{ H}_2\text{O} = 0.512^{\circ}\text{C kg mol}^{-1}$ ):  
 أ. 88.5      ب. 77.2      ج. 59.5      د. 40.7

12. الترتيب الصحيح للمحاليل المائية الآتية ( $0.2 \text{ m C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  ,  $0.05 \text{ m CaCl}_2$  ,  $0.15 \text{ m KCl}$ ) وفق درجة الغليان المتوقعة لها هو:  
 أ.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} > \text{KCl} > \text{CaCl}_2$       ب.  $\text{KCl} > \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} > \text{CaCl}_2$   
 ج.  $\text{KCl} > \text{CaCl}_2 > \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$       د.  $\text{CaCl}_2 > \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} > \text{KCl}$

13. ذائبية نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  عند درجة الحرارة  $20^{\circ}\text{C}$  تساوي  $216 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ ، فإن كتلة نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  بالغرام اللازمة لتحضير محلول مشبع منها في 25 g في الماء عند درجة حرارة نفسها تساوي:  
 أ. 216      ب. 108      ج. 100      د. 54

14. أحد الآتية له أقل ضغط بخاري عند الظروف نفسها:  
 أ. الماء المقطر.      ب. مياه الشرب.      ج. مياه البحر.      د. مياه البحر الميت.



لأي استفسار الواتس : 0796392524  
 مُدرسكم أَلحِب عمر علي وشاح

