

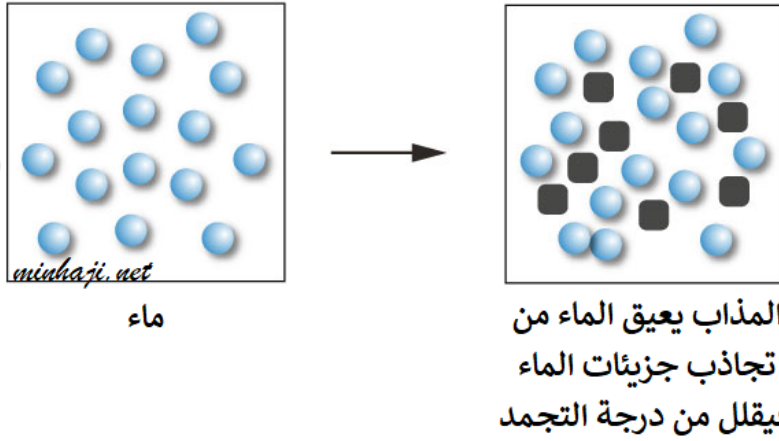
## الانخفاض في درجة التجمد

### Freezing Point Depression

عند تبريد الماء تقل الطاقة الحركية لجزيئاته وتتقارب، وتزداد قوى التجاذب بين دقائقه، فيتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة ويتجمد.

ولكن ماذا يحدث لو أضفنا مذاباً إلى الماء؟

تنتشر جسيمات المذاب بين جسيمات المذيب في المحلول، فتعيق تلك الجسيمات تقارب وتجاذب جسيمات المذيب، فيلزم حينئذ انخفاض أكثر في درجة الحرارة، فتصبح أقل من درجة تجمد المذيب.



يُسمى الفرق بين درجة تجمد المذيب النقي والمحلول الانخفاض في درجة التجمد.

• mol عند إذابة 1 من السكر (342 g) في 1 Kg من الماء يتجمد المحلول عند درجة  $-1.86^{\circ}\text{C}$ .

• mol عند إذابة 1 من اليوريا (60 g) في 1 Kg من الماء يتجمد المحلول عند درجة  $-1.86^{\circ}\text{C}$ .

mol وهذا يعني أن إذابة 1 من مادة غير متأيّنة وغير متطايرة في 1 Kg من الماء تنخفض درجة تجمد الماء بمقدار  $(1.86^{\circ}\text{C})$ ، ويمثل هذا المقدار ثابت الانخفاض في درجة تجمد الماء، وهو يتغير بتغير المذيب.

يتناسب الانخفاض في درجة تجمد المحلول طردياً مع النسبة بين عدد جسيمات المذاب وجسيمات المذيب؛ أي تتناسب طردياً مع التركيز المولالي للمحلول.

ويعبر عنه بالصيغة الرياضية كما يأتي:

الانخفاض في درجة التجمد  $\propto$  المولية

الانخفاض في درجة التجمد = ثابت  $\times$  المولية

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

حيث:

$\Delta T_f$ : الانخفاض في درجة التجمد.

$K_f$ : ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب.

$m$ : التركيز المولي للمحلول.

ويوضح الجدول أدناه قيم ثابت الانخفاض في درجة تجمد بعض المذيبات:

المُذيب	درجةُ التجمّد °C	ثابتُ الانخفاض في درجة تجمّد المُذيب $K_f$ °C.Kg/mol
الماء	0.0	1.86
الإيثانول	-114.1	1.99
البنزين	5.5	5.12

**مثال:**

$g$  أحسب درجة تجمد محلول يحتوي على 6.62 من مادة مذابة في 0.1 kg من الماء المقطر. علمًا أن درجة تجمد الماء  $0^\circ\text{C}$ ، وثابت الانخفاض في درجة تجمد الماء =  $1.86^\circ\text{C.Kg/mol}$ ، الكتلة المولية للمذاب  $Mr = 62\text{ g/mol}$

تحليل السؤال (المعطيات)

كتلة المادة المذابة = 6.62 g

Kg كتلة الماء النقي (المذيب) = 0.1

$1.86^\circ\text{C.Kg/mol}$  ثابت الانخفاض في درجة تجمد الماء =

$Mr = 62\text{ g/mol}$  الكتلة المولية للمذاب

$$0 = \text{درجة تجمد الماء النقي} \text{ } ^\circ\text{C}$$

الحل:

نحسب عدد مولات المذاب:

$$n = m/M_r = 6.62 \text{ g} / 62 \text{ g/mol} = 0.01 \text{ mol}$$

نحسب التركيز المولالي:

$$m = n \text{ soluten solvent} = 0.01 \text{ mol} / 0.1 \text{ kg} = 0.1 \text{ molal}$$

نحسب الانخفاض في درجة التجمد:

$$\Delta T_f = K_f \times m = 1.86 \times 0.1 = 0.186 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$0.186 - = 0.186 - 0 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ درجة تجمد المحلول}$$

أتحقق: صفحة (137)

g أحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد لمحلول تكون بإذابة 10 من مادة غير متأينة في 400 g من الإيثانول. علماً أن ثابت الانخفاض في درجة تجمد الإيثانول = 5.12 °C.Kg/mol، الكتلة المولية للمذاب  $M_r = 46 \text{ g/mol}$

تحليل السؤال (المعطيات)

$$10 \text{ g} = \text{كتلة المادة المذابة}$$

$$400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg} = \text{كتلة الماء النقي (المذيب)}$$

$$5.12 = \text{ثابت الانخفاض في درجة تجمد الإيثانول } \text{ } ^\circ\text{C.Kg/mol}$$

$$M_r = 46 \text{ g/mol} = \text{الكتلة المولية للمذاب}$$

الحل:

نحسب عدد مولات المذاب:

$$n = m/M_r = 10 \text{ g} / 46 \text{ g/mol} = 0.22 \text{ mol}$$

نحسب التركيز المولالي:

$$m = \frac{n \text{ soluten}}{m \text{ solvent}} = \frac{0.22 \text{ mol}}{0.4 \text{ kg}} = 0.55 \text{ molal}$$

نحسب الانخفاض في درجة التجمد:

$$\Delta T_f = K_f \times m = 5.12 \times 0.55 = 2.8^\circ\text{C}$$

### أهمية الانخفاض في درجة التجمد

- في البلدان التي يهطل فيها الثلج في أثناء فصل الشتاء، يرشّ الملح على الطرقات؛ حتى تقل درجة تجمد الماء؛ ما يؤدي إلى منع تراكم الثلوج على الطريق، فيقل خطر انزلاق المركبات التي تسير عليه.
- يعتمد سائقو السيارات إلى إضافة مانع تجمد ( ) في مشع السيارة في الأيام التي تنخفض درجة حرارة الجو إلى ما دون الصفر المئوي؛ لمنع حدوث انجماد في الماء الموجود في مشع السيارة.

### تدريبات

تدريب (1):

g أحسب درجة التجمد لمحلول يحتوي على 12.38 من السكر  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  مذاب في 250 g ماء.

تدريب (2):

$S_x$  الصيغة الجزيئية للكبريت الصلب . فإذا علمت أن قيمة الانخفاض في درجة تجمد رابع كلوريد الكربون نتيجة إذابة 0.22 g من الكبريت في 100 g من رابع كلوريد الكربون هي  $0.28^\circ\text{C}$  . ما قيمة x في الصيغة الجزيئية للكبريت.

تدريب (3):

g أذيب 99 من مركب غير أيوني في 669 g ماء، فوجد أن درجة تجمد المحلول الناتج

$-0.96^{\circ}\text{C}$ . أحسب الكتلة المولية للمركب.

**تدريب (4):**

g عينة من مركب مجهول كتلتها 5.5، أذيب في 250 g من البنزين فوجد أن درجة تجمد المحلول  $1.02^{\circ}\text{C}$  تحت درجة تجمد البنزين. أحسب:

1. الكتلة المولية للمركب.

2.  $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}$  أي الصيغ التالية تمثل المركب المعني أم  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ ؟