

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Загальні властивості розчинів

Чотири властивості розведених розчинів нелеткої речовини в леткому розчиннику об'єднані під назвою **колігативні властивості**:

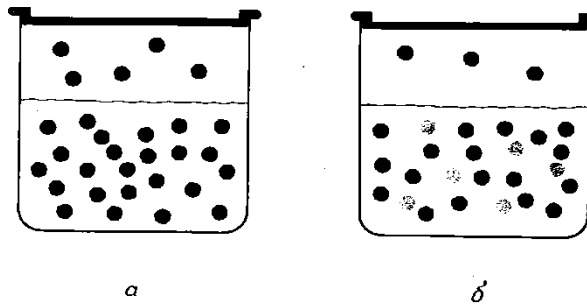
1. *Зниження тиску пари розчинника*
2. *Підвищення температури кипіння розчину*
3. *Зниження температури замерзання розчину*
4. *Явище осмотичного тиску*

Ці властивості називають колігативними тому, що вони залежать від кількості молекул або іонів розчиненої речовини, а не від природи розчинених частинок (до тих пір, доки вони залишаються нелеткими і існують тільки в рідкій фазі).

Зниження тиску пари розчинника

Пара чистого леткого розчинника і його рідка фаза знаходяться в рівновазі(цей стан називають насиченою парою розчинника). Випаровування та конденсація протікають з рівними швидкостями (рис 5.1а).

Додавання нелеткої розчиненої речовини зміщує рівновагу. Не всі молекули з поверхні розчину можуть випаровуватися. Тиск насиченої пари знижується (рис 5.1б).



а) рівновага між ридиною та її парою, б) додавання розчиненої речовини (світлі часточки) зміщує рівновагу в бік меншої кількості пари.
Рисунок 5.1. - Зниження тиску пари розчинника над розчином.

Такий стан описується **першим законом Рауля** :

Відносне зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином прямо пропорційне мольній частці розчиненої речовини.

Для розчину, що містить n_A моль речовини А і n_B моль речовини В, відносне зниження тиску насиченої пари можна розрахувати за формулою:

$$\frac{(P_A^0 - P_A)}{P_A^0} = \frac{n_A}{n_A + n_B}, \quad (5.25)$$

де P_A^0 - тиск насиченої пари над розчинником (для води 101300 Па за стандартних умов),

P_A - тиск пари над розчином, Па,

n_A - число моль речовини А,

n_B - число моль речовини В.

Число моль розраховується за формулою:

$$n = \frac{m}{M}, \quad (5.26)$$

де m - маса речовини, (г);

M - мольна маса, (г/моль).

Приклад 1

Тиск водяної пари над розчином, що містить 27 г речовини в 108 г води при 100 °С, дорівнює 98775,3 Па. Чому рівна мольна маса розчиненої речовини (тиск чистої пари розчинника 101300Па при 398°С)?:

Рішення

З математичного вираження першого закону Рауля $\frac{(P_A^0 - P_A)}{P_A^0} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$

розрахуємо мольну частку розчину $\frac{n_{\text{речовини}}}{n_{\text{речовини}} + n_{\text{розчинника}}} = \frac{101300 - 98775,3}{101300} = 0,025$

Складаємо математичне рівняння

$$\frac{\frac{27}{M}}{\frac{27}{M} + \frac{108}{18}} = \frac{\frac{27}{M}}{\frac{27}{M} + 6}; \text{ при перетворенні отримуємо } \frac{27}{27 + 6M} = 0,025,$$

$$27 = 0,673 + 0,15M ; 20,027 = 0,15M , \text{ отже } M = 133,5 \text{ г/моль}$$

Підвищення температури кипіння розчину

Рідина закипає в той момент, коли тиск насиченої пари його дорівнює атмосферному тиску. В свою чергу тиск насиченої пари розчинника залежить від температури (рис 5.2).

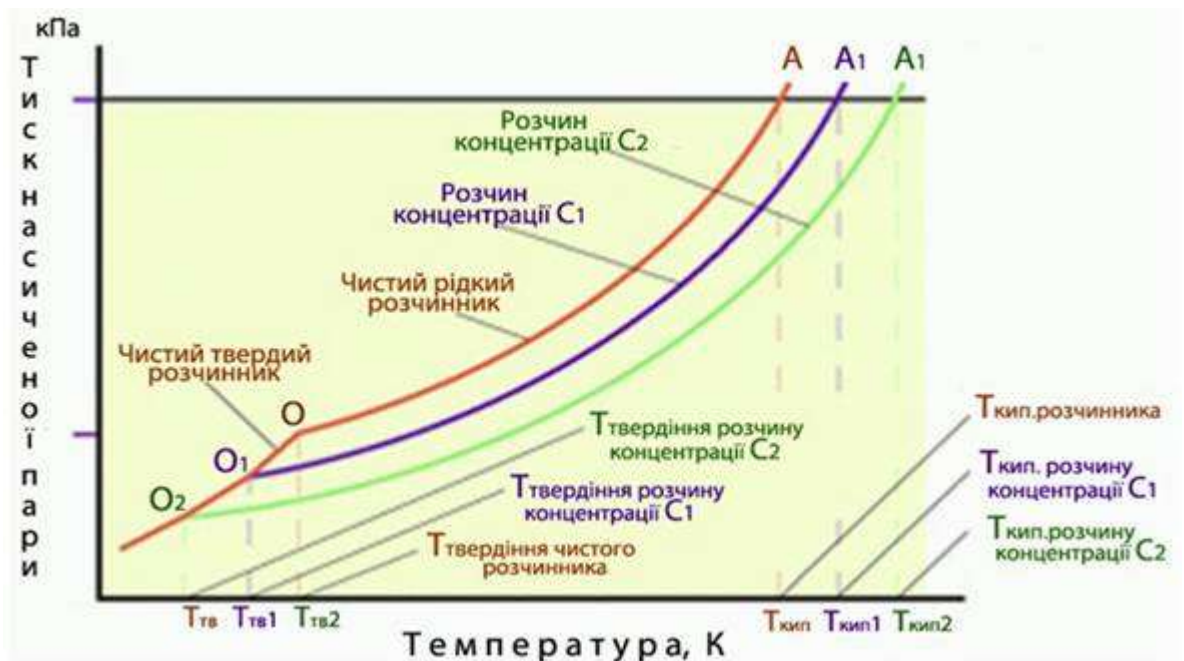


Рисунок 5.2 - Залежність тиску пари розчину від температури

Тиск насиченої пари чистого розчинника вище, ніж його тиск над розчином, тому для закипання розчину потрібна більш висока температура.

За другим законом Рауля

Підвищення температури кипіння розчину прямо пропорційно молярній концентрації розчиненої речовини:

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = E \cdot C_m \text{ - для ідеальних розчинів,} \quad (5.27)$$

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = i \cdot E \cdot C_m \text{ для розчинів електролітів,}$$

де t_1 - температура кипіння розчинника,

t_2 - температура кипіння розчину,

E - ебуліоскопічна константа,

C_m - молярна концентрація розчину (моль/кг) ,

i – ізотонічний коефіцієнт, показує в скільки разів загальна кількість молекул і іонів у розчині більш, ніж число молекул до дисоціації,

ν – число іонів у розчині.

Ізотонічний коефіцієнт розраховується за формулою $i = 1 + \alpha(\nu - 1)$, де α -ступінь дисоціації , яка становить

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\text{кількість молекул, що розпалися на іони}(n)}{\text{загальна кількість молекул розчиненої речовини}(N)}, \quad (5.28)$$

C_m розраховується за формулою:

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(z) \cdot 1000(z)}{M_{\text{речовини}}(z) \cdot m_{\text{розчинника}}(z)}, \quad (5.29)$$

Приклад 2

Чому дорівнює температура кипіння розчину 3,00г глюкози $C_6H_{12}O_6$ в 100 см^3 води (ебуліоскопічна константа води 0,52)?

Рішення.

Молярна маса глюкози дорівнює 180 г/моль, щільність води 1,00г/см³,

молярна концентрація розчину складає за формулою

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(\varrho) \cdot 1000(\varrho)}{M_{\text{речовини}}(\varrho) \cdot m_{\text{розчинника}}(\varrho)} = \frac{3,00(\varrho) \cdot 1000(\varrho)}{180\varrho / \text{моль} \cdot 100\varrho} = 0,1667 \text{ моль / кг(води)}$$

Підвищення температури кипіння за другим законом Рауля складе

$$\Delta t_{\text{кипіння}} = t_2 - t_1 = EC_m = 0,52 \cdot 0,1667 = 0,087^\circ\text{C}.$$

Температура кипіння чистої води 100 °С, температура кипіння розчину
рівна $t = 100 + 0,087 = 100,087^\circ\text{C}$.

Зниження температури замерзання розчину

Рідина твердіє (замерзає) тоді, коли тверда фаза розчинника знаходиться в рівновазі з рідкою фазою. Додавання розчиненої речовини порушує рівновагу. Температура замерзання розчину знижується (рисунок 5.3).

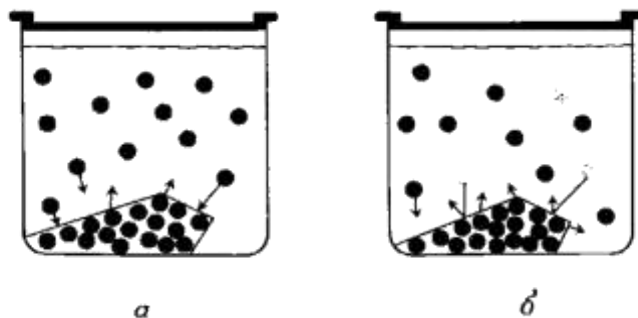


Рисунок 5.3 - Зниження температури замерзання розчину.

- а) рівновага між рідиною та кристалом розчинника;
- б) додавання розчиненої речовини зміщує рівновагу в бік розчинення кристалів.

Нова рівновага досягається при зниженні температури.

За другим законом Рауля

Зниження температури замерзання розчину прямо пропорційно молярній концентрації розчиненого речовини

$$\Delta t_{\text{замерзання}} = t_2 - t_1 = KC_m - \text{для ідеальних розчинів,}$$

(5.30)

$$\Delta t_{\text{замерзання}} = t_2 - t_1 = iK C_m \text{ для розчинів електролітів,}$$

де t_1 - температура замерзання розчину,

t_2 - температура замерзання розчинника,

K - кріоскопічна константа,

i – ізотонічний коефіцієнт, показує в скільки раз загальна кількість молекул і іонів у розчині більш, ніж кількість молекул до дисоціації,

C_m - моляльна концентрація розчину (моль/кг),

ν – число іонів у розчині, α - ступінь дисоціації.

Приклад 3

200мг білка цитохрома с розчинили в 10 см^3 води. Молярна маса цитохрома складає 12400 г/моль. На скільки знизиться температура кристалізації розчину білка (кріоскопічна константа води 1,86)?

Рішення.

Моляльна концентрація розчину розраховується так

$$C_m = \frac{m_{\text{речовини}}(\text{г}) \cdot 1000(\text{г})}{M_{\text{речовини}}(\text{г}) \cdot m_{\text{розчиннику}}(\text{г})} = \frac{0,2(\text{г}) \cdot 1000(\text{г})}{12400\text{г} / \text{моль} \cdot 10\text{г}} = 1,6129 \cdot 10^{-4} \text{ моль} / \text{кг}(\text{води})$$

Зниження температури замерзання розраховуємо за другим законом

Рауля

$$\Delta t_{\text{кристалізації}} = t_2 - t_1 = K C_m = 1,86 * 1,6129 * 10^{-4} = 0,003^{\circ} \text{N}.$$

Температура кристалізації розчину білка складе $t = 0 + 0,003 = -0,003^{\circ} \text{C}$