

Задание для подготовки к первому практическому занятию для студентов по химии

НЕОБХОДИМО ВЫУЧИТЬ КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ ТЕМЫ И РАЗОБРАТЬ ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Тема занятия: «Введение в общую химию. Расчет концентрации растворов, закон эквивалентов»

Ключевые вопросы темы

Основные физико-химические величины, необходимые для выражения концентрации растворов:

- **Количество вещества** (ν). Единицей количества вещества является МОЛЬ. Число частиц в *одном моле* вещества характеризуется числом Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.
- **Молярная масса** (M) – это масса одного моля вещества.

Молярная масса выражается в г/моль.

Количество вещества равно:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V_0}{V_m}, \text{ где}$$

N - число частиц,

N_A - число Авогадро,

V_0 - объем газа (при нормальных условиях),

V_m - объем одного моля газа (при нормальных условиях).

- **Эквивалентом** любого **вещества** называется такое его количество, которое в ходе химической реакции замещается одним молем атомов водорода. Масса одного эквивалента называется **эквивалентной массой** ($\mathcal{E}$). Число эквивалентов (n) легко определить по формуле: $n = m / \mathcal{E}$

Определение ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАСС СОЕДИНЕНИЙ, участвующих в реакциях обмена:

1. $\mathcal{E}_{\text{кислоты}} = M_{\text{кислоты}} / \text{основность кислоты.}$

Например, для H_2SO_4 : $\mathcal{E}_{H_2SO_4} = 98/2 = 49$ (г/экв).

2. $\mathcal{E}_{\text{основания}} = M_{\text{основания}} / \text{кислотность основания.}$

Для $NaOH$: $\mathcal{E}_{NaOH} = 40/1 = 40$ (г/экв).

3. $\mathcal{E}_{\text{соли}} = M_{\text{соли}} / (\text{валентность металла} \cdot \text{число атомов металла}).$

Например, для карбоната натрия (Na_2CO_3):

$\mathcal{E}_{\text{соли } Na_2CO_3} = 106 / 1 \cdot 2 = 53$ (г/экв).

4. $\mathcal{E}_{\text{оксида (XO)}} = M_{XO} / (\text{валентность элемента X} \cdot \text{число атомов элемента X}).$

Например, для оксида алюминия (Al_2O_3):

$\mathcal{E}_{\text{оксида}} = 102 / 3 \cdot 2 = 17,2$ (г/экв).

Способы выражения концентраций растворов

Раствором называется гомогенная система переменного состава, состоящая из двух и более компонентов.

Количественной характеристикой растворов является их концентрация.

Концентрация раствора выражает содержание растворенного вещества в единице массы раствора (растворителя) или в единице объема раствора.

В практике используются несколько видов концентраций растворов: процентная, молярная, нормальная, моляльная, титр и молярная доля.

1. Массовая доля вещества (ω) - это отношение массы вещества к массе того, в чем это вещество содержится.

Например, если вещество содержится в растворе, то

$$\omega_{\text{вещества}} = m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}.$$

2. Процентная концентрация ($C\%$) вещества в растворе численно равна массовой доле растворенного вещества, выраженной в процентах. Определяется по формуле:

$$C\%_{\text{вещества}} = (m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}}) * 100\%.$$

Величина процентной концентрации показывает, сколько грамм вещества содержится в 100 г раствора.

Например, известно, что $C\%_{\text{(NaOH)}} = 30\%$ - это означает, что в 100 г щелочного раствора содержится 30 г чистого NaOH.

3. Молярная концентрация (C_M) - это отношение количества вещества (ν , моль) к объему раствора (V , литр), в котором это вещество содержится. Определяется по формуле:

$$C_M = \nu / V, \text{ (моль/л)}.$$

Величина молярной концентрации показывает, сколько моль вещества содержится в 1 литре раствора.

Например, известно $C_M_{\text{(KCl)}} = 1,3$ (моль/л) - это означает, что в 1 литре такого раствора содержится 1,3 моль хлорида калия.

4. Моляльная концентрация (C_m) - это отношение количества вещества (ν , моль) к массе растворителя, в которой это вещество содержится ($m_{\text{растворителя}}$, кг). Определяется по формуле:

$$C_m = \nu / m_{\text{растворителя}}, \text{ (моль/кг)}$$

Величина моляльной концентрации показывает, сколько моль вещества приходится на 1 килограмм растворителя.

Например, известно $C_m_{\text{(NaNO}_3\text{)}} = 0,5$ (моль/кг) - это означает, что раствор состоит из 0,5 моль нитрата натрия и 1 кг воды..

5. Титр (T) раствора показывает, сколько грамм вещества содержится в 1 мл раствора. Определяется по формуле:

$$T = m_{\text{вещества}} / V, \text{ (г /мл)}$$

Титр показывает, сколько грамм вещества содержится в 1 мл раствора.

6. Молярная доля (γ) растворенного вещества в растворе показывает отношение количества растворенного вещества к суммарному количеству вещества всех составляющих раствора (и вещества и растворителя). Например: раствор поваренной соли состоит из NaCl и воды, тогда :

$$\gamma_{\text{NaCl}} = \nu_{\text{NaCl}} / (\nu_{\text{NaCl}} + \nu_{\text{H}_2\text{O}})$$

7. Нормальная концентрация (C_N , N) – это отношение числа эквивалентов (n) вещества к объему раствора (V , л.), в котором это вещество содержится. Определяется по формуле:

$$N = n / V, \text{ (экв/л)}.$$

Величина нормальной концентрации показывает, сколько эквивалентов вещества содержится в 1 литре раствора.

Примеры решения задач

1. Вычислить моляльную концентрацию и молярную долю фосфорной кислоты в растворе, нормальность которого 2 экв/л и $\rho = 1,03$ г/мл.

Дано: $\begin{array}{l} C_N(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 \text{ (экв/л)} \\ \rho = 1,03 \text{ г/мл} \\ C_m, \gamma = ? \end{array}$	$\Rightarrow$	Решение: $\begin{array}{l} n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 \text{ экв} \\ V_{\text{р-ра}} = 1 \text{ л} = 1000 \text{ мл} \\ \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) \\ C_m = \frac{\nu(\text{H}_3\text{PO}_4)}{m_{\text{р-ля}}}; \text{ моль/кг} \end{array}$ $\begin{array}{l} \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = m / M \\ n(\text{H}_3\text{PO}_4) = m / \Xi \Leftrightarrow m = n \cdot \Xi = 2 \cdot 32,7 = 65,4 \text{ (г)} \\ \Xi(\text{H}_3\text{PO}_4) = M/3 = 98/3 = 32,7 \text{ (г/экв)}, \text{ тогда} \\ \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 65,4/98 = 0,7 \text{ моль.} \\ m_{\text{р-ля}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}} \\ m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,03 = 1030 \text{ (г)} \\ m_{\text{р-ля}} = 1030 - 65,4 = 964,6 \text{ г} = 0,9646 \text{ кг} \\ C_m = 0,7 / 0,9646 = 0,72 \text{ (моль/кг)} \end{array}$ $\gamma(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{\nu(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) + \nu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,7}{0,7 + 53,6} = 0,013$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 964,6 / 18 = 53,6 \text{ (моль)}$
---	---------------	---

2. Вычислить молярную, нормальную, моляльную концентрации и титр 15 % раствора соды (Na_2CO_3), если плотность такого раствора $\rho = 1,04$ г/мл.

Дано : $C\% (\text{Na}_2\text{CO}_3) = 15\%$ $\rho = 1,04$ г/мл $C_M, C_N, C_m, T = ?$	$\Rightarrow$	Решение: $m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 15$ г - масса растворенного вещества $m_{\text{р-ра}} = 100$ г - масса раствора, в которой она содержится $C_M = \frac{v_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} ; \text{ моль/л}$ $v = m_{\text{в-ва}} / M = 15 / 106 = 0,14$ моль $M_{\text{в-ва}} = 106$ г/моль $V_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}} / \rho = 100 / 1,04 = 96 \text{ мл} = 0,096 \text{ л}$ $C_M = 0,14 / 0,096 = 1,46$ (моль/л) $C_N = \frac{n_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} ; \text{ экв/л}$ $n = m_{\text{в-ва}} / \Xi = 15 / 53 = 0,28$ экв. $\Xi_{\text{соли Na}_2\text{CO}_3} = M / 2 = 53$ г/экв $C_N = 0,28 / 0,096 = 2,92$ (экв/л) $C_m = \frac{v_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ля}}} ; \text{ моль/кг}$ $m_{\text{р-ля}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}} = 100 - 15 = 85 \text{ г} = 0,085 \text{ кг}$ $C_m = 0,14 / 0,085 = 1,65$ (моль/кг) $T = \frac{m_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}} ; \text{ г/мл}$ $T = 15 / 96 = 0,16$ (г/мл)
---	---------------	--

Задачи для самостоятельной работы

1. Вычислить моляльную концентрацию и титр 36% раствора HNO_3 , если плотность такого раствора $\rho = 1,22$ г/мл.
2. Вычислить моляльную концентрацию и титр 4,85 Н раствора HNO_3 с $\rho = 1,16$ г/мл. Вычислить мольную долю всех компонентов раствора в 10 Н растворе H_2SO_4 , $\rho = 1,29$ г/мл.
3. Вычислить мольную долю всех компонентов раствора в 27,1% растворе NH_4Cl .
4. Вычислить нормальную и моляльную концентрации 20% раствора серной кислоты, $\rho = 1,14$ г/мл.
5. Вычислить молярную и процентную концентрации раствора нитрата алюминия ($\rho = 1,07$ г/мл), который получился после добавления 0,5 моль соли к 350 мл воды.

Литература

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Учебник для медицинских вузов. (Ю.А.Ершов, В.А.Попков, А.С.Берлянд и др. Ред.Ю.А.Ершов), 8 изд., 560 с.- М,: Высш.шк., 2010 г.
2. Практикум по общей химии. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. Учебное пособие для студентов медицинских вузов (Ред. В.А.Попков).- М., Высшая школа, 4 изд., 239 с., 2008 г.
3. Сборник задач и упражнений по общей химии. Учебное пособие. (С.А. Пузаков, В.А. Попков, А.А. Филиппова). М. : Высшая школа, 4 изд., 255 с., 2010г.
4. Общая химия. Учебник для медицинских вузов. (В.А. Попков, С.А. Пузаков), 976 с. - М, ГЭОТАР Медиа, 2007 г.

Дополнительная литература

1. Глинка Н.Л. Общая химия.-Л.: Химия, 1988.
2. Хомченко Г.П. Пособие по химии для поступающих в вузы.- М.: Высшая школа, 1989.