

Übungsaufgaben PC: Mischungen

- 1) Welchen Dampfdruck besitzt eine 10% wässrige Lösung von Rohrzucker ($M = 342,3 \text{ g/mol}$) bei 100 °C ?
- 1) 10%: z.B. 10 g Zucker + 90 g Wasser. Stoffmengen: Zucker $10 / 342,3 = 0,02921 \text{ mol}$; Wasser $90 / 18,01 = 4,9972 \text{ mol}$; gesamt $5,0264 \text{ mol}$. Relativer Anteil $x(\text{H}_2\text{O}) = 0,99418$.
 $p(\text{gesamt}) \approx p(\text{H}_2\text{O})$, da der Dampfdruck von Zucker vernachlässigbar ist.
 $p(\text{H}_2\text{O}) = x(\text{H}_2\text{O}) \cdot p^\circ(\text{H}_2\text{O})$; $p^\circ(\text{H}_2\text{O}) = 1013 \text{ hPa}$, weil Wasser bei 100 °C und diesem Druck siedet, also dort $p^\circ(\text{H}_2\text{O})$ gleich $p(\text{außen})$ ist.
 $p = 1007 \text{ hPa}$.
- 2) 6,85 g Rohrzucker werden in 200 g Wasser gelöst. Welchen Gefrierpunkt hat die Lösung? Kryoskopische Konstante von Wasser $K_{KR} = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$.
- 2) $|\Delta T| = K_{KR} \cdot b$; $b = n(\text{gelöster Stoff}) / m(\text{Lösungsmittel, in kg}) = (6,85 / 342,3) \cdot 5 / 1 = 0,1006 \text{ mol/kg}$; $\Delta T = 0,186 \text{ °C}$; Gefrierpunkt **$T = - 0,186 \text{ °C}$** .
- 3) Welche Gefrierpunktserniedrigung hat eine Lösung, wenn 10 mmol NaCl in 200 g Wasser gelöst werden?
- 3) 0,05 mol NaCl / 1 kg Wasser; weil NaCl in 2 Teilchen dissoziiert, ist die Molalität an Teilchen $0,1 \text{ mol/kg}$. Damit **$\Delta T = 0,1 \cdot 1,86 = 0,186 \text{ °C}$** . (Diese vollständige Dissoziation starker Elektrolyte wird auch experimentell beobachtet.)
- 4) 11,3 mg eines Stoffs X (nicht dissoziierend) werden in 96,1 mg Campher gelöst. Man beobachtet eine Gefrierpunktserniedrigung von $27,0 \text{ °C}$. Berechnen Sie die Molekülmasse von X. Kryoskopische Konstante des Camphers $K_{KR} = 40,27 \text{ K kg mol}^{-1}$.
- 4) $b = \Delta T / K_{KR} = 0,67047 \text{ mol kg}^{-1}$; gelöst wurden 0,0113 g X in 0,0961 g Campher, also 117,58 g X in 1 kg. Vergleich: $0,67047 \text{ mol} \leftrightarrow 117,58 \text{ g}$; **$M = 175,4 \text{ g/mol}$** .
- 5) Ein Gemisch aus Chlorbenzol ($p^\circ = 1151 \text{ hPa}$) und Brombenzol ($p^\circ = 603,7 \text{ hPa}$) siedet bei 1013 hPa ($136,7 \text{ °C}$). Berechnen Sie die Zusammensetzung (Stoffmengenanteile) a) der Flüssigkeit, b) der dazugehörigen Dampfphase. Dabei soll ideales Verhalten vorausgesetzt werden.
- 5) Raoult'sches Gesetz:
 $p = p_1 + p_2 = x_1 p_1^\circ + x_2 p_2^\circ = x_1 p_1^\circ + (1 - x_1) p_2^\circ = x_1 (p_1^\circ - p_2^\circ) + p_2^\circ$.
Sei "1" = Chlorbenzol.
 $x_1 = [p - p_2^\circ] / [p_1^\circ - p_2^\circ] = [1013 - 603,7] / [1151 - 603,7] = 0,748$.
- a) Flüssigkeit: **74,8% Chlorbenzol, 25,2% Brombenzol**
Mit dem Dalton'schen Gesetz $p_i = x_i^G \cdot p$ (p = Gesamtdruck) wird die Zusammensetzung der Gasphase berechnet. Partialdrucke p_i aus dem Raoult'schen Gesetz.
 $p_1 = 0,748 \cdot 1151 = 861,0$; $p_2 = 0,252 \cdot 603,7 = 152,1$;
 $x_1^G = 861,0 / 1013 = 0,850$; $x_2^G = 152,1 / 1013 = 0,150$.
- b) Dampfphase: **85,0% Chlorbenzol, 15,0% Brombenzol**
{Der flüchtigere Stoff - höherer Eigendampfdruck - wird angereichert.}

6) Eine Mischung aus Benzol und Toluol soll bei 100 °C und 1013 hPa sieden. Welche Zusammensetzung (Stoffmengenanteile) muss sie haben? Es gilt das Raoult'sche Gesetz; $p^\circ(\text{Benzol}) = 1793 \text{ hPa}$; $p^\circ(\text{Toluol}) = 739,5 \text{ hPa}$. Welcher der beiden Stoffe ist in der Dampfphase dazu angereichert (ohne Rechnung)?

$$x_B p_B^\circ + x_T p_T^\circ = 1013 = x_B (p_B^\circ - p_T^\circ) + p_T^\circ$$

$$x_B = [1013 - p_T^\circ] / [p_B^\circ - p_T^\circ] = [1013 - 739,5] / [1793 - 739,5] = 0,2596$$

Flüssige Phase: **26% Benzol, 74% Toluol**

In der Dampfphase ist die flüchtigere Komponente angereichert, also **Benzol** mit dem größeren Dampfdruck der reinen Komponente.

{Die Rechnung liefert 46% Benzol, 54% Toluol.}

7) Eine ideale Mischung aus 1 mol A und 2 mol B hat den Dampfdruck 300 hPa. Gibt man ein weiteres Mol A zur Lösung dazu, nimmt der Dampfdruck auf 400 hPa zu. Berechnen Sie die Dampfdrücke der reinen Komponenten, p_A° und p_B° .

7) Raoult'sches Gesetz: $p = x_A p_A^\circ + x_B p_B^\circ$;

Stoffmengenanteile	A	B
Anfang	1 / 3	2 / 3
Zugabe von A	2 / 4 = 1/2	2 / 4 = 1/2

Damit: $1/3 p_A^\circ + 2/3 p_B^\circ = 300$

$$1/2 p_A^\circ + 1/2 p_B^\circ = 400$$

Auflösung (irgendein Verfahren), z.B. Substitution

$$p_A^\circ = (300 - 2/3 p_B^\circ) \cdot 3 = 900 - 2 p_B^\circ;$$

$$450 - p_B^\circ + 1/2 p_B^\circ = 400 \Rightarrow p_B^\circ = (450 - 400) \cdot 2 = \mathbf{100}; p_A^\circ = (400 - 50) \cdot 2 = \mathbf{700}.$$

Evtl. Kontrolle: $1/3 \cdot 700 + 2/3 \cdot 100 = 300 \quad \checkmark$

$$1/2 \cdot 700 + 1/2 \cdot 100 = 400 \quad \checkmark$$

8) 1,4020 g einer organischen Substanz, gelöst in 86,52 g Schwefelkohlenstoff, ergeben eine Siedepunktserhöhung von 0,220 °C. Eine Lösung, die 0,1 mol eines Stoffes (bekannter Molekülmasse) in 200 g CS₂ enthält, erhöht den Siedepunkt von CS₂ um 1,185 °C. Berechnen Sie die Molekülmasse der organischen Substanz.

8) Ebullioskopie: $|\Delta T| = K_{EB} \cdot b$ (b = Molalität)

$$b = 0,1 \text{ mol} / 0,2 \text{ kg} = 0,5 \text{ mol/kg. } K_{EB} = 1,185 / 0,5 = 2,37 \text{ K kg mol}^{-1}.$$

$$\text{Organische Substanz: } 1,4020 \text{ g in } 86,52 \text{ g CS}_2 \Rightarrow 16,204 \text{ g in } 1 \text{ kg CS}_2;$$

$$\text{Aus } \Delta T: b = 0,220 / 2,37 = 0,0928 \text{ mol/kg}$$

$$\text{Vergleich: } 0,0928 \text{ mol} \leftrightarrow 16,204 \text{ g} \Rightarrow \mathbf{M = 175 \text{ g/mol.}}$$