

**План підготовки до практичного заняття 7, 8 з теми:
«Кількісний склад розчинів. Способи вираження концентрації розчинів,
приготування розчинів (розв'язування розрахункових задач).»**

1. Опрацювати тему по конспекту лекцій (сайт – лекція «Розчини. Розчини неелектролітів), підручникам(сайт).
- 2.-Опрацювати приклади типових задач

Приклад 1 Коефіцієнт розчинності CuSO_4 при 25°C дорівнює 25 г. Скільки грамів солі міститься у 200 г насиченого розчину?

Розв'язання. Маса насиченого розчину складається з маси солі і маси води. Коефіцієнт розчинності CuSO_4 показує, що 25 г солі розчиняється у 100 г води, тобто в такому випадку усього насиченого розчину утворюється 125 г. А далі складемо пропорцію:

$$\begin{array}{rcl} \underline{125 \text{ г}} & \text{розчину} & \underline{25 \text{ г}} \text{ CuSO}_4 \\ & \text{містить} & ; \\ 200 \text{ г} & \text{розчину} & x \text{ г CuSO}_4 . \\ & \text{містить} & \end{array}$$

Звідси маса CuSO_4 у 200г насиченого розчину

$$x = \frac{200 \cdot 25}{125} = 40 \text{ г.}$$

Приклад 2 Натрій гідроксид кількістю речовини 1,5 моль розчинили у 140 г води. Визначити масову частку NaOH у розчині.

Розв'язання. З урахуванням співвідношення

$$n = \frac{m}{M}$$

обчислимо масу NaOH :

$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 1,5 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 60 \text{ г}$. Маса усього розчину складається з маси NaOH і маси води:

$$m(\text{розчину}) = 140 \text{ г} + 60 \text{ г} = 200 \text{ г.}$$

Знайдемо масову частку натрій гідроксиду в розчині:

$$w = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{р - ну})} \cdot 100\% = \frac{60 \text{ г}}{200 \text{ г}} \cdot 100\% = 30\%.$$

Приклад 3 Розрахуйте: а) молярну концентрацію; б) молярну концентрацію еквівалента; в) мольну частку розчиненої речовини 49% розчину H_3PO_4 ($\rho = 1,33 \text{ г/мл}$).

Розв'язання: а) для зручності розрахунку беремо об'єм розчину таким, що дорівнює 1л. Розраховуємо масу 1л розчину:

$$m(\text{р - ну}) = V(\text{р - ну}) \cdot \rho = 1000 \text{ мл} \cdot 1,33 \text{ г/мл} = 1330 \text{ г.}$$

Розраховуємо масу H_3PO_4 в розчині:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m(\text{р - ну}) \cdot w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1330 \text{ г} \cdot 0,49 = 650 \text{ г.}$$

Також розраховуємо масу води у розчині:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р - ну}) - m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1330 \text{ г} - 650 \text{ г} = 680 \text{ г.}$$

Розраховуємо молярну концентрацію H_3PO_4 :

$$C_M = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V(\text{р - ну})} = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V(\text{р - ну})} = \frac{650 \text{ г}}{98 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 6,6 \text{ моль/л.}$$

б) розраховуємо молярну концентрацію еквівалента H_3PO_4 :

$$C_H = \frac{n_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V(\text{р - ну})} = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{m_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V(\text{р - ну})} = \frac{650 \text{ г}}{32,67 \text{ г/моль - екв} \cdot 1 \text{ л}} = 19,9 \text{ моль - екв/л.}$$

в) для розрахунку мольної частки H_3PO_4 спочатку встановлюємо кількості компонентів розчину:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{680 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 37,78 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{650 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 6,63 \text{ моль}.$$

Розраховуємо мольну частку H_3PO_4 :

$$\chi(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{n(\text{H}_3\text{PO}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{6,63}{6,63 + 37,78} = 0,149.$$

Приклад 4 У трьох склянках міститься по 100 мл 0,1М розчину Na_2SO_4 з густиною 1,012 г/мл. До однієї з них додали 60 мл води, до другої – 10 г сухого Na_2SO_4 , а з третьої випарили 20 г води. Як змінилася масова частка у кожному випадку?

Розв'язання. Для визначення масової частки вихідного розчину w спочатку необхідно обчислити масу розчину

$$m(p - ну) = \rho(p - ну) \cdot V(p - ну) = 1,012 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 101,2 \text{ г}$$

і масу речовини Na_2SO_4 , враховуючи об'єм 100 мл = 0,1 л і молярну масу солі $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{SO}_4) &= \frac{C_m(p - ну) \cdot V(p - ну)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \\ &= \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,1 \text{ л}}{142 \text{ г/моль}} = 1,42 \text{ г}. \end{aligned}$$

Тоді масова частка вихідного розчину:

$$w = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m(p - ну)} = \frac{1,42 \text{ г}}{101,2 \text{ г}} = 0,014 \text{ (або 14\%)}$$

Після того як у першу склянку долили воду, маса одержаного розчину збільшилися на масу води:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл} \cdot 60 \text{ мл} = 60 \text{ г},$$

тобто маса першого розчину:

$$m(p - ну)_1 = m(p - ну) + m(\text{H}_2\text{O}) = 101,2 \text{ г} + 60 \text{ г} = 161,2 \text{ г},$$

а масова частка w_1 у ньому:

$$w_1 = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m(p - ну)_1} = \frac{1,42 \text{ г}}{161,2 \text{ г}} = 0,0088 \text{ (або 0,88\%)}$$

Отже, у першій склянці масова частка зменшилась у:

$$\frac{w}{w_1} = \frac{0,014}{0,0088} = 1,6 \text{ раза.}$$

У другій склянці після додавання 10 г Na_2SO_4 маса розчину становить:

$m(p - ну)_2 = m(p - ну) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 101,2 \text{ г} + 10 \text{ г} = 111,2 \text{ г}$, а маса речовини в ньому:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_2 = 1,42 \text{ г} + 10 \text{ г} = 11,42 \text{ г}.$$

Масова частка у другому розчині:

$$w_2 = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_2}{m(p - ну)_2} = \frac{11,42 \text{ г}}{111,2 \text{ г}} = 0,1027 \text{ (або 10,27\%)}$$

Масова частка у другому розчині зросла у:

$$\frac{w_2}{w} = \frac{0,1027}{0,014} = 7,3 \text{ раза.}$$

Маса розчину у третій склянці після випаровування 20 г води дорівнює:

$$m(p - ну)_3 = m(p - ну) - m(\text{H}_2\text{O}) = 101,2 \text{ г} - 20 \text{ г} = 81,2 \text{ г}.$$

Беручи до уваги, що маса речовини не змінилася, обчислимо масову частку у третьому розчині:

$$w_3 = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m(\text{р-ну})_3} = \frac{11,42 \text{ г}}{81,2 \text{ г}} = 0,0175 \text{ (або 1,75\%)}$$

Отже, у третьому розчині масова частка теж зростає у:

$$\frac{w_3}{w} = \frac{0,0175}{0,0088} = 1,2 \text{ рази.}$$

Приклад 5 Розрахувати маси солі і води, що потрібні для приготування 70г розчину, в якому $\omega(\text{NaCl}) = 0,10$.

Розв'язок. Перетворимо вихідну формулу ($\omega = m_{\text{реч}} / m_{\text{розч}}$) і обчислимо масу речовини у розчині:

$$m_{\text{реч}} = \omega \cdot m_{\text{розч}}, \\ m(\text{NaCl}) = 0,10 \cdot 70 = 7 \text{ г.}$$

Тоді маса води буде дорівнювати:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{розч}} - m_{\text{реч}} = 70 - 7 = 63 \text{ г.}$$

Приклад 6 У 100г води розчинили 20г солі. Визначити масову частку одержаного розчину.

Розв'язок. Спочатку знайдемо загальну масу розчину, яка складається з мас солі та води:

$$m_{\text{р-ну}} = m_{\text{солі}} + m_{\text{води}} = 20 \text{ г} + 100 \text{ г} = 120 \text{ г.}$$

Масова частка складатиме:

$$\omega = m_{\text{р.р.}} / m_{\text{р-ну}} \cdot 100\% = 20 \text{ г} : 120 \text{ г} \cdot 100\% = 16,66 \%$$

Приклад 7 Чому дорівнює молярна концентрація розчину сульфатної кислоти з масовою часткою речовини 98% і густиною розчину 1,84г/мл?

Розв'язок: Розрахуємо масу 1л (або 1000мл) розчину:

$$m_{\text{розч}} = \rho \cdot V = 1,84 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1840 \text{ г.}$$

Перетворимо формулу

$$\omega = \frac{m_{\text{реч}}}{m_{\text{розч}}} \cdot 100\%$$

і знайдемо масу розчиненої речовини

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = C \cdot m_{\text{розч}} / 100 \% = 98\% \cdot 1840 \text{ г} / 100\% = 1803,2 \text{ г.}$$

Тоді молярна концентрація:

$$C_M = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V = 1803,2 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л} = 18,4 \text{ моль/л.}$$

Приклад 8. Наважку $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ масою 4,41г розчинили у 200г води і одержали розчин з густиною 1,015г/мл. Визначити масову частку, молярну, нормальну і моляльну концентрації, а також мольну частку і титр речовини.

Розв'язок. Маса розчину складається із суми мас розчиненої речовини і розчинника:

$$m_{\text{розч}} = m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) + m(\text{H}_2\text{O}) = 4,41 + 200 = 204,41 \text{ г.}$$

Масову частку обчислимо за формулою $\omega = m_{\text{реч}} / m_{\text{розч}}$:

$$\omega(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / m_{\text{розч}} = 4,41 \text{ г} / 204,41 \text{ г} = 0,022 \text{ (або 2,2\%)}$$

Об'єм розчину визначається як відношення маси розчину до його густини:

$$V = m_{\text{розч}} / \rho_{\text{розч}} = 204,41 \text{ г} / 1,015 \text{ г/мл} = 201,4 \text{ мл} = 0,2014 \text{ л.}$$

Молярна маса M і еквівалентна маса речовини складають: $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294 \text{ г/моль}$,

$$m_{\text{екв}}(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / \nu = 294 / 2 = 147 \text{ г/моль-екв,}$$

а кількість розчиненої речовини v і кількість еквівалентів $n_{\text{екв}}$:

$$v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = m / M = 4,41\text{г} / 294\text{г/моль} = 0,015\text{моль}.$$

$$n_{\text{екв}}(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = m / m_{\text{екв}} = 4,41\text{г} / 147\text{г/моль-екв} = 0,03\text{моль-екв}.$$

Молярна концентрація дорівнюватиме

$$C_M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = v / V = 0,015\text{моль} / 0,2014\text{л} = 0,074\text{моль/л}$$

і нормальність розчину:

$$C_N = n_{\text{екв}} / V = 0,03\text{моль-екв} / 0,2014\text{л} = 0,148\text{моль-екв/л}.$$

Молярна концентрація розчину:

$$C_m = \frac{v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \cdot 1000}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,015\text{моль} \cdot 1000}{200\text{г}} = 0,075\text{моль/кг H}_2\text{O}.$$

Для обчислення мольної частки спочатку необхідно розрахувати кількість речовини розчинника:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = m / M = 200\text{г} / 18\text{г/моль} = 11,111\text{моль},$$

Мольна частка:

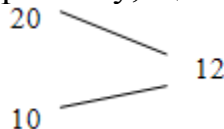
$$\chi = N(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) + v(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,015\text{моль}}{0,015\text{моль} + 11,111\text{моль}} = 0,0014.$$

Титр визначимо за формулою $T = m_{\text{реч.}} / V_{\text{розч.}}$:

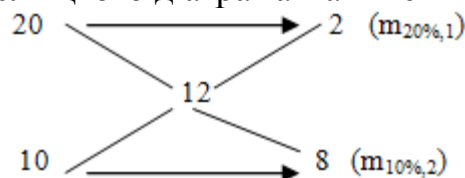
$$T(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 4,41\text{г} / 201,4\text{мл} = 0,0219\text{г/мл}.$$

Приклад 9 Які маси кожного розчину з масовими концентраціями NaCl 10% і 20% необхідно взяти для приготування 300г 12%-ного розчину?

Розв'язок. Задачі такого типу простіше розв'язувати за так званим “правилом хреста”. Для цього складають діаграму, у верхній частині якої записують концентрацію більш концентрованого розчину, у нижній – концентрацію більш розведеного, а усередині – задану концентрацію розчину, що потрібно приготувати:



Далі від значення концентрації більш концентрованого розчину (у нашому прикладі 20%) віднімають значення концентрації того розчину, що треба приготувати (тобто 12%), і отриману величину (20 – 12=8) розміщують у нижній частині діаграми по діагоналі. У верхній частині (по діагоналі) записують різницю між значеннями концентрацій розчину, що необхідно приготувати, та більш розведеного розчину (12 – 10=2). Після цього діаграма матиме вигляд:



З одержаної діаграми випливає, що для приготування зазначеного розчину слід взяти за масою 2 частини 20%-ного розчину, які на діаграмі позначені $m_{20\%,1}$, та 8 частин 10%-ного розчину (позначені $m_{10\%,2}$). Остаточний розрахунок виконують за формулою:

$$m_{20\%\text{розч}} = \frac{m_{20\%,1} \cdot m_{\text{розч}}}{m_{10\%,2} + m_{20\%,1}} = \frac{2 \cdot 300}{2 + 8} = 60\text{г},$$

$$m_{10\%розч} = \frac{m_{10\%,2} \cdot m_{розч}}{m_{10\%,2} + m_{20\%,1}} = \frac{8 \cdot 300}{2 + 8} = 240\text{г.}$$

Приклад 10. Внаслідок змішування 20% розчину ($\rho_1=1,12\text{г/мл}$) нітратної кислоти з 30% розчином ($\rho_2=1,20\text{г/мл}$) цієї ж кислоти одержали 200мл 24% розчину HNO_3 , густина якого $\rho_3=1,15\text{г/мл}$. Розрахувати такі параметри: а) об'єми вихідних розчинів V_1 і V_2 ; б) молярну концентрацію C_M одержаного розчину.

Розв'язок. а) Всі величини, що стосуються одержаного розчину, будемо позначати індексом 3. Спочатку знайдемо масу одержаного розчину $m_{р-ну3}$ і масу речовини $m(\text{HNO}_3)_3$ в ньому:

$$m_{р-ну3} = \rho_3 \cdot V_3 = 1,15\text{г/мл} \cdot 200\text{мл} = 230\text{г};$$

$$m(\text{HNO}_3)_3 = \omega_3 \cdot m_{р-ну3} = 0,24 \cdot 230 = 55,2\text{г.}$$

Для подальших розрахунків позначимо: $V_{р-ну1} = x$ і $V_{р-ну2} = y$. Тоді маси вихідних розчинів складатимуть:

$$m_{р-ну1} = \rho_1 \cdot V_1 = 1,12x,$$

$$m_{р-ну2} = \rho_2 \cdot V_2 = 1,20y.$$

Маси речовини HNO_3 в цих розчинах дорівнюватимуть:

$$m(\text{HNO}_3)_1 = \omega_1 \cdot m_{р-ну1} = 0,20 \cdot 1,12x = 0,224x,$$

$$m(\text{HNO}_3)_2 = \omega_2 \cdot m_{р-ну2} = 0,30 \cdot 1,20y = 0,360y.$$

Приймаючи до уваги, що маса HNO_3 у кінцевому розчині складається з мас HNO_3 вихідних розчинів (тобто $55,2=0,224x+0,360y$), а маса самого одержаного розчину – із мас вихідних розчинів ($230=1,12x+1,20y$), маємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 0,224x + 0,360y = 55,2 \\ 1,12x + 1,20y = 230. \end{cases}$$

Розв'язуючи систему, одержуємо невідомі величини: $x = 123$, $y = 77$.

Тобто шукані об'єми розчинів:

$$V_{р-ну1} = 123\text{мл}; \quad V_{р-ну2} = 77\text{мл}.$$

б) Молярна концентрація визначається відношенням кількості розчиненої речовини до об'єму розчину (виміряного у літрах: $V_{р-ну3} = 200\text{мл} = 0,2\text{л}$):

$$C_{МВ} = \frac{\nu(\text{HNO}_3)_3}{V_{р-ну3}} = \frac{m(\text{HNO}_3)_3}{M(\text{HNO}_3)_3 \cdot V_{р-ну3}} = \frac{55,2\text{г}}{63\text{г/моль} \cdot 0,2\text{л}} = 4,38\text{моль/л}.$$

Отже, $C_M = 4,38\text{М}$.

Приклад 11 Коефіцієнт розчинності CuSO_4 при 25°C дорівнює 25г. Скільки грамів солі міститься у 200г насиченого розчину?

Розв'язок. Маса насиченого розчину складається з маси солі і маси води. Коефіцієнт розчинності CuSO_4 показує, що 25г солі розчиняється у 100г води, тобто в такому випадку усього насиченого розчину утворюється 125г. А далі складемо пропорцію:

$$125\text{г розчину містить } 25\text{г } \text{CuSO}_4,$$

$$200\text{г} \text{ ————— } x.$$

Звідки маса CuSO_4 у 200г насиченого розчину:

$$x = 200 \cdot 25 / 125 = 40\text{г.}$$

Приклад 8.10. При температурі 80° у 500г води можна максимально розчинити 325г NH_4Cl . Визначити коефіцієнт розчинності $\gamma_{\text{NH}_4\text{Cl}}^{80^\circ}$.

Розв'язок. Складемо пропорцію:

у 500г H₂O розчиняється 325г NH₄Cl,
у 100г ————— х.

Звідки знайдемо коефіцієнт розчинності:

$$x = \gamma_{NHCl}^{80^{\circ}} = 100 \cdot 325/500 = 65г.$$

Необхідно знати:

1. Способи вираження концентрації розчинів (масова частка, молярна концентрація, молярна концентрація еквівалента, мольна частка, молярна концентрація).
2. Розчинність коефіцієнт розчинності, вплив різних чинників (природа розчиненої речовини, температура, тиск) на розчинність речовин у різному агрегатному стані (закон Генрі, закон розподілення Нернста-Шилова), концентрований/розбавлений розчин, насичений/ненасичений/пересичений розчин, механізм розчинення.

Необхідно вміти:

1. Характеризувати молярну, еквівалентну, молярну концентрації, мольну і масові частки (позначення, розмірність, розрахункова формула).
2. Проводити розрахунки з використанням різних способів вираження концентрації та розчинності речовини.
3. Аналізувати вплив різних чинників на розчинність речовин.
4. Прогнозувати розчинність речовин у воді, враховуючи їх природу, розрізняти неелектроліти.