

## الارتفاع في درجة الغليان

### Boiling Point Elevation

يغلي السائل عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.

$^{\circ}\text{C}$  يبدأ الماء النقي بالغليان عند درجة حرارة 100 ، وتثبت درجة غليانه عند هذه الدرجة.

عند إذابة مادة غير متآينة أو متطايرة في الماء، فإن المحلول يغلي على درجة أعلى من  $100^{\circ}\text{C}$  ، أي أن درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان الماء النقي؛ ويعود ذلك لسببين:

1. تحتل دقائق المذاب جزءاً من سطح الماء (المذيب)، فيقل عدد جزيئات الماء عند السطح ويقل تبخرها، ويقل الضغط البخاري.

2. نشوء تجاذب بين بعض جسيمات المذيب وجسيمات المذاب، وهذا يقلل عدد جسيمات المذيب التي يمكن أن تفلت من السطح لتتحول إلى الحالة الغازية، فيقل الضغط البخاري، مما يتطلب زيادة درجة الحرارة للتغلب على قوى التجاذب.

يُسمى الفرق بين درجة غليان المذيب النقي والمحلول الارتفاع في درجة الغليان.

• mol عند إذابة 1 من السكر (342 g) في 1 Kg من الماء يغلي المحلول عند درجة  $100.52^{\circ}\text{C}$ .

• mol عند إذابة 1 من اليوريا (60 g) في 1 Kg من الماء يغلي المحلول عند درجة  $100.52^{\circ}\text{C}$ .

mol وهذا يعني أن إذابة 1 من مادة غير متآينة وغير متطايرة في 1 Kg من الماء يرفع من درجة غليان الماء بمقدار  $(0.52^{\circ}\text{C})$ ، ويمثل هذا المقدار ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء، وهو يتغير بتغير المذيب.

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

ويعبر عنه بالصيغة الرياضية كما يأتي:

الارتفاع في درجة الغليان  $\propto$  المولالية

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت  $\times$  المولالية

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

حيث:

$\Delta T_b$ : الارتفاع في درجة الغليان.

$K_b$ : ثابت الارتفاع في درجة غليان المذيب.

$m$ : التركيز المولالي للمحلول.

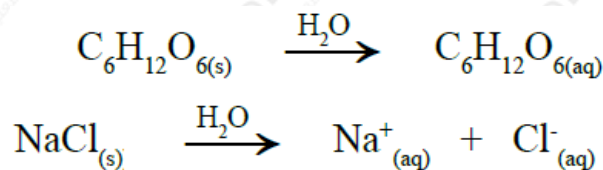
ويوضح الجدول أدناه قيم ثابت الارتفاع في درجة غليان بعض المذيبات:

المُذيب	درجة الغليان عند ضغط جويّ 1 atm	ثابتُ الارتفاع في درجة غليان المُذيب $K_b$ °C.Kg/mol
الماء	100	0.52
الإيثانول	78.5	1.19
البنزين	80.1	2.53

°C يبدأ الماء النقي بالغليان عند درجة حرارة 100 ، وتثبت درجة غليانه عند هذه الدرجة، ولكن عند إذابة مادة غير متأينة أو متطايرة في الماء فإن درجة الغليان ترتفع، ولا تثبت أثناء الغليان؛ ويعود ذلك إلى أنّ عملية التبخر تؤدي إلى نقص في كمية المذيب في المحلول، فيزداد تركيزه بمرور الوقت، ويقل بذلك عدد جسيمات المذيب القادرة على الإفلات من سطح السائل، فيقل التبخر، والضغط البخاري، فتزداد درجة الغليان.

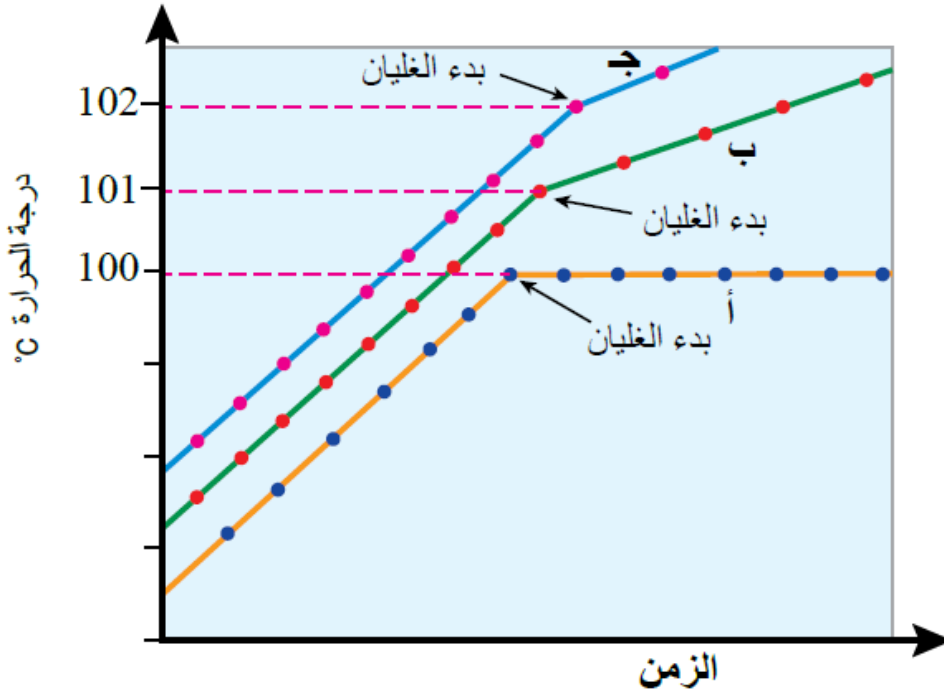
أما عند إذابة مادة متأينة (غير متطايرة) في الماء، فإن الارتفاع في درجة الغليان يزداد؛ لأن عدد الدقائق في محلول المادة المتأينة أكبر من عدد الدقائق في محلول المادة غير المتأينة.

NaCl لاحظ من المعادلتين الآتيتين أن عدد الدقائق في محلول (مادة متأينة) أكبر من عدد الدقائق في محلول السكر (مادة غير متأينة):



ويمكن ملاحظة ذلك من المنحنى الآتي الذي يمثل مقارنة بين درجة غليان الماء،

ومحلول مادة غير متآينة، ومادة متآينة:



حيث:

المنحنى (أ) يمثل ماءً نقياً.

المنحنى (ب) يمثل محلول مادة غير متآينة.

المنحنى (ج) يمثل محلول مادة غير متآينة.

أمثلة محلولة

مثال (1):

g أحسب درجة غليان محلول ناتج من إذابة 24.4 من حمض البنزويك (كتلته المولية = 122 g/mol) في 500 g من الإيثانول، علمًا بأن درجة غليان الإيثانول  $78^{\circ}\text{C}$ ، وثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول  $1.07^{\circ}\text{C.Kg/mol}$ .

تحليل السؤال (المعطيات)

كتلة المادة المذابة = 24.4 g

$$500 = 0.5 \text{ Kg} \text{ كتلة الماء النقي (المذيب)}$$

$$1.07 = \text{C.Kg/mol} \text{ ثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول}$$

$$Mr = 122 \text{ g/mol} \text{ الكتلة المولية للمذاب}$$

**الحل:**

نحسب عدد مولات المذاب:

$$n = m / Mr = 24.4 \text{ g} / 122 \text{ g/mol} = 0.2 \text{ mol}$$

نحسب التركيز المولالي:

$$m = n \text{ solute} / \text{solvent mass} = 0.2 \text{ mol} / 0.5 \text{ Kg} = 0.4 \text{ molal}$$

نحسب الارتفاع في درجة الغليان:

$$\Delta T_b = K_b \times m = 1.07 \times 0.4 = 0.428$$

$$78.428 = 0.428 + 78 \text{ درجة غليان المحلول } ^\circ\text{C}$$

**مثال (2):**

g إذا علمت أن 5.85 من أذيب في 0.5 Kg من الماء، فأحسب درجة غليان المحلول  
علماً بأن الكتلة المولية للمذاب = 58.5 g/mol ، وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء =  
0.52 °C.Kg/mol =

تحليل السؤال (المعطيات)

$$5.85 \text{ g} = \text{كتلة المادة المذابة}$$

$$0.5 = \text{Kg} \text{ كتلة الماء النقي (المذيب)}$$

$$0.52 = \text{C.Kg/mol} \text{ ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء}$$

$$Mr = 58.5 \text{ g/mol} \text{ الكتلة المولية للمذاب}$$

**الحل:**

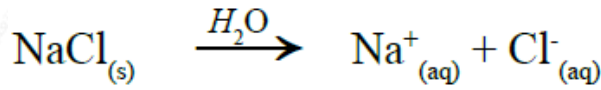
نحسب عدد مولات المذاب:

$$n = m / Mr = 5.85 \text{ g} / 58.5 \text{ g/mol} = 0.1 \text{ mol}$$

نحسب التركيز المولالي:

$$m = n \text{ solute} / \text{solvent mass} = 0.1 \text{ mol} / 0.5 \text{ Kg} = 0.2 \text{ molal}$$

ومن معادلة تفكك الملح في الماء نلاحظ أن عدد مولات الأيونات الناتجة = 2



$$0.2 = x \text{ 2} = 0.4 \text{ molal}$$

نحسب الارتفاع في درجة الغليان:

$$T_b = K_b \times m = 0.52 \times 0.4 = 0.208$$

$$100.208 = 0.208 + 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**تدريبات**

**تدريب (1):**

g عند إذابة 0.64 من مادة عضوية غير متطايرة في 100 g من البنزين وجد أن درجة غليان المحلول  $80.23 \text{ } ^\circ\text{C}$ . احسب الكتلة المولية للمادة المذابة، علمًا بأن درجة غليان البنزين  $80.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ، وثابت الارتفاع في درجة غليان البنزين  $2.61 \text{ } ^\circ\text{C.Kg/mol}$ .

**تدريب (2):**

g احسب درجة غليان محلول ناتج من إذابة 18.4 غليسرول في كيلوغرامين من الماء، علمًا بأن ثابت الارتفاع في درجة غليان للماء  $0.52 \text{ } ^\circ\text{C.Kg/mol}$ ، والكتلة المولية للغليسرول  $92 \text{ g/mol}$ .

$100.052 \text{ } ^\circ\text{C}$  الجواب النهائي:

**تدريب (3):**

g عند إذابة 2.25 من مركب مجهول (غير أيوني) في (150 g) من سايكلوهكسان (مذيب عضوي) ارتفعت درجة غليانه  $0.481^{\circ}\text{C}$ . أحسب الكتلة المولية للمركب، علمًا بأن ثابت الارتفاع في درجة الغليان للمذيب يساوي  $2.79^{\circ}\text{C.Kg/mol}$ .

**تدريب (4):**

g أذيب 50 من غلايكول الإيثيلين  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  في 55 g من الماء. احسب درجة غليان المحلول الناتج، علمًا بأن ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء =  $0.52^{\circ}\text{C.Kg/mol}$ ، والكتلة المولية لغلايكول إيثيلين  $62\text{ g/mol}$ .

**تدريب (5):**

g أذيب 7.45 من كلوريد البوتاسيوم KCl في 360 g من الماء. أحسب درجة غليان المحلول، علمًا بأن وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء =  $0.52^{\circ}\text{C.Kg/mol}$ ، والكتلة المولية لكلوريد البوتاسيوم  $74.5\text{ g/mol}$ .

$100.29^{\circ}\text{C}$  الجواب النهائي:

**تدريب (6):**

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  أي المحلولين الآتين له أعلى درجة غليان: أم NaBr ، علمًا بأن تركيزهما المولالي متساوٍ، والضغط المؤثر فيهما هو نفسه (بافتراض التفكك التام لكل منهما)؟

$\text{K}_2\text{SO}_4$  اكتب معادلة تفكك إلى أيونات عند إذابته في الماء، ثم احسب التركيز الكلي لأيونات في محلول تركيزه  $0.003\text{ mol/Kg}$  من  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ، مفترضًا التفكك التام للمحلول.