

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Тема: Загальні властивості розчинів.

Викладач: Волобуєв Максим Миколайович  
vmn2007@ukr.net

Кафедра загальної та неорганічної хімії,  
НТУ «ХПІ»  
Харків 2017

# Частина I

## Вступ

### 1 Визначення

- *Розчин* – гомогенна система змінного складу, що знаходиться у стані хімічної рівноваги
- Класифікація
  - агрегатний стан (г, р, т (к))
  - ступінь дисперсності: механічні суміші ( $> 10^{-7}$  м), колоїди ( $10^{-7} - 10^{-9}$  м), істинні розчини ( $< 10^{-9}$  м)

- Механічні суміші мають власні назви

Другий комп-т	Основний компонент		
	г	р	т
г	–	піна	пористі системи
р	туман	емульсія	капіляри
т	дим, <i>аерозоль</i>	суспензія	твердий розчин

- *Гель*: тривимірна структура утворена одним компонентом (високомолекулярним), а порожнечі в ній заповнені другим.
- *Золь*: дисперсна система на основі рідини (ліо-) або газу (*аеро*).

### 2 Вираз складу розчину

- Способи виразу складу розчину

– Мольна частка  $x_i = \frac{n_i}{\sum_j n_j}$ , причому  $\sum_i x_i = 1!$

– Масова частка  $\omega_i = \frac{m_i}{\sum_j m_j}$ , ( $\sum_i \omega_i = 1$ )

– Молярність  $c_i = \frac{n_i}{V_{\text{р-ра}}}$ ,  $[c] = \text{моль/л} \equiv \text{М}$

– Позначення *рівноважних концентрацій*:  $c_{\text{рівн}}(\text{SO}_4^{2-}) \equiv [\text{SO}_4^{2-}]$

- *Розчинник*

1. Компонент з агрегатним станом розчину
2. Компонент, якого більше

- *Розчинність*,  $s$  – максимальна концентрація розчину

– Розчин з такою концентрацією – насичений

- Ненасичені розчини мають меншу за  $s$  концентрацію
- Пересичені розчини завжди нестійкі: надлишок розчиненої речовини легко виділяється

## Кристалогідрати

- *Кристалогідрат* – кристали, що містять у своєму складі певну кількість води
  - причина: розчинена речовина «зв'язує» воду
  - приклад:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
  - *гігроскопічність* – здатність поглинати водяну пару з повітря
- Завдання. У 100 г води розчинили 40 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Чому дорівнює  $\omega(\text{CuSO}_4)$  в одержаному розчині?

$$- \omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m_{\text{р-ну}}}, m_{\text{р-ну}} = 100 + 40 = 140 \text{ г}$$

$$- \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = n_{\text{реч}}$$

$$- m(\text{CuSO}_4) = \frac{M(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{159,5 \cdot 40}{249,5} \approx 26 \text{ г}$$

$$- \omega(\text{CuSO}_4) = \frac{26}{140} = 0,1857 \approx 19\%$$

## Частина II

# Властивості ідеальних розчинів

## 3 Поняття про ідеальний розчин

- Ідеальний розчин – немає хімічної (специфічної) взаємодії між компонентами
  - частинки рівномірно перемішані
  - близькі до ідеальних дуже розведені розчини малополярних речовин одна в одній
- Властивості ідеального розчину визначаються складом, але не природою компонентів!
- Залежність характеристики ідеального розчину  $P$  задається формулою

$$P_{\text{р-ну}} = x_1 \cdot P_1 + x_2 \cdot P_2 + \dots + x_i \cdot P_i = \sum_n x_n \cdot P_n$$

- Наприклад, густина двохкомпонентного розчину  $\rho$  виражається так:

$$\rho_{\text{р-ну}} = x_1 \cdot \rho_1 + x_2 \cdot \rho_2$$

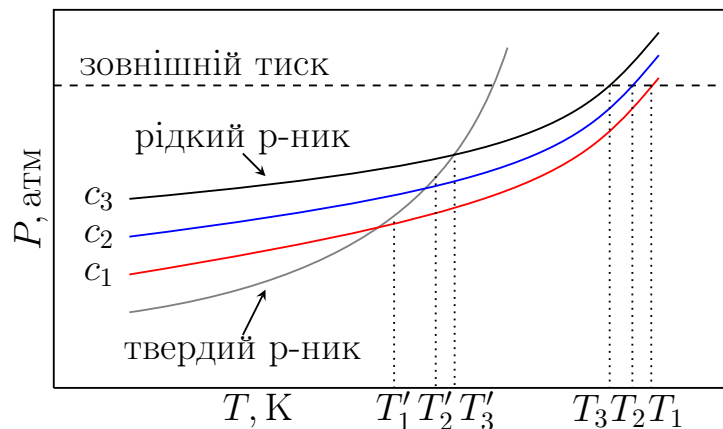
## 4 Закони Рауля і Генрі

- Тиск пари над розчином визначається складом
- Загальний тиск над розчином:  $p_{\text{заг}} = p_A + p_B$   
Позначення: А – розчинена речовина; В – розчинник
- **Закон Рауля** (1886): тиск пари розчинника над розчином пропорційний його мольній частці  $p_B = p_B^{\circ} x_B$ ,  
де  $p_B^{\circ}$  – тиск пари над чистим розчинником
- Інша форма закону: *відносне зниження тиску пари розчинника дорівнює мольній частці розчиненої речовини:*

$$\frac{p_B^{\circ} - p_B}{p_B^{\circ}} = x_A$$

- Обмеження: речовина А нелетюча,  $p_A \approx 0$ . Приклад: розчин цукру в воді.
- Якщо речовина А летюча ( $p_A \gg 0$ ), тиском її пари не можна знехтувати
- **Закон Генрі** (1803):  $x_A = k p_A$  – розчинність газу  $x_A$  пропорційна його парціальному тиску
- Наслідок: різке зниження тиску призводить до виділення розчиненого газу з рідини
- Приклад: *кессонна хвороба*
- Наслідок: підвищення тиску завжди збільшує розчинність газів у рідинах
- Приклад: газовані напої
- Зниження тиску пари над розчином впливає на температури його кипіння та кристалізації
- Кипіння: тиск пари над розчином дорівнює зовнішньому тиску
- Кристалізація: тиск пари над рідким розчином дорівнює тиску пари над твердим розчинником

- над твердим розчинником також є пара, тому на морозі випрана білизна сохне
- з розчину кристалізується (звичайно) чистий розчинник
- Відомо, що розчин кипить при більш високій, а кристалізується – при більш низькій температурі, ніж чистий розчинник. Чому?
- Тиск пари над розчинами ( $c_3 < c_2 < c_1$ ):

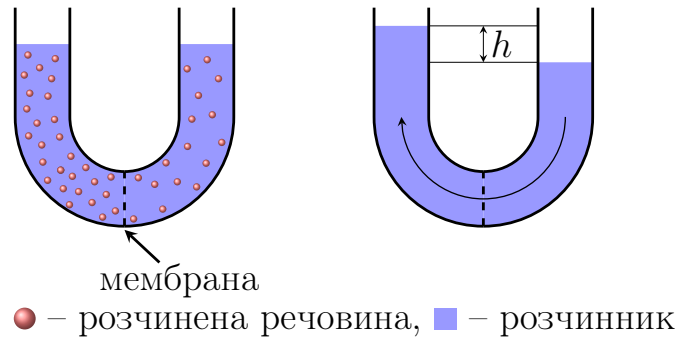


- Очевидно, що  $T_3 < T_2 < T_1$ , але  $T'_3 > T'_2 > T'_1$ !
- Зміну температури кипіння та кристалізації використовують в аналізі
  - Ебуліоскопія – вимірювання  $\Delta T_{\text{кип}}$  розчину порівняно з чистим розчинником;
  - Кріоскопія – вимірювання  $\Delta T_{\text{крис}}$ ;
- Існує простий зв'язок між  $\Delta T$  та складом розчину
  - молярність  $b$  – кількість розчиненої речовини у 1 кг розчинника
  - $\Delta T_{\text{кип}} = K_E b$
  - $\Delta T_{\text{крис}} = K_K b$
  - $K_E, K_K$  – константи розчинника
- Молярна маса розчиненої речовини А:

$$M(A) = Kb/\Delta T$$

## 5 Осмос

- Осмос – явище вибіркової дифузії крізь напівпроникну перегородку



- $p_{\text{надл}} = \rho gh$  – гідростатичний тиск
- $p_{\text{осм}} = cRT$  – рівняння Вант-Гоффа
- Зворотній осмос – перенос молекул розчинника під зовнішнім тиском, використовується в очищенні води

## Частина III

# Приклади

## 6 Завдання 1

Визначте масу сульфатної кислоти, що міститься у **400 мл** **60%**-ного розчину (густина  $1,5 \text{ г/см}^3$ ), а також молярну концентрацію розчину.

- Спочатку знайдемо *масу розчину сульфатної кислоти*:
- $m_{\text{р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \rho \cdot V_{\text{р-ну}} = 400 \cdot 1,5 = 600 \text{ г}$  ( $1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$ ).
- Через масову частку  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у розчині, можна знайти її *масу*.
- $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 600 \cdot 0,6 = 360 \text{ г}$ .
- Молярну концентрацію можна знайти через *масу*  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , що міститься у відомому **об'ємі розчину**.
- $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V_{\text{р-ну}}} = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{р-ну}}} = \frac{360}{98 \cdot 0,4} = 9,2 \text{ М}$ .

## 7 Завдання 2

Сколько грамів натрій бромід потрібно розчинити у 200 г води, щоб одержати 10%-вий розчин?

- Відповідь знаходиться у одну дії через визначення масової частки  $\omega$ :

$$\bullet \omega(\text{NaBr}) = \frac{m(\text{NaBr})}{m(\text{NaBr}) + m(\text{H}_2\text{O})} \quad (m_{\text{р-ну}} = m(\text{NaBr}) + m(\text{H}_2\text{O}));$$

$$\omega(\text{NaBr}) \cdot m(\text{NaBr}) + \omega(\text{NaBr}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{NaBr});$$

$$m(\text{NaBr}) = \frac{\omega(\text{NaBr}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{1 - \omega(\text{NaBr})};$$

$$m(\text{NaBr}) = \frac{0,1 \cdot 200}{1 - 0,1} = 22 \text{ г.}$$

## 8 Завдання 3

До 200 г 15%-ного розчину натрій хлориду додали 300 мл води. Визначте масову частку одержаного розчину.

- При додаванні води змінюється маса розчину, але не маса розчиненої речовини:

$$\bullet m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ну}} \cdot \omega(\text{NaCl}) = 200 \cdot 0,15 = 30 \text{ г.}$$

- Масова частка у кінцевому розчині визначається через одержану масу NaCl:

$$\bullet \omega_2(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m_{\text{р-ну}}} = \frac{30}{200 + 300} = 0,06 = 6\%,$$

$(\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл})$

## 9 Завдання 4

Для одержання повареної солі використали розчин з густиною 1,10 г/см<sup>3</sup> і загальною концентрацією солей 23%, з яких 80% припадало на натрій хлорид. Визначте масу солі, яку можна одержати з 1 м<sup>3</sup> розчину, якщо втрати при виробництві складають 35%.

- Через об'єм розчину можна знайти його масу:

$$\bullet m(\text{р-ну}) = V(\text{р-ну}) \cdot \rho = 10^6 \cdot 1,10 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ г.}$$

- Через масову частку солей можна знайти їх загальний вміст:

- $m(\text{солей}) = \omega(\text{солей}) \cdot m(\text{р-ну}) = 0,23 \cdot 1,1 \cdot 10^6 = 2,53 \cdot 10^5 \text{ г.}$
- Використовуючи вміст NaCl, можна знайти його масу:
- $m(\text{NaCl}) = \omega(\text{NaCl}) \cdot m(\text{солей}) = 0,80 \cdot 2,53 \cdot 10^5 = 2,02 \cdot 10^5 \text{ г.}$
- Маса NaCl з урахуванням втрат складе:
- $m(\text{NaCl}) = 2,02 \cdot 10^5 \cdot (1,00 - 0,35) = 1,31 \cdot 10^5 \text{ г} = 131 \text{ кг.}$
- Відповідь: можна одержати 131 кг повареної солі.

## 10 Завдання 5

У воді розчинили 0,179 л гідроген хлориду (н. у.) і об'єм довели до 250 мл. Визначте молярну концентрацію одержаного розчину.

- Розв'язання можна почати з кінцевої формули:
- $c(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})}{V(\text{р-ну})}$ .
- Таким чином завдання зведене до знаходження  $n(\text{HCl})$ , адже об'єм розчину відомий.
- $n(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_0} = \frac{0,179}{22,4} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ моль (HCl – газ!).}$
- Далі молярність розчину знаходиться через просту підстановку:
- $c(\text{HCl}) = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0,250} = 0,024 \text{ моль/л.}$
- Відповідь:  $c(\text{HCl}) = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$