

الارتفاع في درجة الغليان

Boiling Point Elevation

يغلي السائل عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.

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

عند إذابة مادة غير متأينة أو متطايرة في الماء، فإن المحلول يغلي على درجة أعلى من °C 100 ، أي أن درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان الماء النقي؛ ويعود ذلك لسسن:

- 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.

- $1 \, \mathrm{Kg}$ عند إذابة 1 من السكر ($2 \, \mathrm{G}$) في $2 \, \mathrm{Kg}$ من الماء يغلي المحلول عند درجة $2 \, \mathrm{G}$.
- عند إذابة 1 من اليوريا (60~g) في 1~Kg من الماء يغلي المحلول عند mol عند إذابة 1 من اليوريا (00~g) في 00.52~c

mol وهذا يعني أن إذابة 1 من مادة غير متأينة وغير متطايرة في Kg من الماء يرفع من درجة غليان الماء بمقدار (C.52 °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 ∞ المولالية

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت × المولالية



$\Delta T_{\rm b} = K_{\rm b} \times m$

حيث:

الارتفاع في درجة الغليان. $\Delta T_{
m b}$

لارتفاع في درجة غليان المذيب. لابت الارتفاع في درجة غليان المذيب.

m: التركيز المولالي للمحلول.

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

$ m K_b$ ثابثُ الارتفاع في درجة غليان المُذيب $ m ^{\circ}C.Kg/mol$	درجةُ الغليان عند ضغط جويّ 1 atm	المُذيب
0.52	100	الماء
1.19	78.5	الإيثانول
2.53	80.1	البنزين

°C يبدأ الماء النقي بالغليان عند درجة حرارة 100 ، وتثبت درجة غليانه عند هذه الدرجة، ولكن عند إذابة مادة غير متاينة 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.

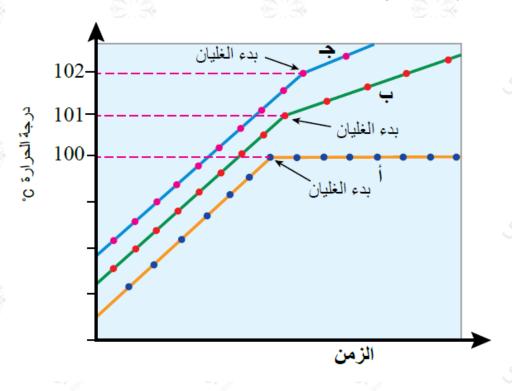
NaClلاحظ من المعادلتين الآتيتين أن عدد الدقائق في محلول (مادة متأينة) أكبر من عدد الدقائق في محلول السكر (مادة غير متأينة):

$$\begin{array}{ccc} C_6H_{12}O_{6(s)} & \xrightarrow{H_2O} & C_6H_{12}O_{6(aq)} \\ NaCl_{(s)} & \xrightarrow{H_2O} & Na^+_{(aq)} & + & Cl^-_{(aq)} \end{array}$$

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



ومحلول مادة غير متأينة، ومادة متأينة:



حیث:

المنحني (أ) يمثل ماءً نقياً.

المنحني (ب) يمثل محلول مادة غير متأينة.

المنحنى (ج) يمثل محلول مادة غير متأينة.

أمثلة محلولة

مثال (1):

g أحسب درجة غليان محلول ناتج من إذابة 24.4 من حمض البنزويك (كتلته المولية = 500 وثابت 500 و أحسب درجة غليان الإيثانول 500 من الإيثانول، علمًا بأن درجة غليان الإيثانول 500 500 وثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول = 1.07 °C.Kg/mol.

تحليل السؤال (المعطيات)

24.4 g = كتلة المادة المذابة



500 = 0.5 Kg كتلة الماء النقي (المذيب)

°C.Kg/mol ثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول = 1.07

الكتلة المولية للمذابMr = 122 g/mol

الحل:

نحسب عدد مولات المذاب:

n = m / Mr = 24.4 g / 122 g/mol = 0.2 mol

نحسب التركيز المولالي:

m = n solute / solvent mass = 0.2 mol / 0.5 Kg = 0.4 molal

نحسب الارتفاع في درجة الغليان:

 $\Delta T_{\rm b} = K_{\rm b} \times m = 1.07 \times 0.4 = 0.428$

78.428 = 0.428 + 78 درجة غليان المحلول °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 = $58.5 \, \text{g/mol}$ وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء = $0.52 \, ^{\circ}\text{C.Kg/mol}$

تحليل السؤال (المعطيات)

كتلة المادة المذابة = 5.85 g

Kg كتلة الماء النقي (المذيب) = 0.5 Kg

°C.Kg/mol ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء = 0.52

الكتلة المولية للمذابMr = 58.5 g/mol

الحل:



نحسب عدد مولات المذاب:

n = m / Mr = 5.85 g / 58.5 g/mol = 0.1 mol

نحسب التركيز المولالي:

m = n solute / solvent mass = 0.1 mol / 0.5 Kg = 0.2 molal

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

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

 $0.2 = 0.4 \, \text{molal}$ وعليه فإن التركيز المولالي

نحسب الارتفاع في درجة الغليان:

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

100.208 = 0.208 + 100 درجة غليان المحلول °C

تدريبات

تدريب (1):

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

تدریب (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 °C.Kg/mol والكتلة المولية للغليسرول 92 g/mol.

°C الجواب النهائي: 100.052



تدریب (3):

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

تدريب (4):

 $c_2H_6O_2$ أذيب 50 من غلايكول الإيثلين $C_2H_6O_2$ في 55 من الماء. احسب درجة غليان المحلول الناتج، علمًا بأن ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء = $0.52~^{\circ}$ C.Kg/mol والكتلة المولية لغلايكول إثيلين $62~\mathrm{g/mol}$.

تدريب (5):

g أذيب 7.45 من كلوريد البوتاسيوم KCl في g 860 من الماء. أحسب درجة غليان المحلول، علمًا بأن وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء = $0.52~^{\circ}$ C.Kg/mol والكتلة المولية لكلوريد البوتاسيوم 74.5~g/mol.

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

تدریب (6):

أي المحلولين الآتيين له أعلى درجة غليان: أم NaBr ، علمًا بأن تركيزهما Na_2CO_3 المولالي متساوِ، والضغط المؤثر فيهما هو نفسه (بافتراض التفكك التام لكلّ منهما)؟

اكتب معادلة تفكك إلى أيونات عند إذابته في الماء، ثم احسب التركيز الكلي ${
m K}_2{
m SO}_4$ للأيونـات فـي محلـول تركيـزه ${
m mol/Kg}$ مـن ${
m K}_2{
m SO}_4$ ، مفترطًـا التفكـك التـام للمحلول.