

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

РАСТВОРЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

**Нижекамск
2010**

УДК 544.35
Р 24

Растворы : методические указания к лаб. работе / С.В. Вдовина, М.В. Черкина, У.Ю. Черкина. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2010. - 36 с.

Включают теоретическую часть, в которой даны общие сведения о растворах, вопросы предлабораторного контроля, алгоритмы решения задач и практическую часть, содержащую методику выполнения лабораторного практикума.

Предназначены для студентов всех форм обучения технологических и механических специальностей при выполнении лабораторного практикума.

Подготовлены на кафедре химии Нижнекамского химико-технологического института (филиала) Казанского государственного технологического университета.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) КГТУ.

Рецензенты:

Гиниятуллин Н.Г., кандидат химических наук, доцент;

Ахметова Т.И., кандидат химических наук, доцент.

УДК 544.35

© Вдовина С.В., Черкина М.В.,
Черкина У.Ю., 2010.

© Нижнекамский химико-технологический
институт (филиал) КГТУ, 2010.

Введение

«Химия – это искусство, которое учит, как растворять природные тела». Такое определение науки о веществах и их превращениях встречалось во многих книгах алхимиков. Современный человек с иронией отнесется к этому определению как к очень узкому. Но это выражение подчеркивает, какое большое значение предавалось растворению в процессах химических превращений и какую огромную роль играли растворы в многовековой истории химического производства. Растворы, без которых немислимо получение многих веществ, пристально рассматривались уже тогда, когда химия делала свои первые шаги.

В данных методических указаниях рассмотрены общие понятия о растворах, основные способы выражения концентрации растворов, использование их в химическом анализе, алгоритмы решения задач и задания предлабораторного контроля, предложены методики выполнения опытов лабораторной работы по теме «Растворы».

Изучив тему « Растворы» **студент должен уметь:**

- описывать газовые, жидкие, твердые растворы как гомогенные системы переменного состава, состоящие из нескольких компонентов;
- объяснять явления, сопровождающие растворение (изменение окраски растворов, объема, энергетические эффекты);
- описывать растворимость и ее зависимость от природы растворителя и растворенного вещества;
- рассчитывать содержание растворенного вещества в растворе;
- решать задачи с переходом от одних способов выражения состава раствора к другим;
- готовить растворы заданной концентрации;
- пользоваться весами, посудой;
- измерять плотность растворов;
- пользоваться справочной литературой.

Теоретическая часть

Растворы занимают промежуточное место между химическими соединениями и механическими смесями. Однородность растворов делает их схожими с химическими соединениями, также на химическое взаимодействие между компонентами растворов указывает выделение теплоты при растворении некоторых веществ.

Еще одним доказательством того, что компоненты раствора химически взаимодействуют друг с другом, служит тот факт, что многие вещества выделяются из водных растворов в виде кристаллов, содержащих кристаллизованную воду – *гидратов*; причем на каждую молекулу растворенного вещества приходится определенное число молекул воды. Как правило, гидраты – нестойкие соединения, во многих случаях они разлагаются уже при выпаривании растворов. Но иногда гидраты так прочны, что при выделении растворенного вещества из раствора вода входит в состав его кристаллов. Вещества, в состав которых входят молекулы воды называются *кристаллогидратами*, а содержащаяся в них вода – *кристаллизационной*. Состав кристаллогидратов принято изображать формулами, показывающими, какое количество кристаллизованной воды содержит кристаллогидрат. Например, кристаллогидрат сульфата натрия, содержащий на один моль сульфата натрия десять молей воды выражается формулой $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$.

В нашей жизни получили широкое распространение тривиальные названия веществ. Ниже приведены наиболее часто встречающиеся формулы кристаллогидратов, их тривиальные названия и названия по систематической номенклатуре, рекомендованной ИЮПАК.

Кристаллогидрат	Тривиальное название	Название по систематической номенклатуре
$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Алебастр, жженный гипс	Гидрат сульфата кальция
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Английская соль, горькая соль	Гептагидрат сульфата магния
$4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Алюмогель	Гидрат оксида алюминия
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Бура	Декагидрат тетрабората натрия
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Белый купорос, цинковый купорос	Гептагидрат сульфата цинка
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	Глауберова соль	Декагидрат сульфата натрия
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Железный купорос, зеленый купорос	Гептагидрат сульфата железа (II)
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	Желтая кровяная соль	Тригидрат гексацианоферрата (II) калия
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	Кристаллическая сода	Декагидрат карбоната натрия
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	Медный купорос, синий купорос, синий камень	Пентагидрат сульфата меди (II)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	Норвежская селитра	Тетрагидрат нитрата кальция
$[\text{Sn}(\text{OH})_2\text{Cl}_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Оловянная соль	Гидрат дихлородиакваолова (II)
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Преципитат	Дигидрат гидрофосфата кальция
$\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$	Силикагель	Полигидрат оксида кремния

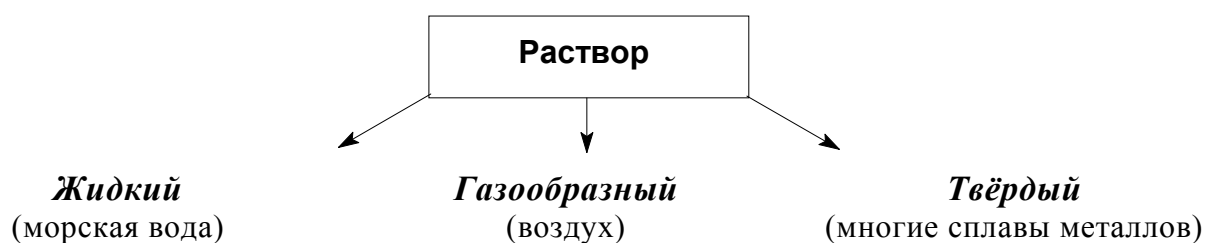
Растворы отличаются от химических соединений тем, что состав взаимодействующих веществ может изменяться в широких пределах. В свойствах раствора можно обнаружить многие свойства компонентов его составляющих, что характерно для механических соединений.

Исходя из всего вышесказанного, можно дать следующее определение раствора.

Раствор - однородная многокомпонентная система, состоящая из растворителя, растворённых веществ и продуктов их взаимодействия, относительные количества которых могут изменяться в широких пределах.

Существует несколько способов классификации растворов.

• *По агрегатному состоянию*



В химической практике наиболее важны растворы, приготовленные на основе жидкого растворителя. Именно жидкие однородные смеси в химии называют просто растворами. Наиболее широко применяемым неорганическим растворителем является вода. Растворы с другими растворителями называются неводными.

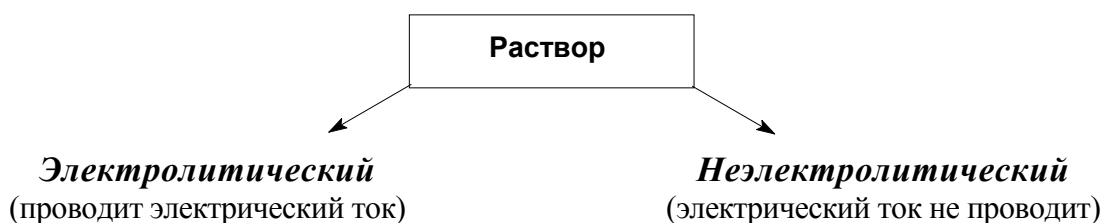
• *По размеру частиц растворенного вещества*



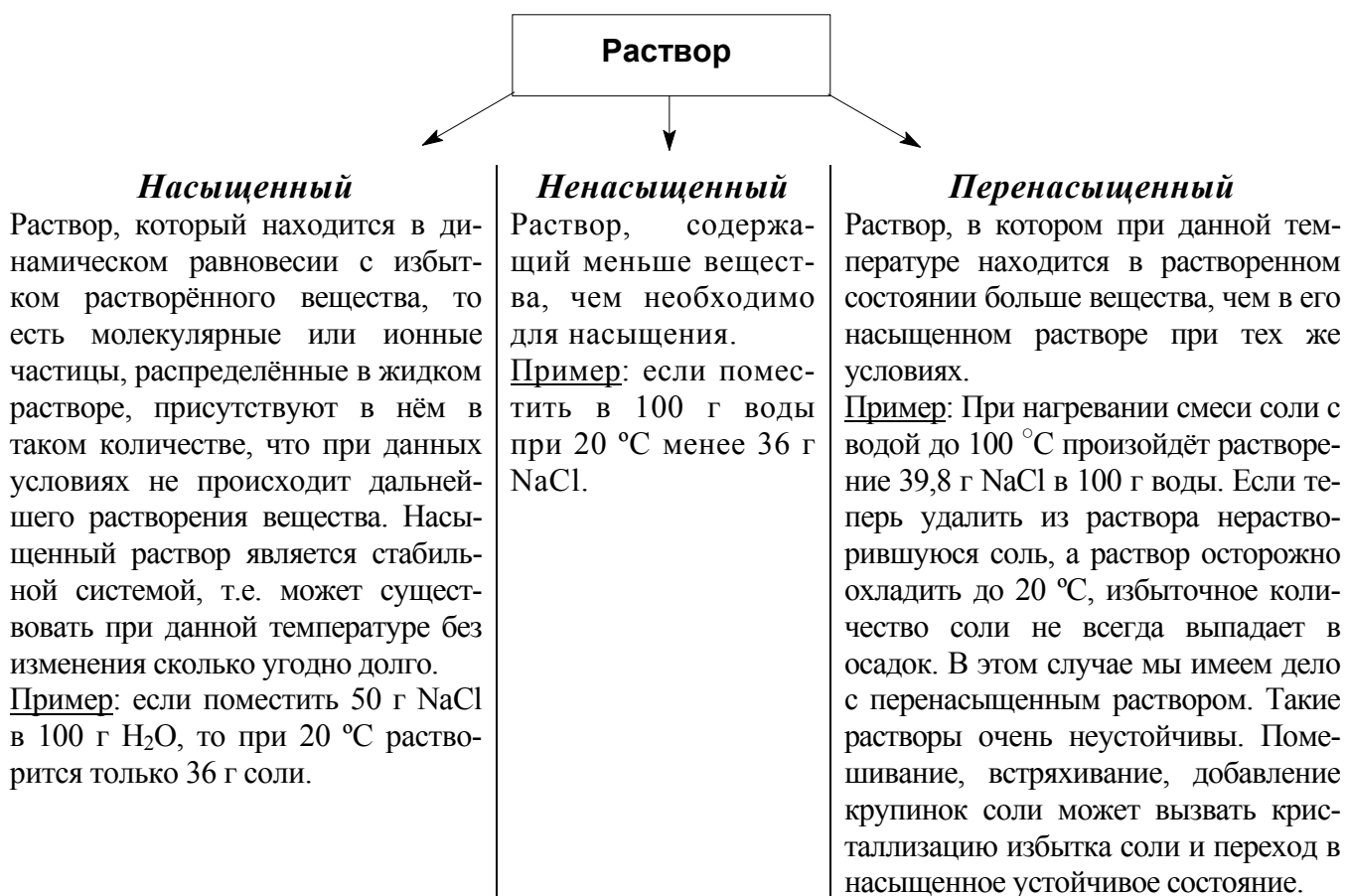
- С точки зрения термодинамики



- Основываясь на величине электрической проводимости



- Возможна классификация раствора по количеству растворенного в нем вещества.



Любой раствор состоит из *растворителя* и *растворенного вещества*. В случае растворов газов или твердых веществ в жидкостях растворителем обычно считается жидкость, а растворенным веществом – растворенный газ или твердое вещество, независимо от их относительного количественного содержания. Когда компоненты обладают ограниченной смешиваемостью, то растворителем является тот, прибавление которого к раствору возможно в неограниченном количестве без нарушения гомогенности.

Если компоненты обладают неограниченной растворимостью, то можно выделить два случая. При значительном различии содержания компонентов растворителем считается вещество, присутствующее в относительно большем количестве. Понятия растворитель и растворенное вещество теряют смысл, когда речь идет о смесях с примерно равными или близкими концентрациями компонентов.

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

Концентрацией раствора называют содержание растворенного вещества в единице объема или массы раствора или растворителя. Растворы, содержащие растворенное вещество в количестве, соизмеримом с количеством растворителя, называют *концентрированными*. Растворы с малой концентрацией растворенного вещества, называют *разбавленными*. Граница между концентрированными и разбавленными растворами условна.

В химии используют более десятка способов выражения концентрации. Ниже в таблице 1 приведены наиболее часто употребляемые на практике способы выражения содержания растворенного вещества в растворе.

Таблица 1 - Способы выражения состава раствора

Название	Обозначение	Математическое выражение
Массовая доля растворенного вещества В – отношение массы растворенного вещества m_B к массе раствора $m_{p-ра}$	ω_B	$\omega = \frac{m_B}{m_{p-ра}} \quad \text{или}$ $\omega = \frac{m_B}{m_{p-ра}} \cdot 100 \%$
Молярная доля растворенного вещества В – отношение количества этого вещества n_B к суммарному количеству всех веществ $\sum n_{B_i}$, входящих в состав раствора, включая растворитель n_S	χ_B	$\chi_B = \frac{n_B}{\sum n_{B_i} + n_S}$
Молярная концентрация (молярность) – отношение количества растворенного вещества В [$n_B = m_B/M_B$] к объему раствора $V_{p-ра}$	c_B	$c_B = \frac{n_B}{V_{p-ра}} = \frac{m_B}{M_B \cdot V_{p-ра}}$
Молярная концентрация эквивалента (нормальность) – отношение эквивалентного количества вещества В [$n_{(1/Z B)} = m_B/M_{(1/Z B)}$] к объему раствора $V_{p-ра}$	$c_{Эк (1/Z B)}$	$c_{Эк (1/Z B)} = \frac{n_{Эк (1/Z B)}}{V_{p-ра}} = \frac{m_B}{M_{Эк (1/Z B)} \cdot V_{p-ра}}$
Моляльная концентрация (моляльность) – отношение количества растворенного вещества В [$n_B = m_B/M_B$] к массе растворителя m_S	$c_m (B)$	$c_m (B) = \frac{n_B}{m_S} = \frac{m_B}{M_B \cdot m_S}$
Титр (массовая концентрация) раствора вещества В – это концентрация стандартного раствора, равная массе вещества В (m_B), содержащегося в 1 см ³ (мл)	T_B	$T_B = \frac{m_B}{V_{p-ра}}$

Пояснение	Размерность	Пример
$m_{p-ра} = \rho \cdot V_{p-ра}$ <p>где ρ – плотность раствора, $V_{p-ра}$ – объем раствора</p>	<p>безразмерная величина (%)</p>	<p>В 100 г воды растворено 82 г NaCl. Массовая доля хлорида натрия в растворе: $\omega = 82 \text{ г} / (100 \text{ г} + 82 \text{ г}) = 0,45$ или 45 %</p>
$\sum n_{B_i} = n_{B_1} + n_{B_2} + \dots$	<p>безразмерная величина (%)</p>	
<p>где M_B – молярная масса вещества B</p>	<p>моль/дм³ моль/л</p>	<p>Молярная концентрация KOH в водном растворе, равная 1 моль/дм³, означает, что в 1 дм³ такого раствора содержится 1 моль KOH</p>
<p>где $M_{(1/z B)}$ – молярная масса эквивалента вещества B (см. стр. 10)</p>	<p>моль/дм³ моль/л</p>	<p>Молярная концентрация эквивалента KOH в водном растворе, равная 1 моль/дм³, означает, что в 1 дм³ раствора содержится 1 моль эквивалент- ного количества KOH</p>
	<p>моль/кг</p>	<p>Молярная концентрация KOH в водном растворе, равная 1 моль/кг, означает, что в 1 кг воды растворен 1 моль KOH</p>
	<p>г/см³ г/мл</p>	

Общая формула для вычисления молярной массы эквивалента вещества **B**

$$M_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B}) = \frac{M_{\text{B}}}{Z}$$

где $1/Z$ – фактор эквивалентности, Z – эквивалентное число вещества **B**

1) для кислоты: Z – основность кислоты

Пример:

$$M_{\text{Эк}}(1/2 \text{ H}_2\text{SO}_4) = \frac{2 \cdot M_{\text{H}} + M_{\text{S}} + 4 \cdot M_{\text{O}}}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/моль}$$

2) для основания: Z – кислотность основания

Пример:

$$M_{\text{Эк}}(1/1 \text{ NaOH}) = \frac{M_{\text{Na}} + M_{\text{O}} + M_{\text{H}}}{1} = \frac{40}{1} = 40 \text{ г/моль}$$

3) для соли: $Z = \text{Число атомов металла} \cdot \text{Валентность металла}$

Пример:

$$M_{\text{Эк}}(1/3 \text{ FeCl}_3) = \frac{M_{\text{Fe}} + 3 \cdot M_{\text{Cl}}}{1 \cdot 3} = \frac{162}{3} = 54 \text{ г/моль}$$

Таблица 2 - Соотношение между различными способами выражения состава растворов

	ω_{B}	C_{B}	$C_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B})$	T_{B}
Массовая доля ω_{B}		$\frac{1000 \cdot \rho}{M_{\text{B}}} \cdot \omega_{\text{B}}$	$\frac{1000 \cdot \rho \cdot Z}{M_{\text{B}}} \cdot \omega_{\text{B}}$	$\omega_{\text{B}} \cdot \rho$
Молярная концентрация C_{B}	$\frac{M_{\text{B}} \cdot C_{\text{B}}}{1000 \cdot \rho}$		$Z \cdot C_{\text{B}}$	$\frac{M_{\text{B}} \cdot C_{\text{B}}}{1000}$
Молярная концентрация эквивалента $C_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B})$	$\frac{M_{\text{B}} \cdot C_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B})}{1000 \cdot Z \cdot \rho}$	$\frac{C_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B})}{Z}$		$\frac{M_{\text{B}} \cdot C_{\text{Эк}}(1/Z \text{ B})}{1000 \cdot Z}$
Титр T_{B}	$\frac{T_{\text{B}}}{\rho}$	$\frac{1000 \cdot T_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$	$\frac{1000 \cdot Z \cdot T_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$	

Задачи предлабораторного контроля

Вариант 1

1. Сколько граммов воды и буры ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) необходимо взять для приготовления 1 кг раствора $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ с массовой долей 10,00 % (в расчете на безводную соль)?
2. Определите массовую долю AgNO_3 в растворе, полученном при смешивании 150 г раствора с массовой долей соли 20,00 % и 250 г раствора с массовой долей соли 40,00 %.
3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей, равной 0,602 (плотность раствора найдите в приложении).
4. Определите титр раствора KOH , если в $0,2 \text{ дм}^3$ этого раствора содержится 0,1 моль гидроксида калия.
5. Для осаждения в виде AgCl всего серебра, содержащегося в 500 см^3 раствора AgNO_3 , потребовалось 50 см^3 раствора соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента $0,2 \text{ моль/дм}^3$. Какова молярная концентрация эквивалента раствора AgNO_3 ? Какая масса AgCl выпала в осадок?

Вариант 2

1. В 157 г воды растворено 25 г медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Определите массовую долю сульфата меди в полученном растворе (в расчете на безводную соль).
2. Определите объем раствора серной кислоты с массовой долей 50,00 %, который нужно прибавить к 150 г воды для получения раствора серной кислоты с массовой долей 20,00 %.
3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей, равной 0,420 (плотность раствора найдите в приложении).
4. Упарили 2 дм^3 раствора сульфата железа (III) (плотность $1050,0 \text{ г/дм}^3$) до объема $1,26 \text{ дм}^3$. Определите титр конечного раствора.
5. Определите количество оксида натрия, который нужно растворить в 676 г раствора, содержащего 160 г едкого натра, чтобы получился раствор едкого натра с массовой долей 40 %.

Вариант 3

1. В каком количестве воды нужно растворить 32,20 г глауберовой соли ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), чтобы получить раствор сульфата натрия с массовой долей 7,10 % (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?
2. Какую массу воды нужно прибавить к 200 см^3 раствора соляной кислоты с массовой долей 32,00 % (плотность $1,16 \text{ г/см}^3$) для получения раствора указанной кислоты с массовой долей 16,00 %?

3. Рассчитайте молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 18,30 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Определите молярную концентрацию вещества в растворе, если в 100 г этого раствора содержится 5,3 г карбоната натрия (растворитель – вода).

5. Какая масса азотной кислоты содержалась в растворе, если на ее нейтрализацию потребовалось 35 см³ раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,4 моль/дм³? Каков титр раствора NaOH?

Вариант 4

1. Какую массу медного купороса (CuSO₄ · 5H₂O) нужно взять для приготовления 1 дм³ раствора сульфата меди с массовой долей 8,00 % (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Определите массу хлорида аммония и объем воды, необходимые для приготовления 200 г раствора с массовой долей соли 5,00 %.

3. Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и молярную концентрацию раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 12,80 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Прокипятили 3 дм³ раствора серной кислоты с массовой долей 10 % (плотность 1070,0 г/дм³) и получили 1,26 дм³ раствора (плотность 1160,0 г/дм³). Определите массовую долю и титр серной кислоты в конечном растворе.

5. Для осаждения в виде сульфата бария всего бария, содержащегося в 200 см³ раствора нитрата бария, потребовалось 100 см³ раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента 0,1 моль/дм³. Какова молярная концентрация эквивалента раствора нитрата бария? Какая масса сульфата бария выпала в осадок?

Вариант 5

1. Сколько граммов соды (Na₂CO₃ · 10H₂O) нужно взять для приготовления 200 г раствора с массовой долей карбоната натрия 0,06 (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. К какому объему воды нужно прибавить 100 см³ раствора азотной кислоты с массовой долей 30,00 % (плотность 1,18 г/см³) для получения раствора указанной кислоты с массовой долей 10,00 %?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и молярную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей 42,00 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Определите титр раствора NaOH, если в 0,4 дм³ этого раствора содержится 0,2 моль гидроксида натрия.

5. Какой объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,01 моль/дм³ потребуется для полного растворения 20 г цинка?

Вариант 6

1. Вычислите массу щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), необходимую для приготовления 350 г раствора кислоты с массовой долей 0,02 (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль).

2. Какую массу воды нужно прибавить к 100 см^3 раствора соляной кислоты с массовой долей 28,00 % (плотность $1,27 \text{ г/см}^3$) для получения раствора указанной кислоты с массовой долей 18,00 %?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора фосфорной кислоты с массовой долей, равной 0,20 (плотность раствора найдите в приложении).

4. Упарили $0,2 \text{ дм}^3$ раствора хлорида бария (плотность $1015,9 \text{ г/дм}^3$) до объема $0,02 \text{ дм}^3$. Определите титр конечного раствора.

5. Какой объем раствора соляной кислоты с молярной концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$ потребуется для полного растворения 2 г кальция?

Вариант 7

1. В 250 г воды растворено 50 г кристаллогидрата силиката натрия ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Вычислите массовую долю силиката натрия в растворе (в расчете на безводную соль).

2. Какую массу воды нужно прибавить к 100 см^3 раствора серной кислоты с массовой долей 80,00 % (плотность $1,73 \text{ г/см}^3$) для получения раствора указанной кислоты с массовой долей 10,00 %?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора фосфорной кислоты с массовой долей, равной 0,35 (плотность раствора найдите в приложении).

4. Упарили вдвое (по объему) 4 дм^3 раствора поваренной соли с массовой долей 10 % (плотность $1070,0 \text{ г/дм}^3$). Определите титр соли в полученном растворе.

5. Какой объем раствора соляной кислоты с молярной концентрацией $0,5 \text{ моль/дм}^3$ потребуется для полного растворения 15 г магния?

Вариант 8

1. В 100 г воды растворено 10 г кристаллогидрата хлорида никеля ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Вычислите массовую долю хлорида никеля в растворе (в расчете на безводную соль).

2. К 500 см^3 раствора азотной кислоты с массовой долей HNO_3 30,00 % (плотность $1,18 \text{ г/см}^3$) прилили 1000 см^3 воды. Рассчитайте массовую долю кислоты в полученном растворе.

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора фосфорной кислоты с массовой долей, равной 0,55 (плотность раствора найдите в приложении).

4. Смешали 150 г раствора гидросульфата натрия с массовой долей 8,00 % (плотность 1,060 г/см³) и 0,15 дм³ раствора этой же соли, с концентрацией равной 1,93 моль/дм³. Вычислите титр полученного раствора.

5. Сколько и какого вещества останется в избытке, если к 75 см³ раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента 0,3 моль/дм³ прибавить 125 см³ раствора едкого калия с молярной концентрацией эквивалента 0,2 моль/дм³?

Вариант 9

1. Вычислите массу кристаллогидрата сульфата железа (FeSO₄ · 7H₂O), необходимую для приготовления 400 г раствора сульфата железа (II) с массовой долей равной 0,16 (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль).

2. Определите, какой объем воды необходимо прилить к 1 дм³ раствора серной кислоты с массовой долей H₂SO₄ 35,01 % (плотность 1,26 г/см³) для получения раствора указанной кислоты с массовой долей 12,00 %.

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей 9,10 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Определите титр раствора Ba(OH)₂, если в 0,4 дм³ этого раствора содержится 0,2 моль гидроксида бария.

5. На нейтрализацию гидроксида натрия, находящегося в растворе объемом 100 см³, израсходовано 50 см³ раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,1 моль/дм³. Рассчитайте массу гидроксида натрия в исходном растворе, молярную концентрацию раствора.

Вариант 10

1. Какую массу кристаллогидрата хлорида бария (BaCl₂ · 6H₂O) нужно взять для приготовления 200 см³ раствора хлорида бария с массовой долей 12,00 % (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Из 700 г раствора серной кислоты с массовой долей 60,00 %, выпариванием удалили 200 г воды. Определите массовую долю кислоты в оставшемся растворе.

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей 27,70 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Смешали 300 см³ и 200 см³ растворов азотной кислоты с молярными концентрациями, соответственно, 10 моль/дм³ и 1 моль/дм³. Определите титр конечного раствора.

5. Какую массу натрия надо добавить к 750 см³ воды, чтобы получить раствор щелочи с массовой долей 40 %?

Вариант 11

1. Какую массу кристаллогидрата тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) нужно взять для приготовления 40 см^3 раствора тиосульфата натрия с массовой долей 16,00 % (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Из 10 кг раствора с массовой долей соли 20,00 % при охлаждении выделилось 400 г соли. Чему равна массовая доля соли в охлажденном растворе?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей 58,30 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Смешали $0,3 \text{ дм}^3$ и $0,1 \text{ дм}^3$ растворов уксусной кислоты с молярными концентрациями, соответственно, 1 моль/ дм^3 и 3 моль/ дм^3 . Определите титр конечного раствора.

5. Какой объем раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 0,5 моль/ дм^3 потребуется для полного растворения 1,35 г алюминия?

Вариант 12

1. Какую массу кристаллогидрата нитрата серебра ($\text{AgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) нужно взять для приготовления 500 см^3 раствора нитрата серебра с массовой долей 0,02 (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Какой объем раствора сульфата натрия с массовой долей 10 % (плотность $1,105 \text{ г/см}^3$) требуется для приготовления 5 дм^3 раствора указанной соли с массовой долей 2,00 % (плотность $1,02 \text{ г/см}^3$)?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей 72,50 % (плотность раствора найдите в приложении).

4. Упарили $0,4 \text{ дм}^3$ раствора хромата калия (плотность $1100,0 \text{ г/дм}^3$) до объема $0,16 \text{ дм}^3$. Определите титр конечного раствора.

5. Какой объем раствора серной кислоты с массовой доли 15 % (плотность $1,100 \text{ г/см}^3$) потребуется для полного растворения 13,5 г алюминия?

Вариант 13

1. Какую массу английской соли ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) нужно взять для приготовления 250 см^3 раствора сульфата магния с массовой долей 0,08 (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Смешали 300 г раствора нитрата бария с массовой долей 20,00 % и 500 г раствора этой же соли с массовой долей 40 %. Чему равна массовая доля соли в полученном растворе?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора фосфорной кислоты с массовой долей, равной 0,12 (плотность раствора найдите в приложении).

4. Смешали $0,3 \text{ дм}^3$ и $0,1 \text{ дм}^3$ растворов гидроксида калия с молярными концентрациями, соответственно, 1 моль/дм^3 и 3 моль/дм^3 . Определите титр конечного раствора.

5. Какой объем раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента $0,2 \text{ моль/дм}^3$ потребуется для осаждения в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ всего железа, содержащегося в 100 см^3 раствора хлорида железа (III) с молярной концентрацией эквивалента $0,5 \text{ моль/дм}^3$?

Вариант 14

1. Определите количество медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) и раствора сульфата меди с массовой долей соли $8,00 \%$, необходимые для приготовления 560 г раствора сульфата меди с массовой долей $16,00 \%$ (концентрации растворов указаны в расчете на безводную соль).

2. Какой объем раствора соляной кислоты с массовой долей $20,40 \%$ (плотность $1,100 \text{ г/см}^3$) требуется для приготовления 1 дм^3 раствора этой кислоты с массовой долей $10,50 \%$ (плотность $1,050 \text{ г/см}^3$)?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей $39,70 \%$ (плотность раствора найдите в приложении).

4. Определите титр раствора $\text{Sr}(\text{OH})_2$, если в $0,5 \text{ дм}^3$ этого раствора содержится 1 моль гидроксида стронция.

5. Какой объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента $0,1 \text{ моль/дм}^3$ потребуется для полного растворения $5,4 \text{ г}$ алюминия?

Вариант 15

1. Какую массу медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) нужно взять для приготовления 500 см^3 раствора сульфата меди с массовой долей $14,00 \%$ (концентрация раствора указана в расчете на безводную соль)?

2. Из 200 г раствора соли с массовой долей $25,00 \%$ при охлаждении выделилось 40 г соли. Чему равна массовая доля соли в охлажденном растворе?

3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора серной кислоты с массовой долей $17,40 \%$ (плотность раствора найдите в приложении).

4. Смешали $0,5 \text{ дм}^3$ и 1 дм^3 растворов гидроксида натрия с молярными концентрациями, соответственно, 1 моль/дм^3 и 4 моль/дм^3 . Определите титр конечного раствора.

5. Какую массу калия надо добавить к 500 см^3 воды, чтобы получить раствор щелочи с молярной концентрацией $0,2 \text{ моль/дм}^3$?

Алгоритмы решения задач

Задача 1. Сколько граммов воды и кристаллогидрата сульфата натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ необходимо взять, чтобы получить раствор массой 71 г, с массовой долей сульфата натрия 20 %?

Дано:

$$\omega_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 20 \%$$

$$m_{\text{р-ра}} = 71 \text{ г}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} - ?$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} - ?$$

Следовательно,

Решение:

1. Вычислим массу Na_2SO_4 , необходимую для приготовления 71 г раствора с массовой долей соли 20,00 %, воспользовавшись формулой:

$$\omega_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{100 \%} = \frac{71 \text{ г} \cdot 20 \%}{100 \%} = 14,2 \text{ г}$$

2. Поскольку данный раствор готовят из кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, то необходимо вычислить его массу, используя следующую пропорцию:

$$\frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}}{x \text{ г}} - \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{14,2 \text{ г}}$$

$$\frac{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}}{322 \text{ г/моль}} - \frac{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{142 \text{ г/моль}}$$

где $M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot M_{\text{Na}} + M_{\text{S}} + 4 \cdot M_{\text{O}} = 2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16 = 142 \text{ г/моль}$

$$M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} = M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} + 10 \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = 142 + 10 \cdot 18 = 322 \text{ г/моль}$$

Тогда,

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} \cdot M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} = \frac{14,2 \text{ г} \cdot 322 \text{ г/моль}}{142 \text{ г/моль}} = 32,2 \text{ г}$$

3. Вычислим массу воды:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} = 71 \text{ г} - 32,2 \text{ г} = 38,8 \text{ г}$$

Ответ: $m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}} = 32,2 \text{ г}$, $m_{\text{H}_2\text{O}} = 38,8 \text{ г}$.

Задача 2. Определить массу раствора соли с массовой долей 20,00 %, которую нужно прибавить к 150 г воды для получения раствора соли с массовой долей 15,00 %.

Дано:

$$\omega_1 \text{ соли} = 20 \%$$

$$\omega_2 \text{ соли} = 15 \%$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 150 \text{ г}$$

$$m_1 \text{ р-ра} - ?$$

Решение (I Вариант):

1. Для приготовления раствора с массовой долей соли 15 % из формулы:

$$\omega_2 \text{ соли} = \frac{m_{\text{соли}}}{m_2 \text{ р-ра}} \cdot 100 \%$$

выразим массу соли, поскольку она не изменяется при переходе

от одного раствора к другому

$$m_{\text{соли}} = \frac{m_2 \text{ р-ра} \cdot \omega_2 \text{ соли}}{100 \%}$$

2. Подставим полученное выражение в формулу массовой доли исходного раствора (с массовой долей 20,00 %)

$$\omega_1 \text{ соли} = \frac{m_{\text{соли}}}{m_1 \text{ р-ра}} \cdot 100 \%$$

Тогда

$$\omega_1 \text{ соли} = \frac{m_2 \text{ р-ра} \cdot \omega_2 \text{ соли}}{m_1 \text{ р-ра} \cdot 100 \%} \cdot 100 \% = \frac{m_2 \text{ р-ра} \cdot \omega_2 \text{ соли}}{m_1 \text{ р-ра}}$$

Известно, что второй раствор получили из первого разбавлением водой, т. е.:

$$m_2 \text{ р-ра} = m_1 \text{ р-ра} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

Следовательно,

$$\omega_1 \text{ соли} = \frac{(m_1 \text{ р-ра} + m_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot \omega_2 \text{ соли}}{m_1 \text{ р-ра}}$$

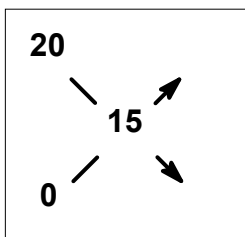
3. Из полученной формулы выразим и рассчитаем $m_1 \text{ р-ра}$

$$m_1 \text{ р-ра} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \omega_2 \text{ соли}}{\omega_1 \text{ соли} - \omega_2 \text{ соли}} = \frac{150 \text{ г} \cdot 15 \%}{20 \% - 15 \%} = 450 \text{ г}$$

Ответ $m_1 \text{ р-ра} = 450 \text{ г}$.

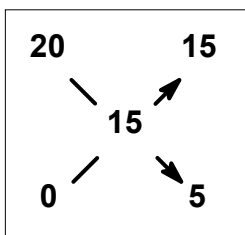
Для решения задач на смешение растворов, содержащих различные массовые доли одного и того же вещества очень удобно также использовать «метод креста».

Решение (II Вариант, «метод креста»):



1. Необходимо схематично изобразить квадрат. В верхнем левом углу квадрата записываем наибольшую массовую долю соли в растворе (20 %), в левом нижнем наименьшую (эту массовую долю обычно принимают за 0 %). В центр квадрата помещаем вторую известную концентрацию (15 %).

2. Заполнение правой части квадрата идет по диагоналям от уже известных концентраций. Из 20 вычитаем 15, получаем цифру 5, ее записываем в правом нижнем углу. Теперь из 15 вычитаем 0, получаем значение 15, которое помещаем в



правую верхнюю часть квадрата.

3. Полученные числа в правой части квадрата показывают, в каком массовом отношении необходимо смешать исходный раствор соли с массовой долей 20 % и воду. Поэтому записываем следующее соотношение:

$$\frac{m_{1 \text{ р-ра}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{15}{5} = \frac{3}{1}$$

где $m_{\text{H}_2\text{O}} = 150 \text{ г}$ по условию задачи

Следовательно,

$$m_{1 \text{ р-ра}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 3}{1} = \frac{150 \text{ г} \cdot 3}{1} = 450 \text{ г}$$

Ответ $m_{1 \text{ р-ра}} = 450 \text{ г}$.

Задача 3. Вычислите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и моляльную концентрацию раствора фосфорной кислоты с массовой долей 6 % (значение плотности раствора найдите в приложении).

Дано:

$$\omega_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 6\%$$

$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} - ?$

$c_{\text{Эк}} (1/3 \text{ H}_3\text{PO}_4) - ?$

$c_{\text{м}} (\text{H}_3\text{PO}_4) - ?$

Решение:

1. Молярную концентрацию определяем по формуле*:

$$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{M_{\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot V_{\text{р-ра}}}, \quad \text{МОЛЬ/ДМ}^3$$

Согласно условию задачи в 100 г раствора содержится 6 г H_3PO_4 . Тогда 6 г H_3PO_4 содержится в объеме раствора:

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho} = \frac{100 \text{ г}}{1,031 \text{ г/см}^3} = 97 \text{ см}^3 = 97 \cdot 10^{-3} \text{ ДМ}^3$$

Значение плотности фосфорной кислоты $\rho_{(\text{H}_3\text{PO}_4)}$ нашли по таблице приложения.

Следовательно,

$$c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{6 \text{ г}}{98 \text{ г/МОЛЬ} \cdot 97 \cdot 10^{-3} \text{ ДМ}^3} = 0,63 \text{ МОЛЬ/ДМ}^3$$

где $M_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 3 \cdot M_{\text{H}} + M_{\text{P}} + 4 \cdot M_{\text{O}} = 3 \cdot 1 + 31 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ г/МОЛЬ}$

2. Молярную концентрацию эквивалента растворенного вещества определяем по формуле:

$$c_{\text{Эк}} (1/3 \text{ H}_3\text{PO}_4) = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{M_{\text{Эк}} (1/3 \text{ H}_3\text{PO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}}}, \quad \text{МОЛЬ/ДМ}^3$$

$$M_{\text{Эк}} (1/3 \text{ H}_3\text{PO}_4) = \frac{M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{3} = \frac{98 \text{ г/МОЛЬ}}{3} = 32,67 \text{ г/МОЛЬ}$$

Тогда,

* Можно воспользоваться формулой перевода (см. табл. 2)

$$C_{\text{эк}} (1/Z \text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{6 \text{ г}}{32,67 \text{ г/моль} \cdot 97 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3} = 1,89 \text{ моль/дм}^3$$

3. Молярную концентрацию H_3PO_4 определяем по формуле:

$$C_m (\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{M_{\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}}, \quad \text{моль/кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 100 \text{ г} - 6 \text{ г} = 94 \text{ г} = 94 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

Тогда,

$$C_m (\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{6 \text{ г}}{98 \text{ г/моль} \cdot 94 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} = 0,65 \text{ моль/кг}$$

Ответ: $c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0,63 \text{ моль/дм}^3$, $C_{\text{эк}} (1/Z \text{H}_3\text{PO}_4) = 1,89 \text{ моль/дм}^3$, $C_m (\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,65 \text{ моль/кг}$.

Задача 4. Определите титр раствора H_2SO_4 , если в $0,1 \text{ дм}^3$ этого раствора содержится $0,2 \text{ моль}$ серной кислоты.

Дано:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_{\text{р-ра}} = 0,1 \text{ дм}^3 = 100 \text{ см}^3$$

$T_{\text{H}_2\text{SO}_4} - ?$

Согласно условию задачи:

Решение:

Титр H_2SO_4 определяем по формуле:

$$T_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{р-ра}}}, \quad \text{г/см}^3$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \quad ?$$

откуда $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,2 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 19,6 \text{ г}$,

где $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot M_{\text{H}} + M_{\text{S}} + 4 \cdot M_{\text{O}} = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ г/моль}$

Следовательно,

$$T_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{19,6 \text{ г}}{100 \text{ см}^3} = 0,196 \text{ г/см}^3$$

Ответ: $T_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,196 \text{ г/см}^3$.

Задача 5. Какой объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией 2 моль/дм^3 потребуется для полного растворения 9 г бериллия?

Дано:

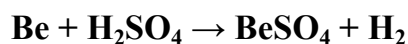
$$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \text{ моль/дм}^3$$

$$m_{\text{Be}} = 9 \text{ г}$$

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} - ?$

Решение:

1. Запишем уравнение реакции взаимодействия бериллия с серной кислотой:



2. Определим количество бериллия, вступающего в реакцию:

$$n_{\text{Be}} = \frac{m_{\text{Be}}}{M_{\text{Be}}} = \frac{9 \text{ г}}{9 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}$$

3. Из уравнения реакции следует, что бериллий и серная кислота взаимодействуют в соотношении 1 : 1, тогда:

$$n_{\text{Be}} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1 \text{ моль},$$

4. Согласно условию задачи:

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{р-ра}}}, \quad \text{моль/дм}^3$$

Следовательно,

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{c_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1 \text{ моль}}{2 \text{ моль/дм}^3} = 0,5 \text{ дм}^3$$

Ответ: $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,5 \text{ дм}^3$.

Задача 6. На нейтрализацию раствора гидроксида бария, объемом 50 см^3 израсходовано 20 см^3 раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента $0,5 \text{ моль/дм}^3$. Какова молярная концентрация раствора гидроксида бария? Какая масса сульфата бария выпала в осадок?

Дано:

$$V_{\text{Ba(OH)}_2} = 50 \text{ см}^3 = 0,05 \text{ дм}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 20 \text{ см}^3 = 0,02 \text{ дм}^3$$

$$c_{\text{эк}} (1/Z \text{ H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль/дм}^3$$

$$c_{\text{Ba(OH)}_2} - ?$$

$$m_{\text{BaSO}_4} - ?$$

Решение:

1. Выразим молярную концентрацию гидроксида бария через молярную концентрацию эквивалента данной щелочи. Для этого воспользуемся формулой перевода (стр. 10):

$$c_{\text{Ba(OH)}_2} = \frac{c_{\text{эк}} (1/Z \text{ Ba(OH)}_2)}{Z}$$

где Z – кислотность основания (или количество OH^- групп), т.е. $Z = 2$.

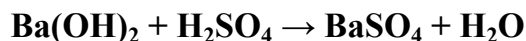
2. Для определения молярной концентрации эквивалента гидроксида бария используем закон эквивалентов.

Формулировка закона эквивалентов: *Вещества взаимодействуют друг с другом в эквивалентных количествах.*

Математическая запись закона эквивалентов в общем виде для реакции: $A + B = AB$

$$c_{\text{эк}} (1/Z A) \cdot V_A = c_{\text{эк}} (1/Z B) \cdot V_B$$

Для реакции взаимодействия гидроксида бария с серной кислотой



закон эквивалентов примет вид:

$$c_{\text{ЭК}} (1/Z \text{Ba(OH)}_2) \cdot V_{\text{Ba(OH)}_2} = c_{\text{ЭК}} (1/Z \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4},$$

откуда

$$c_{\text{ЭК}} (1/Z \text{Ba(OH)}_2) = \frac{c_{\text{ЭК}} (1/Z \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{Ba(OH)}_2}} = \frac{0,5 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,02 \text{ дм}^3}{0,05 \text{ дм}^3} = 0,2 \text{ моль/дм}^3$$

Тогда

$$c_{\text{Ba(OH)}_2} = \frac{0,2 \text{ моль/дм}^3}{2} = 0,1 \text{ моль/дм}^3$$

3. Определим количество молей гидроксида бария вступивших в реакцию:

$$n_{\text{Ba(OH)}_2} = \frac{n_{\text{Ba(OH)}_2}}{V_{\text{Ba(OH)}_2}}$$

где $n_{\text{Ba(OH)}_2}$ – количество щелочи

Следовательно,

$$n_{\text{Ba(OH)}_2} = c_{\text{Ba(OH)}_2} \cdot V_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,1 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,05 \text{ дм}^3 = 0,005 \text{ моль}.$$

4. Из уравнения реакции следует, что из одного моль гидроксида бария образуется 1 моль сульфата бария, т. е.

$$n_{\text{BaSO}_4} = n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,005 \text{ моль}.$$

5. Вычислим массу сульфата бария:

$$m_{\text{BaSO}_4} = n_{\text{BaSO}_4} \cdot M_{\text{BaSO}_4} = 0,005 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 1,165 \text{ г},$$

где $M_{\text{BaSO}_4} = M_{\text{Ba}} + M_{\text{S}} + 4 \cdot M_{\text{O}} = 137 + 32 + 4 \cdot 16 = 233 \text{ г/моль}$

Ответ: $c_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,1 \text{ моль/дм}^3$, $m_{\text{BaSO}_4} = 1,165 \text{ г}$.

Практическая часть

Цель работы:

1. Знать способы выражения концентрации растворов (молярная, молярная концентрация эквивалента, массовая доля).
2. Уметь решать задачи, делать вычисления с использованием понятия «концентрация растворов».
3. Научиться готовить растворы по навеске твердого вещества из более концентрированного раствора по фиксаналу.
4. Научиться работать на весах, определять плотность раствора, определять концентрации растворов по плотности.

Экспериментальная часть

(Способы приготовления растворов)

Опыт 1. Приготовление раствора с заданной массовой долей из навески твердого вещества*

Работу следует выполнять в следующей последовательности:

1. Получить у лаборанта задание для приготовления раствора соли определенной концентрации.
2. Рассчитать необходимые количества твердого вещества и воды.
3. Взвесить с точностью до 0,01 г:
 - а) часовое стекло;
 - б) часовое стекло с навеской соли.
4. Записать в тетрадь полученные результаты и вычислить массу навески соли.
5. Отмерить с помощью мерного цилиндра нужный объем воды.
6. В приготовленную склянку через воронку осторожно перенести навеску соли и обмыть часовое стекло и воронку небольшим количеством дистиллированной воды, отмеренной для растворения.
7. Закрыть пробкой и, встряхивая склянку, перемешивать содержимое до полного растворения соли, постепенно прибавляя отмеренную воду.
8. Получить у лаборанта ареометр и измерить плотность приготовленного раствора. Если при растворении соли произошло заметное разогревание или охлаждение раствора, следует выждать, пока раствор остынет до комнатной температуры, и только тогда производить измерение плотности.
9. Проверить по справочнику правильность приготовленного раствора сравнением найденной плотности с табличным значением.

* Данный способ применяется, главным образом, для приготовления растворов солей.

10. Рассчитать молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора.

11. Приготовленный раствор сдать лаборанту, перелив его в заранее подготовленную склянку с этикеткой.

Определение плотности раствора

Плотностью раствора называется масса единицы его объема при исследуемой температуре. Наиболее быстро плотность раствора определяют с помощью ареометра. Для точных измерений используют набор ареометров, каждый из которых предназначен для узкого интервала измерений плотности.

Для определения плотности раствора следует сухой и чистый цилиндр заполнить на $\frac{3}{4}$ испытуемым раствором и опустить в него ареометр. Сначала надо опустить ареометр, шкала которого имеет наименьшее значение плотности. Если шкала его не погружается в раствор, то ареометр вынуть, промыть водой, просушить фильтровальной бумагой и поставить на место. Заменить его следующим из набора и так до тех пор, пока ареометр не погрузится на такую глубину, что уровень жидкости в цилиндре окажется в пределах шкалы ареометра. Ареометр не должен касаться стенок цилиндра. Показания шкалы ареометра следует определить по нижнему мениску для прозрачной жидкости и по верхнему для непрозрачной жидкости.

Задание к опыту №1: Приготовьте раствор соли объемом V с массовой долей соли ω_B из навески кристаллогидрата (плотность раствора ρ).

№ варианта	Кристаллогидрат	V , см ³	ω_B	ρ , г/дм ³
1	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	100	0,02	1019,0
2	$\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	50	0,02	1016,4
3	$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	100	0,02	1015,3
4	$\text{CrCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	50	0,02	1016,6
5	$\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	50	0,02	1020,0
6	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	50	0,02	1015,4

Опыт 2. Приготовление раствора с заданной массовой долей из более концентрированного раствора*

Выполнение работы следует вести в следующей последовательности:

1. Получить у лаборанта раствор кислоты или аммиака определенной концентрации.
2. Измерить ареометром плотность исходного концентрированного раствора заданного вещества. Для этого осторожно (под тягой) налить концентрированный раствор в

* Способ применяется, главным образом, для приготовления растворов кислот (серной, соляной, азотной) или аммиака.

предназначенный для данного вещества цилиндр. Опустить в него ареометр, следя за тем, чтобы ареометр не касался стенок сосуда.

3. Записать показания ареометра и определить по справочнику концентрацию вещества в исходном растворе.

4. Рассчитать объем раствора, который необходимо приготовить в ходе данного опыта.

5. Рассчитать объем воды, требуемый для приготовления раствора с заданной массовой долей из более концентрированного раствора.

6. Нужный объем воды отмерить мерным цилиндром и перенести в стакан.

7. Отмерить мерным цилиндром объем концентрированного раствора, влить его в воду (в случае серной кислоты выливать тонкой струйкой при помешивании) и тщательно перемешать раствор.

8. Охладить раствор до комнатной температуры, перелить в сухой высокий цилиндр и определить плотность ареометром.

9. Слить полученный раствор в заранее приготовленную склянку с этикеткой, на которой написано название вещества, его концентрация. Сдать раствор лаборанту.

10. По значению плотности полученного раствора найти по справочнику* концентрацию полученного раствора и проверить, таким образом, погрешность выполнения опыта.

11. Вычислить молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора.

Задание к опыту №2: Приготовьте раствор кислоты с массовой долей кислоты ω_2 из раствора этой же кислоты с массовой долей ω_1 (объем исходного раствора V_1).

№ варианта	Кислота	Исходный раствор		Конечный раствор
		$V_1, \text{ см}^3$	ω_1	ω_2
1	HCl	30	0,044	0,024
2	HCl	35	0,064	0,044
3	H ₂ SO ₄	40	0,062	0,032
4	H ₂ SO ₄	35	0,091	0,062
5	HCl	20	0,064	0,024
6	H ₂ SO ₄	30	0,091	0,032

Опыт 3. Приготовление раствора заданной молярной концентрации или молярной концентрации эквивалента из навески твердого вещества**

Работу следует выполнять в следующей последовательности:

1. Получить у лаборанта задание.

2. Рассчитать массу вещества, необходимую для приготовления раствора.

* Значения плотностей растворов приведены в таблице приложения.

** Данный способ применяется главным образом для приготовления растворов солей.

3. Получить у лаборанта мерную колбу нужного объема, часовое стекло и заданное вещество.

4. Взвесить вещество на часовом стекле на технических весах с записью результатов взвешивания до 0,01 г.

5. В горлышко мерной колбы вставить воронку и осторожно, стараясь не рассыпать, перенести взятую навеску на воронку. Часовое стекло ополоснуть небольшим количеством воды и слить ее на воронку. Эту операцию повторить несколько раз, пока на часовом стекле не останется никаких кристаллов.

6. Через воронку в колбу примерно до половины ее объема небольшими порциями налить воду. При этом стараться все кристаллы с воронки смыть в колбу.

7. Закрывать колбу пробкой и встряхнуть несколько раз до полного растворения вещества.

8. Осторожно долить в колбу воды до метки (нижний мениск воды должен касаться метки).

9. Содержимое колбы снова перемешать.

10. Получить у лаборанта ареометр и измерить плотность приготовленного раствора. Если при растворении соли произошло заметное разогревание или охлаждение раствора, следует выждать, пока раствор остынет до комнатной температуры, и только тогда производить измерение плотности.

11. Рассчитать массовую долю соли в полученном растворе.

12. Слить приготовленный раствор в толстостенную склянку, указать вещество и его концентрацию, сдать раствор лаборанту.

Задание к опыту №3: Приготовьте раствор соли объемом V с молярной концентрацией эквивалента соли $c_{ЭК(1/2 В)}$ из навески кристаллогидрата.

№ варианта	Кристаллогидрат	V , см ³	$c_{ЭК(1/2 В)}$, моль/дм ³
1	$NiCl_2 \cdot 6 H_2O$	100	0,1
2	$CoCl_2 \cdot 6 H_2O$	100	0,3
3	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$	50	0,2
4	$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$	50	0,2
5	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$	100	0,2
6	$MnCl_2 \cdot 4 H_2O$	50	0,1

Опыт 4. Приготовление раствора молярной концентрации или молярной концентрации эквивалента из более концентрированного раствора*

Выполнение работы следует вести по следующему плану:

1. Получить у лаборанта раствор кислоты или аммиака определенной молярной концентрации или молярной концентрации эквивалента.

* Способ применяется, главным образом, для приготовления растворов кислот (серной, соляной, азотной) или аммиака в том случае, когда не требуется особой точности или когда концентрация будет в последствии определена более точно методом титрования.

2. Измерить ареометром плотность исходного концентрированного раствора заданного вещества. Для этого осторожно (под тягой) налить концентрированный раствор в предназначенный для данного вещества цилиндр. Опустить в него ареометр, следя за тем, чтобы ареометр не касался стенок сосуда.

3. Записать показания ареометра и найти по справочнику массовую долю вещества в процентах.

4. Рассчитать объем данного концентрированного раствора, необходимого для приготовления заданного количества раствора.

5. Отмерить мерным цилиндром рассчитанный объем концентрированного раствора.

6. Налить в заранее приготовленную мерную колбу нужного объема около половины объема воды и влить в нее (в случае кислоты тонкой струей) через воронку раствор кислоты, отмеренный мерным цилиндром.

7. Смыть водой с воронки вещество, взболтать раствор и охладить его до комнатной температуры.

8. Довести объем раствора в колбе дистиллированной водой до метки, закрыть пробкой и хорошо перемешать.

9. Вылить полученный раствор в сухой высокий цилиндр, определить ареометром плотность и затем вылить в приготовленную склянку, сдать лаборанту.

10. Найти массовую долю кислоты в полученном растворе и сравнить ее со значением из справочника.

Задание к опыту №4: Приготовьте раствор кислоты объемом V с молярной концентрацией эквивалента кислоты $c_{ЭК(1/2 В)}$ из более концентрированного раствора этой же кислоты.

№ варианта	Кислота	V , см ³	$c_{ЭК(1/2 В)}$, МОЛЬ/ДМ ³
1	H ₂ SO ₄	100	0,2
2	HNO ₃	45	0,1
3	HCl	50	0,1
4	HCl	100	0,2
5	H ₂ SO ₄	45	0,3
6	HNO ₃	35	0,4

Опыт 5. Приготовление растворов из фиксаналов

Для приготовления точных растворов различных веществ (кислот, щелочей, солей) удобно применять фиксаналы. Это заранее приготовленные и запаянные в стеклянных ампулах точно отвешенные количества реактивов необходимые для приготовления 1 дм³ раствора с молярной концентрацией эквивалента 0,1 или 0,01 моль/дм³.

Фиксаналы хранят в коробках, содержащих обычно 10 ампул. На каждой ампуле имеется надпись, указывающая, какое вещество или раствор находится в ампуле и количество вещества (0,1 или 0,01 г/моль).

Для приготовления точного раствора вначале теплой водой смывают надпись на ампуле, и хорошо обтирают ее. В мерную колбу вместимостью 1 дм³ вставляют специальную воронку с вложенным в нее стеклянным бойком (обычно прилагается к каждой коробке фиксаналов) острый конец которого должен быть обращен вверх. Если специальной воронки нет, можно пользоваться обычной химической воронкой, вставив в нее стеклянный боек. Когда боек будет правильно уложен в воронке, ампуле с фиксаналом дают свободно падать так, чтобы тонкое дно ампулы разбилось при ударе об острый конец бойка. После этого пробивают углубление ампулы сверху и дают содержимому вытечь. Затем, не изменяя положения ампулы, ее тщательно промывают дистиллированной водой из промывалки. Для промывки рекомендуется употребить не менее чем шестикратное (по вместимости ампулы) количество воды. Промыв ампулу, ее удаляют, а раствор доливают до метки дистиллированной водой, закрывают колбу пробкой и встряхивают.

Кроме жидких фиксаналов, имеются сухие. При приготовлении из них растворов ампулу встряхивают так же, как описано выше. Нужно лишь заботиться о том, чтобы воронка была совершенно сухой. Когда ампула будет разбита, все ее содержимое осторожным встряхиванием высыпают в колбу, ампулу промывают дистиллированной водой.

Фиксаналы рекомендуется применять во всех случаях, когда требуется приготовить точный раствор. Щелочные фиксаналы пригодны только в течение определенного срока. Очень старые (2-3-летней давности) щелочные фиксаналы могут оказаться уже неточными в результате загрязнения продуктами выщелачивания стекла. Остальные препараты, в особенности сухие, могут храниться неопределенно долгий срок.

Внимание!

После завершения лабораторной работы, следует оформить отчет, который должен содержать:

1. Тему лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание опытов и необходимые расчеты.
4. Выводы.

Приложение
Справочный материал

В таблице приведена плотность ρ растворов в зависимости от массовой доли при определенной температуре.

Таблица 3 - Плотность растворов кислот, щелочей и солей

ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$
AgNO₃ (20° C)		BaCl₂ (20° C)		Cd(NO₃)₂ (18° C)	
0,01	1007,0	0,02	1015,9	0,02	1015,4
0,02	1015,4	0,04	1034,1	0,04	1032,6
0,04	1032,7	0,06	1052,8	0,06	1050,2
0,06	1050,6	0,08	1072,1	0,08	1068,3
0,08	1068,0	0,10	1092,1	0,10	1086,9
0,10	1088,2	0,12	1112,8	0,12	1106,1
0,12	1108,0	0,14	1134,2	0,14	1126,1
0,14	1128,4	0,16	1156,4	0,16	1146,8
0,16	1149,5	0,18	1179,3	0,18	1168,2
0,18	1171,5	0,20	1203,1	0,20	1190,4
0,20	1194,2	0,22	1227,7	0,25	1248,8
0,25	1254,5	0,24	1253,1	0,30	1312,4
0,30	1320,5	0,26	1279,3	0,35	1382,2
0,35	1393,1	CH₃COOH (20° C)		CoCl₂ (18° C)	
0,40	1474,3	0,04	1004,1	0,01	1008,0
0,50	1668,0	0,08	1009,8	0,02	1017,0
AlCl₃ (18° C)		0,12	1015,4	0,04	1036,0
0,01	1005,7	0,16	1020,8	0,06	1055,0
0,02	1016,4	0,20	1026,1	0,08	1075,0
0,04	1034,4	0,24	1031,2	0,10	1095,0
0,06	1052,6	0,28	1036,0	0,12	1116,0
0,08	1071,1	0,32	1040,5	0,14	1137,0
0,10	1090,0	0,36	1044,8	0,16	1159,0
0,12	1109,3	0,40	1048,8	0,20	1205,0
0,14	1129,0	0,44	1052,5	CoSO₄ (25° C)	
0,16	1149,1	0,48	1055,9	0,01	1007,2
Al₂(SO₄)₃ (19° C)		0,52	1059,0	0,02	1017,4
0,01	1009,0	0,56	1061,8	0,06	1058,8
0,02	1019,0	0,60	1064,2	0,08	1080,0
0,04	1040,0	0,64	1066,3	CrCl₃ (18° C)	
0,06	1061,0	0,68	1067,9	0,01	1007,6
0,08	1083,0	0,72	1069,1	0,02	1016,6
0,10	1105,0	0,76	1069,9	0,04	1034,9
0,12	1129,0	0,80	1069,9	0,06	1053,5
0,14	1152,0	0,84	1069,1	0,08	1072,4
0,16	1176,0	0,88	1067,4	0,10	1091,7
0,18	1201,0	0,92	1064,3	0,12	1111,4
0,20	1226,0	0,96	1058,9	0,14	1131,6

продолжение таблицы 3

ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$
CuSO₄ (20° C)		0,383	1190,0	0,20	1113,4
0,01	1009,0	0,400	1198,0	0,24	1139,5
0,02	1019,0	HNO₃ (20° C)		0,28	1166,5
0,04	1040,0	0,033	1000,0	0,30	1180,5
0,06	1062,0	0,040	1020,0	0,35	1216,0
0,08	1084,0	0,075	1040,0	0,40	1254,0
0,10	1107,0	0,110	1060,0	0,45	1293,0
0,12	1131,0	0,143	1080,0	0,50	1335,0
0,14	1155,0	0,176	1100,0	0,55	1379,0
0,16	1180,0	0,208	1120,0	0,60	1426,0
0,18	1206,0	0,240	1140,0	H₂SO₄ (20° C)	
Fe₂(SO₄)₃ (17,5° C)		0,270	1160,0	0,003	1000,0
0,01	1007,0	0,300	1180,0	0,032	1020,0
0,02	1016,0	0,329	1200,0	0,062	1040,0
0,04	1033,0	0,359	1220,0	0,091	1060,0
0,06	1050,0	0,390	1240,0	0,120	1080,0
0,08	1067,0	0,421	1260,0	0,147	1100,0
0,10	1084,0	0,453	1280,0	0,174	1120,0
0,12	1103,0	0,484	1300,0	0,201	1140,0
0,14	1141,0	0,517	1320,0	0,227	1160,0
0,20	1181,0	0,551	1340,0	0,252	1180,0
0,25	1241,0	0,588	1360,0	0,277	1200,0
0,30	1307,0	0,627	1380,0	0,302	1220,0
0,35	1376,0	0,670	1400,0	0,326	1240,0
0,40	1449,0	0,716	1420,0	0,350	1260,0
0,50	1613,0	0,767	1440,0	0,374	1280,0
HCl (20° C)		0,824	1460,0	0,397	1300,0
0,004	1000,0	0,891	1480,0	0,420	1320,0
0,024	1010,0	0,967	1500,0	0,442	1340,0
0,044	1020,0	0,972	1502,0	0,463	1360,0
0,064	1030,0	0,977	1504,0	0,485	1380,0
0,085	1040,0	0,983	1506,0	0,505	1400,0
0,105	1050,0	0,988	1508,0	0,525	1420,0
0,125	1060,0	0,993	1510,0	0,545	1440,0
0,145	1070,0	0,998	1512,0	0,564	1460,0
0,165	1080,0	H₃PO₄ (20° C)		0,583	1480,0
0,184	1090,0	0,01	1003,8	0,602	1500,0
0,204	1100,0	0,02	1009,2	0,620	1520,0
0,223	1110,0	0,04	1020,0	0,638	1540,0
0,243	1120,0	0,06	1030,9	0,656	1560,0
0,262	1130,0	0,08	1042,0	0,674	1580,0
0,282	1140,0	0,10	1053,2	0,691	1600,0
0,301	1150,0	0,12	1064,7	0,708	1620,0
0,321	1160,0	0,14	1076,4	0,725	1640,0
0,342	1170,0	0,16	1088,4	0,742	1660,0
0,362	1180,0	0,18	1100,8	0,759	1680,0

продолжение таблицы 3

ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$	ω_B	$\rho, \text{г/дм}^3$
0,776	1700,0	0,16	1143,5	0,02	1014,8
0,794	1720,0	0,18	1163,8	0,04	1031,5
0,812	1740,0	0,20	1184,6	0,06	1048,3
0,831	1760,0	0,22	1206,1	0,08	1065,4
0,852	1780,0	0,24	1228,3	0,10	1082,7
0,877	1800,0	0,26	1251,1	0,12	1100,3
0,911	1820,0	0,28	1274,6	0,14	1118,2
0,916	1822,0	0,30	1298,8	0,16	1136,5
0,920	1824,0	NaOH (20° C)		0,18	1155,1
0,925	1826,0	0,002	1000,0	0,20	1174,0
0,930	1828,0	0,019	1020,0	0,24	1212,8
0,936	1830,0	0,037	1040,0	0,28	1253,2
0,943	1832,0	0,056	1060,0	0,30	1273,9
0,951	1834,0	0,074	1080,0	0,35	1327,9
0,957	1836,0	0,092	1100,0	0,40	1382,7
MgSO₄ (20° C)		0,110	1120,0	NiCl₂ (18° C)	
0,02	1018,6	0,128	1140,0	0,01	1008,0
0,04	1039,2	0,146	1160,0	0,02	1018,0
0,06	1060,2	0,164	1180,0	0,04	1038,0
0,08	1081,6	0,183	1200,0	0,06	1058,0
0,10	1103,4	0,201	1220,0	0,08	1079,0
0,12	1125,6	0,219	1240,0	0,10	1100,0
0,14	1148,4	0,237	1260,0	0,12	1122,0
0,16	1171,7	0,256	1280,0	0,14	1144,0
0,18	1195,5	0,274	1300,0	0,16	1167,0
0,20	1219,8	0,293	1320,0	0,18	1191,0
0,22	1244,7	0,311	1340,0	0,20	1216,0
0,24	1270,1	0,331	1360,0	NiSO₄ (18° C)	
0,26	1296,1	0,350	1380,0	0,01	1009,0
MnCl₂ (18° C)		0,370	1400,0	0,02	1020,0
0,01	1006,9	0,390	1420,0	0,04	1042,0
0,02	1015,3	0,431	0,410	0,06	1063,0
0,04	1032,4	0,452	1480,0	0,08	1085,0
0,06	1049,8	0,473	1500,0	0,10	1109,0
0,08	1067,6	0,494	1520,0	0,12	1133,0
0,10	1085,9	0,505	1530,0	0,14	1158,0
0,12	1104,6	Na₂S₂O₃ (20° C)		0,16	1183,0
0,14	1123,8	0,01	1006,5	0,18	1209,0

Литература

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия [Текст] / Н.С. Ахметов. – М. : Высшая школа, 2001. – 743 с. – ISBN 5-06-003363-5.
2. Лидин, Р.А. Химия : полный сборник задач [Текст] / Р.А. Лидин. – М. : Дрофа, 2007. – 606 с. – ISBN 978-5-358-01153-3.
3. Ахметов, Н.С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии [Текст] / Н.С. Ахметов, М.К. Азизова, Л.И. Бадыгина. – М. : Высшая школа, 2002. – 368 с. – ISBN 5-06-003557-3.
4. Пилипенко, А.Т. Справочник по элементарной химии [Текст] / А.Т. Пилипенко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1978. – 544 с.
5. Лидин, Р.А. Химия : справочник [Текст] / Р.А. Лидин, Л.Ю. Аликберова. – М. : АСТ-ПРЕСС-ШКОЛА, 2007. – 512 с. – ISBN 978-5-94776-601-1.

Содержание

Введение	3
Теоретическая часть	4
Задачи предлабораторного контроля	11
Алгоритмы решения задач	17
Практическая часть	23
Приложение (справочный материал)	29
Литература	32

Учебное издание

Вдовина Светлана Владимировна

кандидат химических наук

Черкина Мария Васильевна

кандидат химических наук, доцент

Черкина Ульяна Юрьевна

РАСТВОРЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Корректор Габдурахимова Т.М.

Худ. редактор Федорова Л.Г.

Тех. редактор Горшенин Д.Г.

Сдано в набор 20.09.2010.

Подписано в печать 23.09.2010.

Бумага писчая. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,25. Тираж 100.

Заказ №37.

НХТИ (филиал) ГОУ ВПО «КГТУ», г. Нижнекамск, 423570,
ул. 30 лет Победы, д. 5а.