

## Концентрации растворов

Концентрация раствора выражается количеством растворенного вещества в определенной массе в объеме раствора или растворителя.

Наиболее часто используются следующие виды концентраций: молярная, нормальная, процентная и весовая.

### Молярная концентрация (М)

М – определяет число молей растворенного вещества в одном литре раствора. **Примеры.** Приготовить 1,0 и 0,1 М раствор NaCl

**Решение.** Определяем молекулярную массу хлористого натрия с использованием таблицы Менделеева. Атомная масса атома Na – 23, Cl – 35,5. Молекулярная масса хлористого натрия – 58,5 г-моль. Растворяем 58,5 г данной соли в 1 литре дистиллированной воды и получаем 1 М раствор хлористого натрия. Для приготовления 0,1 М раствора необходимо растворить в 1 л, соответственно, 5,85 г

## Нормальная концентрация (N)

- N – определяет число грамм-эквивалентов (г-экв) растворенного вещества в 1 л раствора.
- Нормальная концентрация так же может быть выражена в мг-экв/л, мкг-экв/л.
- **Примеры.** Приготовить 1 N HCl and 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- **Решение.** Для приготовления 1N HCl требуется 1 г-экв соляной кислоты, который определяется как  $(1+35,5)=36,5$  г соляной кислоты.
- Для приготовления 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> необходимо взять 1 г-экв серной кислоты, который определяется как  $(2+32+64)/2=98/2 =49$ г серной кислоты.
- Таким образом, для приготовления растворов в нормальной концентрации, необходимо учитывать эквивалент данного вещества (Э) и определять число эквивалентов этого вещества (n)

## Определение эквивалентов различных веществ (Э)

- Один грамм-эквивалент вещества численно равен его эквиваленту, выраженному в граммах. Наиболее часто единица измерения эквивалента выражается следующим образом: Э=[г/г-экв], либо [мг/мг-экв].
- Число эквивалентов (n, мг-экв), если вещество дается в массовых единицах (m), определяется по формуле :  $n = m / \text{Э}$ , [мг/мг/мг-экв]=[мг-экв].
- Число эквивалентов (n), если вещество дается в виде концентрации (C, мг/л), определяется по формуле :  $n = C / \text{Э}$  [мг/л/мг/мг-экв]=[мг-экв/л].
- Если известно число эквивалентов какого-либо вещества и найден его эквивалент, то концентрацию раствора определяют по формуле:  $C = n * \text{Э}$ , [мг-экв/л\*мг/мг-экв]=[мг/л].
- Расчет эквивалентов **кислот** производится следующим образом.
  - $\text{Э}_{\text{кислоты}} = M/a$ , здесь M - молекулярная масса кислоты,
  - a – число ионов  $\text{H}^+$  в кислоте.
  - фосфорной  $\text{Э}_{\text{H}_3\text{PO}_4} = (3 + 31 + 64)/3 = 98/3 = 32,66$
  - азотной  $\text{Э}_{\text{HNO}_3} = (1+14+48)/1 = 63/1 = 63$
  - серной  $\text{Э}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = (2+32+64)/2 = 98/2 = 49$

## Определение эквивалентов различных веществ (Э)

- Расчет эквивалентов оснований производится следующим образом.
- $\text{Э}_{\text{основания}} = M/b$ , здесь  $M$  - молекулярная масса основания,
- $b$  – число гидроксильных ионов ( $\text{OH}^-$ ) в основании.
- $\text{Э}_{\text{Mg(OH)}_2} = (24 + 17 \cdot 2) / 2 = 58 / 2 = 29$
- $\text{Э}_{\text{NaOH}} = (23 + 16 + 1) / 1 = 40 / 1 = 40$

## Определение эквивалентов различных веществ (Э)

- Расчет эквивалентов солей производится следующим образом.
- $\text{Э}_{\text{соли}} = M/n \cdot m$ , где  $M$  – молекулярная масса соли,
- $n$  – число ионов металла в соли,
- $m$  – валентность металла.  $M_{(\text{SO}_4)^{2-}} = 32 + 16 \cdot 4 = 96$
- Эквиваленты солей:
- сернокислое железо  $\text{Э}_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = (56 \cdot 2 + 96 \cdot 3) / 2 \cdot 3 = 66,67$ .
- хлористый кальций  $\text{Э}_{\text{CaCl}_2} = (40 + 35,5 \cdot 2) / 2 \cdot 1 = 55,5$
- хлористый натрий  $\text{Э}_{\text{NaCl}} = (23 + 35,5) / 1 \cdot 1 = 58,5$
- сульф. алюм.  $\text{Э}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = (26 \cdot 2 + 96 \cdot 3) / 3 \cdot 2 = (54 + 288) / 3 \cdot 2 = 342 / 3 \cdot 2 = 57$

## **Процентная концентрация (ПК)**

- ПК – показывает содержание растворенного вещества в 100 единицах массы раствора, причем количество растворенного вещества и раствора берутся в одних и тех же весовых единицах.
- **Пример.** Раствор гидроксида калия (KOH) 25 % концентрации содержит 25 г данного вещества и 75 г воды. Всего 100 г раствора.
- Или 25 мг KOH в 100 мг раствора.

## **Весовая концентрация (ВК)**

- ВК- это количество растворенного вещества в единице объема раствора. Это может быть г/л, мг/л, кг/м<sup>3</sup> , г/мл (титр раствора)

# Решение типовых задач

## Нахождение эквивалентов различных веществ

- Задача №1. Сколько мг-экв содержится в 5,55 г  $\text{CaCl}_2$  ; 6,66 мг  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- 348,36 мг  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  ; 0,286 мг  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- **Решение** : Находим эквиваленты соответствующих соединений.
- $\text{Э}_{\text{CaCl}_2} = (40 + 35,5 \cdot 2) / 2 \cdot 1 = 55,5$
- $\text{Э}_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = (56 \cdot 2 + 96 \cdot 3) / 2 \cdot 3 = 66,67$ .
- $\text{Э}_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = (39 \cdot 2 + 1 + 31 + 16 \cdot 4) / 2 = (78 + 1 + 31 + 64) / 2 = 87$
- $\text{Э}_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = (23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + 10 \cdot 18) / 2 = (46 + 12 + 48 + 180) / 2 = 143$
- Определяем число эквивалентов соответствующих соединений (n) в мг-экв.  
 $n_{\text{CaCl}_2} = 5550 / 55,5 = 100$ ,  $n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 6,66 / 66,67 = 0,1$
- $n_{\text{K}_2\text{HPO}_4} = 348,36 / 87 = 4$ ,  $n_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 0,286 / 143 = 0,002 = 2 \cdot 10^{-3}$
- **Задание** №1: найти эквиваленты различных соединений ( не менее 4).  
Соединения и их численные значения обучающийся задает самостоятельно.

## Решение типовых задач

- **Определение правильности выполнения анализа природной воды.**
- Данный вид анализа основывается на положении: сумма мг-экв/л катионов природной воды ( $n_{\text{катионов}}$ ) должна быть равна сумме мг-экв/л анионов
- ( $n_{\text{анионов}}$ ).
- **Задача №2.** При анализе природной воды получены следующие результаты.  
концентрация **катионов** (мг/л):  $\text{Na}^+$  - 54,74  $\text{Ca}^{2+}$  - 68,3  $\text{Mg}^{2+}$  - 24,3  $\text{NH}_4^+$  - 12,3.
- концентрация **анионов** (мг/л):  $\text{SO}_4^{2-}$  - 180,3  $\text{Cl}^-$  - 63,2  $\text{NO}_2^-$  - 3,8  $\text{NO}_3^-$  - 14,7.
- Щелочность (Щ) обусловлена, в основном, бикарбонатным ионом ( $\text{HCO}_3^-$ )
- $\text{Щ} = 2,78$  мг-экв/л. Щелочность относят к анионам. Жесткость общая – 5,38 мг-экв/л.
- Проверить точность выполнения анализа и вычислить величину относительной ошибки измерения.



# Решение задач типовых задач

- Первоначально определяем число мг-экв/л ионов ( $n_{\text{катионов}} + n_{\text{анионов}}$ ):
- $n_{\text{катионов}} = n_{\text{Na}} + n_{\text{Ca}} + n_{\text{Mg}} + n_{\text{NH}_4}$        $n_{\text{анионов}} = n_{\text{SO}_4} + n_{\text{Cl}} + n_{\text{NO}_2} + n_{\text{NO}_3}$
- Приведем эквиваленты катионов и анионов:
- $\text{Э}_{\text{Na}} = 23$ ,  $\text{Э}_{\text{Ca}} = 20$ ,  $\text{Э}_{\text{Mg}} = 12$ ,  $\text{Э}_{\text{NH}_4} = 18$ ,  $\text{Э}_{\text{SO}_4} = 48$ ,  $\text{Э}_{\text{Cl}} = 35,5$ ,  $\text{Э}_{\text{NO}_2} = 46$ ,  $\text{Э}_{\text{NO}_3} = 62$
- Определяем число эквивалентов катионов и анионов ( $n_i$ ):
- $n_{\text{Na}} = 54,74/23 = 2,38$        $n_{\text{SO}_4} = 180,3/48 = 3,76$       Щ =  $n = 2,78$  мг-экв/л ( $\text{HCO}_3^-$ )
- $n_{\text{Ca}} = 68,3/20 = 3,42$        $n_{\text{Cl}} = 63,2/35,5 = 1,78$
- $n_{\text{Mg}} = 24,3/12 = 2,02$        $n_{\text{NO}_2} = 3,8/46 = 0,08$
- $n_{\text{NH}_4} = 12,3/18 = 0,68$        $n_{\text{NO}_3} = 14,7/62 = 0,24$
- Находим сумму катионов: 8,48; Сумма анионов 8,64
- Определяем величину относительной ошибки (P,%) по формуле:  $P = [(8,64 - 8,48)/8,64] * 100 = 1,5\%$
- Величина относительной ошибки не должна превышать 3-5%.
- **ВЫВОД:** Анализ выполнен верно.
- **Тестовое задание №2:** проверить правильность выполнения химического анализа природной воды и определить величину относительной ошибки. Сделать соответствующие выводы. Ионный состав природной воды и численные значения обучающийся задает самостоятельно.