

Лабораторная работа

Способы выражения состава растворов.

Приготовление растворов заданной концентрации из более концентрированного раствора

Цель работы

Освоение навыков приготовления растворов заданной концентрации из более концентрированного раствора. Пересчет массовой доли приготовленного раствора в молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, моляльность и титр.

Продолжительность лабораторного занятия – 2 ч.

Теоретические положения

Растворами называют гомогенные системы переменного состава, состоящие из двух или более компонентов – растворителя и одного или нескольких растворенных веществ. Все растворы относят к дисперсным (раздробленным) системам. Раствор считается истинным, если размер частиц растворенного вещества не превышает 1 нм.

На практике часто приходится иметь дело с растворами, имеющими строго заданное содержание в них растворенного вещества, поэтому их правильное приготовление имеет большое значение. Например, если фотограф ошибется при растворении проявителя, то фотографии либо не проявятся, либо будут испорчены, или если залить в аккумулятор раствор, в котором содержание серной кислоты будет меньше или больше требуемого, то аккумулятор либо не будет работать, либо выйдет из строя. Еще один пример из лабораторной практики: для получения бромида калия (KBr) взяли два раствора: HBr и KOH. Из-за ошибки при приготовлении растворов гидроксид калия KOH добавили в воду в гораздо большем количестве, чем это требовалось для реакции обмена:



В результате полученный водный раствор KBr оказался безнадежно испорченным примесью непрореагировавшего, очень едкого гидроксида калия KOH. Во всех перечисленных случаях было не учтено или нарушено заданное содержание вещества в растворе.

Состав раствора (содержание в нем растворенного вещества) может выражаться разными способами – как с помощью безразмерных единиц (долей или процентов), так и через размерные величины – концентрации. В химической практике наиболее употребительны следующие величины, выражающие содержание растворенного вещества в растворе:

1. Массовая доля ω растворенного вещества (X) – отношение массы данного компонента $m(X)$ к массе раствора m (сумме масс всех компонентов):

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m} = \frac{m(X)}{m(X) + m(Y) + \dots + m_0} = \frac{m(X)}{\rho \cdot V},$$

где m_0 – масса растворителя, г; ρ – плотность раствора, г/мл; V – объем раствора, мл.

Массовую долю часто выражают в процентах: $\omega(X) \% = \omega(X) \cdot 100 \%$. Сумма массовых долей всех компонентов равна 1 (100 %). Например, для лечения гипертонической болезни (повышенное давление) применяют 25 %-ный раствор сульфата магния MgSO_4 . Это означает, что в 100 г такого раствора содержится 25 г MgSO_4 .

Как же приготовить 25 %-ный раствор? Надо взвесить на весах 25 г безводного сульфата магния и отмерить мензуркой 75 мл воды (либо взвесить на весах 75 г воды, что одно и то же). Затем сульфат магния надо высыпать в воду и перемешать до полного растворения. Получится 100 г раствора (25 г + 75 г = 100 г), в котором массовая доля сульфата магния составляет точно 25 %.

Если для взвешивания 25 г MgSO_4 не найдется безводной соли, а в наличии окажется только более распространенный кристаллогидрат $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, то необходимо взять больше соли. Предварительно следует рассчитать, в каком количестве $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ содержится 25 г MgSO_4 и взвесить именно это рассчитанное количество $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Соответственно, на приготовление такого раствора пойдет меньше воды, потому что часть ее уже имеется в кристаллогидрате.

Рассмотрим еще один пример: для заливки в новый автомобильный аккумулятор нужен 36 %-ный раствор серной кислоты. Это означает, что в 100 г такого раствора содержится 36 г серной кислоты и 64 г воды (100 г – 36 г = 64 г). Массовая доля серной кислоты в таком растворе составляет 36 %. Разумеется, 100 г раствора – слишком маленькое количество для автомобильного аккумулятора, поэтому приготовим 10 кг раствора. Для этого увеличим все цифры в 100 раз. Поэтому потребуется взвесить на весах (36 г \times 100) = 3600 г или 3,6 кг крепкой (безводной) серной кислоты и отмерить (64 г \times 100) = 6400 г или 6,4 л дистиллированной воды. Осторожно смешать серную кислоту с водой (происходит сильный разогрев). В результате получим 10 кг

36 %-ного раствора серной кислоты, который после охлаждения можно заливать в аккумулятор.

2. Молярная концентрация (молярность) c_M – количество молей растворенного вещества n в одном литре раствора

$$c_M = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}, \text{ моль/л,}$$

где m , M – масса и молярная масса растворенного вещества, г и г/моль соответственно; V – объем раствора, л.

Размерность молярности часто обозначают M , например 0,1 моль/л, или 0,1 M . Раствор концентрации 0,1 M содержит 0,1 моль вещества на литр раствора и называется децимолярным. Растворы концентрации 0,01 M (или 0,01 моль на литр) иногда называют сантимольными.

Зная число молей вещества в 1 л раствора, необходимо отмерить нужное количество молей для реакции с помощью подходящей мерной посуды. В качестве примера рассмотрим получение нерастворимого в воде хлорида серебра (AgCl) с помощью реакции обмена:



Допустим, в лаборатории имеется раствор AgNO_3 , концентрация которого 1 моль/л. Это означает, что в 1 л такого раствора содержится 1 г/моль нитрата серебра. По уравнению реакции на 1 г/моль AgNO_3 нужен 1 г/моль NaCl . Следовательно, если мы смешаем одинаковые объемы растворов AgNO_3 и NaCl одинаковой концентрации 1 моль/л, то реакция пройдет до конца и в реакционной колбе окажется только раствор нитрата натрия (NaNO_3) в воде, а на дно сосуда выпадет осадок хлорида серебра AgCl . При этом исходных соединений в сосуде не останется. Как приготовить для реакции раствор NaCl заданной концентрации? На рис. 13 показана последовательность приготовления молярного раствора хлорида натрия.

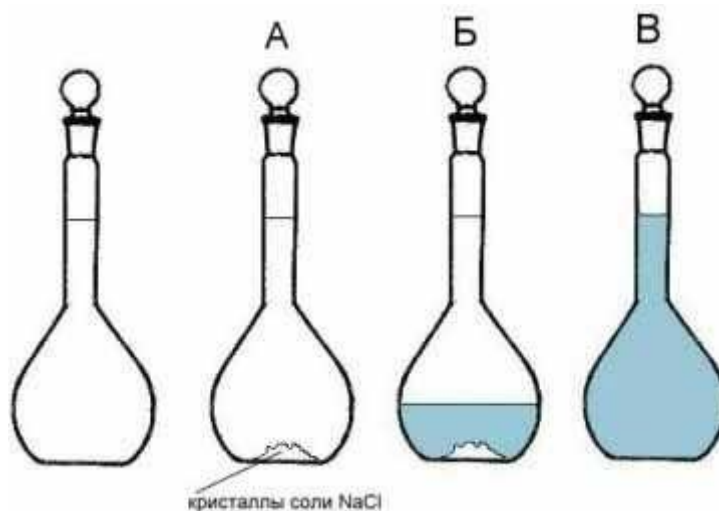


Рис. 13. Последовательность приготовления молярного раствора хлорида натрия (1 моль/л NaCl)

А) В мерную колбу емкостью 1 л помещают навеску кристаллического NaCl.

Б) В колбу добавляют немного воды.

В) Растворяют кристаллы и доливают раствор дистиллированной водой до метки 1 л, после чего раствор тщательно перемешивают.

3. Молярная концентрация эквивалента c_H (нормальность н.) – количество молей эквивалентов растворенного вещества в одном литре раствора

$$c_H = \frac{n_{\text{Э}}}{V} = \frac{m}{M_{\text{Э}} \cdot V}, \text{ моль/л,}$$

где m , $M_{\text{Э}}$ – масса и молярная масса эквивалентов растворенного вещества, г и г/моль соответственно; V – объем раствора, л.

Размерность нормальности часто обозначают “н.”, например: 0,2 моль/л, или 0,2 н.

4. Моляльная концентрация (моляльность) c_m – число молей растворенного вещества n в одном килограмме растворителя:

$$c_m = \frac{n}{m_0/1000} = \frac{m/M}{m_0/1000} = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_0}, \text{ моль/кг,}$$

где m , M – масса и молярная масса растворенного вещества, г и г/моль соответственно; m_0 – масса растворителя, г.

5. Титр показывает, сколько граммов растворенного вещества содержится в 1 мл раствора – T , г/мл.

$$T = \frac{m}{V}.$$

Для пересчета концентраций раствора используют формулы, приведенные в табл. 12.

Таблица 12

Формулы пересчета концентрации растворов

| Определяемая концентрация | Исходная концентрация | | | |
|----------------------------|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| | Массовая доля ω , % | Молярная c_M , моль/л | Нормальная c_N , моль/л | Титр T , г/мл |
| Массовая доля ω , % | г/100 г раствора | $\frac{c_M \cdot M}{10 \cdot \rho}$ | $\frac{c_N \cdot M_{\text{Э}}}{10 \cdot \rho}$ | $\frac{T \cdot 100}{\rho}$ |
| Молярная c_M | $\frac{\omega \cdot 10 \cdot \rho}{M}$ | моль/л раствора | $c_N \cdot \text{Э}$ | $\frac{T \cdot 1000}{M}$ |
| Нормальная c_N | $\frac{\omega \cdot 10 \cdot \rho}{M_{\text{Э}}}$ | $\frac{c_M}{\text{Э}}$ | моль/л раствора | $\frac{T \cdot 1000}{M_{\text{Э}}}$ |
| Титр T | $\frac{\omega \cdot \rho}{100}$ | $\frac{c_M \cdot M}{1000}$ | $\frac{c_N \cdot M_{\text{Э}}}{1000}$ | г/мл раствора |

ρ – плотность раствора

Каждый способ выражения концентрации раствора удобен в зависимости от цели, которую преследует химик или технолог. Процентные концентрации более удобны в технике, медицине, экологии, молярные концентрации чаще встречаются в лабораторной практике, молярные концентрации эквивалента используются в аналитической химии и т.д.

Задание для домашней подготовки

Каждый студент должен:

1. При подготовке к теме «Растворы. Способы выражения концентрации раствора» проработать соответствующие разделы рекомендуемой литературы [1, 2].
2. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
3. Освоить методику проведения опыта;

4. Выполнить следующие расчетные задания:

4.1. Определить массовую долю хлорида натрия, если в 450 г воды растворили 15 г указанной соли.

4.2. Сколько граммов хлорида калия следует растворить в 100 г воды для получения 5 % раствора?

4.3. Определить молярную концентрацию раствора, в 250 мл которого содержится 2,5 г гидроксида натрия.

Оборудование и реактивы

В работе используется раствор хлорида натрия (сульфата натрия) –20 %. Для выполнения работы потребуются мерные цилиндры на 25 и 100 мл, мерная колба на 100 мл, ареометр.

Рабочее задание

Каждый студент обязан:

– подготовить химическую посуду (промыть водой);
приготовить 100 мл 5 % (2 %, 3 %, 1 %) раствора из 20 % раствора хлорида натрия (сульфата натрия).

– рассчитать молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, молярную концентрацию, титр приготовленного раствора.

Методика и порядок выполнения работы

1. Получите у преподавателя задание на приготовление разбавленного раствора соли из более концентрированного, найдите плотность заданного раствора по табл. 13.

2. Рассчитайте объем концентрированного раствора соли (V), необходимый для приготовления раствора заданной концентрации. Расчет проверьте у преподавателя.

3. Отмерьте маленьким цилиндром рассчитанный объем концентрированного раствора, перенесите его мерную колбу на 100 мл и долейте водой до метки. Мерная колба представляет собой сосуд с тонкой шейкой, на которой по стеклу нанесена кольцеобразная метка. Мерные колбы изготавливают таким образом, что объем раствора достигает точно 100 мл, когда водный мениск (уровень воды, слегка изогнутый силами поверхностного натяжения) касается метки своей нижней частью. Приготовленный раствор тщательно перемешайте переворачивая колбу верх дном.

Таблица 13

Плотность растворов некоторых солей, кислот и оснований при 20 °С

| Массо вая доля, % | Плотность раствора, г/мл | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------|--------------------|---|---|---------------------------------|---|
| | NaCl | KCl | NH ₄ Cl | (NH ₄) ₂ SO ₄ | Al ₂ (SO ₄) ₃ | Na ₂ SO ₄ | Na ₂ SO ₄ × 10H ₂ O |
| 1 | 1,007 | 1,005 | 1,001 | 1,004 | 1,009 | 1,007 | 1,004 |
| 2 | 1,014 | 1,011 | 1,004 | 1,010 | 1,019 | 1,016 | 1,008 |
| 3 | 1,022 | 1,017 | 1,008 | 1,016 | 1,029 | 1,026 | 1,012 |
| 4 | 1,029 | 1,024 | 1,011 | 1,022 | 1,040 | 1,035 | 1,016 |
| 5 | 1,036 | 1,030 | 1,014 | 1,028 | 1,050 | 1,044 | 1,020 |
| 6 | 1,044 | 1,037 | 1,017 | 1,034 | 1,061 | 1,053 | 1,024 |
| 7 | 1,051 | 1,043 | 1,020 | 1,040 | 1,072 | 1,063 | 1,028 |
| 8 | 1,058 | 1,050 | 1,023 | 1,046 | 1,083 | 1,072 | 1,032 |
| 9 | 1,065 | 1,056 | 1,026 | 1,051 | 1,094 | 1,082 | 1,036 |
| 10 | 1,073 | 1,063 | 1,029 | 1,057 | 1,105 | 1,091 | 1,040 |
| 11 | 1,081 | 1,070 | 1,031 | 1,063 | 1,117 | 1,101 | 1,044 |
| 12 | 1,089 | 1,077 | 1,034 | 1,06 | 1,129 | 1,111 | 1,048 |
| 13 | 1,096 | 1,083 | 1,037 | 1,075 | 1,140 | 1,121 | 1,052 |
| 14 | 1,104 | 1,090 | 1,040 | 1,081 | 1,152 | 1,131 | 1,056 |
| 16 | 1,119 | 1,104 | 1,046 | 1,092 | 1,176 | 1,141 | 1,064 |
| 18 | 1,135 | 1,113 | 1,051 | 1,104 | 1,201 | – | 1,072 |
| 19 | 1,143 | 1,126 | 1,054 | 1,109 | 1,216 | – | 1,077 |
| 20 | 1,151 | 1,133 | 1,057 | 1,115 | 1,226 | – | 1,081 |
| 21 | 1,159 | 1,140 | 1,059 | 1,121 | 1,239 | – | 1,085 |
| 22 | – | – | 1,062 | 1,127 | 1,252 | – | – |
| 24 | – | – | 1,067 | – | 1,257 | – | – |
| 26 | – | – | 1,073 | – | 1,306 | – | – |
| 28 | – | – | – | – | 1,333 | – | – |

Далее раствор перенести в большой цилиндр и измерьте ареометром его плотность ρ . Ареометры (рис. 14) – приборы для определения плотности жидкости. Различают ареометры для жидкости легче воды и для жидкости тяжелее воды. У ареометров первого типа отсчет шкалы производится от 1,000 до 0,700, а у ареометров второго типа – от 1,000 и выше. Измерения плотности ареометром проводят при 20 °С. Набор ареометров состоит из 19 ареометров для измерения плотности в диапазоне от 0,70 до 1,84 г/см³.

По измеренной плотности найти процентную концентрацию соли в растворе (см. табл. 13) и определить величину отклонения ее от заданной.



Рис 14. Набор ареометров

4. Вычислите молярную, нормальную концентрацию, моляльность и титр приготовленного раствора.

5. Результаты опыта сведите в табл. 14.

Таблица 14

| Плотность раствора | | Массовая доля (%) раствора | | V , мл | ρ , г/мл | Концентрация раствора | | | T |
|--------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------|---------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----|
| исходного | заданного | исходного | заданного | | | Молярная | Молярная концентрация эквивалента | Моляльность (молярная доля) | |
| | | | | | | | | | |

Указания по оформлению отчета

Отчет о работе должен включать:

- а) название выполняемой работы, цель;
- б) перечисление оборудования и реактивов;
- в) краткую методику выполнения опыта;
- г) расчеты объема концентрированного раствора соли (V), необходимого для приготовления раствора заданной концентрации; пересчета массовой доли приготовленного раствора в молярную концентрацию, нормальность, молярность и титр;
- д) выводы.