

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к практическим и лабораторным занятиям  
по дисциплине  
«Химия»  
для обучающихся по специальности  
40.02.01 ПРАВО И ОРГАНИЗАЦИЯ  
СОЦИАЛЬНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ(ЗФО).

*сведения о сертификате ЭЦ*

Владелец: Кандаурова Наталья  
Владимировна, директор  
Сертификат:  
0298d2a100a6b37d85433743564d5a7918  
Действителен: с 01.12.2025 12:39:11 по  
01.03.2027 12:49:11

Ставрополь, 2023 г.

Методические указания составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования и рабочей программой дисциплины «Химия». В методических указаниях представлен материал для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине.

Составитель: Луцкай А.Б.

Рассмотрено на заседании методического объединения общеобразовательного цикла, протокол № 6 от «24» мая 2023 г.

Рекомендовано к использованию в учебном процессе Методическим советом СМК, протокол № 7 от «25» мая 2023 г

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>№ занятия</b>	<b>Тема практического(лабораторного) занятия</b>	<b>Страница</b>
	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>4</b>
	Практические занятия.	
1.	Практические занятия №1 Практическое занятие. Основные химические законы и понятия.	6
2.	Практические занятия №2 Практическое занятие. Периодический закон и строение атома.	15
	Лабораторные занятия.	
1.	Лабораторные занятия №1 Лабораторная работа. Общие правила работы, химические реактивы, посуда в химической лаборатории. Техника безопасности в химической лаборатории.	24
5.	Лабораторные занятия №2 Лабораторная работа. Получение и собиране газоз.	30
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ:</b>		32
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:</b>		39

## ВВЕДЕНИЕ

### **Цели освоения дисциплины:**

- формирование у обучающихся умения оценивать значимость химического знания для каждого человека;
- формирование у обучающихся целостного представления о мире и роли химии в создании современной естественно-научной картины мира; умения объяснять объекты и процессы окружающей действительности: природной, социальной, культурной, технической среды, используя для этого химические знания;
- развитие у обучающихся умений различать факты и оценки, сравнивать оценочные выводы, видеть их связь с критериями оценок и связь критериев с определенной системой ценностей, формулировать и обосновывать собственную позицию;
- приобретение обучающимися опыта разнообразной деятельности, познания и самопознания; ключевых навыков, имеющих универсальное значение для различных видов деятельности (навыков решения проблем, принятия решений, поиска, анализа и обработки информации, коммуникативных навыков, навыков измерений, сотрудничества, безопасного обращения с веществами в повседневной жизни).

### **Результаты освоения учебной дисциплины:**

#### **Личностные:**

- чувство гордости и уважения к истории и достижениям отечественной химической науки; химически грамотное поведение в профессиональной деятельности и в быту при обращении с химическими веществами, материалами и процессами;
- готовность к продолжению образования и повышению квалификации в избранной профессиональной деятельности и объективное осознание роли химических компетенций в этом;
- умение использовать достижения современной химической науки и химических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;

#### **Метапредметные:**

- использование различных видов познавательной деятельности и основных интеллектуальных операций (постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, поиска аналогов, формулирования выводов) для решения поставленной задачи, применение основных методов познания (наблюдения, научного эксперимента) для изучения различных сторон химических объектов и процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере;
- использование различных источников для получения химической информации, умение оценить ее достоверность для достижения хороших результатов в профессиональной сфере;

#### **Предметные:**

- сформированность представлений о месте химии в современной научной картине мира;
- понимание роли химии в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;
- владение основополагающими химическими понятиями, теориями, законами и закономерностями; уверенное пользование химической терминологией и символикой;
- владение основными методами научного познания, используемыми в химии: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом; умение обрабатывать, объяснять результаты проведенных опытов и делать выводы; готовность и способность применять методы познания при решении практических задач;
- сформированность умения давать количественные оценки и производить расчеты по химическим формулам и уравнениям;
- владение правилами техники безопасности при использовании химических веществ;
- сформированность собственной позиции по отношению к химической информации, получаемой из разных источников.

ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 6 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 8 Организовывать рабочее место с соблюдением требований охраны труда, производственной санитарии, инфекционной и противопожарной безопасности.

ПК 1.3 Обеспечивать работу оргтехники и компьютерной техники, компьютерных сетей и программного обеспечения судов, сайтов судов в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть Интернет).

ЛР 1 Осознающий себя гражданином и защитником великой страны.

ЛР 7 Осознающий приоритетную ценность личности человека; уважающий собственную и чужую уникальность в различных ситуациях, во всех формах и видах деятельности.

ЛР 11 Осознающий приоритетную ценность личности человека; уважающий собственную и чужую уникальность в различных ситуациях, во всех формах и видах деятельности.

ЛР 13 Осознающий приоритетную ценность личности человека; уважающий собственную и чужую уникальность в различных ситуациях, во всех формах и видах деятельности.

ЛР 15 Проявляющий гражданское отношение к профессиональной деятельности как к возможности личного участия в решении общественных, государственных, общенациональных проблем.

ЛР14 Умеющий признавать, соблюдать и защищать права, свободы и законные интересы человека и гражданина как проявление нравственного долга и профессиональной обязанности государственного гражданского служащего России.

## Практическое занятие № 1

### Основные химические законы и понятия

#### 1. Теоретическая часть

##### Основные газовые законы

Решающую роль в доказательстве существования атомов и молекул сыграли газовые законы.

**Закон Бойля-Мариотта** (1676 г.): при постоянной температуре давление, производимое данной массой газа, обратно пропорционально объему газа  $p_2/p_1 = V_1/V_2$  или  $pV = \text{const}$ .

**Закон Гей-Люссака** (1802 г.): при постоянном давлении объем газа изменяется прямо пропорционально абсолютной температуре  $V_1/T_1 = V_2/T_2$  или  $V/T = \text{const}$ .

Зависимость между  $V$ ,  $p$  и  $T$  можно выразить общей формулой, объединяющей законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака:  $pV/T = p_0V_0/T_0$ , где  $p_0$ ,  $V_0$ ,  $T_0$  – давление, объем и температура прин.у.

Уравнение используется при решении задач для приведения газа к н.у., позволяет находить любую из указанных величин, если известны остальные.

Молярную массу газа вычисляют по **уравнению Клапейрона-Менделеева**:

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

где  $m$  – масса газа,  $M_r$  – молекулярная масса газа,  $R$  – молярная (универсальная) газовая постоянная.

Величина газовой постоянной определяется принятыми единицами измерения. Если давление измерять в Па, а объем в м<sup>3</sup>, то  $R = 8,3144 \cdot 10^3$  Дж/(кмоль·К).

Если объем газа выражен в литрах, то уравнение Клапейрона-Менделеева приобретает вид

$$PV = 1000mRT/M$$

##### Парциальные давления газа

Рабочее тело, используемое в термодинамических установках, обычно представляет собой смесь нескольких газов. Например, в двигателях внутреннего сгорания в состав продуктов сгорания, являющихся рабочим телом, входят водород, кислород, азот, окись углерода, углекислый газ, водяные пары воды и некоторые другие газообразные вещества.

В 1801 году английский физик Джон Дальтон установил закон, согласно которому давление, оказываемое смесью, равно сумме парциальных давлений отдельных газов, входящих в состав смеси.

*Парциальным давлением газа* в смеси называется давление, которое производил бы этот газ, занимая при тех же условиях объем всей газовой смеси.

Согласно *закону парциальных давлений*, общее давление смеси газов, не вступающих друг с другом в химическое взаимодействие, равно сумме парциальных давлений газов, составляющих смесь:

$$p_{\text{см}} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum p_i,$$

Это утверждение легко доказать основываясь на выводах из закона Бойля-Мариотта, рассматривая парциальные компоненты по отдельности и в смеси.

Закон Дальтона применим для идеальных газов и может быть использован для реальных газов, имеющих близкие к идеальным физические свойства и параметры.

Если газ собран над жидкостью, то при расчетах следует иметь в виду, что его давление является парциальным и равно разности общего давления газовой смеси и парциального давления пара жидкости.

С 1961 г. в нашей стране введена Международная система единиц измерения (СИ). За единицу количества вещества принят моль.

*Моль – количество вещества системы, содержащее столько молекул, атомов, ионов, электронов или других структурных единиц, сколько их содержится в 0,012 кг изотопа углерода <sup>12</sup>C.*

Число структурных единиц, содержащихся в 1 моле вещества  $N_A$  (постоянная Авогадро), определено с большой точностью; в практических расчетах его принимают равным  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул (моль<sup>-1</sup>).

Нетрудно доказать, что масса 1 моля вещества (*мольная масса*), выраженная в граммах, численно равна относительной молекулярной массе этого вещества, выражаемой в атомных единицах массы (а.е.м.). Например, относительная молекулярная масса кислорода ( $M_r$ ) – 32 а.е.м., а мольная масса ( $M$ ) – 32 г/моль.

Согласно *закону Авогадро*, в равных объемах любых газов, взятых при одной и той же температуре и одинаковом давлении, содержится одинаковое число молекул.

Иными словами, одно и то же число молекул любого газа занимает при одинаковых условиях один и тот же объем. Вместе с тем 1 моль любого газа содержит одинаковое число молекул. Следовательно, при одинаковых условиях 1 моль любого газа занимает один и тот же объем. Этот объем называется *мольным объемом* газа ( $V_0$ ) и при нормальных условиях ( $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ , давлении  $101,325 \text{ кПа} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ атм}$ ) равен  $22,4 \text{ дм}^3(\text{л})$ . Объем, занимаемый газом при этих условиях, принято обозначать через  $V_0$ , а давление – через  $p_0$ .

Отсюда следует, что массы двух газов, взятых в одинаковых объемах, должны относиться друг к другу, как их молекулярные массы или как чис-

ленно равные их молярные массы:  $m_1 m_2 = M_1 M_2$

Здесь  $m_1$  и  $m_2$  массы, а  $M_1$  и  $M_2$  – молярные массы первого и второго газов.

Отношение массы данного газа к массе другого газа, взятого в том же

объеме, при той же температуре и том же давлении, называется относительной плотностью первого газа по второму.

Например, при нормальных условиях масса диоксида углерода в объеме 1 л равна 1,98 грамм, а масса водорода в том же объеме и при тех же условиях – 0,09 грамм, откуда плотность диоксида углерода по водороду составит:  $1,98/0,09=22$ .

Обозначим относительную плотность газам  $m_1/m_2$  буквой  $D$ . Тогда

$$D=M_1/M_2$$

откуда  $M_1=DM_2$ .

*Молярная масса газа равна его плотности по отношению к другому газу, умноженной на молярную массу второго газа.*

Часто плотности различных газов определяют по отношению к водороду, как самому легкому из всех газов. Поскольку молярная масса водорода равна 2,0158 г/моль, то в этом случае уравнение для расчета молярных масс принимает вид  $M_1=2,0158D$  или, если округлить молярную массу водорода до 2:  $M_1=2D$ .

Вычисляя, например, по этому уравнению молярную массу диоксида углерода, плотность которого по водороду, как указано выше, равна 22, находим:  $M_1=2 \cdot 22=44$  г/моль.

Нередко также молярную массу газа вычисляют, исходя из его плотности по воздуху. Хотя воздух представляет собой смесь нескольких газов, все же можно говорить о *средней молярной массе воздуха*, определенной из плотности воздуха по водороду. Найденная таким путем молярная масса воздуха равна 29 г/моль.

Обозначив плотность исследуемого газа по воздуху через  $D_{\text{возд}}$ , получим следующее уравнение для вычисления молярных масс:  $M_1 = 29D_{\text{возд}}$

Молярную массу вещества (а следовательно, и его относительную молекулярную массу) можно определить и другим способом, используя понятие о молярном объеме вещества в газообразном состоянии. Для этого находят объем, занимаемый при нормальных условиях определенной массой данного вещества в газообразном состоянии, а затем вычисляют массу 22,4 л этого вещества при тех же условиях. Полученная величина и выражает молярную массу вещества (в г/моль).

Измерения объемов газов обычно проводят при условиях, отличных от нормальных. Для приведения объема газа к нормальным условиям можно пользоваться уравнением, объединяющим газовые законы Бойля–Мариотта и Гей-Люссака. Молярные массы газов можно вычислить также, пользуясь уравнением состояния идеального газа – уравнением Клапейрона–Менделеева.

Описанными способами можно определять молекулярные массы не только газов, но и всех веществ, переходящих при нагревании (без разложения) в газообразное состояние. Для этого навеску исследуемого вещества превращают в пар и измеряют его объем, температуру и давление. Последующие вычисления производят так же, как и при определении молекулярных масс газов.

Молекулярные массы, определенные этими способами, не вполне точны, потому что рассмотренные газовые законы и уравнение Клапейрона–

Менделеева строго справедливы лишь при очень малых давлениях. Более точно молекулярные массы вычисляют на основании данных анализа вещества.

#### *Понятие эквивалента и эквивалентной массы*

При протекании химических реакций во взаимодействие вступают молекулы, атомы или ионы исходных веществ. Для того чтобы они прореагировали полностью, их необходимо брать в эквивалентах (равноценных количествах).

*Эквивалент (Э)* – такое количество вещества, которое соединяется с 1 молем атомов водорода или 1/2 моля атомов кислорода в химических реакциях. Эквивалент выражается в молях. Пример: в соединениях HCl, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> эквивалент хлора, серы, азота, углерода, равен соответственно 1 моль, 1/2 моль, 1/3 моль, 1/4 моль.

При определении эквивалента вещества иногда удобнее использовать следующее его определение.

*Эквивалент* – реальная или условная частица, которая в данной кислотно-основной реакции, в реакции ионного обмена равноценна одному атому или одному иону водорода, а окислительно-восстановительные реакции – одному электрону. Под «реальной» частицей понимают реально существующие соединения (NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>), под «условной» частицей – доли этих реальных частиц (1/2H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1/4O<sub>2</sub>).

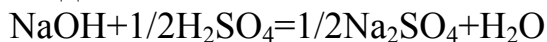
Масса одного эквивалента вещества называется *эквивалентной массой вещества (Э<sub>вещ</sub>)*.

Эквиваленты и эквивалентные массы обычно находят по данным анализа соединений либо на основе результатов замещения одного элемента другим. Для определения эквивалента (или эквивалентной массы) элемента необязательно исходить из его соединения с водородом. Эквивалент (эквивалентную массу) можно вычислить по составу соединения данного элемента с любым другим, эквивалент, эквивалентная масса которого известен.

#### *Примеры определения эквивалента*

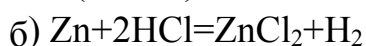


В данной ионообменной реакции участвуют два иона водорода, а на один ион водорода приходится

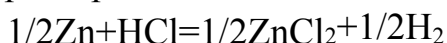


Поэтому  $\text{Э}(\text{NaOH}) = \text{NaOH}$ ;  $\text{Э}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Э}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/2\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Э}(\text{H}_2\text{O}) = \text{H}_2\text{O}$ .

*Поскольку молекулярные соотношения соответствуют молярным, справедливо утверждение: Э(NaOH)=1 моль молекул NaOH и далее соответственно Э(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)=1/2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; Э(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)=1/2M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; Э(H<sub>2</sub>O)=1M H<sub>2</sub>O.*



В данной окислительно-восстановительной реакции участвуют два электрона. На один электрон приходится



Поэтому  $\mathcal{E}(\text{Zn}) = 1/2M_{\text{Zn}}$ ;  $\mathcal{E}(\text{HCl}) = 1M_{\text{HCl}}$ ;  $\mathcal{E}(\text{ZnCl}_2) = 1/2M_{\text{ZnCl}_2}$ ;  $\mathcal{E}(\text{H}_2) = 1/2M_{\text{H}_2}$ .

*Примеры определения эквивалентной массы*

Так, эквивалентные массы в реакции (б)  $\mathcal{E}_{\text{Zn}} = 1/2M_{\text{Zn}} = 1/2 \cdot 65 = 32,5$  г/моль;  $\mathcal{E}_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} = 36,45$  г/моль. И в приведенных выше примерах эквивалентные массы хлора, серы, азота, углерода соответственно равны  $\mathcal{E}_{\text{Cl}_2} = 35,45$  г/моль,  $\mathcal{E}_{\text{S}} = 32/2 = 16$  г/моль,  $\mathcal{E}_{\text{N}} = 14/3 = 4,67$  г/моль,  $\mathcal{E}_{\text{C}} = 12/4 = 3$  г/моль.

При определении эквивалентных масс различных веществ, например по объему выделенного газа, последний собирают над водой. Тогда следует учитывать парциальное давление газа.

Парциальным давлением газа в смеси называется давление, которое производил бы этот газ, занимая при тех же физических условиях объем всей газовой смеси. Согласно *закону парциальных давлений общее давление смеси газов, не вступающих друг с другом в химическое взаимодействие, равно сумме парциальных давлений газов, составляющих смесь*. Если газ собран над жидкостью, то при расчетах следует иметь в виду, что его давление является парциальным и равно разности общего давления газовой смеси и парциального давления пара жидкости.

При решении некоторых задач, содержащих сведения об объемах газообразных веществ, целесообразно пользоваться значением *эквивалентного объема ( $V_{\mathcal{E}}$ )* – объем, занимаемый при нормальных условиях 1 эквивалентом газообразного вещества. Для вычисления эквивалентного объема газов необходимо знать число эквивалентов в одном моле газа. Например, для водорода  $\mathcal{E}_{\text{H}_2} = 1$  г/моль, что вдвое меньше моля, следовательно, эквивалент водорода в два раза меньше объема моля, т.е.  $V_{\mathcal{E}(\text{H}_2)} = 22,4 : 2 = 11,2$  л. Аналогично  $\mathcal{E}_{\text{O}_2} = 1/4M_{\text{O}_2} = 32 : 4 = 8$  г/моль, отсюда эквивалентный объем кислорода в четыре раза меньше его молярного объема, т.е.  $V_{\mathcal{E}(\text{O}_2)} = 22,4 : 4 = 5,6$  л.

В качестве исходных величин при определении химических эквивалентов веществ приняты эквивалент водорода и эквивалент кислорода, поэтому *необходимо помнить*:

$$\begin{array}{ll} \mathcal{E}(\text{H}_2) = 1 \text{ моль атомов,} & \mathcal{E}(\text{O}_2) = 1/2 \text{ моля атомов,} \\ \mathcal{E}_{\text{H}_2} = 1 \text{ г/моль,} & \mathcal{E}_{\text{O}_2} = 8 \text{ г/моль,} \\ V_{\mathcal{E}(\text{H}_2)} = 11,2 \text{ л/моль,} & V_{\mathcal{E}(\text{O}_2)} = 5,6 \text{ л/моль.} \end{array}$$

Определение эквивалентов простых и сложных веществ

Эквивалент и эквивалентную массу элемента или простого вещества можно вычислить исходя из мольной массы его атомов ( $M$ ) и валентности ( $V$ ) по формуле  $\mathcal{E} = M/V$ .

Например,  $\mathcal{E}_{\text{Al}} = M_{\text{Al}}/V = 27/3 = 9$  г/моль, а  $\mathcal{E}(\text{Al}) = 1/3M_{\text{Al}}$ .

Из данного соотношения следует, что элемент, проявляющий в соединениях переменную валентность, имеет несколько значений эквивалентов.

Так, например, в соединении  $\text{CuO}$   $\mathcal{E}_{\text{Cu}}=64/2=32$  г/моль и  $\mathcal{E}(\text{Cu})=1/2\text{M Cu}$ , а в соединении  $\text{Cu}_2\text{O}$   $\mathcal{E}_{\text{Cu}}=64/1=64$  г/моль и  $\mathcal{E}(\text{Cu})=1\text{M Cu}$ .

Понятие об эквивалентах и эквивалентных массах распространяется также на сложные вещества: оксиды, основания, кислоты, соли. Эквивалентом сложного вещества называется такое его количество, которое взаимодействует с одним эквивалентом водорода или вообще с одним эквивалентом любого другого вещества.

Эквивалент и эквивалентная масса оксида определяются из соотношения  $\mathcal{E}=M/(V \cdot n)$ , где  $M$  – мольная масса оксида;  $V$  – валентность элемента (или кислорода);  $n$  – число атомов этого элемента (или кислорода) в соединении.

Эквивалентную массу оксида можно рассчитать, исходя из суммы эквивалентов элемента, его образующего, и кислорода:

$$\mathcal{E}_{\text{окс}} = \mathcal{E}_{\text{эл}} + 8.$$

Например,  $\mathcal{E}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = M_{\text{Al}_2\text{O}_3} / (V_{\text{Al}} \cdot n_{\text{Al}}) = 102 / (3 \cdot 2) = 17$  г/моль,  $\mathcal{E}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \mathcal{E}_{\text{Al}} + 8 = 27/3 + 8 = 17$  г/моль.

Эквивалент и эквивалентная масса кислоты, основания, соли равны

$$\mathcal{E}_{\text{кисл}} = \frac{M_{\text{кисл}}}{n_{\text{H}^+}}; \mathcal{E}_{\text{осн}} = \frac{M_{\text{осн}}}{n_{\text{OH}^-}}; \mathcal{E}_{\text{соли}} = \frac{M_{\text{соли}}}{V_{\text{Me}} n_{\text{Me}}},$$

где  $M_{\text{кисл}}$ ,  $M_{\text{осн}}$ ,  $M_{\text{соли}}$  – мольные массы соответственно кислоты, основания, соли;  $n_{\text{H}^+}$  – число ионов водорода, замещенных в данной реакции на металл;

$n_{\text{OH}^-}$  – число вступающих в реакцию гидроксильных групп;  $V_{\text{Me}}$  – валентность металла;  $n_{\text{Me}}$  – число атомов металла в молекуле соли.

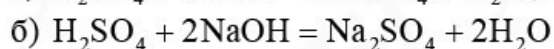
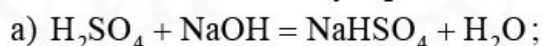
Эквивалентную массу основания можно представить как сумму эквивалентной массы металла и гидроксильной группы; эквивалентную массу кислоты (соли) – как сумму эквивалентной массы водорода (металла) и кислотного осадка. Эквивалентная масса кислотного остатка рассчитывается делением мольной массы на его заряд. Например:

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}^+}} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/моль}, \mathcal{E}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \mathcal{E}_{\text{H}^+} + \mathcal{E}_{\text{SO}_4^{2-}} = 1 + \frac{96}{2} = 49 \text{ г/моль};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{M_{\text{Ca(OH)}_2}}{n_{\text{OH}^-}} = \frac{74}{2} = 37 \text{ г/моль}, \mathcal{E}_{\text{Ca(OH)}_2} = \mathcal{E}_{\text{Ca}^{2+}} + \mathcal{E}_{\text{OH}^-} = \frac{40}{2} + \frac{17}{1} = 37 \text{ г/моль};$$

$$\mathcal{E}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{M_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}}{V_{\text{Al}} n_{\text{Al}}} = \frac{342}{3 \cdot 2} = 57 \text{ г/моль}, \mathcal{E}_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \mathcal{E}_{\text{Al}^{3+}} + \mathcal{E}_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{27}{3} + \frac{96}{2} = 57 \text{ г/моль}.$$

Эквиваленты сложных веществ могут иметь различные значения в зависимости от того, в какую реакцию обмена они вступают:



В реакции (а) участвует один ион водорода, поэтому

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}^+}} = \mathcal{E}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{M H}_2\text{SO}_4 = 98/1 = 98 \text{ г/моль}, \text{ а в реакции (б) участвуют}$$

оба иона водорода серной кислоты, из чего следует, что

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}^+}} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/моль} \quad \mathcal{E}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2 \text{ M H}_2\text{SO}_4.$$

Понятие эквивалента позволяет сформулировать один из основных стехиометрических законов химии – *закон эквивалентов: массы веществ ( $m_1, m_2$ ), реагирующих друг с другом или получающихся в результате реакции, пропорциональны их эквивалентным массам ( $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ ), т.е.*

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2}.$$

Если одно или оба вещества находятся в газообразном состоянии, закон эквивалентов записывается в виде:

$$\frac{m_1}{V_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{V_{\mathcal{E}_2}}, \quad \text{или} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{\mathcal{E}_1}}{V_{\mathcal{E}_2}},$$

где  $V_1, V_2$  – объемы взаимодействующих газообразных веществ при н.у.;  $V_{\mathcal{E}_1}, V_{\mathcal{E}_2}$  – эквивалентные объемы газообразных веществ при н.у.

Свойства пропорции сохраняются, если представленные выражения записать в другом виде. Поделив массу (объем) каждого вещества на эквивалентную массу (объем) этого вещества, получим количество вещества эквивалента или число моль эквивалентов вещества ( $n_{\mathcal{E}}$ ):

$$\frac{m_1}{\mathcal{E}_1} = \frac{m_2}{\mathcal{E}_2} \quad \text{или} \quad n_{\mathcal{E}_1} = n_{\mathcal{E}_2}; \quad \frac{m_1}{\mathcal{E}_1} = \frac{V_2}{V_{\mathcal{E}_2}} \quad \text{или} \quad n_{\mathcal{E}_1} = n_{\mathcal{E}_2};$$

$$\frac{V_1}{V_{\mathcal{E}_1}} = \frac{V_2}{V_{\mathcal{E}_2}} \quad \text{или} \quad n_{\mathcal{E}_1} = n_{\mathcal{E}_2}.$$

Исходя из последнего выражения закон эквивалентов можно сформулировать следующим образом: «*Число моль эквивалентов всех участвующих в данной реакции веществ одинаково*».

Понятие эквивалента и эквивалентной массы применяется для *выражения концентрации растворов ( $C_n$ )*. Раствор, в 1 л которого содержится масса 1 эквивалента растворенного вещества, называется нормальным. Например, 1 н. раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержит в 1 л массу 1 эквивалента растворенного вещества, т.е. 49 г.

Для реагирующих веществ, находящихся в растворе, закон эквивалентов записывается следующим образом:

$$C_{n(1)} \cdot V_1 = C_{n(2)} \cdot V_2,$$

где  $C_{n(1)}$  и  $C_{n(2)}$  – эквивалентные концентрации (нормальность) растворов, моль•экв/л;  $V_1$  и  $V_2$  – объемы реагирующих растворов, мл.

В экспериментальной работе, например, при определении эквивалентной концентрации раствора кислоты или щелочи титрованием, удобнее использовать последнее соотношение в виде:  $V_1/V_2 = C_{n(2)}/C_{n(1)}$ .

Отсюда следует, что при различной нормальности растворов отношения их объемов обратно пропорциональны нормальности.

Эквиваленты веществ обычно устанавливаются по данным анализа соединений химическим (метод прямого определения, аналитический метод, метод вытеснения водорода) или электрохимическим путем. В основе химического определения лежит закон эквивалентов, а электрохимического – закон Фарадея, согласно которому при прохождении через раствор электролита 96500 кулон электричества на электродах выделяется масса 1 эквивалента вещества.

Формулы веществ показывают, какие элементы и в каком количестве входят в состав вещества. Различают формулы простейшие и молекулярные. Простейшая формула выражает наиболее простой возможный атомный состав молекул вещества, соответствующий отношениям масс между элементами, образующими данное вещество. Молекулярная формула показывает действительное число атомов каждого элемента в молекуле (для веществ молекулярного строения). Для вывода простейшей формулы вещества достаточно знать его состав и атомные массы образующих данное вещество элементов. Для нахождения молекулярной формулы вещества необходимо, кроме состава вещества, знать его молекулярную массу.

## 2. Задачи к практическому занятию

1. Плотность газа по воздуху равна 1,17. Определите молекулярную массу газа.
2. При  $17^{\circ}\text{C}$  некоторое количество газа занимает объем 580 мл. Какой объем займет это же количество газа при  $100^{\circ}\text{C}$ , если давление его останется неизменным?
3. Давление воздуха в автомобильной шине равно  $3,0399 \cdot 10^5$  Па при  $15^{\circ}\text{C}$ . Как изменится давление в шине при нагревании ее до  $60^{\circ}\text{C}$  от трения при движении автомобиля? Объем считать постоянным.
4. Газовая смесь составлена из  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  метана под давлением 96000 Па,  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  водорода под давлением 84000 Па и  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  диоксида углерода под давлением 109000 Па. Объем смеси  $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Определите парциальные давления газов в смеси и общее давление смеси.
5. Смешивают  $0,04 \text{ м}^3$  азота, находящегося под давлением 96 кПа (720 мм рт. ст.), с  $0,02 \text{ м}^3$  кислорода. Общий объем смеси  $0,06 \text{ м}^3$ , а общее давление 97,6 кПа (732 мм рт.ст.). Каким было давление взятого кислорода?
6. Газовая смесь приготовлена из 2 л  $\text{H}_2$  ( $p=93,3$  кПа) и 5 л  $\text{CH}_4$  ( $p=112$  кПа). Объем смеси равен 7 л. Найти парциальные давления газов и общее давление смеси.
7. Газовая смесь состоит из  $\text{NO}$  и  $\text{CO}_2$ . Вычислить объемное содержание газов в смеси (в %), если их парциальные давления равны соответственно 36,3 и 70,4 кПа (272 и 528 мм. рт.ст.).
8. Какому массе будет соответствовать водород, занимающий объем 280 л при н.у.?
9. Какой объем занимает одна тонна водорода при  $17^{\circ}\text{C}$ , если водород находится под давлением 1000 кПа?

10. Газ массой 2,5 г занимает при н.у. объем 2 л. Чему равны: а) молекулярная масса газа; б) молярная масса газа; в) абсолютная масса одной молекулы этого газа?

11. Вычислить эквивалент и эквивалентную массу сероводорода, если он окисляется до серной кислоты.

12. Выразить эквивалентную массу оксида, гидроксида, сульфата и хлорида металла.

13. Сколько молей эквивалентов металла вступило в реакцию с кислотой, если при этом выделилось 5,6 л водорода при нормальных условиях?

14. Медь образует два оксида, массовые доли кислорода в которых составляет 11,18% и 20,11%. Определите эквивалентные массы и валентность меди в оксидах и напишите формулы оксидов.

15. На нейтрализацию 0,943 г фосфористой кислоты  $H_3PO_3$  израсходовано 1,291 г КОН. Вычислите молярную массу эквивалентов кислоты.

16. Плотность этилена по кислороду равна 0,875. Определить молекулярную массу газа.

17. При обработке смеси гидроксида и гидрокарбоната калия избытком раствора соляной кислоты образовался хлорид калия массой 22,35 г и выделился газ объемом 4,48  $dm^3$  (н.у.). Рассчитайте состав исходной смеси ( $\omega, \%$ ).

18. В запаянной пробирке находится воздух при атмосферном давлении и температуре 300 К. При нагревании пробирки на 100 °С она лопнула. Определите, какое максимальное давление выдерживает пробирка.

19.

### 3. Вопросы к практическому занятию

1. Перечислите основные характеристики состояния газа. Какие условия, при которых находится газ, называют нормальными?

2. Какие характеристики газообразного вещества входят в уравнение состояния газа, как оно записывается, кем выведено и каково его другое название? Приведите пример расчета по этому уравнению.

3. Определите единицу измерения (размерность) молярной газовой постоянной в уравнении Клайперона–Менделеева при выражении объема и давления газа в технических единицах измерения: а) объем выражен в мл, давления в мм. рт. ст.; б) объем выражен в л, давления в мм. рт. ст.; в) объем выражен в л, давления в атм.

4. Уравнение Кайперона–Менделеева описывает характеристики идеального газа. Какой газ называется идеальным? В каких случаях характеристики реальных газов близки к идеальному?

5. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта, как он записывается? 6. Сформулируйте закон Гей-Люссака, как он записывается?

7. Каким уравнением выражается зависимость между объемом газа, давлением и температурой, как оно записывается?

8. Как следует изменить условия, чтобы увеличение массы данного газа не привело к возрастанию его объема: а) понизить температуру; б) увеличить

давление; в) нельзя подобрать условия?

9. В реальных процессах участвуют, как правило, не отдельные газы, а их смеси. Какое давление в смесях называют парциальным давлением и как оно связано с составом смеси?

10. Сформулируйте закон парциальных давлений.

11. Сосуд наполнен смесью кислорода и азота. При каком соотношении парциальных давлений массы газов будут одинаковы: а)  $p_{O_2} = p_{N_2}$ ; б)  $p_{O_2} = 0,875p_{N_2}$ ; в)  $p_{O_2} = 1,14p_{N_2}$ .

12. Парциальное давление кислорода в воздухе равно 22 кПа. Чему равно содержание кислорода в процентах по объему: а) 42%; б) 21%; в) 10,5%?

13. Что означает понятия: элемент, атом, молекула, моль?

14. Что такое атомная масса элемента, в каких единицах она измеряется? Как рассчитывается атомная масса элемента через его эквивалентную массу?

15. Запишите закон Авогадро и его следствия. Объясните и покажите на примерах значение этого закона для развития атомно-молекулярного учения.

16. Напишите определение понятия «относительная плотность газа». Определите относительную плотность хлора по воздуху и этилена по кислороду.

17. Напишите определения понятий «эквивалент», «эквивалентная масса» и «молярная масса эквивалентов» для химического элемента. Как связаны эквивалентная масса, валентность и атомная масса элемента? Приведите примеры.

18. Эквивалент и эквивалентная масса элементов, оксидов, кислот, оснований и солей.

19. Закон эквивалентов, формы его математических записей. 20. Сформулируйте закон Авогадро, его следствия.

21. Понятие о моле атомов и молекул. Как от объема газа (при н.у.) перейти к его массе, зная только молекулярную массу газа?

22. Что называется атомной теплоемкостью, каково её значение? В каких единицах она измеряется? Дайте определение удельной теплоемкости металла. Правило Дюлонга и Пти для твердых веществ.

23. Найдите простейшую формулу соединения, имеющего следующий состав (%): меди 25,48, серы 12,82, кислорода 25,64, воды 36,06.

24. Вещество имеет следующий состав (%): 37,71 натрия, 22,95 кремния, 39,34 кислорода. Выведите простейшую формулу этого соединения.

## Практическое занятие № 2

### Периодический закон и строение

#### атома

#### 1. Теоретическая часть

Согласно представлениям квантовой механики электрон имеет двойственную природу: он ведет себя и как частица, и как волна. Электрон в атоме не имеет траектории движения. Квантовая механика рассматривает *вероятность* нахождения электрона в пространстве вокруг ядра. Пространство вокруг ядра, в котором с наибольшей долей вероятности находится электрон,

называется *атомной орбиталью (АО)*. Состояние электронов в атоме определяется энергией взаимодействия электронов с ядром. Эта энергия квантована, т.е. ее величина не может быть любой, а принимает лишь определенные значения, зависящие от некоторых величин, которые называются *квантовыми числами*: главного ( $n$ ), орбитального ( $l$ ), магнитного ( $m$ ) и спинового ( $s$ ). Поэтому атомная орбиталь – это энергетическое состояние электрона, для которого определены значения  $n, l, m, s$ .

*Главное квантовое число ( $n$ )* определяет энергию электрона на энергетическом уровне, число энергетических уровней в атоме, размеры атома, энергетический уровень электрона, удаленность уровня от ядра, размер электронного облака. Принимает целые значения ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) и в невозбужденном состоянии соответствует номеру периода (в этом случае  $n$  изменяется от 1 до 7). Из периодической системы для любого элемента по номеру периода можно определить число энергетических уровней невозбужденного атома и то, какой энергетический уровень является внешним. Пример. Элемент кадмий Cd расположен в пятом периоде, значит  $n = 5$ . В его атоме электроны распределены по пяти энергетическим уровням ( $n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = 5$ ); внешним будет пятый уровень ( $n = 5$ ).

Каждый энергетический уровень (кроме первого) расщепляется на несколько энергетических подуровней. Эти подуровни энергий определяются *орбитальным квантовым числом ( $l$ )*, которое характеризует:

1. Различные энергетические состояния электронов в пределах одного уровня, т.е. число энергетических подуровней. На энергетическом уровне максимально может находиться 32 электрона, причем не все они имеют одинаковую энергию. В результате этого электроны, обладающие одной и той же энергией, образуют энергетические подуровни (s-, p-, d-, f-подуровни).

2. Геометрическую форму орбитали. Принимает значение целых чисел от 0 до  $(n-1)$ . Независимо от номера энергетического уровня, каждому значению орбитального квантового числа соответствует орбиталь особой формы.

3. Число энергетических подуровней в пределах уровней. Набор орбиталей с одинаковыми значениями  $n$  называется энергетическим уровнем, с одинаковыми  $n$  и  $l$  – подуровнем. Для

$l=0$  s-подуровень, s-орбиталь – орбиталь сфера

$l=1$  p-подуровень, p-орбиталь – орбиталь гантель

$l=2$  d-подуровень, d-орбиталь – орбиталь сложной формы

f-подуровень, f-орбиталь – орбиталь еще более сложной формы

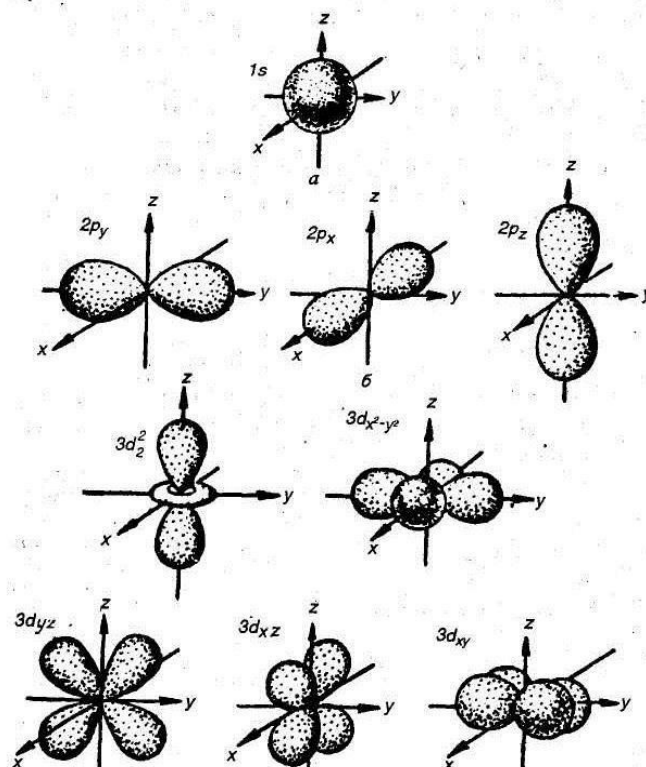


Рис. 2.1. Формы электронных облаков различных атомных орбиталей  
а – s, б – p, в – d.

На первом энергетическом уровне ( $n=1$ ) орбитальное квантовое число  $l$  принимает единственное значение  $l=(n-1)=0$ . Форма орбитали - сферическая; на первом энергетическом только один подуровень -  $1s$ . Для второго энергетического уровня ( $n=2$ ) орбитальное квантовое число может принимать два значения:  $l=0$ , s-орбиталь - сфера большего размера, чем на первом энергетическом уровне;  $l=1$ , p-орбиталь - гантель. Таким образом, на втором энергетическом уровне имеются два подуровня -  $2s$  и  $2p$ . Для третьего энергетического уровня ( $n=3$ ) орбитальное квантовое число  $l$  принимает три значения:  $l=0$ , s-орбиталь - сфера большего размера, чем на втором энергетическом уровне;  $l=1$ , p-орбиталь - гантель большего размера, чем на втором энергетическом уровне;  $l=2$ , d-орбиталь сложной формы.

Таким образом, на третьем энергетическом уровне могут быть три энергетических подуровня -  $3s$ ,  $3p$  и  $3d$ .

*Магнитное квантовое число ( $m$ )* характеризует положение электронной орбитали в пространстве и принимает целочисленные значения от  $-l$  до  $+l$ , включая  $0$ . Это означает, что для каждой формы орбитали существует  $m=2l+1$  энергетически равноценных ориентации в пространстве. Для s-орбитали ( $l=0$ ) такое положение одно и соответствует  $m=0$ . Сфера не может иметь разные ориентации в пространстве. Для p-орбитали ( $l=1$ ) - три равноценные ориентации в пространстве ( $2l+1=3$ ):  $m=-1, 0, +1$ . Для d-орбитали ( $l=2$ ) - пять равноценных ориентаций в пространстве ( $2l+1=5$ ):  $m=-2, -1, 0, +1, +2$ . Таким образом, на s-подуровне - одна, на p-подуровне - три, на d-подуровне - пять, на f-подуровне - 7 орбиталей.

*Спиновое квантовое число ( $s$ )* характеризует магнитный момент, возникающий при вращении электрона вокруг своей оси. Принимает только два значения  $+1/2$  и  $-1/2$  соответствующие противоположным направлениям

вращения. Два электрона с одинаковыми значениями квантовых чисел ( $n, l, m$ ), но с противоположно направленными спинами ( $\downarrow\uparrow$ ) называются спаренными или не поделённой электронной парой.

Запись распределения электронов в атоме по оболочкам, подоболочкам и орбиталям получила название электронной конфигурации элемента. Обычно электронная конфигурация приводится для основного состояния атома. При записи электронной конфигурации указывают цифрами главное квантовое число ( $n$ ), буквами – подоболочки ( $s, p, d$  или  $f$ ), а степень буквенных обозначений подоболочек обозначает число электронов в данной подоболочке. При составлении электронных конфигураций учитывают: принцип мини-мальной энергии, принцип Паули, правила Гунда и Клечковского.

**Принцип минимума энергии** заключается в том, что заполнение электронами энергетических подуровней происходит в порядке возрастания их энергии. Так как энергия электронов на подуровнях главным образом определяется квантовыми числами  $n$  и  $l$ , то в первую очередь электроны заполняют подуровень, характеризующийся наименьшей суммой ( $n + l$ ). Если для двух энергетических подуровней ( $n + l$ ) одинакова, то прежде всего заполняется подуровень с меньшим значением  $n$ . Эти утверждения выражает **правило Клечковского**, с учетом которого последовательность заполнения электронами энергетических подуровней может быть представлена в виде следующего ряда:  $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 5d \approx 4f < 6p < 7s < 6d \approx 5f \dots$ . Исключения составляют  $d$ - и  $f$ -элементы с полностью и наполовину заполненными подоболочками, у которых наблюдается так называемый провал электронов, например ( $\text{Cu}, \text{Ag}$  и др.).

**Принцип Паули** определяет максимальное число электронов на атомной орбитали, которое не может быть больше двух: *в атоме не может быть двух электронов с одинаковыми значениями всех четырех квантовых чисел*. Поэтому если на атомной орбитали появляется второй электрон, то он будет иметь спиновое квантовое число противоположного знака. Принцип Паули позволяет определить максимальное число электронов ( $\bar{e}$ ) на каждом энергетическом подуровне:  $s$ - подуровень –  $2 \bar{e}$  ( $s^2$ );  $p$ - подуровень –  $6 \bar{e}$  ( $p^6$ );  $d$ - подуровень –  $10 \bar{e}$  ( $d^{10}$ );  $f$ - подуровень –  $14 \bar{e}$  ( $f^{14}$ ).

**Правило Гунда** определяет порядок заполнения атомных орбиталей в пределах данного энергетического подуровня: *атомные орбитали заполняются так, чтобы суммарное спиновое квантовое число электронов на подуровне было максимальным*. В соответствии с этим правилом в данном подуровне электроны стремятся занять свободные квантовые ячейки сначала по одному с параллельными спинами и затем только по второму с противоположным направлением спина. Например, у атома азота орбитали в основном состоянии заполняют  $p$ -подоболочку  $2p^3$  по одному электрону а у атома кислорода начинается заполнение  $p$ -орбитали  $2p^4$  вторым электроном.

Распределение электронов по различным АО называется *электронной конфигурацией* (электронной формулой) атома. Например, электронная конфигурация атома кислорода  $1s^2 2s^2 2p^4$ , а атома натрия –  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ .

В электронной конфигурации энергетические уровни обозначаются цифрами 1, 2, 3. Каждому энергетическому уровню соответствует определенное квантовое число  $n=1, 2, 3 \dots$ . Энергетические подуровни обозначаются буквенными символами  $s, p, d, f$ . Каждый подуровень имеет соответствующее

значение орбитального квантового числа  $l$ :  $s=0$ ,  $p=1$ ,  $d=2$ ,  $f=3$ . Число электронов, находящихся на подуровне, изображается верхним индексом у буквенного символа, например,  $1s^2$ .

*При составлении электронной конфигурации необходимо пользоваться Периодической системой Д.И. Менделеева, которая отражает электронное строение атома элемент.*

Строение внешнего энергетического уровня, определяет химические свойства атома – *способность принимать или отдавать электроны*. Вступая в химическое взаимодействие, атом стремится приобрести наиболее устойчивую конфигурацию внешнего уровня – конфигурацию ближайшего к нему инертного газа: двухэлектронную –  $ns^2$  (типа He) или восьмиэлектронную –  $ns^2np^6$  (любого другого газа). Атомы, которые отдают свои электроны другим атомам при химическом взаимодействии, превращаясь в положительно заряженные ионы, проявляют *металлические* или *восстановительные свойства*. Атомы, которые принимают электроны, превращаясь в отрицательно заряженные ионы, проявляют *неметаллические* или *окислительные свойства*. Заряд образующегося иона называется *степенью окисления*. В Периодической системе Д.И. Менделеева все элементы делятся на металлы, неметаллы и химически инертные благородные газы (8 группа, главная подгруппа). К металлам относятся *s-элементы* (элементы, у которых последним заполняется  $s$ -подуровень внешнего уровня), кроме водорода и гелия; все  $d$ - и  $f$ -элементы (у них последними заполняются  $d$ -подуровень второго снаружи уровня и  $f$ -подуровень третьего снаружи уровня, соответственно); а также некоторые  $p$ -элементы (у них последним заполняется  $p$ -подуровень внешнего уровня). Среди  $p$ -элементов металлы отделены от неметаллов диагональю, проходящей от *Bk At*, и лежат ниже этой диагонали.

XIX век. Растет количество открытых химических элементов, определяются их атомные массы, изучаются химические свойства. Поэтому систематизация растущего фактического материала становится актуальной задачей. Делалось много попыток создать некую систему элементов, расположив их по возрастанию атомных масс и разделив на колонки. Однако ученые преследовали только классификационные цели и не шли дальше объединения отдельных элементов в группы на основании сходства их химических свойств. При этом каждый элемент рассматривался как нечто обособленное, не стоящее в связи с другими элементами.

В отличие от своих предшественников, Менделеев был глубоко убежден, что между всеми химическими элементами должна существовать закономерная связь, объединяющая их в единое целое, и пришел к заключению, что в основу систематики элементов должна быть положена их относительная атомная масса. Причем в процессе поиска закономерности Д.И. Менделеевым было обнаружено, что изменение свойств химических элементов по мере возрастания их атомной массы не совершается непрерывно в одном и том же направлении, а имеет периодический характер. Через определенное число элементов происходит как бы возврат назад, к исходным свойствам, после чего, в известной мере, вновь повторяются свойства предыдущих элементов в той же последовательности, но с некоторыми качественными и количественными различиями.

Найденная закономерность получила свое выражение в п е р и о д и ч е с

к о м з а к о н е, который Менделеев формулировал следующим образом (1870): «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов».

*Современная формулировка периодического закона:* «Физические и химические свойства простых веществ, а также формы и свойства сложных соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома».

*Физический смысл периодического закона* состоит в том, что с возрастанием заряда ядра происходит периодическое повторение сходного строения внешнего энергетического уровня атомов элементов. В соответствии с этим физические и химические свойства атомов элементов периодически повторяются.

Периодическая система является графическим выражением периодического закона. Все элементы в периодической системе расположены в виде горизонтальных и вертикальных рядов, называемых периодами и группами.

*Период* – это горизонтальная последовательность элементов, в атомах которых происходит заполнение электронами одинакового числа энергетических уровней. Номер периода определяет число энергетических уровней в атомах элементов данного периода и соответствует значению главного квантового числа внешнего энергетического уровня

*Группа* - это вертикальная последовательность химических элементов. Номер группы указывает на число валентных электронов, т.е. тех, которые могут участвовать в образовании химической связи. В одну группу объединяются элементы с одинаковым числом валентных электронов независимо от их электронного типа (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-). Номер группы совпадает с высшей валентностью элемента в возбужденном состоянии и отвечает высшей положительной степени окисления атомов (кроме *F*, *O* и *Br*).

Каждая группа состоит из двух подгрупп – главной и побочной. В главную подгруппу входят *s*- и *p*-элементы, а в побочную – *d*-элементы. То есть в каждой подгруппе объединены элементы, атомы которых имеют сходное строение валентного уровня. Такие элементы называют *электронными аналогами*.

Важнейшие характеристики атома, которые изменяются периодически от величины заряда ядра и в конечном итоге определяют химические свойства элементов и их соединений, – это радиус атома, энергия ионизации, энергия сродства к электрону и электроотрицательность.

*Эффективный радиус атома* ( $r_{ат}$ ) принимают равным половине межъядерного расстояния в молекулах или кристаллах соответствующих простых веществ. *В пределах одного периода* (при движении слева направо) при неизменном числе энергетических уровней заряд ядра атома увеличивается. Это приводит к возрастанию силы электростатического притяжения валентных электронов к ядру, вследствие чего происходит сжатие орбиталей, т.е. *атомный радиус уменьшается*. *Внутри группы* (при движении сверху вниз) заряд ядра атома и число энергетических уровней возрастают. Вследствие проявления эффекта экранирования (защиты валентных электронов от влияния ядра атома электронами внутренних энергетических уровней) силы электростатического притяжения между ядром и валентными электронами уменьшают-

ся, и радиус атома увеличивается.

*Энергия ионизации ( $E_u$ )* – это энергия, необходимая для отрыва одного электрона от невозбужденного атома.  $E_u$  является количественной характеристикой восстановительных свойств атомов. Чем меньше величина  $E_u$ , тем сильнее восстановительные свойства атома.

*Энергия сродства к электрону ( $E_e$ )* – это энергия, которая выделяется при присоединении электрона к нейтральному атому.  $E_e$  характеризует окислительные свойства атомов. С увеличением энергии сродства к электрону окислительная способность атома повышается.

*Электроотрицательность ( $\chi$ )* – это способность атома в молекуле притягивать к себе чужие электроны, участвующие в образовании химической связи:  $\chi = (E_u + E_e)/2$ .

В настоящее время используется шкала относительных электроотрицательностей ( $\chi$ ), в которой  $\chi$  атома фтора, как самого сильного окислителя, условно принята равной 4 (табл.2.1). При образовании молекулы электроны смещаются от атома с меньшей  $\chi$  к атому с большей  $\chi$ . Внутри периодов наблюдается общая тенденция роста  $\chi$  атомов, а в группах – ее падение.

Химические свойства атома зависят от конфигурации внешнего энергетического уровня,  $r_{am}$ ,  $E_u$  и  $E_e$ . В пределах периода (слева направо)  $r_{am}$  уменьшается,  $E_u$  и  $E_e$  повышаются. В результате способность атомов к отдаче электрона уменьшается, а к присоединению электрона увеличивается. Таким образом, в периоде *металлические свойства атомов элементов ослабевают, а неметаллические – усиливаются*. В главной подгруппе (сверху вниз)  $r_{am}$  увеличивается, а  $E_u$  уменьшается, в результате способность атомов отдавать свои электроны повышается, а способность принимать чужие электроны снижается. Таким образом, в главной подгруппе *металлические свойства атомов элементов усиливаются, а неметаллические ослабевают*.

В периоде с ростом степени окисления *основные свойства гидроксидов ослабевают, а кислотные свойства усиливаются*. В подгруппах (сверху вниз) *кислотные свойства кислородсодержащих соединений ослабевают, а основные свойства усиливаются*. Так,  $La(OH)_3$  значительно более сильное основание, чем  $Al(OH)_3$ ;  $H_3AsO_3$  более слабая кислота, чем  $HNO_3$ .

## 2. Задачи к практическому занятию

1. Какие орбитали атома заполняются электронами раньше:  $5s$  или  $4p$ ? Почему?

2. В каком элементе при его образовании из субатомных частиц *последним* свое место в электронной оболочке займет электрон с таким набором квантовых чисел:  $n = 3$ ,  $l = 2$ ,  $m = 1$ ,  $s = 1/2$ ? Напишите полную электронную формулу для этого элемента.

3. Напишите электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 9 и 28. Покажите распределение электронов этих атомов по квантовым ячейкам. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

4. Сокращенная электронная формула элемента изображена в виде:  
а)  $...5p^3$ ; б)  $...4s^24p^2$ ; в)  $...3s^23p^1$ . Какой это элемент? Напишите полную электронную формулу и набор квантовых чисел для *последнего* электрона на

внешнем электронном уровне<sup>1)</sup>.

5. Составьте электронные формулы для атомов натрия. Покажите распределение электронов этих атомов по квантовым (энергетическим) ячейкам.

6. Какую низшую степень окисления проявляют водород, фтор? Почему? Составьте формулы соединений кальция с данными элементами в этой их степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

7. У какого элемента четвертого периода – хрома или селена – сильнее выражены металлические свойства? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ мотивируйте строением атомов хрома и селена.

8. На каком основании хром и сера, фосфор и ванадий расположены в одной группе периодической системы? Почему их помещают в разных подгруппах?

9. Вычислить разность относительных электроотрицательностей атомов для связи Н–О и О–As. Какая из связей более полярна? К какому классу гидроксидов относится  $\text{As}(\text{OH})_3$ ?

### 3. Вопросы к практическому занятию

1. Сформулируйте современное представление о строении атома.

2. Сформулируйте основные правила и постулаты, позволяющие определить электронную конфигурацию атома.

3. Как происходит распределение электронов по уровням и подуровням? 4. Как определить число уровней и подуровней в атоме?

5. Как можно по электронной конфигурации найти валентность элементов?

6. Какие элементарные частицы входят в состав атома, какие частицы образуют ядро атома?

7. Сравните модели атома Резерфорда, Бора и современную. Что общего во всех трех моделях и чем они отличаются?

8. Что такое квантовые числа? Какие значения они могут принимать?

9. Приведите современную формулировку периодического закона и ту, которая была дана Д.И. Менделеевым. Когда и почему произошло изменение формулировки периодического закона?

10. Какой физический смысл имеет атомный номер химического элемента, почему химические свойства элемента определяются его атомным номером в периодической системе?

11. Чем является (по отношению к периодическому закону) периодическая система химических элементов?

12. Какие периоды периодической системы называются малыми, а какие большими? Чем определяется число элементов в каждом из них? Какие периоды и почему содержат одинаковое число электронов?

13. Какие элементы в периодической системе называют s-, p-, d- и f-элементами?

14. Как изменяется валентность химических элементов в периодах и группах и чем объясняется такое изменение?

15. Что такое энергия ионизации? В каких единицах она выражается? Как изменяется восстановительная активность s- и p-элементов в группах периодической системы с увеличением порядкового номера? Почему?

16. Что такое электроотрицательность? Как изменяется электроотрицательность р-элементов в периоде, в группе периодической системы с увеличением порядкового номера? Почему?

17. Что такое сродство к электрону? В каких единицах оно выражается? Как изменяется окислительная активность неметаллов в периоде и в группе периодической системы с увеличением порядкового номера? Ответ мотивируйте строением атома соответствующего элемента.

18. Атомные массы элементов в периодической системе непрерывно увеличиваются, тогда, как свойства простых тел изменяются периодически. Чем это можно объяснить? Дайте мотивированный ответ.

19. Какова современная формулировка периодического закона? Объясните, почему в периодической системе элементов аргон, кобальт, теллур и торий помещены соответственно перед калием, никелем, йодом и протактинием, хотя и имеют большую атомную массу?

20. Как изменяются свойства элементов второго периода периодической системы с увеличением заряда ядра атома элемента? Ответ подтвердите характером формирования электронных оболочек атомов элементов.

## Лабораторная работа 1.

### Общие правила работы, химические реактивы, посуда в химической лаборатории. Техника безопасности в химической лаборатории.

#### Теоретическая часть

Химическая посуда делится на стеклянную и фарфоровую. Основным требованием, предъявляемым к стеклянной посуде, является ее химическая устойчивость. Химическая устойчивость – это свойство стекла противостоять разрушающему действию растворов щелочей, кислот и других веществ. Термическая устойчивость – способность посуды выдерживать резкие колебания температуры

Вся посуда по назначению делится на несколько групп:

- общего назначения (используется для выполнения нескольких химических операций): пробирки, стаканы, плоскодонные, конические и круглодонные колбы, колбы Вюрца (круглодонные с газоотводной трубкой), кристаллизаторы, воронки, часовые стекла, бюксы;

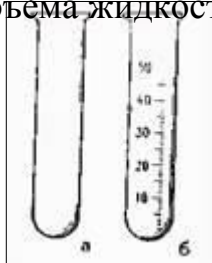
- мерная посуда: цилиндры, мензурки, пипетки Мора и градуированные пипетки, мерные колбы;

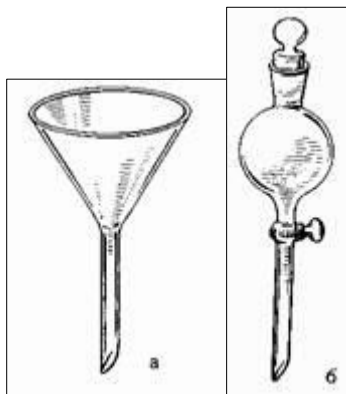
- посуда специального назначения: осушительные склянки (Тищенко, Вульфа, Дрекслея), аппарат Киппа, установка для фильтрования под вакуумом, которая состоит из колбы Бунзена, воронки Бюхнера, склянки-ловушки и водоструйного насоса;

- посуда из фарфора и других материалов: шпатели, ступки, выпарительные чашки, тигли.

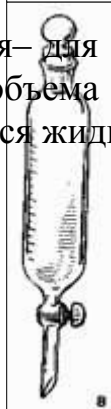
#### Посуда общего назначения

Пробирки: а) химическая – для проведения химических реакций; б) мерная – для отмеривания объема жидкости

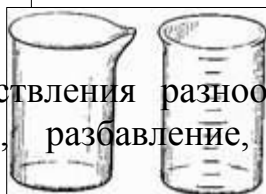




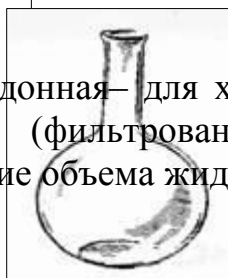
Воронки а) химическая— для переливания жидкости; б) капельная – для добавления определенного объема жидкости по каплям; в) делительная – для разделения несмешивающихся жидкостей;



Стакан – для осуществления разнообразных химических процессов (фильтрование, нагревание, разбавление, ориентировочное отмеривание объема жидкости)



Колба круглая плоскодонная— для хранения растворов, осуществления химических процессов (фильтрование, нагревание, разбавление, ориентировочное отмеривание объема жидкости)



Колба коническая -для титрования



Кристаллизатор – для охлаждения веществ



Колба круглодонная –входит в состав перегонных установок.

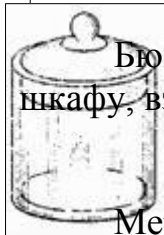


Эксикатор – для медленного высушивания и для сохранения веществ, легко поглощающих влагу. В качестве водопоглощающих средств (сорбента) применяют следующие вещества: сухой хлорид кальция, оксид алюминия, серную кислоту (концентрированную), силикагель.

сорбент

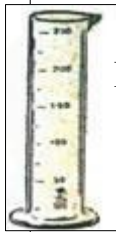


Капельница – для добавления нескольких капель какого-либо реактива

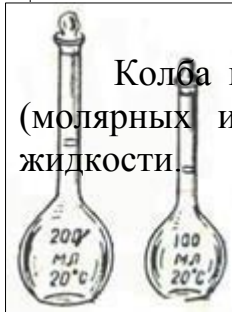


Бюкс - для хранения сухих веществ, высушивания их в сушильном шкафу, взвешивания

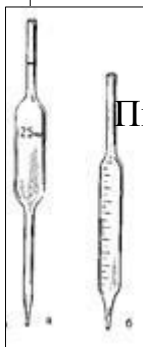
Мерная посуда



Цилиндр – для отмеривания объема жидкости



Колба мерная – для приготовления растворов с точной концентрацией (молярных или нормальных), а также для отмеривания точного объема жидкости.



Пипетки – для точного отмеривания определенного объема жидкости



Бюретки – для отмеривания точных объемов жидкости (например, при титровании)

Посуда из фарфора и других материалов

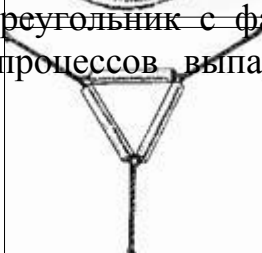
Ступка с пестиком – для измельчения сухих веществ



Фарфоровая чашка – для выпаривания



Проволочный треугольник с фарфоровыми трубками – приспособление для осуществления процессов выпаривания и прокаливания на открытом пламени.



Тигель – для прокаливания веществ в муфельной печи и озоления в открытом пламени.



Тигельные щипцы – для захватывания крышек тиглей.



Пинцет – для удерживания небольших предметов.



## Правила работы с химическими реактивами

Химические реактивы хранят чаще всего в стеклянной реактивной таре – склянках (с узким горлышком) для жидкостей и банках (с широким горлом) для твердых веществ. Склянки и банки с реактивами должны быть обязательно закрыты и снабжены этикетками с указанием названия, химической формулы вещества и необходимой информации, например, концентрация растворов,

содержание основного вещества и т.д. Условия хранения реактивов зависят от их свойств. Непосредственно в лаборатории хранят в небольших количествах реактивы, необходимые для текущей работы. Основное место хранения – сухой, проветриваемый склад. Недопустимо хранить рядом реактивы, которые могут реагировать между собой, например, концентрированные растворы аммиака и летучих кислот. Летучие реактивы (эфир, бром, концентрированный аммиак, соляная и азотная кислоты) хранят в сосудах с тщательной герметизацией.

В лаборатории банки и склянки с реактивами хранят в специальном шкафу. Ядовитые, летучие и огнеопасные вещества в количествах, необходимых для работы в течение рабочего дня, ставят в вытяжной шкаф. Склянки с растворами веществ, не разлагающихся под действием света, можно ставить на открытые полки.

При работе с химическими реактивами необходимо соблюдать ряд правил. Несоблюдение их может привести к отравлениям, ожогам, повреждениям глаз, дыхательных путей и другим нежелательным последствиям (порче оборудования, одежды, личных вещей).

1. Ни в коем случае нельзя пробовать реактивы на вкус.
2. Нюхать реактивы следует только в случае необходимости и очень осторожно.
3. Недопустимо брать твердые реактивы руками. Следует пользоваться чистым и сухим шпателем. Реактив, случайно просыпавшийся на стол, неизбежно загрязняется, его нельзя высыпать обратно в банку.
4. Жидкие реактивы, например, различные растворы, переливают, пользуясь воронкой.
5. Реактивы следует расходовать экономно.
6. Нельзя путать пробки и крышки от склянок и банок, так как это ведет к загрязнению реактивов.
7. Опыты с едкими, ядовитыми, сильно пахнущими веществами проводят в вытяжном шкафу.

Особого внимания требует работа с концентрированными растворами кислот и щелочей, которые могут вызывать тяжелые, плохо заживающие химические ожоги. Такую же опасность представляют некоторые растворы, например, хромовая смесь, в состав которой входит концентрированная серная кислота.

1. Если концентрированная кислота прольется на пол, ее тут же следует засыпать песком, собрать его и вынести из помещения, облитое место обработать раствором соды.
2. Концентрированные растворы кислот запрещается выливать в раковину. Отработанные кислоты разбавляют, нейтрализуют содой, нейтральные растворы можно затем сливать в канализацию.
3. Во избежание разбрызгивания растворы кислот и щелочей наливают, располагая склянку непосредственно над сосудом. При наливании

растворов пользуются воронкой. При случайном разливе растворов на стол их необходимо сразу убрать.

4. При отборе проб растворов кислот и щелочей их следует набирать в пипетку с помощью груши.

5. При попадании кислот на руки, лицо, одежду их смывают проточной водой в течение 15 мин, затем пораженное место обрабатывают 2%-ным раствором гидрокарбоната натрия (питьевая сода). При попадании растворов щелочей пораженное место также промывают большим количеством воды, а затем обрабатывают 2% раствором борной или уксусной кислоты.

6. В случае попадания кислоты в глаза после промывания водой в течение 10-15 мин продолжают промывание 2% раствором гидрокарбоната натрия.

Особенно опасны ожоги глаз щелочью, так как после них остаются рубцы на роговице. При попадании щелочи в глаза необходимо промыть их водой в течение 10-15 мин водой, а затем рекомендуется продолжить промывание физиологическим раствором в течение 30-60 мин.

При поражении глаз химическими веществами после тщательного промывания следует немедленно обратиться к врачу.

### **Мытье и сушка посуды**

Посуда, употребляемая для опытов, должна быть чистой, ее моют водопроводной водой с помощью специальных щеток — ершиков, а затем несколько раз ополаскивают дистиллированной водой. Если посуда очень загрязнена, к воде прибавляют немного соляной кислоты или моют ее «хромовой смесью» (смесь дихромата калия с концентрированной серной кислотой). Если необходимо быстро высушить посуду, ее помещают в сушильный шкаф. Мерную посуду моют тотчас же после употребления.

### **Вопросы к лабораторной работе**

1. Перечислить основные правила техники безопасности работы в химической лаборатории.
2. Правила оформления лабораторного журнала.
3. Перечислить виды химической посуды.
4. Перечислить стеклянную мерную посуду.
5. Перечислить фарфоровую посуду и ее назначение.
6. Правила работы со спиртовкой.
7. Правила работы с пипеткой.
8. Правила работы с бюреткой.
9. Изготовление фильтра.
10. Мытье и сушка посуды.

## **Лабораторная работа 2. Получение и соби́рание газов.**

**Цель:** актуализировать знания о некоторых свойствах газообразных веществ; установить отличие газообразных веществ от твердых и жидких; обобщить и систематизировать знания учащихся о способах получения, соби́рания и распознавания водорода, кислорода, аммиака, углекислого газа.

### **Вопросы входного контроля:**

1. Какие способы получения водорода в лаборатории и в промышленности вам известны? Приведите уравнения реакций получения водорода в лаборатории и в промышленности. Какие условия требуются для протекания этих реакций?

2. Какие вам известны способы получения оксида углерода (IV)?

3. Какие способы соби́рания газообразных веществ вам известны? Приведите примеры, зарисуйте.

**Общие сведения:** Так как водород самый легкий газ, его собирают в перевернутый вверх дном сосуд. К отверстию перевернутого вверх дном сосуда подносят зажженную лучину. Раздается глухой хлопок, если водород чистый или «лающий» звук, если водород содержит примеси. Кислород – газ, содержание которого в атмосфере составляет 21%. Кроме кислорода в верхних слоях атмосферы содержится аллотропное видоизменение – озон O<sub>3</sub>. В лаборатории кислород получают разложением перманганата калия KMnO<sub>4</sub> или пероксида водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Кислород собирают в сосуд вытеснением воздуха, потому что он тяжелее воздуха. Кислород собирают методом вытеснения воды, так как он мало растворим в воде. Углекислый газ или оксид углерода (IV) CO<sub>2</sub> – бесцветный, не имеющий запах газ. Он примерно в полтора раза тяжелее воздуха. Растворим в воде. В лаборатории углекислый газ получают действием соляной кислоты на карбонат кальция. Углекислый газ можно распознать по помутнению известковой воды или с помощью горящей лучинки. Так как аммиак легче воздуха, то его следует собирать так же как и водород – в перевернутую вверх дном пробирку. Аммиак можно распознать по характерному запаху. Также аммиак можно распознать по изменению окраски влажной лакмусовой бумажки и по появлению белого дыма при поднесении стеклянной палочки, смоченной в соляной кислоте.

**Оборудование:** прибор для получения газов, соляная кислота, раствор известковой воды, пробирки.

**Порядок выполнения работы:** Откройте Виртуальную лабораторию химии, найдите раздел Оборудование химической лаборатории, Приборы для получения и соби́рания газов.

### **Опыт 1. Получение оксида углерода (IV).**

Соберите прибор, показанный на рисунке, проверьте его на герметичность. Выберите способ проверки прибора на герметичность с помощью ладоней. Если прибор герметичен, прилейте в капельную воронку

соляную кислоту. Возьмите пробирку, наполните ее соляной кислотой, газоотводную трубку опустите в пробирку с раствором известковой воды. Приведите прибор в действие, открыв кран капельной воронки и зажим на газоотводной трубке. Что наблюдаете? Напишите уравнение реакции получения оксида углерода (IV). Остановите реакцию, закрыв зажим на газоотводной трубке.

### **Опыт 2. Проверка полученного водорода на чистоту.**

Соберите прибор, показанный на рисунке, проверьте его на герметичность. Выберите способ проверки прибора на герметичность с помощью ладоней. Если прибор герметичен, прилейте в капельную воронку раствор соляной кислоты. На газоотводную трубку наденьте маленькую пробирку, поместив ее вверх дном. Приведите прибор в действие, открыв кран капельной воронки и зажим на газоотводной трубке. Для проверки водорода на чистоту, поднесем пробирку горлышком к горелке. По каким признакам можно судить о чистоте водорода? Напишите уравнение реакции получения водорода. Остановите реакцию, закрыв зажим на газоотводной трубке.

Зарисуйте прибор для получения и собирания газов.

По окончании работы сформулируйте **Вывод**, основываясь на результатах проделанных опытов. Оформите отчет о проделанной работе.

Приложение 1

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева																		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																		VII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																		(H)		He																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																		V		VI		VII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
																		III		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
																		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	1	H	1,00794	1	2	He	4,002602	2	3	Li	6,941	3	4	Be	9,01218	4	5	B	10,811	5	6	C	12,011	6	7	N	14,0067	7	8	O	15,9994	8	9	F	18,998403	9	10	Ne	20,179	10	11	Na	22,98977	11	12	Mg	24,305	12	13	Al	26,98154	13	14	Si	28,0855	14	15	P	30,97376	15	16	S	32,066	16	17	Cl	35,453	17	18	Ar	39,948	18	19	K	39,0983	19	20	Ca	40,078	20	21	Sc	44,95591	21	22	Ti	47,88	22	23	V	50,9415	23	24	Cr	51,9961	24	25	Mn	54,9380	25	26	Fe	55,847	26	27	Ni	58,69	27	28	Co	58,9332	28	29	Cu	63,546	29	30	Zn	65,39	30	31	Ga	69,723	31	32	Ge	72,59	32	33	As	74,9216	33	34	Se	78,96	34	35	Br	79,904	35	36	Kr	83,80	36	37	Rb	85,4678	37	38	Sr	87,62	38	39	Y	88,9059	39	40	Zr	91,224	40	41	Nb	92,9064	41	42	Mo	95,94	42	43	Tc	[98]	43	44	Ru	101,07	44	45	Rh	101,9055	45	46	Pd	106,42	46	47	Ag	107,8682	47	48	Cd	112,41	48	49	In	114,82	49	50	Sn	117,90	50	51	Sb	121,75	51	52	Te	127,60	52	53	I	126,9045	53	54	Xe	131,29	54	55	Cs	132,9054	55	56	Ba	137,33	56	57	La*	138,9055	57	58	Ce	140,12	58	59	Pr	140,90767	59	60	Nd	144,24	60	61	Pm	[145]	61	62	Sm	150,36	62	63	Eu	151,96	63	64	Gd	157,25	64	65	Tb	158,9254	65	66	Dy	162,50	66	67	Ho	164,9304	67	68	Er	167,26	68	69	Tm	168,9342	69	70	Yb	173,04	70	71	Lu	174,967	71	72	Hf	178,49	72	73	Ta	180,9479	73	74	W	183,85	74	75	Re	186,207	75	76	Os	190,2	76	77	Pt	192,22	77	78	Au	196,9665	78	79	Hg	200,59	79	80	Tl	204,383	80	81	Pb	207,2	81	82	Bi	208,9804	82	83	Po	[209]	83	84	At	[210]	84	85	Rn	[222]	85	86	Ra	[223]	86	87	Fr	[223]	87	88	Ra	[226]	88	89	Ac**	[227]	89	90	Th	232,0377	90	91	Pa	231,03688	91	92	U	238,02891	92	93	Np	[237]	93	94	Pu	[244]	94	95	Am	[243]	95	96	Cm	[247]	96	97	Bk	[247]	97	98	Cf	[251]	98	99	Es	[252]	99	100	Fm	[257]	100	101	Md	[288]	101	102	No	[289]	102	103	Lr	[260]	103	104	Rf	[261]	104	105	Hs	[265]	105	106	Ds	[271]	106	107	Bh	[262]	107	108	Hs	[265]	108	109	Mt	[266]	109	110	Ds	[271]	110	111	Rg	[272]	111	112	Uub	[283]	112	113	Uut	[283]	113	114	Uuq	[283]	114	115	Uup	[283]	115	116	Uuh	[283]	116	117	Uus	[283]	117	118	Uuo	[283]	118	119	Uuq	[283]	119	120	Uuq	[283]	120	121	Uuq	[283]	121	122	Uuq	[283]	122	123	Uuq	[283]	123	124	Uuq	[283]	124	125	Uuq	[283]	125	126	Uuq	[283]	126	127	Uuq	[283]	127	128	Uuq	[283]	128	129	Uuq	[283]	129	130	Uuq	[283]	130	131	Uuq	[283]	131	132	Uuq	[283]	132	133	Uuq	[283]	133	134	Uuq	[283]	134	135	Uuq	[283]	135	136	Uuq	[283]	136	137	Uuq	[283]	137	138	Uuq	[283]	138	139	Uuq	[283]	139	140	Uuq	[283]	140	141	Uuq	[283]	141	142	Uuq	[283]	142	143	Uuq	[283]	143	144	Uuq	[283]	144	145	Uuq	[283]	145	146	Uuq	[283]	146	147	Uuq	[283]	147	148	Uuq	[283]	148	149	Uuq	[283]	149	150	Uuq	[283]	150	151	Uuq	[283]	151	152	Uuq	[283]	152	153	Uuq	[283]	153	154	Uuq	[283]	154	155	Uuq	[283]	155	156	Uuq	[283]	156	157	Uuq	[283]	157	158	Uuq	[283]	158	159	Uuq	[283]	159	160	Uuq	[283]	160	161	Uuq	[283]	161	162	Uuq	[283]	162	163	Uuq	[283]	163	164	Uuq	[283]	164	165	Uuq	[283]	165	166	Uuq	[283]	166	167	Uuq	[283]	167	168	Uuq	[283]	168	169	Uuq	[283]	169	170	Uuq	[283]	170	171	Uuq	[283]	171	172	Uuq	[283]	172	173	Uuq	[283]	173	174	Uuq	[283]	174	175	Uuq	[283]	175	176	Uuq	[283]	176	177	Uuq	[283]	177	178	Uuq	[283]	178	179	Uuq	[283]	179	180	Uuq	[283]	180	181	Uuq	[283]	181	182	Uuq	[283]	182	183	Uuq	[283]	183	184	Uuq	[283]	184	185	Uuq	[283]	185	186	Uuq	[283]	186	187	Uuq	[283]	187	188	Uuq	[283]	188	189	Uuq	[283]	189	190	Uuq	[283]	190	191	Uuq	[283]	191	192	Uuq	[283]	192	193	Uuq	[283]	193	194	Uuq	[283]	194	195	Uuq	[283]	195	196	Uuq	[283]	196	197	Uuq	[283]	197	198	Uuq	[283]	198	199	Uuq	[283]	199	200	Uuq	[283]	200	201	Uuq	[283]	201	202	Uuq	[283]	202	203	Uuq	[283]	203	204	Uuq	[283]	204	205	Uuq	[283]	205	206	Uuq	[283]	206	207	Uuq	[283]	207	208	Uuq	[283]	208	209	Uuq	[283]	209	210	Uuq	[283]	210	211	Uuq	[283]	211	212	Uuq	[283]	212	213	Uuq	[283]	213	214	Uuq	[283]	214	215	Uuq	[283]	215	216	Uuq	[283]	216	217	Uuq	[283]	217	218	Uuq	[283]	218	219	Uuq	[283]	219	220	Uuq	[283]	220	221	Uuq	[283]	221	222	Uuq	[283]	222	223	Uuq	[283]	223	224	Uuq	[283]	224	225	Uuq	[283]	225	226	Uuq	[283]	226	227	Uuq	[283]	227	228	Uuq	[283]	228	229	Uuq	[283]	229	230	Uuq	[283]	230	231	Uuq	[283]	231	232	Uuq	[283]	232	233	Uuq	[283]	233	234	Uuq	[283]	234	235	Uuq	[283]	235	236	Uuq	[283]	236	237	Uuq	[283]	237	238	Uuq	[283]	238	239	Uuq	[283]	239	240	Uuq	[283]	240	241	Uuq	[283]	241	242	Uuq	[283]	242	243	Uuq	[283]	243	244	Uuq	[283]	244	245	Uuq	[283]	245	246	Uuq	[283]	246	247	Uuq	[283]	247	248	Uuq	[283]	248	249	Uuq	[283]	249	250	Uuq	[283]	250	251	Uuq	[283]	251	252	Uuq	[283]	252	253	Uuq	[283]	253	254	Uuq	[283]	254	255	Uuq	[283]	255	256	Uuq	[283]	256	257	Uuq	[283]	257	258	Uuq	[283]	258	259	Uuq	[283]	259	260	Uuq	[283]	260	261	Uuq	[283]	261	262	Uuq	[283]	262	263	Uuq	[283]	263	264	Uuq	[283]	264	265	Uuq	[283]	265	266	Uuq	[283]	266	267	Uuq	[283]	267	268	Uuq	[283]	268	269	Uuq	[283]	269	270	Uuq	[283]	270	271	Uuq	[283]	271	272	Uuq	[283]	272	273	Uuq	[283]	273	274	Uuq	[283]	274	275	Uuq	[283]	275	276	Uuq	[283]	276	277	Uuq	[283]	277	278	Uuq	[283]	278	279	Uuq	[283]	279	280	Uuq	[283]	280	281	Uuq	[283]	281	282	Uuq	[283]	282	283	Uuq	[283]	283	284	Uuq	[283]	284	285	Uuq	[283]	285	286	Uuq	[283]	286	287	Uuq	[283]	287	288	Uuq	[283]	288	289	Uuq	[283]	289	290	Uuq	[283]	290	291	Uuq	[283]	291	292	Uuq	[283]	292	293	Uuq	[283]	293	294	Uuq	[283]	294	295	Uuq	[283]	295	296	Uuq	[283]	296	297	Uuq	[283]	297	298	Uuq	[283]	298	299	Uuq	[283]	299	300	Uuq	[283]	300	301	Uuq	[283]	301	302	Uuq	[283]	302	303	Uuq	[283]	303	304	Uuq	[283]	304	305	Uuq	[283]	305	306	Uuq	[283]	306	307	Uuq	[283]	307	308	Uuq	[283]	308	309	Uuq	[283]	309	310	Uuq	[283]	310	311	Uuq	[283]	311	312	Uuq	[283]	312	313	Uuq	[283]	313	314	Uuq	[283]	314	315	Uuq	[283]	315	316	Uuq	[283]	316	317	Uuq	[283]	317	318	Uuq	[283]	318	319	Uuq	[283]	319	320	Uuq	[283]	320	321	Uuq	[283]	321	322	Uuq	[283]	322	323	Uuq	[283]	323	324	Uuq	[283]	324	325	Uuq	[283]	325	326	Uuq	[283]	326	327	Uuq	[283]	327	328	Uuq	[283]	328	329	Uuq	[283]	329	330	Uuq	[283]	330	331	Uuq	[283]	331	332	Uuq	[283]	332	333	Uuq	[283]	333	334	Uuq	[283]	334	335	Uuq	[283]	335	336	Uuq	[283]	336	337	Uuq	[283]	337	338	Uuq	[283]	338	339	Uuq	[283]	339	340	Uuq	[283]	340	341	Uuq	[283]	341	342	Uuq	[283]	342	343	Uuq	[283]	343	344	Uuq	[283]	344	345	Uuq	[283]	345	346	Uuq	[283]	346	347	Uuq	[283]	347	348	Uuq	[283]	348	349	Uuq	[283]	349	350	Uuq	[283]	350	351	Uuq	[283]	351	352	Uuq	[283]	352	353	Uuq	[283]	353	354	Uuq	[283]	354	355	Uuq	[283]	355	356	Uuq	[283]	356	357	Uuq	[283]	357	358	Uuq	[283]	358	359	Uuq	[283]	359	360	Uuq	[283]	360	361	Uuq	[283]	361	362	Uuq	[283]	362	363	Uuq	[283]	363	364	Uuq	[283]	364	365	Uuq	[283]	365	366	Uuq	[283]	366	367	Uuq	[283]	367	368	Uuq	[283]	368	369	Uuq	[283]	369	370	Uuq	[283]	370	371	Uuq	[283]	371	372	Uuq	[283]	372	373	Uuq	[283]	373	374	Uuq	[283]	374



Продолжение приложения 2

**Таблица 2** – Плотность ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) водных растворов некоторых кислот и щелочей при различной массовой доле ( $T = 18^{\circ}\text{C}$ )

ω. %	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	KOH	NaOH
4	1,027	1,022	1,019	1,033	1,046
6	1,040	1,033	1,029	1,048	1,069
8	1,055	1,044	1,039	1,065	1,092
10	1,069	1,056	1,049	1,082	1,115
12	1,083	1,068	1,059	1,100	1,137
14	1,098	1,080	1,069	1,118	1,159
16	1,112	1,093	1,079	1,137	1,181
18	1,127	1,106	1,089	1,156	1,203
20	1,143	1,119	1,100	1,176	1,225
22	1,158	1,132	1,110	1,196	1,247
24	1,174	1,145	1,121	1,217	1,268
26	1,190	1,158	1,132	1,240	1,289
28	1,205	1,171	1,142	1,263	1,310
30	1,224	1,184	1,152	1,286	1,332
32	1,238	1,198	1,163	1,310	1,352
34	1,255	1,211	1,173	1,334	1,374
36	1,273	1,225	1,183	1,358	1,395
38	1,290	1,238	1,194	1,384	1,416
40	1,307	1,251	-	1,411	1,437
42	1,324	1,264	-	1,437	1,458
44	1,342	1,277	-	1,460	1,478
46	1,361	1,290	-	1,485	1,499
48	1,380	1,303	-	4,511	1,519
50	1,399	1,316	-	1,538	1,540
52	1,419	1,328	-	1,564	1,560
54	1,439	1,340	-	1,590	1,580
56	1,460	1,351	-	1,616	1,601
58	1,482	1,362	-	-	1,622
60	1,503	1,373	-	-	1,643
62	1,525	1,384	-	-	-
64	1,547	1,394	-	-	-
66	1,571	1,403	-	-	-
68	1,594	1,412	-	-	-
70	1,617	1,421	-	-	-
72	1,640	1,429	-	-	-
74	1,664	1,437	-	-	-
76	1,687	1,445	-	-	-
78	1,710	1,453	-	-	-
80	1,732	1,460	-	-	-
82	1,755	1,467	-	-	-
84	1,776	1,474	-	-	-
86	1,793	1,480	-	-	-
88	1,808	1,486	-	-	-
90	1,819	1,491	-	-	-
92	1,830	1,496	-	-	-
94	1,837	1,500	-	-	-
96	1,840	1,504	-	-	-
98	1,841	1,510	-	-	-
100	1,838	1,522	-	-	-

Приложение 3 **Таблица 1** – Растворимость оснований и солей в воде

Катионы	Анионы												
	OH <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P↑	P↑	P	P	P	P↑	H	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P↑	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Mg <sup>2+</sup>	M	H	P	P	P	P	H	P	P	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	H	P	P	P	M	H	M	P	H	H	H	P
Ba <sup>2+</sup>	P	M	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	M	P	P	P	–	–	P	P	H	–	H	P
Cr <sup>3+</sup>	H	H	P	P	P	–	–	P	P	H	–	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	M	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	M	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	H	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	H	P	P	P	–	–	P	P	H	H	H	P
Cd <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Hg <sup>2+</sup>	–	–	P	M	H	H	H	P	P	H	H	–	P
Cu <sup>2+</sup>	H	H	P	P	P	H	H	P	P	H	H	H	P
Ag <sup>+</sup>	–	P	H	H	H	H	H	M	P	H	H	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	H	–	P	–	H	–	–	P
Pb <sup>2+</sup>	H	H	M	M	H	H	H	H	P	H	H	H	P

**Таблица 2** – Растворимость некоторых безводных солей, г/100 г воды

Соль	Температура, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NaNO <sub>3</sub>	73,0	80,5	88,0	96,1	104,9	111,1	123,6	135,8	148,1	161,1	184,5
NaCl	35,8	35,9	36,0	–	36,8	37,0	37,2	37,9	38,2	38,8	39,6
NaHCO <sub>3</sub>	6,9	8,2	8,6	11,2	12,6	14,5	16,4	–	–	–	–
KNO <sub>3</sub>	13,1	20,8	31,8	46,2	64,2	86,1	110,2	137,7	168,5	204,0	244,5
KCl	28,5	31,3	34,2	37,4	40,6	43,1	45,6	48,4	51,2	53,7	56,3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,4	9,3	11,1	13,1	15,1	16,3	18,3	20,0	21,4	22,9	24,1
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	4,7	8,1	12,3	18,3	26,0	35,0	44,0	56,8	69,8	82,5	102,0
NH <sub>4</sub> Cl	29,8	33,3	37,2	41,5	45,7	50,4	55,4	60,4	65,5	71,2	77,5
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	36,4	44,6	52,3	60,8	69,5	78,6	88,0	97,6	107,2	–	127,2

Приложение 4 **Таблица 1** – Основные классы неорганических веществ

Вещества	Классификация веществ		Примеры
Простые	Металлы (85 элементов)	s-элементы (кроме H, He)	
		p-элементы Al, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, Sb, Bi	
		d-элементы	
		f-элементы	
	Неметаллы (22 элемента)	s-элементы (H, He)	
		p-элементы B, C, Si, N, P, As, O, S, Se, Te	
		галогены	
	Благородные газы		
Сложные	Бинарные соединения	Гидриды	LiH, NaH, CaH <sub>2</sub> , BaH <sub>2</sub>
		Карбиды	Be <sub>2</sub> C, CaC <sub>2</sub> , Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>
		Нитриды	Na <sub>3</sub> N, Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
		Оксиды	Na <sub>2</sub> O, CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		Сульфиды	K <sub>2</sub> S, ZnS, Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
		Галиды	NaCl, BaCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub>
	Соли	Средние	NaNO <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
		Кислые (гидро-)	NaHCO <sub>3</sub> , NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
	Гидроксиды	Основные (гидроксо-)	CaOHCl, (CuOH) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Fe(OH) <sub>2</sub> Cl
		Кислоты	HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
		Амфолиты (амфотерные)	Zn(OH) <sub>2</sub> , Al(OH) <sub>3</sub> , Be(OH) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> ZnO <sub>2</sub> , H <sub>3</sub> AlO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> BeO <sub>2</sub>
		Основания	KOH, Ca(OH) <sub>2</sub> , Ni(OH) <sub>3</sub>

## Приложение 5

### Таблица 1 – Электроотрицательность по Полингу

Период	Группа																	
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIБ	VIIIБ			IB	IIБ	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 2,1																	He
2	Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne
3	Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar
4	K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	Kr
5	Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	Xe
6	Cs 0,7	Ba 1,9	La* 1,1	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn
7	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac** 1,1															

\* Лантаноиды: 1,1 – 1,3  
 \*\* Актиноиды 1,2 – 1,5

**Таблица 1** – Массовые доли кислот в водных растворах и их плотности при 20 °

Массовая доля, %	Плотность растворов, г/см <sup>3</sup>		Массо- вая доля, %	Плотность растворов, г/см <sup>3</sup>	
	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	HCl		H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	HCl
1	1,005	1,003	40	1,303	1,198
2	1,012	1,008	42	1,321	
3	1,018	1,013	44	1,337	
4	1,025	1,018	45	1,348	
5	1,032	1,023	46	1,357	
6	1,039	1,028	48	1,376	
7	1,045	1,033	50	1,395	
8	1,052	1,038	52	1,415	
9	1,059	1,043	54	1,435	
10	1,066	1,047	55	1,445	
12	1,080	1,057	56	1,456	
14	1,095	1,068	58	1,477	
16	1,109	1,078	60	1,498	
18	1,124	1,088	62	1,520	
20	1,139	1,098	65	1,553	
22	1,156	1,108	70	1,611	
24	1,170	1,119	75	1,669	
26	1,186	1,129	80	1,727	
28	1,202	1,139	85	1,779	
30	1,219	1,149	90	1,814	
32	1,235	1,159	92	1,824	
34	1,254	1,169	94	1,831	
35	1,260	1,174	96	1,836	
36	1,268	1,179	98	1,836	
38	1,286	1,189	100	1,831	

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература:**

1. Габриелян, О.С. Химия. 10 класс. Базовый уровень [Текст]: учебник / О.С.Габриелян. – 2-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2019.
2. Габриелян, О.С. Химия. 11 класс. Базовый уровень [Текст]: учебник / О.С.Габриелян. - М.: Дрофа, 2019.
3. Гусева, Е. В. Химия для СПО: учебнометодическое пособие / Е. В. Гусева, М. Р. Зиганшина, Д. И. Куликова. — Казань: КНИТУ, 2019.

### **Дополнительная литература:**

1. Органическая химия: учебник / А.И. Артеменко. — Москва: КноРус, 2018. — 528 с. — Для СПО. — ISBN 978-5-406-05331-7 <https://www.book.ru/book/924050>