

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.АЛЕКСЕЕВА

Кафедра «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

Методические указания к практическим и лабораторным занятиям
по курсу общей химии для студентов химических и нехимических
специальностей дневной и вечерней форм обучения

Составители: Т.В.Сазонтьева, А.Д.Самсонова, А.Л.Галкин
УДК 54 (07)

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ : метод. указания к практ. и лаб.
занятиям по курсу общей химии для студентов химических и
нехимических специальностей дневной и вечерней форм обучения/ НГТУ
им.Р.Е.Алексеева; сост.: Т.В.Сазонтьева и др. Н.Новгород, 2009 - 14 с.

Методические указания включают задания для текущего контроля
знаний в виде задач по расчету концентраций растворов и описание
лабораторных работ.

Научный редактор Ю.М.Тюрин

Редактор Э.Б.Абросимова

Подп. к печ.2.12.08 Формат 60x84 1/16. Бумага газетная. Печать
офсетная. Печ.л.1,0. Уч.-изд.л.1,0. Тираж 300 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет
им.Р.Е.Алексеева
Типография НГТУ. 603950, Н.Новгород, ул.Минина, 24.

Нижний Новгород
2009

©Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева, 2009

Растворами называются однофазные термодинамически устойчивые системы переменного состава, образованные двумя или более компонентами. Компонент, содержание которого в растворе преобладает (или он не меняет своего агрегатного состояния) называют растворителем. Второй компонент – растворенное вещество (его количество меньше или происходит изменение его агрегатного состояния).

СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРОВ

Количественной характеристикой состава растворов является концентрация. Под концентрацией понимают содержание растворенного вещества в определенной массе или в определенном объеме раствора или растворителя. Для выражения состава растворов чаще всего используются массовая доля растворенного вещества (ω), молярная (молярность), моляльная (моляльность), нормальная (нормальность) концентрации и титр (T).

Массовая доля (ω) представляет отношение массы (г) растворенного вещества ($m_{в-ва}$) к массе (г) всего раствора ($m_{р-ра}$):

$$\omega = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}}$$

- это безразмерная величина, выражаемая в долях от единицы или в процентах

$$\omega, \% = \frac{m_{в-ва}}{m_{р-ра}} \cdot 100\%$$

Массовая доля численно равна числу граммов вещества, растворенного в 100г раствора. Например, 3% H_2O_2 означает, что в 100г раствора содержится 3г пероксида водорода (т.е. 100г раствора содержит 3г H_2O_2 и 97г H_2O).

Молярность (M или C_M)- число молей растворенного вещества в 1л раствора. Молярность рассчитывают по формуле

$$C_M = \frac{m_{в-ва}}{MV} \text{ моль/л,}$$

где $m_{в-ва}$ – масса растворенного вещества (г), M – молярная масса растворенного вещества (г/моль), V - объем раствора (л).

Например, 0,1М H_2SO_4 (или $C_M=0,1$ моль/л) – в 1 литре раствора содержится 0,1 моль H_2SO_4 .

Моляльность (m или C_m) – число молей растворенного вещества в 1000г растворителя. Моляльность рассчитывают по формуле

$$C_m = \frac{m_{в-ва}}{Mm_{р-ля}} \text{ моль/кг,}$$

где $m_{в-ва}$ – масса растворенного вещества (г), M – молярная масса растворенного вещества (г/моль), $m_{р-ля}$ – масса растворителя (г).

Нормальность (n или C_n) – число эквивалентов растворенного вещества в 1л раствора.

Эквивалентом вещества называется такое его количество, которое в обменных химических реакциях обменивает один моль ионов H^+ или в окислительно-восстановительных реакциях переносит один моль электронов.

Нормальность рассчитывают по формуле

$$C_n = \frac{m_{в-ва}}{M \frac{1}{z} V} \text{ моль/л,}$$

где $m_{в-ва}$ – масса растворенного вещества (г), M – молярная масса растворенного вещества (г/моль), V - объем раствора (л), $\frac{1}{z} = f_{эkv}$ –

фактор эквивалентности, безразмерная величина.

Чаще всего для приготовления растворов используются кислоты, щелочи и соли. Для кислоты z = числу ионов водорода в молекуле, для основания z = числу гидроксогрупп, для соли z = произведению числа атомов металла (или ионов NH_4^+) на валентность металла в данном конкретном соединении (или на заряд иона).

Например, для H_2SO_4 - $z=2$; H_3PO_4 - $z=3$ $NaOH$ - $z=1$;
 $Ca(OH)_2$ - $z=2$ $AlCl_3$ - $z=3$; $Al_2(SO_4)_3$ - $z=2 \cdot 3=6$; NH_4Cl - $z=1$.
 Таким образом, 0,01н H_2SO_4 (или $C_n=0,01$ моль/л) – в 1 литре раствора содержится 0,01 моль эквивалента H_2SO_4 .

Нормальная концентрация связана с молярной концентрацией соотношением

$$C_H = \frac{c_M}{f_{\text{ЭКВ}}}$$

Титр T – число граммов растворенного вещества в 1 мл раствора – рассчитывают по формуле

$$T = \frac{m_{\text{в-ва}}}{V_{\text{р-ра}}}, \text{ г/мл,}$$

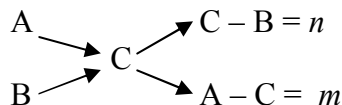
где $m_{\text{в-ва}}$ – масса растворенного вещества (г), $V_{\text{р-ра}}$ – объем раствора (мл).

Молярная доля (N_i) – это отношение числа молей данного компонента i к сумме молей всех компонентов, содержащихся в растворе:

$$N_i = \frac{v_i}{\sum v}$$

– это безразмерная величина, выражаемая в долях от единицы или в процентах.

Для расчета концентрации растворов получаемых смешением растворов с другими концентрациями, часто пользуются правилом «креста»



A и B – исходные растворы заданных концентраций (%), C – раствор, который надо приготовить, n/m – соотношение объемов исходных растворов (n – раствора A, m – раствора B), необходимое для получения раствора концентрацией C.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите молярность, нормальность и мольную долю 16,08% раствора H_2SO_4 ($\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$).

Решение

Молярная концентрация (молярность) определяется по формуле $C_M = \frac{m_{\text{в-ва}}}{MV}$, где $m = 16,08 \text{ г}$ – масса H_2SO_4 , содержащаяся в 100г

раствора (из определения массовой доли).

Объем 100г р-ра $V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1,1} = 90,9 \text{ см}^3 \approx 0,091 \text{ л.}$

Следовательно $C_M = \frac{16,08}{98 \times 0,091} = 1,8 \text{ моль/л.}$

Нормальность рассчитывается по формуле $C_H = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M \frac{1}{z} V}$, $z = 2$

(кислота двухосновная), таким образом. $C_H = \frac{16,08}{98 \times \frac{1}{2} \times 0,091} = 3,6 \text{ моль/л.}$

Зная молярную концентрацию и фактор эквивалентности $f_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{2}$, нормальную концентрацию можно рассчитать и по формуле

$$C_H = \frac{c_M}{f_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1,8}{\frac{1}{2}} = 3,6 \text{ моль/л.}$$

Молярная доля определяется по формуле $N_{H_2SO_4} = \frac{v_{H_2SO_4}}{\sum v}$.

$$v_{H_2SO_4} = \frac{m}{M} = \frac{16,08}{98} = 0,164 \text{ моль.}$$

Масса воды $m_{H_2O} = m_{\text{р-ра}} - m_{H_2SO_4} = 100 - 16,08 = 83,92 \text{ г.}$

$$v_{H_2O} = \frac{m}{M} = \frac{83,92}{18} = 4,662 \text{ моль.}$$

Таким образом $N_{H_2SO_4} = \frac{0,164}{0,164 + 4,662} = 0,034.$

Задача 2. Сколько миллилитров 60% раствора CH_3COOH ($\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$) потребуется для приготовления 200 мл 0,1M раствора.

Решение

Масса уксусной кислоты в 200 мл (0,2л) 0,1M раствора CH_3COOH рассчитывается по формуле $m = C_M MV = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 60 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ л} = 1,2 \text{ г}$ ($M_{CH_3COOH} = 60 \text{ г/моль}$). Масса 60% раствора, в котором содержится

1,2г CH_3COOH определяется из формулы $\omega, \% = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%$,

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot 100\%}{\omega} = \frac{1,2 \cdot 100}{60} = 2\text{г.}$$

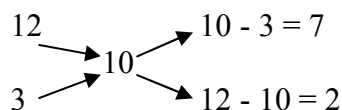
таким образом необходимый

объем 60% раствора кислоты $V = \frac{m}{\rho} = \frac{2}{1,07} = 1,87\text{см}^3 = 1,87\text{мл.}$

Задача 3. В каком соотношении надо смешать растворы 12% и 3% азотной кислоты для получения 10% раствора?

Решение

Для решения задачи воспользуемся правилом креста.



Значит для получения 10% раствора азотной кислоты необходимо смешать 7 объемов 12% раствора и 2 объема 3%.

Задачи

I. Определите массу вещества, необходимую для приготовления:

- 500мл 6%($\rho=1,049 \text{ г/см}^3$) раствора хлорида кальция из $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- 600мл 0,2М раствора NaNO_3 ;
- 50мл 32%($\rho=1,075 \text{ г/см}^3$) раствора HCl ;
- 400мл 0,2н раствора H_2SO_4 ;
- 200мл 8% ($\rho = 1,072 \text{ г/см}^3$) раствора сульфата натрия из $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;
- 3л 0,01н раствора KOH ;
- 500мл 6%($\rho=1,041 \text{ г/см}^3$) раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- 100мл 0,3н раствора H_3PO_4 ;
- 200мл 10%($\rho=1,083 \text{ г/см}^3$) раствора сульфата меди из $\text{CuCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;
- 250мл 0,15н раствора NaBr ;
- 800 мл 0,4 н раствора K_2SO_4 ;
- 2л 16% раствора ($\rho = 1,18 \text{ г/мл}$) CuSO_4 .

II. Рассчитайте, какой объем воды необходимо прибавить к указанным количествам веществ и определите молярную и нормальную концентрацию полученных растворов:

- к 100мл 20% раствора H_2SO_4 ($\rho = 1,072 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 5% раствор?
- к 25г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, чтобы получить 8% раствор CuSO_4 ?
- к 44мл 60% раствора HNO_3 ($\rho = 1,365 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 36% раствор?
- к 90,2г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, чтобы получить 15,9% раствор CuSO_4 ?
- к 57,4г $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, чтобы получить 8% раствор CuSO_4 ?
- к 50 мл 36,5% раствора HCl ($\rho=1,19 \text{ г/мл}$), чтобы получить 3% раствор?

III. Какой объем воды необходим для растворения 67,2л HCl (н.у.), чтобы получить 9% раствор соляной кислоты?

IV. Какую массу вещества надо добавить:

- к 200г 16% раствора гидроксида калия, чтобы получить 28% раствор?
- к 172мл 14% раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,163 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 23,6% раствор?
- к 250г 8% раствора хлорида натрия, чтобы получить 18% раствор?
- к 500мл 6% раствора хлорида кальция ($\rho = 1,049 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 10% раствор?
- к 200мл 8% раствора сульфата натрия ($\rho = 1,072 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 15% раствор?
- к 300мл 16% раствора бромида натрия ($\rho = 1,134 \text{ г/см}^3$), чтобы получить 22% раствор?

Определите молярность и титр полученных растворов.

V. Сколько миллилитров 6% раствора NaCl ($\rho = 1,049 \text{ г/см}^3$), потребуется для приготовления:

- 200мл 0,3М раствора;
- 200мл 0,15н раствора;
- 200 мл 0,86% раствора
- 1л 0,4н раствора;
- 300 мл 1М раствора;
- 2л 1,5% раствора

VI. В каком соотношении надо смешать растворы для получения 10% раствора? 1) 60% H_2SO_4 и 2% H_2SO_4 ;

- 40% NaOH и 3% H_2SO_4 ;
- 36,5% HCl и H_2O ;
- 65% HNO_3 и H_2O ;
- 20% KOH и 5% KOH ;
- 98% H_2SO_4 и H_2O ;

Лабораторные работы

Весы и взвешивание

Взвешиванием называют сравнение массы данного тела с массой гирь, которая известна и выражена в определенных единицах ("мг, г, кг и др.). Весы являются важнейшим прибором в химической лаборатории, так как почти ни одна работа в ней не обходится без определения массы того или иного вещества или тары, в которую помещают взвешиваемое вещество.

В зависимости от точности, с которой производят взвешивание, весы разделяются на следующие группы:

- 1) для грубого взвешивания (точность до граммов);
- 2) для точного взвешивания (точность от 1 до 10 мг);
- 3) аналитические:
 - а) обычные (точность до 0,1 - 0,2 мг);
 - б) полумикрохимические (точность до 0,01 - 0,02 мг);
 - в) микрохимические (точность до 0,001 мг);
 - г) ультрамикрохимические (точность до 10^{-6} - 10^{-9} мг) (перечисленные типы весов называют равноплечими);
- 4) специальные (пробирные, торсионные, квадрантные и пр.).

Каждая из этих групп подразделяется на подгруппы в зависимости от конструктивных особенностей.

Каждые весы имеют свой разновес, т.е. набор гирь, на каждой гирьке разновеса обозначена ее масса, причем эта масса носит название **номинальной**. Истинная масса обычно не равна номинальной. Для разновеса аналитических весов это отклонение выражается в десятых, а иногда и в сотых долях миллиграмма и не отражается на точности взвешивания, однако чем меньше масса гири, тем больше ее относительная неточность.

Весы и гири разновеса должны проходить периодическую поверку и клеймение.

Взвешивание на технических весах

Весы устанавливают на прочных устойчивых столах строго по отвесу или воздушному пузырьку уровнемера. Перед взвешиванием

проверяют, правильно ли установлены весы (при необходимости корректируют установку весов), после чего дезарретируют весы, опуская арретиром коромысло весов, и наблюдают колебание стрелки весов относительно шкалы.

Если стрелка отклоняется от нуля на одно и то же число делений вправо и влево (равновесие), то можно выполнять взвешивание. В противном случае состояния равновесия весов добиваются вращением балансировочных гаек на концах коромысла.

При взвешивании необходимо соблюдать следующие правила:

1. Взвешиваемый объект кладут на левую чашку весов, гири - на правую. Весы при этом должны быть только в заарретированном состоянии.
2. Взвешиваемое вещество помещают на часовое стекло, в фарфоровую чашку или на лист кальки, или плотной писчей бумаги. Взвешиваемый объект должен иметь комнатную температуру и быть сухим.
3. Гири берут только пинцетом или салфеткой (крупные). Гири могут находиться только на правой чашке весов или в футляре, каждая в своем гнезде.

Опыт 1. Приготовление раствора карбоната натрия Na_2CO_3 заданной концентрации из более концентрированного раствора методом разбавления

- 1) Получите задание у преподавателя.
- 2) Налейте имеющийся в лаборатории приблизительно 10%-й раствор карбоната натрия в цилиндр и измерьте ареометром (денсиметром) плотность раствора. При измерении ареометр не должен касаться стенок цилиндра. Отсчет по шкале ареометра производите по нижнему мениску жидкости. Определите по таблице точную процентную концентрацию раствора. Рассчитайте, какой объем данного раствора надо взять для приготовления 100 мл раствора указанной преподавателем концентрации. Проверьте свой расчет у преподавателя.

Плотность водных растворов некоторых солей Таблица 1

Концентрация, массовая доля $\omega, \%$	Плотность (ρ), г/мл		
	BaCl ₂	CuSO ₄	Na ₂ CO ₃
1	1,007	1,009	1,008
2	1,015	1,019	1,019
4	1,034	1,040	1,039
6	1,053	1,062	1,060
8	1,072	1,084	1,080
10	1,092	1,107	1,102
12	1,113	1,131	1,125
14	1,134	1,155	1,145
16	1,156	1,180	1,170
18	1,176	1,206	1,193
20	1,203		
22	1,227		
24	1,253		
26	1,279		

Пример расчета для приготовления раствора заданной концентрации методом разбавления

Задача: приготовить 200 мл 0,5М раствора HNO₃ из имеющегося приблизительно 30%-го раствора этой кислоты.

Выполнение работы.

1. Для определения точной концентрации исходного раствора наливаем концентрированный (~30%) раствор HNO₃ в мерный цилиндр и измеряем его плотность ареометром.

Предположим, она составила $\rho = 1,082$ г/мл. По таблице определяем интервал концентраций, которому соответствует данное значение плотности раствора.

Концентрация $\omega, \%$	ρ , г/мл
29,39	1,080
30,13	1,085
Разность	0,005
0,74	0,005

Измеренное значение плотности 1,082г/мл отличается от плотности 30,13%-го раствора на 0,003 г/мл. Составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 0,74\% - 0,005 \text{ г/мл} \\ x - 0,003 \text{ г/мл} \end{array}$$

$x = 0,44\%$. Таким образом, концентрация ($\omega, \%$) исходного раствора с $\rho = 1,082$ г/мл будет равной $\omega = 30,13 - 0,44 = 29,69 \%$.

2. Определяем массу безводной кислоты, содержащейся в 200 мл 0,5М раствора HNO₃ по формуле $m = C_M V M_{\text{HNO}_3} = 0,5 \times 0,2 \times 63 = 6,3\text{г}$.

3. Рассчитываем массу исходного (29,69%) раствора, в котором содержится 6,3г HNO₃, из пропорции:

$$\begin{array}{l} 100\text{г} - 29,69\text{г HNO}_3 \\ x - 6,3\text{г} \end{array} \quad x = 21,2 \text{ г.}$$

4. Определяем объем исходного раствора по формуле

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{21,2}{1,082} = 19,58 \text{ мл.}$$

4.1. Отмерьте рассчитанный объем раствора мерным цилиндром (или мензуркой). В мерную колбу на 100 мл влейте из цилиндра отмеренный объем раствора карбоната натрия через воронку.

4.2. Затем тщательно обмойте цилиндр небольшим количеством воды из промывной колбы и соберите промывные воды, которые через воронку перелейте в мерную колбу. В последнюю очередь промойте воронку в колбу (следите, чтобы объем раствора в мерной колбе не превышал номинального объема колбы.) Добавляя воду из промывной колбы, доведите объем раствора в колбе до метки, закройте колбу пробкой и тщательно перемешайте раствор, переворачивая несколько раз колбу горлом вниз. Придерживая пробку, встряхивайте в этом положении колбу.

4.3. Измерьте плотность приготовленного раствора ареометром, определите по таблице процентную концентрацию и пересчитайте ее на нормальность или молярность. Найдите расхождение между заданной концентрацией и полученной.

Опыт 2. Приготовление раствора хлорида бария заданной молярной или нормальной концентрации из кристаллогидрата $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

1. Получите задание у преподавателя.
2. Рассчитайте, сколько граммов $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ требуется для приготовления 100 мл раствора заданной концентрации в расчете на безводную соль. Проверьте расчет у преподавателя.
3. Отвесьте необходимое количество соли на аналитических весах (на часовом стекле). Пересыпьте навеску соли через воронку в мерную колбу на 100 мл. Обмойте дистиллированной водой из промывной колбы часовое стекло и воронку. Добавьте дистиллированной воды до $2/3$ объема колбы и, перемешивая содержимое встряхиванием колбы, растворите полностью соль. После этого объем раствора в колбе доведите до метки и тщательно перемешайте (как описано в оп. 1).
4. Измерьте плотность приготовленного раствора ареометром (см. оп. 1), определите по таблице процентную концентрацию раствора, пересчитайте ее на молярность или нормальность. Найдите расхождение полученной концентрации с заданной.

Опыт 3. Приготовление раствора сульфата меди с заданной массовой долей (ω , %) из $\sim 1M$ раствора

1. Получите задание у преподавателя.
2. Налейте в мерный цилиндр раствор сульфата меди (II), концентрацией ≈ 1 моль/л и ареометром измерьте его плотность. Рассчитайте точную концентрацию раствора (см. оп. 1).
3. Рассчитайте, какой объем исходного раствора надо взять для приготовления 100 мл раствора заданной концентрации. Проверьте свой расчет у преподавателя.
4. Отмерьте рассчитанный объем мерным цилиндром (мензуркой) и влейте этот раствор в мерную колбу на 100 мл через воронку, затем смойте дистиллированной водой из промывной колбы цилиндр и воронку (как описано в оп. 1, п.4.2). Добавьте воды до метки, закройте пробкой и перемешайте раствор.
5. Измерьте плотность полученного раствора ареометром и определите по таблице процентную концентрацию. Найдите расхождение полученной концентрации раствора от заданной.

ВАРИАНТЫ ДОМШНИХ ЗАДАНИЙ

№ вар	Номера задач			№вар.	Номера задач		
1	I(1)	II(1)	V(1)	7	I(7)	II(4)	V(4)
2	I(2)	IV(1)	VI(1)	8	I(8)	IV(4)	VI(4)
3	I(3)	II(2)	V(2)	9	I(9)	II(5)	V(5)
4	I(4)	IV(2)	VI(2)	10	I(10)	IV(5)	VI(5)
5	I(5)	II(3)	V(3)	11	I(11)	II(6)	V(6)
6	I(6)	IV(3)	VI(3)	12	I(12)	IV(6)	VI(6)