

Л. Д. Агеева

УСТАНОВЛЕНИЕ СОСТАВА ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ ФОРМУЛ

Методические указания



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ
(СТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ХиТМСЭ

В.Л Софронов

« »

_____ 2013г

Л.Д. Агеева

**УСТАНОВЛЕНИЕ СОСТАВА ХИМИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ И ИХ ФОРМУЛ**

Методические указания

Северск 2013

УДК 54.02 (076)
ББК 24.12
А 239

Агеева Л.Д.

А239 Установление состава химических соединений и их формул: методические указания. / Л.Д. Агеева. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2013. – 23с.

Методические указания включают в себя теоретическую часть, в которой даны краткие сведения о массовых долях, простейшей и истинной формулах, о массовом соотношении элементов. Предложены вопросы для после лабораторного контроля. Изложение теоретического материала сопровождается примерами. В практической части студентам предлагается выполнить лабораторную работу, предназначенную для закрепления пройденного теоретического материала. Указания также содержат контрольные задания.

Одобрено на заседании кафедры ХимТМСЭ
(протокол №172 от 27.06.2012 г.)

Печатается в соответствии с планом выпуска учебно-методической литературы на 2013 г., утвержденным Ученым Советом СТИ НИЯУ МИФИ.

Рег. № 2/13 от 19.03.2013 г.

Рецензент
канд. хим. наук, проф. СТИ НИЯУ МИФИ
С.А. Безрукова

Редактор
Р.В. Фирсова

Подписано к печати _____ Формат 60х84/32.
Гарнитура Times New Roman. Бумага писчая №2.
Плоская печать. Усл. печ. л. 0,84. Уч. изд. л. 1,15.
Тираж 50 экз. Заказ _____

Отпечатано в ИПО СТИ НИЯУ МИФИ
636036, Томская обл., г. Северск,
пр. Коммунистический, 65.

Содержание

Введение	4
1 Теоретическая часть	4
2 Лабораторная работа	12
3 Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы	14
Приложение А (рекомендуемое)	16
Приложение Б (обязательное). Задачи и упражнения для самостоятельной работы	18
Литература	23

Введение

Молекула каждого вещества состоит из определенного числа атомов одного химического элемента (простое вещество) или различных элементов (сложное вещество), объединенных посредством химических (валентных) связей. Состав молекулы выражают химической формулой, в которой знаки элементов указывают вид атомов, образующих молекулу, а числа, стоящие справа внизу, показывают, сколько атомов каждого элемента входит в состав молекулы. Для установления формулы любого химического соединения необходимо знать его качественный и количественный составы. Формула химического соединения показывает, из каких элементов состоит данное вещество и сколько атомов каждого элемента входит в состав его молекулы.

1 Теоретическая часть

1.1 Законы постоянства состава и кратных отношений

Формулы химических соединений подразделяются на простейшие или эмпирические и истинные или молекулярные.

Эмпирическая (простейшая) формула любого вещества — это формула, которая выражает простейшее целочисленное отношение элементов, содержащихся в данном веществе.

Для установления простейшей формулы любого химического соединения необходимо знать его качественный и количественный состав (массовые доли элементов). Согласно закону постоянства состава, *каждое чистое химическое соединение имеет постоянный качественный и количественный составы*. Это обусловлено тем, что массовый состав молекул данного соединения постоянен и выражается определенным массовым соотношением элементов.

Массовые соотношения элементов в молекулах можно представить как отношение произведений соответствующих атомных масс на число атомов каждого из элементов в молекуле. Поэтому можно записать:

$$m_1 : m_2 : m_3 = xAr_1 : yAr_2 : zAr_3,$$

где $m_1 : m_2 : m_3$ — содержания элементов в данном соединении, % или доли;

x, y, z — число атомов соответствующих элементов в молекуле;

Ar_1, Ar_2, Ar_3 — атомные массы элементов.

Из уравнения следует, что:

$$x : y : z = \frac{m_1}{A_1} : \frac{m_2}{A_2} : \frac{m_3}{A_3}. \quad (1)$$

Входящие в уравнение частные от деления процентного содержания на атомную массу называются *атомными факторами*. Таким образом, отношение количеств атомов в молекуле равно отношению атомных факторов. Отсюда находят отношения между числами атомов в молекуле.

Уравнение (1) является математическим выражением *закона кратных отношений*: *если два элемента образуют друг с другом несколько химических соединений, то массы одного из элементов, приходящиеся на одну и ту же массу другого, относятся между собой как небольшие целые числа*.

При этом для закона кратных отношений существует *три исключения*:

- закон справедлив для веществ, находящихся в парообразном или газообразном состояниях;
- закон не применим для соединений переменного состава (бертоллидов), например $\text{TiO}_{1,2-2,0}$ или $\text{TiO}_{1,46-1,56}$;
- закон не применим для высокомолекулярных соединений, например $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ или $\text{C}_{21}\text{H}_{44}$; числа весовых частей углерода, приходящихся в этих соединениях на одну весовую часть водорода относятся к друг другу как целые числа, но назвать эти числа небольшими нельзя.

Закон необходим для установления формул химических соединений (*простейшей и истинной*).

Простейшая формула показывает лишь соотношение атомов элементов, входящих в данное соединение, но не показывает истинного соотношения атомов в молекуле.

Для вывода простейшей формулы необходимо:

- 1) знать химический состав соединения;
- 2) атомные массы образующих данное вещество элементов (A_r).

Например, для химических соединений C_2H_2 , C_4H_4 , C_6H_6 простейшая формула имеет вид $(\text{CH})_n$.

Истинная (молекулярная) формула показывает истинное число атомов в молекуле и для ее установления необходимо знать молекулярную массу этого вещества (M_r).

Молекулярную массу можно установить различными способами:

- 1) расчетным – по уравнению Менделеева-Клапейрона или исходя из относительной плотности по водороду или воздуху;
- 2) опытным путем – исходя из значений молекулярных масс простейшей и истинной формул.

Этот вид расчетов чрезвычайно важен для химической практики, так как позволяет на основании экспериментальных данных определить формулу вещества (простейшую и молекулярную). На основании данных качественного и количественного анализов химик находит сначала соотношение атомов в молекуле (или другой структурной единице вещества), то есть его простейшую формулу.

1.2 Примеры установления простейшей и истинной формул

1.2.1 Определение простейшей формулы соединения

Для установления простейшей формулы соединения можно воспользоваться формулой (1).

Задача 1 – Вывести простейшую формулу минерала, имеющего состав: 32,9 % натрия, 12,9 % алюминия, 54,2 % фтора.

Решение – Простейшая формула не зависит от массы вещества, поэтому возьмем образец вещества массой 100 г. Тогда массовые доли элементов в сложном веществе будут соответствовать их массам. Искомая формула $\text{Na}_x\text{Al}_y\text{F}_z$.

Находим отношения между числами атомов элементов в навеске, то есть, определяем индексы x , y , z . Для этого необходимо разделить массу каждого элемента на его относительную атомную массу:

$$X(\text{Na}) : Y(\text{Al}) : Z(\text{F}) = \frac{m(\text{Na})}{A_{\text{r}}(\text{Na})} : \frac{m(\text{Al})}{A_{\text{r}}(\text{Al})} : \frac{n(\text{F})}{A_{\text{r}}(\text{F})} = \frac{32,9}{23} : \frac{12,9}{27} : \frac{54,2}{19} = 1,43 : 0,48 : 2,85$$

В полученном отношении выбирается наименьшее значение и каждое из чисел соотношения делится на него:

$$X(\text{Na}) : Y(\text{Al}) : Z(\text{F}) = \frac{1,43}{0,48} : \frac{0,48}{0,48} : \frac{2,85}{0,48} = 3 : 1 : 6$$

Таким образом, простейшая формула искомого соединения Na_3AlF_6

Ответ – $\text{Na}_x\text{Al}_y\text{F}_z = \text{Na}_3\text{AlF}_6$.

Задача 2 – Вещество содержит 32,43 % натрия, 22,55 % серы и 45,02 % кислорода. Найти простейшую формулу соединения.

Решение – Искомая формула $\text{Na}_x\text{S}_y\text{O}_z$. Соотношение чисел атомов в молекулах данного соединения определяется выражением:

$$x : y : z = \frac{32,43}{23} : \frac{22,55}{32} : \frac{45,02}{16} = 1,41 : 0,705 : 2,82.$$

Так как число атомов в молекуле может быть только целым, то полученные отношения выражают целыми числами. Если в данном случае самое меньшее число (0,705) принять за единицу, то:

$$x : y : z = 2 : 1 : 4.$$

Таким образом, простейшая формула искомого соединения Na_2SO_4 .

Ответ – $\text{Na}_x\text{S}_y\text{O}_z = \text{Na}_2\text{SO}_4$. Эта формула будет *простейшей*.

Для установления *истинной* формулы необходимо знать молекулярную массу соединения; это позволяет найти истинные соотношения атомов в молекулах.

1.2.2 Определение молекулярной массы по уравнению Менделеева –Клапейрона

При установлении истинной формулы соединения необходимо знать молекулярную массу вещества. Поскольку закон кратных отношений позволяет устанавливать формулы только веществ, находящихся в газообразном или парообразном состояниях, можно использовать уравнение Менделеева – Клапейрона для расчета молекулярной массы вещества

$$pV = \frac{m}{M_r} RT,$$

где m – масса вещества, г;

p – давление, мм рт.ст. (атм или Па);

V – объем вещества, мл (л или м³);

R – универсальная газовая постоянная;

T – температура, К;

M_r – молекулярная масса.

Отсюда молекулярная масса может быть рассчитана по формуле

$$M_r = \frac{mRT}{pV}.$$

При расчете молекулярной массы следует помнить о размерности давления и объема и их связи с универсальной газовой постоянной.

Задача 3 – Вычислить молярную массу ацетона, если масса 0,5 л его паров при 87⁰ С и давлении 96 кПа равна 0,93 г.

Решение – Из уравнения Клапейрона – Менделеева выражаем и вычисляем M_r , подставляя массу паров в граммах (0,93 г), давление в паскалях (96000 Па), объем в м³ (5·10⁻³ м³) и температуру в абсолютных градусах (360 К):

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

$$M_r = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,93 \cdot 8,314 \cdot 360}{96000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 58 \text{ г/моль.}$$

Ответ – M_r (ацетона) = 58 г/моль.

1.2.3 Определение молекулярной массы по относительной плотности газов

Молекулярные массы газообразных или легколетучих веществ можно определить с помощью закона Авогадро.

Равные объемы газов, при одинаковой температуре и одинаковом давлении, содержат равное число молекул.

Отсюда следует, что массы равных объемов двух газов относятся друг к другу как их молекулярные или численно равные им молярные массы:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}.$$

Отношение $m_1 : m_2$ называется **относительной плотностью первого газа по второму** и обозначается **D**:

$$D = \frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

откуда

$$M_1 = D \cdot M_2,$$

то есть: **молекулярная масса газа равна его плотности по отношению ко второму газу, умноженной на молекулярную массу второго газа.**

Плотность газов обычно определяется по отношению к водороду или воздуху. Молекулярная масса водорода равна **2**, а средняя молекулярная масса воздуха **29**, поэтому уравнения для расчета молекулярной массы имеют вид:

$$M_r = 2D_{H_2},$$

$$M_r = 29D_{\text{возд}}.$$

Задача 4 – Газообразное соединение содержит 82,64 % углерода и 17,36 % водорода. Плотность его по водороду 29. Определить истинную формулу соединения.

Решение – Записываем формулу соединения как C_xH_y , принимаем массу соединения 100 г; тогда масса углерода составит 82,64 г, а масса водорода 17,36 г. Вычисляем количество каждого элемента в соединении и выражаем их целыми числами:

$$x = \frac{82,64}{12} = 6,88,$$

$$y = \frac{17,36}{1} = 17,36,$$

$$x : y = 6,88 : 17,36 = 2 : 5.$$

Таким образом, простейшая формула соединения C_2H_5 , и этой формуле соответствует молекулярная масса 29. Но по условию задачи молекулярная масса $M_r = 2 \cdot 29 = 58$ г/моль.

Ответ – Истинная формула соединения C_4H_{10} .

1.2.4 Определение молекулярной массы опытным методом

Для установления *истинной* формулы необходимо знать молекулярную массу соединения, это позволяет найти истинные соотношения атомов в молекулах.

Задача 5 – Бензол содержит 92,3 % углерода и 7,7 % водорода. Найти истинную формулу соединения, учитывая, что молекулярная масса бензола, определенная опытным путем, равна 78.

Решение – Записываем формулу соединения как C_xH_y , принимаем массу соединения 100 г; тогда масса углерода составит 92,3 г, а масса водорода 7,7 г. Вычисляем количество каждого элемента в соединении и выражаем их целыми числами:

Исходя из состава и пользуясь формулой (1), находим простейшую формулу:

$$x : y = \frac{\omega_C}{Ar_C} : \frac{\omega_H}{Ar_H} = \frac{92,3}{12} : \frac{7,7}{1} = 1 : 1.$$

Простейшая формула соответствует CH . Истинную формулу бензола определяем по соотношению

$$n = M_{r(\text{истин})} / M_{r(\text{прост})},$$

где $M_{r(\text{истин})}$ - молекулярная масса истинной формулы;

$M_{r(\text{прост})}$ - молекулярная масса простейшей формулы.

Молекулярная масса простейшей формулы равна: $M_r = 12 + 1 = 13$, тогда $n = 78 / 13 = 6$. Следовательно, истинная формула имеет вид $(CH)_6 = C_6H_6$.

Задача 6 – Органическое вещество содержит 92,3 % C и 7,7 % H и его молекулярная масса равна 78 г/моль. Определить молекулярную (истинную) формулу органического вещества.

Решение – Соотношение чисел атомов в молекулах данного соединения определяется выражением:

$$x : y = \frac{92,3}{12} : \frac{7,7}{1} = 7,7 : 7,7$$

Так как число атомов в молекуле может быть только целым, то полученные отношения выражают целыми числами.

$$x : y = 1 : 1$$

Простейшая формула данного соединения СН.

Молекулярная масса простейшего соединения $M_{r(\text{CH})} = 13$ г/моль. По условию задачи молекулярная масса истинной формулы 78 г/моль.

Определяем разницу в молярных массах

$$n = 78/13 = 6$$

Ответ – Истинная формула соединения бензола будет C_6H_6 .

По формуле вещества можно рассчитать массовую долю каждого химического элемента, который входит в состав вещества.

1.2.5 Определение массовой доли элемента в веществе и компонента в смеси

В состав сложного вещества входят два или более химических элементов. Очевидно, что масса всего вещества складывается из масс составляющих его элементов. Значит, на долю каждого элемента приходится определенная часть массы вещества.

Массовой долей элемента называется отношение массы этого элемента в сложном веществе к массе всего вещества, выраженное в долях единицы (или в процентах):

$$w(\text{Э}) = \frac{m(\text{Э})}{m_{\text{вещества}}} 100 \%$$

Так, например, массовая доля водорода $\omega(\text{H})$ в этиловом спирте $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ вычисляется следующим образом:

$$M_{r(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})} = 2M_{r(\text{C})} + 6M_{r(\text{H})} + M_{r(\text{O})} = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 = 46 \text{ г/моль},$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{6M_{r(\text{H})}}{M_{r(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})}} = \frac{6}{46} = 0,13$$

Часто долю выражают в процентах. Для этого полученный результат умножают на 100. То есть в данном случае $\omega(\text{H}) = 13 \%$. Это означает, что в каждом г (кг, т) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ содержится 0,13 г (кг, т) водорода или каждые 100 г (кг, т) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ содержат 13 г (кг, т) водорода.

Задача 7 – Вычислить массовые доли каждого из элементов, входящих в состав углеводорода, формула которого C_6H_{12} .

$$Mr_{(C_6H_{12})} = 6Mr_{(C)} + 12Mr_{(H)} = 6 \cdot 12 + 12 = 84 \text{ г/моль},$$

$$\omega(H) = \frac{12Mr(H)}{Mr(C_6H_{12})} = \frac{12}{84} = 0,15$$

$$\omega(C) = \frac{6Mr(C)}{Mr(C_6H_{12})} = \frac{72}{84} = 0,85$$

Чтобы долю выразить в процентах, полученный результат умножают на 100. То есть в данном случае $\omega_{(H)} = 15 \%$, а $\omega_{(C)} = 85 \%$.

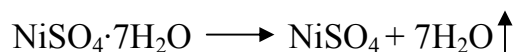
Кристаллогидраты – химические соединения, содержащие в твердом состоянии кристаллизационную воду. Многие соли, а также кислоты, и основания выпадают из водных растворов в виде кристаллогидратов.

Состав кристаллогидратов принято изображать формулами, показывающими, какое количество кристаллизационной воды содержит кристаллогидрат. Например, кристаллогидрат сульфата меди (II), содержащий на один моль сульфата никеля семь молей воды выражается формулами $NiSO_4 \cdot 7H_2O$.

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

Кристаллогидрат	Тривиальное название	Названия по систематической номенклатуре
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	алебастр, жженный гипс	гидрат сульфата кальция
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	английская соль, горькая соль	гептагидрат сульфата магния
$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	алюмогель	гидрат оксида алюминия
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	белый купорос, цинковый купорос	гептагидрат сульфата цинка
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	глауберова соль	декагидрат сульфата натрия
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	железный купорос	гептагидрат сульфата железа
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	норвежская селитра	тетрагидрат нитрата кальция
$Ca(HPO_4)_2 \cdot 2H_2O$	преципитат	дигидрат гидрофосфата кальция
$SiO_2 \cdot nH_2O$	силикагель	полигидрат оксида кремния
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	бура	декагидрат тетрабората натрия

Известно, что кристаллогидраты при нагревании теряют воду, переходя в безводные соли. При температуре выше $500^\circ C$:



Пользуясь этим, можно определить процентное содержание воды в кристаллогидрате, а отсюда, зная формулу безводной соли, рассчитать число молекул кристаллизационной воды, присоединяющихся к одной молекуле безводной соли. Для работы берут кристаллогидрат одной из следующих солей: CuCl_2 , CuSO_4 , Na_2CO_3 , CaCO_3 и, установив ее химический состав, приступают к определению количественного состава соли.

Охлаждение проводят в приборе *эксикатор*, который служит для охлаждения предметов в атмосфере, лишенной влаги. В нижней части эксикатора находятся вещества, поглощающие влагу (H_2SO_4 , CaCl_2 , VO_4 , P_2O_5 и т.д.).

Также разложение кристаллогидрата часто идёт ступенчато; так, медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (синий) при 105°C переходит в тригидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (голубой), при 150°C в моногидрат $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (белый); полное обезвоживание происходит при 250°C . Однако некоторые соединения (например, $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) устойчивы только в форме кристаллогидрата и не могут быть обезвожены без разложения.

2 Лабораторная работа «Установление химической формулы кристаллогидрата»

2.1 Цель работы: Установить количественный состав и вывести химическую формулу кристаллогидрата, сформировать практические навыки установления формул кристаллогидратов гравиметрическим методом.

2.2 Материалы и оборудование

Химические весы. Щипцы хирургические или тигельные. Тигель. Электрическая плитка (или баня песочная). Кристаллогидраты: сульфат меди (II), хлорид меди (II).

2.3 Порядок выполнения работы

1 Получить кристаллогидрат у преподавателя.

2 Взвесить тигель (тигель, который будет использован для выполнения работы, должен иметь постоянный вес (узнать у лаборанта или преподавателя). Записать массу тигля (m_1) в таблицу 1.

3 На электронных весах взвесить 1,6-2 г кристаллогидрата с точностью до 0,01 г (*первое взвешивание*). Записать массу кристаллогидрата (m_2) в таблицу 1.

4 Пересыпать кристаллогидрат в тигель. Записать массу тигля с кристаллогидратом до прокаливания ($m_3 = m_1 + m_2$) в таблицу 1.

6 Тигель с солью поставить на горячую электрическую плитку. По мере удаления влаги цвет кристаллогидрата будет изменяться. Изменение

цвета необходимо отметить в рабочей тетради. Прокаливание проводится до тех пор, пока цвет соли не станет однородным, примерно 10-12 мин.

7 После прокаливания тигель с кристаллогидратом тигельными щипцами перенести в эксикатор, для охлаждения (примерно на 5-10 мин).

8 После охлаждения тигель с кристаллогидратом взвесить (*второе взвешивание*) (m_4) в таблицу 1.

9 Операцию прокаливания и взвешивания повторить (*третье взвешивание*). Записать массу тигля с кристаллогидратом после 2-го прокаливания (m_5) в таблицу 1.

10 Если результаты 2-го и 3-го взвешиваний совпадают, то вода была выпарена полностью и экспериментальная часть прекращается. Результаты обработать. В случае расхождений данных первого и второго взвешиваний прокаливание повторить еще раз. Так поступать до тех пор, пока два раза не будет получен одинаковый результат.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных данных

	Масса тигля, г	Масса тигля с солью, г	Масса соли в виде кристаллогидрата, г	Масса		Цвет
				безводной соли, г	воды, г	
1-ое взвешивание						
2-ое взвешивание						
3-е взвешивание						

2.4 Обработка результатов

По окончании опыта (достижения постоянной массы) провести необходимые расчеты и находят формулу кристаллогидрата.

Для установления формулы кристаллогидрата поступить следующим образом:

1 Записать формулу кристаллогидрата в виде:
(формула соли) $_x \cdot (H_2O)_y$;

2 Составить уравнение вида:

$$x: y = \frac{m_{\text{соли б/водн}}}{M_{\text{г, соли б/водн}}} : \frac{m_{\text{воды}}}{M_{\text{г воды}}}$$

3 В уравнение подставить значения массы безводной соли и массы воды из таблицы 1 и рассчитать значения x и y ;

4 Полученную формулу кристаллогидрата записать в виде: $\cdot$
(формула соли) $_x \cdot (H_2O)_y$;

и сравнить с истинной формулой кристаллогидрата (дается преподавателем).

5 Определить содержание влаги:

$$\frac{m_{\text{крист-та}}}{m_{\text{воды}}} \cdot 100\% - w\% =$$

6 Определить погрешность опыта:

$$\delta = \pm \frac{N_{\text{теор}} - N_{\text{пак}}}{N_{\text{теор}}} 100\%$$

7 Сделать вывод: определена формула кристаллогидрата: (формула соли)_x · (H₂O)_y; относительная ошибка w%, содержание влаги w%.

Пример оформления лабораторной работы и требования, предъявляемые к оформлению отчета о выполнении лабораторной работы представлены в приложении А.

3. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы

1 Почему охлаждение соли после прокалки следует производить в эксикаторе?

2 Почему прокалку соли следует производить несколько раз?

3 Поясните, как рассчитали формулу кристаллогидрата.

4 Какие вещества называются кристаллогидратами?

5 Чем отличаются кристаллогидраты от комплексных солей?

6 Чем отличаются кристаллогидраты от двойных солей?

7 Какая вода называется кристаллизационной?

8 Приведите примеры кристаллогидратов, назовите их.

9 Как экспериментально определить массу безводной соли и кристаллизационной воды, если имеется образец кристаллогидрата?

10 Какую реакцию для этого необходимо осуществить? Приведите ее уравнение. В каких условиях происходит эта реакция? Как выбрать ее температурный режим?

11 Какую информацию можно извлечь из формулы кристаллогидрата для выполнения работы? Как ее можно математически выразить? Как записать формулу кристаллогидрата в общем виде?

12 Как можно рассчитать количества вещества безводной соли и кристаллизационной воды и какие экспериментальные данные для этого необходимы?

13 Установить с помощью цифр правильную последовательность:

Кристаллогидрат - это

1) содержащее 2) вода 3) кристаллизационная 4) соединение

5) химическое

14 Кристаллизационной называют

1) вода 2) вещество 3) связанное 4) химически

15 Химическая формула – это.....

1) соединение 2) условная 3) химическое 4) помощь 5) запись
6) качественный 7) и 8) количественный 9) индекс 10) символ
11) цифровой 12) состав 13) химический

16 Химическая формула H_2SO_4 дает следующую информацию о веществе:

- а) _____;
- б) _____;
- в) _____;
- г) _____;
- д) _____;
- е) _____.

17 Установить правильный ответ и дополнить:

Для определения состава кристаллогидрата сульфата никеля (II) можно использовать реакцию:

1 – обмена; 2 – разложения; 3 – соединения; 4 – замещения,
уравнение которой _____.

Условия проведения данной реакции зависят
от _____

18 Установить с помощью цифр правильную последовательность:

Состав кристаллогидрата сульфата никеля (II) можно определить экспериментально по плану:

- 1) взвесить пустой тигель;
- 2) охладить тигель с веществом в эксикаторе;
- 3) взвесить тигель с безводной солью
- 4) взвесить тигель с кристаллогидратом;
- 5) обезводить кристаллогидрат;
- 6) повторить последовательно все операции, начиная с пункта 1;

19 Для расчета состава кристаллогидрата сульфата никеля (II) используется соотношение: _____.

20 Для выполнения эксперимента необходимы:

- а) приборы _____;
- б) посуда _____;
- в) другое оборудование _____;
- г) реактивы _____.

21 При выполнении эксперимента следует соблюдать меры предосторожности работы с _____.

Приложение А
(рекомендуемое)

А.1 Требования, предъявляемые к оформлению отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы оформляется в тетради. Использование разрозненных листов недопустимо. При составлении отчета рекомендуется соблюдать следующий порядок:

Дата. Число, месяц и год проведения лабораторной работы указывается в правом верхнем углу отчета.

Заголовок. Заголовок содержит порядковый номер лабораторной работы и полное название.

Цель работы. Формируется основная цель работы.

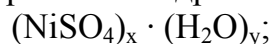
Порядок выполнения работы. Приводится краткое описание хода лабораторной работы, расчетные формулы, уравнения реакций, общая схема установки, условия проведения опыта.

Вывод. По окончании работы рекомендуется сделать вывод.

А 2 Пример оформления экспериментальной части лабораторной работы

Требуется определить формулу кристаллогидрата сульфата никеля.

1 Записать формулу кристаллогидрата в виде:



2 Составить уравнение вида:

$$x:y = \frac{m_{\text{соли б / водн}}}{M_{\text{г, соли б / водн}}} : \frac{m_{\text{воды}}}{M_{\text{г воды}}}$$

3 Заполнить таблицу результатов

Таблица №1– Результаты экспериментальных данных

	Масса тигля, г	Масса тигля с солью, г	Масса соли в виде кристаллогидрата, г	Масса		Цвет
				безводной соли, г	воды, г	
1-ое взвешивание	25,97	28,40	2,43	-	-	
2-ое взвешивание	25,97	27,31	-	1,34	1,09	
3-е взвешивание	-	27,31	-	1,34	1,09	

4 В уравнение подставить значения массы безводной соли и массы воды из таблицы 1 и рассчитать значения x и y ;

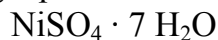
$$x: y = \frac{1,34}{154,77} : \frac{1,09}{18}$$

$$x: y = 0,0087 : 0,061$$

$$x: y = 1: 7,01$$

$$x: y = 1 : 7.$$

5 Полученную формулу кристаллогидрата записать в виде



и сравнить с истинной формулой кристаллогидрата (дается преподавателем).

6 Определить содержание влаги (истинная формула: $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$):

$$2,43 \text{ г} - 100 \%$$

$$1,09 \text{ г} - w \%$$

$$w \% = 44,96 \%$$

7 Определить ошибку опыта в процентах.

$$7 - 100 \%$$

$$7-7 - w \%$$

$$w\% = 0$$

8 Вывод: определена формула кристаллогидрата: $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, с относительной ошибкой $w \% = 0 \%$, содержание влаги $w \% = 44,96 \%$

Приложение Б
(обязательное)

Задачи и упражнения для самостоятельной работы

Вариант 1

1 Массовая доля воды в кристаллогидрате сульфата никеля (II) равна 44,8 %. Какое количество воды содержит 1 моль кристаллогидрата?

2 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\underline{\text{Na}}_2\text{O}$, $\text{H}_2\underline{\text{Cr}}\text{O}_4$, $\underline{\text{Pb}}(\text{OH})_4$.

3 Анестезирующее средство- голотан - содержит углерод, водород, хлор, бром и фтор. Элементный анализ дает сведения, что массовые доли соответственно равны 12,2 %, 0,5 %, 18,0 %, 40,4 %, 28,9 %. Установить эмпирическую формулу этого вещества.

Вариант 2

1 Вычислить массовую долю (%) элемента в соединении $\text{K}\underline{\text{Cr}}(\text{SO}_4)$, $\underline{\text{Zn}}\text{Cl}_2$, $\underline{\text{Ni}}(\text{OH})_2$

2 При обезвоживании 1,197 г кристаллогидрата хлорида меди (II) убыль массы оказалась равной 0,252 г. Вычислить, сколько молекул кристаллизационной воды приходится на одну формульную единицу CuCl_2 .

3 Установить формулу соединения, которое содержит 31,8% калия, 29 % хлора, 39,2 % кислорода.

Вариант 3

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\underline{\text{Pb}}\text{Br}_2$, $\underline{\text{Rb}}_2\text{O}_3$, $\text{NaH}_2\underline{\text{P}}\text{O}_4$.

2 Определить формулу кристаллогидрата соды, если известно, что при прокаливании 14,3 г кристаллогидрата получается 5,3 г безводной соли.

3 Выведите молекулярную формулу органического соединения, содержащего 81,8 % углерода, 18,2 % водорода. Известно, что масса 1 л этого вещества равна 1,97 г.

Вариант 4

1 Массовая доля воды в кристаллогидрате сульфата магния равна 51,2 %. Какое количество воды содержит 1 моль кристаллогидрата?

2 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении. $\text{Mg}\underline{\text{S}}\text{O}_4$, $\underline{\text{Zn}}(\text{OH})_2$, $\underline{\text{Pb}}\text{CO}_3$.

3 Углеводород, массовая доля углерода в котором равна 85,7 %, имеет плотность 1,875 г/л. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

Вариант 5

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\underline{\text{Ca}}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Na}\underline{\text{N}}\text{O}_2$, $\underline{\text{Fe}}(\text{OH})_3$.

2 При обезвоживании 5,0 г медного купороса убыль массы оказалась равной 1,8 г. Вычислить, сколько молекул кристаллизационной воды приходится на одну формульную единицу CuSO_4 .

3 Аскорбиновая кислота (витамин С) имеет молекулярную массу 176 и содержит 40,91 % углерода, 4,55 % водорода и 54,54 % кислорода. Найдите молекулярную формулу этой кислоты.

Вариант 6

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\text{K}\underline{\text{Cl}}\text{O}_4$, $\underline{\text{Zn}}\text{Cl}_2$, $\underline{\text{Ca}}_3\text{PO}_4$.

2 Определить формулу кристаллогидрата хлорида бария, если известно, что при прокаливании 3,66 г кристаллогидрата получается 3,12 г безводной соли.

3 Найти молекулярную формулу газообразного вещества, содержащего 93,75 % углерода и 6,25 % водорода, если плотность этого вещества по воздуху равна 4,41.

Вариант 7

1 Массовая доля воды в кристаллогидрате сульфата меди (II) равна 36%. Какое количество воды содержит 1 моль кристаллогидрата?

2 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\underline{\text{Mg}}(\text{OH})_2$, $(\underline{\text{N}}\text{H}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{H}_2\underline{\text{S}}\text{O}_4$.

3 Выведите молекулярную формулу органического соединения, содержащего 40 % углерода, 6,7 % водорода, 53,3 % кислорода. Относительная молекулярная масса этого вещества равна 180.

Вариант 8

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении. $\underline{\text{Fe}}\text{SO}_4$, $\text{Na}\underline{\text{C}}\text{O}_3$, $\underline{\text{Al}}(\text{OH})_3$.

2 При обезвоживании 1,7 г кристаллогидрата хлорида меди (II) убыль массы оказалась равной 0,36 г. Вычислить, сколько молекул кристаллизационной содержится в кристаллогидрате.

3 Углеводород, массовая доля углерода в котором равна 8%, имеет плотность 1,35 г/л. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

Вариант 9

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\underline{\text{Bi}}(\text{OH})_3$, $\text{KH}\underline{\text{S}}\text{O}_3$, $\text{H}\underline{\text{N}}\text{O}_3$.

2 Определить формулу железного купороса, если известно, что при прокаливании его образца массой 1,39 г получается 0,76 г безводного сульфата железа (II).

3 Определите молекулярную формулу органического соединения, если массовая доля в нем углерода равна 37,5 %, кислорода — 50 %, водорода — 12,5 %. Относительная плотность данного соединения по водороду равна 16.

Вариант 10

1 Массовая доля воды в кристаллогидрате сульфате железа (II) равна 45,3 %. Какое количество воды содержит 1 моль кристаллогидрата?

2 Вычислить массовую долю (%) элемента в соединении. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ZnCl_2 , Ca_3PO_4 .

3 Плотность вещества при н.у. составляет 2,41 г/л. массовая доля углерода в веществе равна 88,9 %, а водорода - 11,1 %. Какова молекулярная формула вещества?

Вариант 11

1 Вычислить массовую долю (%) подчеркнутого элемента в соединении $\text{H}_4\text{T}\text{iO}_4$, $\text{Ca}(\text{H}\text{S})_2$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$.

2 При обезвоживании 3,69 г кристаллогидрата сульфата магния убыль массы оказалась равной 1,89 г. Вычислить, сколько молекул кристаллизационной воды приходится на одну формульную единицу MgSO_4 .

3 Выведите молекулярную формулу фторпроизводного предельного углеводорода с массовой долей фтора, равной 73 %, углерода — 23 % и водорода — 4 %. Относительная молекулярная масса этого соединения равна 52.

Вариант 12

1 Вычислить массовую долю (%) элемента в соединении. N_2O , TiCl_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

2 Определить формулу кристаллогидрата соды, если известно, что при прокаливании 2,86 г кристаллогидрата получается 1,06 г безводной соли.

3 Определите молекулярную формулу углеводорода, если массовая доля углерода в нем равна 82,8 %, а плотность этого вещества составляет 2,59 г/л.

Тест

Вариант 1

- 1 Массовая доля (%) безводной соли в медном купоросе:
а) 64; б) 49; в) 36; г) 40; д) 60.
- 2 Массовая доля (%) кристаллизационной воды в медном купоросе:
а) 64; б) 49; в) 36; г) 40; д) 60.
- 3 Формула кристаллогидрата хлорида кобальта (II), в котором мольная доля кислорода составляет 25 %:
а) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; б) $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; в) $\text{CoCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; г) $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; д) $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- 4 Формула гипса:
а) $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; б) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; г) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; д) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.
- 5 Формула алебастра:
а) $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; б) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; г) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; д) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.
- 6 Количество $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, содержащее 2 моль кристаллизационной воды:
а) 0,2 моль; б) 1,5 моль; в) 0,5 моль; г) 0,4 моль; д) 2,4 моль.
- 7 Английская соль имеет состав:
а) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; б) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; г) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; д) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.
- 8 Массовая доля воды в кристаллогидрате сульфата меди (II) равна 36%. Один моль кристаллогидрата содержит воды:
а) 2 моль; б) 5 моль; в) 10 моль; г) 7 моль; д) 4 моль
- 9 Формула железного купороса, если при прокаливании его образца массой 1,39 г получается 0,76 г безводного сульфата железа (II):
а) $\text{CoCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; б) $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; в) $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$; г) $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; д) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$;
- 10 Состав кристаллогидрата сульфата никеля (II) можно определить экспериментально по плану:
а) взвесить пустой тигель; б) охладить тигель с веществом в эксикаторе;

в) взвесить тигель с безводной солью; г) взвесить тигель с кристаллогидратом;

д) обезводить кристаллогидрат.

а) а, г, д, б, в;

б) а, г, д, б, в;

в) г, а, д, б, в;

г) а, г, д, в, б;

д) а, д, г, б, в;

Вариант 2

1 Чистое вещество (в отличие от смесей) – это

1) чугун; 2) питьевая сода; 3) воздух; 4) нефть.

2 Формула кристаллогидрата, имеющего состав в массовых долях процента (%): магния – 9,8; серы – 13,0; кислорода – 26,0; воды – 51,2

1) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

2) $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;

3) $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;

4) $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

3 Формула кристаллогидрата хлорида меди(II), если при его прокаливании массой 1,197 г потеря в массе составила 0,252 г

1) $\text{CuCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

2) $\text{CuCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;

3) $\text{CuCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;

4) $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

4 Вещества, с которыми раствор сульфата меди(II) реагирует по отдельности,

1) Fe, Na_2S , KOH;

2) Ag, K_2CO_3 , BaCl_2 ;

3) Zn, HNO_3 , CaCO_3 ;

4) Al, KCl, KOH.

5 Формула кристаллогидрата, имеющего состав в массовых долях процента (мас, %): натрия – 16,09; углерода – 4,20; кислорода – 16,78; воды – 62,94,

1) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;

3) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$;

4) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

6 Количество вещества (моль), содержащееся в 37,6 г нитрата меди(II), равно

1) 0,20; 2) 0,30; 3) 3,35; 4) 5,00.

7 Формула кристаллогидрата, имеющего состав в массовых долях процента (мас, %): железа – 19,93; серы – 17,08; кислорода – 34,16; воды – 28,82,

1) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;

2) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$;

3) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$;

4) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Литература

- 1 Коровин Н. В. Общая химия:– М.: Высшая школа, 2007.
- 2 Глинка Н.Л. Общая химия. Учебное пособие для ВУЗов/ Н.Л. Глинка. – 30–е изд., – М.: Химия, 2004–728с.
- 3 Практикум по неорганической химии: учебное пособие для студентов пед. институтов / Л. В. Бабиц [и др.] М.: Просвещение, 1991.–320с.
- 4 Сборник упражнений и задач по общей химии/ Н. Л. Глинка. –М. 2003 –240с.
- 5 Угай Я. А. Общая химия: учебник/ Я. А. Угай .– 2–е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1984.– 440с.
- 6 Угай Я. А. Неорганическая химия: учебник/ Я. А. Угай .– М.: Высшая школа, 1989. – 462с.
- 7 Некрасов Б. В. Основы общей химии: в 2 т.–М.: Химия 1972–1973. Т.1-2.
- 8 Ахметов Н. С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии: учебное пособие / Н.С. Ахметов, М. К.Азизова, Л.И. Бадыгина. – М.: Высш. шк., 2003 – 367с.
- 9 Гольбрайх З. Е. Практикум по неорганической химии. Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1979 – 368с.