

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра общей и биоорганической химии

Авторы:

А.И. Макаренко, к.б.н, доцент кафедры;

А.К. Довнар, старший преподаватель кафедры;

М.В. Одинцова, старший преподаватель кафедры;

Ж.Н. Громыко, старший преподаватель кафедры.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения лабораторного занятия
по учебной дисциплине «Медицинская химия»
для студентов

I курса медико-диагностического факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело»

Тема 2: Способы выражения состава растворов

Время: 3 часа

Утверждены на заседании кафедры
общей и биоорганической химии
(протокол № 13 от 23.05.2026)

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Учебная цель:

– формирование базовой профессиональной компетенции для применения знаний о химических и физико-химических основах процессов жизнедеятельности организма человека и методах исследования биологических жидкостей, растворов лекарственных веществ при решении диагностических, научно-исследовательских и иных задач профессиональной деятельности; сформировать навыки работы с мерной химической посудой и весами; научить производить расчеты и готовить растворы с заданной концентрацией, используя твердые вещества или растворы с известной концентрацией.

Воспитательная цель:

– создание условий для формирования следующих мировоззренческих идей: обусловленность развития химической науки потребностями производства, жизни, быта, уровнем здоровья населения; истинность научных знаний и законов природы;

– развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал;

– сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны;

– осознать социальную значимость своей будущей профессиональной деятельности;

– научиться соблюдать учебную и трудовую дисциплину, нормы медицинской этики и деонтологии.

Задачи:

В результате проведения учебного занятия студент должен

знать:

– понятия о количественных способах выражения состава растворов: молярная концентрация растворенного вещества, молярная концентрация эквивалента вещества (старое название – нормальная концентрация растворенного вещества), молярная концентрация растворенного вещества, титр, массовая доля растворенного вещества, молярная доля растворенного вещества;

– правила работы и технику безопасности в химической лаборатории.

уметь:

– готовить растворы заданного состава;

– правильно выбирать и выполнять базовые физико-химические методы анализа;

– производить расчеты по нахождению концентрации растворенного вещества в определенном объеме или массе раствора или растворителя;

– выполнять расчеты для приготовления растворов вещества с заданной концентрацией.

владеть:

– способами приготовления растворов с заданной концентрацией;

– решением расчетных задач на выражение состава растворов: молярной концентрации растворенного вещества, молярной концентрации эквивалента

вещества, молярной концентрация растворенного вещества, титра, массовой доли растворенного вещества, мольной доли растворенного вещества.

Мотивация для усвоения темы:

В современной медицине специфика подготовки врачей по специальности 7-07-0911-04 «Медико-диагностическое дело» используется широкий спектр различных диагностических методов. Одним из распространенных методов диагностики является количественный анализ. Расчеты в количественном анализе базируются на знаниях о современной теории растворов, так как важнейшие биохимические процессы в тканях живых организмов протекают именно в растворах, а большинство лекарственных средств усваиваются только в растворенном состоянии.

Кроме того, современная теория электролитов служит научной основой для изучения электролитного баланса организма человека в норме и патологии. В связи с этим врач лабораторной диагностики должен обладать знаниями основ современных расчетов в химическом анализе и уметь интерпретировать полученные результаты.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

1. Методические рекомендации для студентов по теме «Способы выражения состава растворов».
2. Учебные таблицы:
 - а) периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
 - б) таблица растворимости кислот, оснований и солей.
3. Справочник физико-химических величин, изучаемых в курсе медицинской химии.
4. Химические реактивы и оборудование, необходимые для проведения лабораторной работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

Полученные знания и умения по способам выражения состава растворов (процентная концентрация, молярность, нормальность, титр) потребуются для изучения медицинской биологии, медицинской физики, фармакологии, биохимии и клинических дисциплин.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ [1-16]

1. Краткая характеристика растворов.
2. Количественные способы выражения состава растворов.

ХОД ЗАНЯТИЯ

Теоретическая часть

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРОВ.

Раствор – однородная (гомогенная) система, состоящая из двух или более компонентов (растворителя и растворенных веществ) и продуктов их взаимодействия

Растворитель – компонент, который присутствует в большем количестве и определяет агрегатное состояние раствора.

В зависимости от степени насыщенности растворы могут быть:

1) насыщенные (содержит максимальное количество вещества, которое может растворяться при данной температуре). Для них характерно состояние, когда в единицу времени растворяется столько же вещества, сколько его выпадает в осадок;

2) ненасыщенные (при данной температуре содержат растворенного вещества меньше, чем в насыщенном);

3) пересыщенные (содержат больше растворенного вещества, чем в насыщенном растворе). Получаются при осторожном и медленном охлаждении насыщенного раствора.

Для количественного выражения состава растворов используют понятие **концентрация**. **Концентрацией раствора** называется весовое, объемное, молярное или численное содержание компонента растворенного вещества, находящееся в определенном весовом количестве или в определенном объеме раствора или растворителя. Это соотношение может быть показано разными способами.

В зависимости от количества растворенного вещества растворы могут быть концентрированными и разбавленными.

Концентрированный раствор – раствор с высоким содержанием растворенного вещества. **Разбавленный раствор** – раствор с низким содержанием растворенного вещества. Классификация растворов на концентрированные и разбавленные не связана с делением на насыщенные и ненасыщенные.

Так насыщенный раствор серебро хлорида с концентрацией $1,34 \cdot 10^{-5}$ моль/л является очень разбавленным, а раствор бромида калия 4 моль/л, будет концентрированным, но не является насыщенным.

2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ.

Содержание растворенного вещества в растворе может быть выражено либо безразмерными величинами – долями или процентами, либо размерными величинами – концентрациями.

Важной характеристикой раствора является его **концентрация** – это величина, измеряемая содержанием растворенного вещества, в определенной массе или объеме растворителя, или раствора.

Способы выражения состава (концентрации) растворов различны (таблица 1):

- 1) массовая доля растворенного вещества;
- 2) объемная доля растворенного вещества;
- 3) мольная доля растворенного вещества;
- 4) молярная концентрация растворенного вещества (молярность – устаревшее);

- 5) молярная концентрация эквивалента вещества (нормальность – устаревшее);
- 6) моляльная концентрация растворенного вещества;
- 7) титр.

В тех случаях, когда речь идет об отношении массы (или объема, или количества вещества) компонента к, соответственно, массе (или объему, или количеству вещества) всей системы, термин «концентрация» не употребляют, а говорят о «доле» – **массовой, объемной или молярной**. И выражают эту долю либо дробью, либо в процентах, принимая систему за 1 или за 100%.

Для обозначения доли компонента принято использовать греческие буквы: массовая доля – ω (омега), объемная доля – φ (фи), молярная доля – χ (хи) (таблица 1).

Титр равен массе растворенного вещества (в граммах), содержащейся в 1 мл раствора. Титр обозначается $T(X)$ и рассчитывается, как отношение массы вещества X к объему V его раствора в миллилитрах (таблица 1).

Таблица 1 – Способы выражения состава растворов

Наименование концентрации или «доли»	Расчетная формула	Размерность
Массовая доля	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$ где $m(X)$ и $m_{\text{р-ра}}$ – масса растворенного вещества и масса раствора.	%
Объемная доля	$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V} \cdot 100 \%$ где $V(X)$ и V – объемы растворенного вещества и объем раствора.	%
Молярная доля	$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n} \cdot 100 \%$ где $n(X)$ и $\sum n$ – химические количества растворенного вещества и всех компонентов раствора соответственно.	%
Молярная концентрация (молярность) равна количеству вещества (в молях), содержащегося в одном литре раствора. Она обозначается $C(X)$ и рассчитывается как отношение химического количества растворенного вещества X к объему V раствора в литрах.	$C(X) = \frac{n(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V},$ где $m(X)$ – масса растворенного вещества, г; $M(X)$ – молярная масса, г/моль; V – объем раствора, л. Если объем V раствора измеряют в миллилитрах, то формула приобретает следующий вид: $C(X) = \frac{1000 \cdot m(X)}{M(X) \cdot V},$	моль/л

Молярная концентрация эквивалента (нормальность) равна количеству вещества эквивалента (в молях), содержащегося в одном литре раствора. Она обозначается $C(1/z X)$ и рассчитывается как отношение количества эквивалента растворенного вещества X к объему раствора в литрах.	$C(1/z X) = \frac{n(1/z X)}{V} = \frac{m(X)}{M(1/z X) \cdot V} = \frac{m(X)}{f_3(X) \cdot M(X) \cdot V} = \frac{C(X)}{f_3(X)},$ где $m(X)$ – масса растворенного вещества, г; $M(1/z X)$ – молярная масса эквивалента, г/моль; V – объем раствора, л; $f_3(X)$ – фактор эквивалентности вещества X.	моль/л
Моляльная концентрация (моляльность) равна количеству вещества (в молях) растворенного в 1 кг растворителя.	$C_m(X) = \frac{n(X)}{m(Y)} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m(Y)},$ где $n(X)$, $m(X)$ и $M(X)$ – химическое количество (моль), масса (г) и молярная масса (г/моль) растворенного вещества соответственно; $m(Y)$ – масса растворителя, кг.	моль/кг
Титр равен массе растворенного вещества (в граммах), содержащейся в 1 мл раствора. Титр обозначается $T(X)$ и рассчитывается, как отношение массы вещества X к объему V его раствора в миллилитрах	$T(X) = \frac{m(X)}{V},$ где $m(X)$ – масса растворенного вещества, г; V – объем, мл.	г/мл

В ряде случаев возникает необходимость перехода от одного вида концентраций к другому (таблица 2).

Таблица 2 – Формулы пересчета концентраций растворов

Определяемая концентрация	Исходная концентрация			
	$\omega(X)$	$C(X)$	$C(1/z X)$	$T(X)$
$\omega(X)$	%	$\frac{C(X) \cdot M(X)}{10 \cdot \rho_{\text{р-ра}}}$	$\frac{C(1/z X) \cdot M(X) \cdot f_3(X)}{10 \cdot \rho}$	$\frac{T(X) \cdot 100}{\rho_{\text{р-ра}}}$
$C(X)$	$\frac{10 \cdot \omega\%(X) \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M(X)}$	моль/л	$C(1/z X) \cdot f_3(X)$	$\frac{m(X)}{M(X) \cdot V} = \frac{1000 \cdot T(X)}{M(X)}$
$C(1/z X)$	$\frac{10 \cdot \omega\%(X) \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M(X) \cdot f_3(X)}$	$\frac{C(X)}{f_3(X)}$	моль/л	$\frac{1000 \cdot T(X)}{M(1/z X)} = \frac{1000 \cdot T(X)}{f_3(X) \cdot M(X)}$
$T(X)$	$\frac{\omega\%(X) \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{100}$	$\frac{C(X) \cdot M(X)}{1000}$	$\frac{C(1/z X) \cdot M(X) \cdot f_3(X)}{1000}$	г/мл

Примечание: жирным выделены наиболее используемые формулы пересчета.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 1. В медицинской практике часто используется 0,85 % раствор натрия хлорида (физиологический раствор), плотность такого раствора принять равной 1 г/мл. Вычислите: а) молярную концентрацию и титр этого раствора; б) массу соли, введенную в организм при вливании 500 мл этого раствора.

Решение:

1) Молярная концентрация раствора и титр вещества рассчитываются по следующим формулам:

$$C(X) = \frac{10 \cdot \omega\%(X) \cdot \rho}{M(X)} \qquad T(X) = \frac{C(X) \cdot M(X)}{1000}$$

2) Подставив численные значения в формулы, получим:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{10 \cdot 0,85 \cdot 1}{58,5} = 0,145 \text{ моль/л} \qquad T(\text{NaCl}) = \frac{0,145 \cdot 58,5}{1000} = 0,0085 \text{ г/мл}$$

3) Массу натрия хлорида рассчитаем по формуле:

$$m(\text{NaCl}) = T(\text{NaCl}) \cdot V(\text{раствора}) = 0,0085 \cdot 500 = 4,25 \text{ г.}$$

Ответ: $C(\text{NaCl}) = 0,145 \text{ моль/л}$; $T(\text{NaCl}) = 0,0085 \text{ г/мл}$, $m(\text{NaCl}) = 4,25 \text{ г.}$

В химической практике зачастую приходится готовить растворы с меньшей концентрацией из более концентрированных растворов. Этот процесс называется разбавлением. Выполняя разбавление растворов водой, необходимо помнить, что масса растворенного вещества при этом не изменяется. Соответственно, можно записать: **число моль растворенного вещества в концентрированном (конц.) растворе равно числу моль растворенного вещества после разбавления (разб.).**

Следовательно,

$$\begin{array}{ccc} C(\text{конц.}) \cdot V(\text{конц.}) & = & C(\text{разб.}) \cdot V(\text{разб.}) \\ \text{моли растворенного вещества} & & \text{моли растворенного вещества} \\ \text{до разбавления} & & \text{после разбавления} \end{array}$$

Пример 2. Имеется раствор натрия хлорида (NaCl) объемом 200 мл с молярной концентрацией 0,25 моль/л (плотность раствора принять равной 1 г/мл). Какой объем воды следует добавить к имеющемуся раствору для понижения его концентрации до 0,08 моль/л.

Решение:

1) Воспользуемся формулой:

$$C(\text{конц.}) \cdot V(\text{конц.}) = C(\text{разб.}) \cdot V(\text{разб.})$$

2) Выразим из нее $V(\text{разб.})$ раствора:

$$V(\text{разб.}) = \frac{C(\text{конц.}) \cdot V(\text{конц.})}{C(\text{разб.})} = \frac{0,25 \cdot 200}{0,08} = 625 \text{ мл}$$

3) Для вычисления необходимого объема воды, вычтем из полученного объема раствора исходный:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{разб.}) - V(\text{конц.}) = 625 - 200 = 425 \text{ мл.}$$

Ответ: $V(\text{H}_2\text{O}) = 425 \text{ мл.}$

Пример 3. Какой объем серной кислоты с массовой долей кислоты, равной 56 % (плотность 1,455 г/мл), нужно взять для приготовления 100 мл раствора с молярной концентрацией эквивалента 2 моль/л?

Решение:

1) Молярная концентрация эквивалента рассчитывается по формуле:

$$C(1/z X) = \frac{n(1/z X)}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{m(X)}{M(1/z X) \cdot V_{\text{р-ра}}}$$

где $V_{\text{р-ра}}$ выражается в литрах.

2) Вычислим массу серной кислоты из этой формулы:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = C(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(1/z \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V = 2 \cdot 49 \cdot 0,1 = 9,8 \text{ г.}$$

3) Рассчитаем массу исходного раствора:

$$m(\text{исх. р-ра}) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\omega} = \frac{9,8}{0,56} = 1,75 \text{ г}$$

4) Рассчитаем объем исходного раствора по формуле:

$$V(\text{исх. р-ра}) = \frac{m(\text{исх. р-ра})}{\rho} = \frac{1,75}{1,455} = 1,2 \text{ мл}$$

Ответ: $V_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,2 \text{ мл.}$

Пример 4. Объем раствора железо (II) сульфата составляет 1500 мл. Вычислить молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, моляльность и титр данного раствора, если его массовая доля составляет 4 %, а плотность равняется $1,037 \text{ г/см}^3$

Решение:

1) Рассчитаем массу раствора используя формулу:

$$m_{\text{р-ра}} = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}} = 1500 \cdot 1,037 = 1560 \text{ кг.}$$

2) Найдем массу растворенного вещества по формуле:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$$

3) Выразим отсюда массу:

$$m(X) = m(\text{р-ра}) \cdot \frac{\omega(X)}{100 \%}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{FeSO}_4) = 1560 \cdot 0,04 = 62,4 \text{ г.}$$

4) Найдем молярную концентрацию, которая определяется как количество молей растворенного вещества в одном литре раствора:

$$M(\text{FeSO}_4) = 56 + 32 + 16 \cdot 4 = 152 \text{ г/моль}$$

$$C(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{р-ра}}};$$

$$C(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{62,4}{152 \cdot 1,5} = 0,274 \text{ моль/л}$$

5) Для нахождения молярной концентрации эквивалента, рассчитаем фактор эквивалентности соли:

$$f_{\text{э}}(\text{соли}) = \frac{1}{n(\text{Ме}) \cdot B(\text{Ме})}$$

$$f_{\text{э}}(\text{FeSO}_4) = \frac{1}{n(\text{Fe}) \cdot B(\text{Fe})} = \frac{1}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

6) Находим молярную концентрацию эквивалента:

$$C(1/z X) = \frac{m(X)}{f_{\text{э}}(X) \cdot M(X) \cdot V_{\text{р-ра}}}$$

$$C(1/z X) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{f_3(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{62,4}{0,5 \cdot 152 \cdot 1,5} = 0,548 \text{ моль/л}$$

Либо формулой пересчета:

$$C(1/z X) = \frac{C(X)}{f_3(X)}$$

$$C(\text{FeSO}_4) = \frac{C(\text{FeSO}_4)}{f_3(\text{FeSO}_4)} = \frac{0,274}{0,5} = 0,548 \text{ моль/л}$$

7) Моляльную концентрацию растворенного вещества рассчитывают по формуле:

$$C_m(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot m(Y)}$$

Если мы знаем массу раствора 1560 г. и массу растворенного FeSO_4 , то можно найти массу растворителя, которым в данном случае является вода. **Масса растворителя приводится в кг:**

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1560 - 62,4 = 1497,6 \text{ г} = 1,498 \text{ кг}$$

$$C_m(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{62,4}{152 \cdot 1,498} = 0,274 \text{ моль/кг}$$

8) Титр определим следующим образом:

$$T(X) = \frac{m(X)}{V_{\text{р-ра}}}; T(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{62,4}{1500} = 0,042 \text{ г/мл}$$

Ответ: $C(\text{FeSO}_4) = 0,274 \text{ моль/л}$, $C(1/z \text{ FeSO}_4) = 0,548 \text{ моль/л}$, $C_m(\text{FeSO}_4) = 0,274 \text{ моль/л}$, $T(\text{FeSO}_4) = 0,042 \text{ г/мл}$.

В ряде случаев в лабораторной практике приходится встречаться со смешиванием растворов с разными концентрациями или разбавлением концентрированного раствора водой. В таком случае помимо обычных растворов используется **правило смешивания (диагональная модель «конверт Пирсона», или «правило креста»)**.

При решении данного типа задач, массовые доли растворенного вещества в исходных растворах записывают одну над другой в левой части. Посередине – массовую долю в растворе, который нужно приготовить. В правой части записывается разность их вычитаний (по модулю). Полученные значения показывают весовые части (массовые доли) для первого и второго растворов, необходимые для приготовления искомого раствора. Таким образом массы искомого и исходного растворов относятся друг к другу как их весовые части:

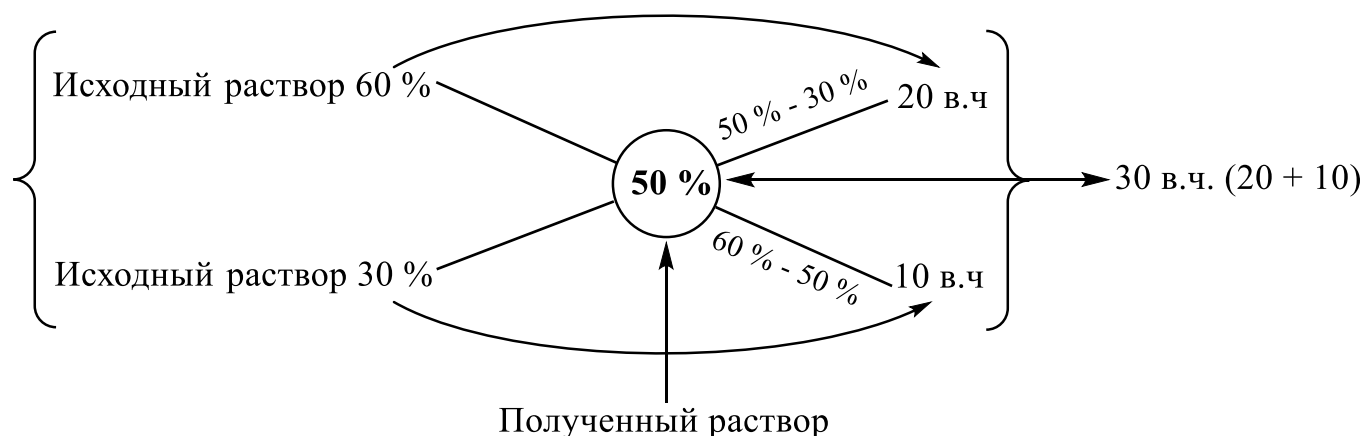
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$$

Пример 5. Какую массу раствора с массовой долей серной кислоты 60 % и раствора с массовой долей серной кислоты 30% надо взять для приготовления раствора H_2SO_4 массой 240 г с массовой долей кислоты 50 %?

Решение:

1) Для приготовления раствора H_2SO_4 массой 240 г с массовой долей кислоты 50 % необходимо взять **20 весовых частей** раствора с массовой долей серной

кислоты 60 %. Соответственно, необходимо взять **10 весовых частей** раствора с массовой долей серной кислоты 30 %.



2) Воспользуемся формулой:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$$

3) Найдем массу 60 %-ного раствора:

$$\frac{m(50 \% \text{ раствора})}{m(60 \% \text{ раствора})} = \frac{\text{весовые части (50 \% раствора)}}{\text{весовые части (60 \% раствора)}}$$

Подставляя численные значения, получаем:

$$\frac{240}{x} = \frac{30}{20}; \text{ отсюда } x = \frac{240 \cdot 20}{30} = 160 \text{ г}$$

4) Аналогичным способом находим массу 30%-ного раствора:

$$\frac{m(50 \% \text{ раствора})}{m(30 \% \text{ раствора})} = \frac{\text{весовые части (50 \% раствора)}}{\text{весовые части (30 \% раствора)}}$$

Подставляя численные значения, получаем:

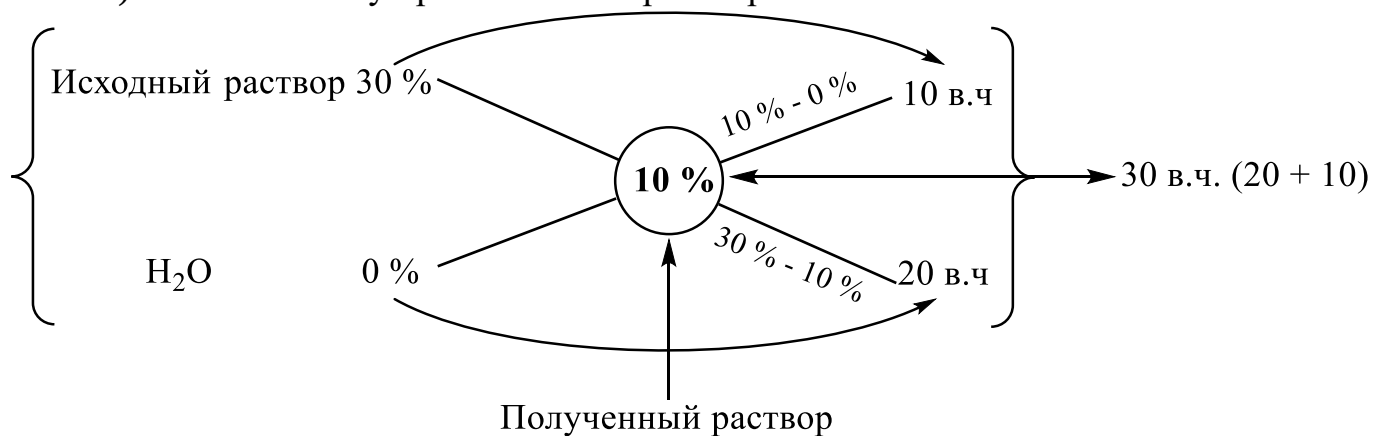
$$\frac{240}{x} = \frac{30}{10}; \text{ отсюда } x = \frac{240 \cdot 10}{30} = 80 \text{ г}$$

Ответ: для приготовления 240 г 50 % -ного раствора необходимо взять 160 г 60 %-ного раствора и 80 г раствора с массовой долей 30 %.

Пример 6. Какую массу раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 30 % нужно добавить к 70 г H₂O, чтобы получить раствор соляной кислоты с массовой долей HCl 10 %?

Решение:

1) Запишем схему приготовления раствора.



2) Находим массу 30 %-ного раствора HCl:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(30\% \text{ раствора})} = \frac{\text{весовые части (H}_2\text{O)}}{\text{весовые части (30\% раствора)}}$$

3) Подставляя численные значения получаем:

$$\frac{70}{x} = \frac{20}{10}; \text{ откуда } x = \frac{70 \cdot 10}{20} = 35 \text{ г}$$

Ответ: для приготовления 10 %-ного раствора к 70 г воды необходимо добавить 35 г 30 %-ного раствора HCl.

Практическая часть

Инструктаж по правилам техники безопасности перед проведением лабораторной работы.

« ____ » _____ 20 ____ г.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

ТЕМА № 2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ

Лабораторная работа № 1

Приготовление растворов с заданной массовой долей из более концентрированных растворов

ОПЫТ 1. Приготовление растворов поваренной соли с заданной массовой долей из более концентрированного раствора.

ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ: набор ареометров, цилиндр мерный объемом 50-100 мл., стакан вместимостью 50-200 мл, (2 шт.), бумага фильтровальная, раствор натрий хлорида (NaCl), вода дистиллированная.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА: для измерения плотности жидкости сухой и чистый ареометр (рис. 1) помещают в сосуд (цилиндр) с жидкостью так, чтобы он свободно плавал в нем и не касался стенок сосуда. Определяют ареометром плотность исходного раствора NaCl. Значения плотности считывают по шкале ареометра (по нижнему мениску), совпадающее с уровнем жидкости в цилиндре. Отсчет по шкале производят сверху вниз (рис. 2).



Рисунок 1 – Ареометр.

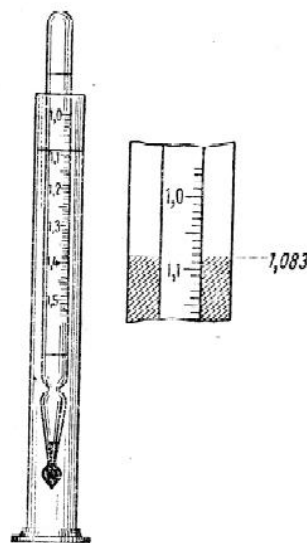


Рисунок 2 – Измерение плотности раствора ареометром.

В таблице «Плотности и концентрации водных растворов» находят массовую долю растворенного вещества в исходном растворе. Если в таблице для раствора NaCl искомая плотность отсутствует, но указаны близкие ей величины (меньшая и большая), то массовую долю находят определением средней величины по этим двум крайним значениям плотности.

Получают у преподавателя индивидуальное задание: рассчитать объемы исходного раствора и дистиллированной воды, которые необходимы для приготовления раствора с заданной массовой долей.

Дано:	Решение:
$\rho(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г/мл};$	1) Находят массу приготовленного раствора:
$\omega(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}}) = \underline{\hspace{2cm}} \%;$	$m(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) = \rho_{\text{пригот. р-ра}} \cdot V_{\text{пригот. р-ра}} =$
$V(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) = 100 \text{ мл};$	$= \underline{\hspace{2cm}} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г.}$
$\rho(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г/мл};$	
$\omega(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) = \underline{\hspace{2cm}} \%;$	
$V(\text{NaCl}_{\text{исх.}}) = ? \text{ мл};$	

2) Находят массу растворенного в нем NaCl:

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) \cdot \omega(\text{NaCl}_{\text{пригот. р-ра}}) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г.}$$

3) Находят массу исходного раствора NaCl:

$$m(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\omega(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}})} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г.}$$

4) Находят объем исходного раствора NaCl:

$$V(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}}) = \frac{m(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}})}{\rho(\text{NaCl}_{\text{исх. р-ра}})} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мл.}$$

Таким образом, для приготовления заданного раствора нужно отмерить рассчитанный объем (мл) исходного раствора NaCl и довести его объем до 100 мл дистиллированной водой в мерном цилиндре.

Ответ: мл.

В приготовленный раствор погружают ареометр и измеряют его плотность. После измерений ареометр осторожно промывают дистиллированной водой, сушат фильтровальной бумагой и убирают.

Определяют точность выполнения опыта. Рассчитывают расхождение истинной и экспериментальной плотности в процентах и вычисляют абсолютную (D) и относительную (D_0) ошибки эксперимента по уравнениям:

$$D = \rho_{\text{эксп.}} - \rho_{\text{ист.}}; D_0 = \frac{D}{\rho_{\text{ист.}}} \cdot 100 \%$$

где D – абсолютная ошибка;

D_0 – относительная ошибка;

$\rho_{\text{эксп.}}$ и $\rho_{\text{ист.}}$ – экспериментальное и истинное значение определяемой величины соответственно.

Полученные результаты записывают в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет ошибок определения

$\rho_{\text{ист.}}, \text{Г/МЛ}$	$\rho_{\text{эксп.}}, \text{Г/МЛ}$	D	$D_0, \%$

Дата _____

отметка о зачете, подпись преподавателя

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ СРС

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться студентами на:

- подготовку к итоговому занятию;
- подготовку к лабораторным работам, их оформление;
- конспектирование учебной литературы;
- выполнение заданий для самоконтроля знаний (проведения типовых расчетов и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплины);
- выполнение исследовательских и творческих заданий;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций;
- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.).

Основные методы организации самостоятельной работы:

- изучение темы и подготовка устных ответов на вопросы, вынесенные на СРС;
- изучение тем и проблем, не освещаемых на учебных занятиях;
- написание реферата и оформление презентации;
- выполнение учебно-исследовательской работы.

Перечень заданий СРС:

1. Какой объем соляной кислоты с массовой долей HCl 38 % ($\rho_{\text{р-ра}} = 1,19$ г/мл) нужно взять для приготовления 1 л раствора с молярной концентрацией эквивалента 2 моль/л? Определите титр раствора.

Ответ: 161,4 мл; $7,3 \cdot 10^{-2}$ г/мл

2. Какой объем раствора серной кислоты с массовой долей H_2SO_4 30 % ($\rho_{\text{р-ра}} = 1,219$ г/мл) можно приготовить из 12 кг раствора серной кислоты с массовой долей H_2SO_4 60 % (решить по правилу «креста»)?

Ответ: 19,7 л

3. Водный раствор содержит 577 г серной кислоты (H_2SO_4) в 1 л. Плотность раствора 1,335 г/мл. Вычислите массовую долю (%) H_2SO_4 в растворе, а также молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, моляльность и мольные доли H_2SO_4 и H_2O .

Ответ: 43,2 %; 5,89 моль/л; 11,78 моль/л; 7,77 моль/кг; 0,123 %; 0,877 %.

4. Вычислите молярную массу эквивалента двухосновной кислоты в растворе с молярной концентрацией эквивалента 12,5 моль/л, если массовая доля этой кислоты 37 %, а $\rho_{\text{р-ра}} = 1,664$ г/мл. Какая это кислота? Чему равны молярная концентрация, моляльность и титр раствора этой кислоты?

Ответ: 49,25 г/моль; 6,25 моль/л; 5,99 моль/кг; 0,6125 г/мл.

Контроль СРС осуществляется в виде:

- оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада или презентации;
- индивидуальной беседы.

Контроль усвоения темы:

- проводится в форме письменной самостоятельной работы студентов/

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов / Н.С. Ахметов. – М. : Лань, 2021. – 744 с.
2. Болтromeюк, В.В. Общая химия : пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 "Лечеб. дело", 1-79 01 02 "Педиатрия", 1-79 01 04 "Мед.-диагност. дело", 1-79 01 05 "Мед.-психол. дело", 1-79 01 06 "Сестр. дело" / В. В. Болтromeюк ; УО "ГрГМУ", Каф. общей и биоорганической химии. - Гродно : ГрГМУ, 2020. - 574 с. : ил., фот., табл. - Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию.
3. Бутылина, И.Б. Химия. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / И.Б. Бутылина, А.А. Нехайчик. – Минск : БГАТУ, 2021. – 152 с.
4. Глинка, Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка. – М : Интеграл-Пресс, 2003. – 728 с.
5. Ермишина, Е.Ю. Общая химия с элементами коллоидной химии / Е.Ю. Ермишина, Н.А. Белоконова. – Учебное пособие. – Екатеринбург: УГМУ, 2021. – 338 с.
6. Карапетьянц, М.Х. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов / М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин. – М. : Ленанд, 2018. – 600 с.
7. Литвинова, Т.Н. Задачи по общей химии с медико-биологической направленностью / Т.Н. Литвинова. – 3 е изд., испр. – Краснодар, 2011. – 224 с.
8. Некрасов, Б.В. Основы общей химии: в 2 т. / Б.В. Некрасов. – 3 е изд., испр. и доп. – Л. : Химия, 1973. – Т. 1. – 656 с.
9. Общая и бионеорганическая химия : пособие / В.П. Хейдоров [и др.] ; под ред. В.П. Хейдорова. – Витебск : [ВГМУ], 2023. – 524, [1] с. – Режим доступа: https://www.elib.vsmu.by/bitstream/123/24676/1/Obshchaia_i_bioneorganicheskaia_khimia_Khejdorov-VP_2023.pdf. – Дата доступа: 17.06.2023.
10. Общая химия: методические указания к выполнению контрольных заданий / В.В. Васильев [и др.]. – Иваново : ИВГПУ, 2014. – 56 с.
11. Олиференко, Г.Л. Лабораторные работы по общей химии: учеб.-методич. Пособие / Г.Л. Олиференко, А.Н. Иванкин. – М. : ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. – 24 с.
12. Рогатых, С.В. Техника лабораторных работ и способы выражения концентрации растворов : учебное пособие / С. В. Рогатых, Т. П. Головина. – Чебоксары : ИД «Среда», 2021. – 84 с.
13. Слышенков, В.С. Растворы : пособие / В.С. Слышенков, Г.А. Бурдь, Г.Е. Минюк.– Гродно : ГрГУ, 2010. – 147 с
14. Ткачев, С.В. Общая химия : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальностям "Лечеб. дело", "Педиатрия", "Стоматология", "Мед.-профил. дело" / С.В. Ткачев, В.В. Хрусталева. - Минск : Высшэйшая школа, 2020. - 494, [1] с. : ил., табл. - Допущено М-вом образования Респ. Беларусь.

15. Трусков, А.А. Методика решения задач на растворы с применением правила креста / А.А. Трусков // Химия. – 2005. № 4. С. 54–68.
16. Ушакова, О.А. Решение задач на смешивание и разбавление растворов / О.А. Ушакова // Химия. Все для учителя. – 2011. № 4. С. 30–31.