

## КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

**Мотивационная характеристика изучаемой темы:** Растворы - та среда в живых организмах, в которой протекают все жизненно важные процессы. Знание важнейшей характеристики раствора - концентрации, необходимо для изучения последующих тем курса (коллигативные свойства растворов, количественный анализ), фармакологии, практической деятельности врача (биохимические или клинические исследования, приготовление лекарственных препаратов различной концентрации, назначение дозы лекарственного препарата).

Растворы играли и играют важнейшую роль в возникновении и развитии живой природы. В растворах формировались простейшие белковые структуры - коацерваты, в дальнейшем водоросли, что обусловило возникновение фотосинтеза. Живые организмы получают пищу в растворенном виде, в присутствии воды осуществляется биосинтез, в виде растворов из организма выносятся продукты метаболизма.

Растворами являются плазма крови, спинномозговая жидкость, лимфа, моча, слюна, пот. Растворы - среда, в которой протекают все жизненно-важные процессы в организме (синтез белка, гидролиз белков, жиров, углеводов, АТФ, усвоение питательных веществ). Биожидкости участвуют в транспорте питательных веществ (жиров, аминокислот, кислорода), лекарственных препаратов к органам и тканям. В жидких средах организма поддерживается постоянство кислотности, концентрации солей, органических веществ (концентрационный гомеостаз).

Важнейшая характеристика раствора - концентрация растворенного вещества. Знание различных способов выражения концентрации раствора необходимо для изучения последующих тем курса химии (методы количественного анализа, осмотическое давление, буферные растворы, буферная емкость и др.), фармакологии, для практической деятельности врача (приготовление лекарственных препаратов, проведение клинических и биохимических исследований).

**Цель:** Изучить концентрацию растворов и способы ее выражения.

**Формируемые компетенции:**

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовность решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационных, библиографических ресурсов, медико - биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий и учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);
- готовность к использованию основных физико - химических, математических и иных естественнонаучных понятий и методов при решении профессиональных задач (ОПК-7);
- способность к участию в проведении научных исследований (ПК-21).

**В результате изучения темы студент должен:**

**знать:** способы выражения концентрации раствора: молярную концентрацию эквивалента, объемную долю, титр.

**уметь:** применять методы расчета молярной концентрации эквивалента (молярной массы эквивалента кислоты, основания, соли), пользоваться таблицей формул пересчета концентраций.

**владеть:** навыками расчета титра, пересчета одного способа выражения концентрации в другой.

### **Вопросы необходимые для освоения темы:**

1. Химический эквивалент. Фактор эквивалентности.
2. Молярная масса эквивалента кислоты, основания, соли.
3. Молярная концентрация эквивалента (определение, обозначение, формулы расчета, единицы измерения).
4. Объемная доля (определение, обозначение, формула расчета, единицы измерения).
5. Титр (определение, обозначение, формулы расчета, единицы измерения).

### **Обучающий материал:**

Растворами называют однородные системы переменного состава. В жидких растворах традиционно выделяют растворитель и растворенное вещество, причем растворенных веществ может быть несколько. Важной характеристикой раствора является концентрация. Этой величиной определяются многие свойства растворов.

**Концентрацией** вещества - компонента раствора - называют величину, измеренную количеством растворенного вещества, содержащегося в определенной массе или объеме раствора или растворителя.

Концентрация отражает количественный состав раствора.

Наиболее часто применяемые способы выражения концентраций: массовая доля, молярная, моляльная, молярная концентрация эквивалента, мольная доля, объемная доля, титр.

В клинической практике нередко выражают концентрацию ионов в миллиграмм процентах (мг %). Это масса вещества, выраженная в миллиграммах на 100 мл раствора.

## **1. МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТА**

**Молярная концентрация эквивалента** (нормальная концентрация) - это число моль эквивалента растворенного вещества в определенном объеме раствора.

Химический эквивалент - число массовых частей вещества или элемента, соединяющееся или заменяющее в реакциях 1,008 массовых частей водорода или 8 массовых частей кислорода.

Закон эквивалентов (И. В. Рихтер) - элементы и вещества соединяются друг с другом в количествах прямо пропорциональных их химическим эквивалентам.

$$m_1 / m_2 = \mathcal{E}_1 / \mathcal{E}_2, \text{ где } m_1 \text{ и } m_2 - \text{массы веществ;}$$

Э<sub>1</sub> и Э<sub>2</sub> - эквиваленты соединяющихся веществ.

При любом химическом взаимодействии 1 экв. одного вещества всегда реагирует с 1 экв. другого вещества.

Молярную концентрацию эквивалента обозначают  $C(f_{\text{экв}}(X))$  или  $C(1/zX)$ . Единицы измерения - моль/м<sup>3</sup>, моль/дм<sup>3</sup>, моль/см<sup>3</sup>, моль/л, моль/мл. В медицине используют единицу моль/л. Форма записи, например,  $C(1/2 \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/л.

Молярную концентрацию эквивалента рассчитывают по формулам:

$$C(f_{\text{экв}}X) = \frac{n(f_{\text{экв}}X)}{V(p-pa)} = \frac{m(X)}{M(f_{\text{экв}}X) \cdot V(p-pa)}$$

или

$$C(1/zX) = \frac{n(1/zX)}{V(p-pa)} = \frac{m(X)}{M(1/zX) \cdot V(p-pa)}$$

где  $m(X)$  - масса растворенного вещества, кг, г;

$n(f_{\text{экв}}X)$  или  $n(1/zX)$  - кол-во моль эквивалента вещества;

$M(1/zX)$  или  $M(f_{\text{экв}}X)$  - молярная масса эквивалента вещества "X" - это масса одного моль эквивалента вещества, равная произведению фактора эквивалентности на молярную массу вещества "X":

$$M(f_{\text{экв}}X) = f_{\text{экв}}X \cdot M(X) \text{ или } M(1/zX) = 1/z M(X).$$

Единицей измерения молярной массы эквивалента является кг/моль, г/моль.

$f_{\text{экв}}(X)$  - фактор эквивалентности рассчитывают на основе стехиометрии данной реакции из равенства  $f_{\text{экв}}(X) = 1/z$ , где  $z$  - основность кислоты или кислотность основания в данной кислотно-основной реакции, а также число электронов, присоединяемых или теряемых частицей в данной окислительно-восстановительной реакции.

Фактор эквивалентности  $f_{\text{экв}}(X)$  - число, обозначающее, какая доля реальной частицы вещества X эквивалентна одному иону водорода в данной кислотно-основной реакции или одному электрону в данной окислительно-восстановительной реакции.

Фактор эквивалентности безразмерная величина.

Пример расчета фактора эквивалентности на основании стехиометрии реакции взаимодействия  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с  $\text{NaOH}$ :

1)  $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  /идет замещение одного атома водорода в молекуле фосфорной кислоты/

$f_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1$ , следовательно  $M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98$  г/моль.

2)  $2\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

$f_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2$ , следовательно

$M(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \cdot 98 = 49$  г/моль.

3)  $3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

$f_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/3$ , следовательно

$M(\frac{1}{3} \text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} M(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} \cdot 98 = 32,7 \text{ г/моль.}$

$f_{\text{экв}} \text{NaOH} = 1$ , следовательно  $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль.}$

Фактор эквивалентности соли находят так:

$f_{\text{экв}} (\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 1/6$ , т. к ионы железа (III)  $\text{Fe}^{3+}$  в реакции эквивалентны трем ионам водорода, а ионов железа (III) - два, то они будут эквивалентны шести атомам водорода:

$M(1/6 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 1/6 M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 1/6 \cdot 400 = 66,67 \text{ г/моль.}$

## 2. ОБЪЕМНАЯ ДОЛЯ

**Объемную долю**  $\varphi(X)$  выражают в долях единицы или процентах, ее рассчитывают по формуле:

$$\varphi = \frac{V(X)}{V(p-p)}$$

где  $V(X)$  – объем данного компонента раствора,

$V(p-p)$  – общий объем раствора.

## 3. ТИТР

**Титр** – это масса вещества  $X$ , содержащегося в одном кубическом сантиметре или одном миллилитре раствора.

Титр раствора обозначают  $T(X)$ , единицы измерения:  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{г/мл}$ .

Титр можно рассчитать по формуле:

$$T = \frac{m(X)}{V(p-p)}$$

где  $m(X)$  – масса вещества, г,

$V(p-p)$  – объем раствора,  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{г/мл}$ .

Титр можно рассчитывать через молярную концентрацию эквивалента:

$$T(X) = \frac{C(f_{\text{экв}}X) \cdot M(f_{\text{экв}}X)}{1000}$$

где  $C(f_{\text{экв}}X)$  – молярная концентрация эквивалента вещества  $X$ , моль/л,

$M(f_{\text{экв}}X)$  – молярная масса эквивалента вещества  $X$ , г/моль

## 4. ПЕРЕСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРОВ ИЗ ОДНИХ ЕДИНИЦ В ДРУГИЕ.

В лабораторной практике и клиниках приходится проводить пересчет концентраций имеющихся растворов из одних единиц в другие. При пересчете массовой доли в молярную концентрацию и наоборот необходимо помнить, что массовая доля рассчитывается на определенную массу раствора, а молярная концентрация - на объем, поэтому для пересчета необходимо знать плотность раствора.

На практике удобно использовать таблицу для пересчета концентраций. В

первом вертикальном столбце перечислены наиболее часто используемые способы выражения концентрации: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр. В таком же порядке они перечислены в верхней строчке таблицы. На пересечении одноименных граф (например: титр-титр) находим основную формулу для расчета данной концентрации.

Для пересчета в верхней строчке таблицы находим графу с той концентрацией, которую необходимо рассчитать, и опускаемся до пересечения с известной концентрацией. В клетке пересечения находим формулу пересчета.

### Практическая работа

#### Обучающие задачи и задачи для самостоятельного решения

##### ЗАДАЧА №1

В 100 мл раствора содержится 19,6 г фосфорной кислоты. Какова молярная концентрация эквивалента раствора, учитывая, что молярная масса эквивалента взята применительно к реакциям полного замещения водорода в  $H_3PO_4$ ?

Дано:

$$m(H_3PO_4) = 19,6 \text{ г}$$

$$V(p-p) = 100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}$$

Найти:  $C(1/3H_3PO_4)$

Решение:

1. В реакции полного замещения водорода фактор эквивалентности фосфорной кислоты равен  $1/3$ .

$$M(1/3H_3PO_4) = 1/3 \cdot M(H_3PO_4) = 1/3 \cdot 98 \text{ г/моль} = 32,7 \text{ г/моль}$$

2. Находим молярную концентрацию эквивалента

$$C(1/3H_3PO_4) = \frac{m(H_3PO_4)}{M(1/3H_3PO_4) \cdot V(p-p)} = \frac{19,6\text{г}}{32,7\text{г/моль} \cdot 0,1\text{л}} = 5,99 \text{ моль/л}$$

Ответ: 5,99 моль/л

##### Задача № 2

Сульфат алюминия массой 10,0 г находится в растворе объемом 1,5 л. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента сульфата алюминия для реакции полного обмена сульфат ионов. (Задачу решить самостоятельно).

Ответ: 0,117 моль/л.

##### Задача № 3

Сколько граммов кристаллогидрата  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  требуется для приготовления 500 мл 0,5 н раствора натрий карбоната  $Na_2CO_3$  ?

Алгоритм решения:

1. Запишите известные данные и искомые величины.
2. Найдите молярные массы  $Na_2CO_3$  и  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ .
3. Определите молярную массу эквивалента натрий карбоната.
4. Исходя из формулы для расчета молярной концентрации эквивалента,

рассчитайте массу натрий карбоната в 500 мл 0,5 н раствора.

5. Составьте пропорцию и проведите пересчет массы безводной соли на массу кристаллогидрата.

6. Запишите ответ.

Ответ: для приготовления раствора натрий карбоната требуется 35,75 г кристаллогидрата.

#### **ЗАДАЧА № 4**

В 0,5 л раствора содержится 5 г калий гидроксида. Рассчитать титр раствора.

Алгоритм решения:

1. Запишите известные данные и искомые величины.
2. Рассчитайте титр раствора калий гидроксида.
3. Запишите ответ.

Ответ: 0,01 г/мл.

#### **ЗАДАЧА № 5**

Вычислить молярную концентрацию эквивалента раствора серной кислоты, если титр раствора равен 0,00245 г/мл.

Алгоритм решения:

1. Запишите известные данные и искомые величины.
2. Определите молярную массу эквивалента серной кислоты, учитывая, что идет реакция полного замещения ионов водорода в молекуле серной кислоты.
3. Из формулы для расчета титра рассчитать молярную концентрацию эквивалента раствора серной кислоты.

Ответ: 0,05 моль/л.

#### **ЗАДАЧА № 6**

Рассчитайте молярную концентрацию 0,9 %-ного раствора натрий хлорида (плотность 1 г/мл).

Дано:

$$\omega \%(\text{NaCl}) = 0.9 \% \text{ или } 0,009$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}$$

$$\rho = 1 \text{ г/мл}$$

Найти:  $C(\text{NaCl})$

Решение:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{\omega\% \cdot 10 \cdot \rho}{M(X)} = \frac{0,9\% \cdot 10 \cdot 1 \text{ г/мл}}{58 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль/л}$$

Ответ: 0,15 моль/л.