

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Составитель  
Ю. А. Винидиктова

## **СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЕЩЕСТВ**

### **Методические материалы к самостоятельной работе**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления  
подготовки 18.03.01 Химическая технология  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Ченская В. В. – кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии неорганических веществ и наноматериалов

Пучков С. В. – кандидат химических наук, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология

**Винидиктова Юлия Александровна**

**Строение и реакционная способность веществ** : методические материалы к самостоятельной работе для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра химической технологии неорганических веществ и наноматериалов ; составитель: Ю. А. Винидиктова. – Кемерово, 2025. – 1 файл (1960 Кб). – Текст : электронный.

Методические указания содержат материалы для самостоятельной работы студентов: темы лекций, вопросы к лабораторным работам и индивидуальным заданиям, тесты для самостоятельной работы, список рекомендуемой литературы и информационных источников, контрольные вопросы к экзамену.

Пособие предназначено к использованию студентами высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Химия», «Химическая технология». Может быть полезно для бакалавров, обучающихся по нехимическим направлениям подготовки.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2025  
© Винидиктова Ю. А., состав-  
ление, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЕЩЕСТВ» .....	5
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	10
3. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	14
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ. ....	22
5. ИЛЛЮСТРАЦИИ И ТАБЛИЦЫ К ТЕМАМ КУРСА .....	42
6. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ .....	74
7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	78

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Строение и реакционная способность веществ» изучается в течение одного учебного семестра и включает в себя различные формы обучения: лекционные занятия, лабораторные практикумы и, что особенно важно, самостоятельное изучение материала. Именно ваша индивидуальная работа играет ключевую роль в успешном освоении дисциплины. Качество вашей подготовки к занятиям напрямую определит итоговые результаты обучения.

В рамках курса предусмотрено выполнение индивидуального задания. Для более эффективного усвоения информации в методических указаниях представлены тестовые задания по всем тематическим разделам.

Контрольные вопросы, задания и тесты основаны на материалах двух основных учебных пособий по курсу, а также на содержании лекций. Сборник включает вопросы к тестированию, что будет способствовать вашей подготовке к контрольным работам.

При внимательном ознакомлении с методическими материалами вы заметите повторение программного материала в различных формах обучения. Это закономерно, поскольку на лекциях информация представляется в устной форме, и вам необходимо будет вести конспект.

Данные методические материалы предназначены для самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным занятиям по дисциплине, являются дополнением к литературе, рекомендованной студентам при изучении курса «Строение и реакционная способность веществ». Методические материалы состоят из пяти разделов:

- содержание курса;
- темы лабораторных работ и вопросы для самоподготовки;
- индивидуальные задания;
- тесты для самостоятельной работы;
- вопросы к экзамену;
- иллюстративный материал в виде рисунков, таблиц и схем, призван дополнить лекционный материал, а также может быть использован при самостоятельной подготовке к занятиям. Кроме это-

го, он может служить в качестве вспомогательного материала при сдаче студентами индивидуального задания.

Лабораторные занятия направлены на развитие навыков работы в химической лаборатории, проведения экспериментов, анализа и интерпретации результатов, формулирования выводов. Именно через практический опыт достигается глубокое понимание теоретических концепций. Обратите внимание на необходимость соблюдения правил техники безопасности при работе в лаборатории. Обязательным является использование лабораторного халата, а для некоторых экспериментов потребуются защитные перчатки и очки.

Курс завершается устным экзаменом, на котором вам будет предложен билет с двумя вопросами. На подготовку ответа отводится минимум 40 минут. Методические указания содержат перечень вопросов для самостоятельной подготовки к экзамену. По непонятным вопросам следует обратиться к преподавателям за разъяснениями.

# **1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЕЩЕСТВ»**

## **Тема 1 Строение атомов**

Модельные представления о строение атома. Модель атома Резерфорда-Бора. Теория Бора-Зоммерфельда. Постулаты Бора. Квантовые числа. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантовая природа света. Принцип неопределенности Гейзенберга. Гипотеза де Бройля. Одноэлектронный атом. Волновое уравнение Шредингера. Квантовые числа. Характеристика АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Правило Хунда.

## **Тема 2. Электронные конфигурации атомов и ионов**

Изменение энергии АО для атомов H–Na. Зависимость энергии АО от порядкового номера. Особенности электронных конфигурации ионов переходных металлов. Инверсия энергий АО в катионах *d* и *f*-элементов. Относительные энергии электронных конфигурации атомов и ионов от K до Zn. Полностью заполненные и наполовину заполненные подуровни обладают повышенной стабильностью.

Характеристики атома. Орбитальный радиус атома. Системы радиусов. Радиусы атомов и ионов. Энергия ионизации (Потенциал ионизации). Теорема Купманса. Сродство к электрону. Электроотрицательность. Поляризуемость.

Изменение характеристик атома в Периодической Системе элементов. Периодический закон. Периодическая система элементов. Изменение орбитальных радиусов. Изменение атомных радиусов. Изменение энергий ионизации. Изменение сродства к электрону. Изменение электроотрицательности. Вторичная периодичность. Эффект инертной пары.

## **Тема 3. Типы химической связи**

Ионная связь. График зависимости энергии связи от расстояния между взаимодействующими ионами. Постоянная Моделунга. Уравнение Борна-Ланде. Энергия кристаллической решетки. Цикл Борна-Габера. Карты электронной плотности. Определение ионных

радиусов. Влияние заряда иона на прочность ионной связи. Влияние размера иона на прочность ионной связи.

#### **Тема 4. Ковалентная связь. Метод МО**

Схема образования ковалентной связи. Приближение Борна-Оппенгеймера. Метод МО ЛКАО. Распределение электронной плотности. Энергетическая диаграмма  $H_2^+$ . Многоэлектронные молекулы. Взаимосвязь энергии, длины и порядка связи на примере молекулы  $H_2$  и ионов. Мнемоническое правило.

Типы перекрывания АО. Пространственная форма АО и МО. Перекрывание АО по  $\sigma$ -типу. Перекрывание АО по  $\pi$ -типу. Перекрывание АО по  $\delta$ -типу. Несвязывающие МО. Выгодность перекрывания АО.

#### **Тема 5. Ковалентная связь. Метод ВС**

Метод ВС для молекулы водорода. Метод ВС: качественное представление. Гибридизация АО. Типы гибридизации. Промотирование электрона в методе ВС.

Двухатомные гомоядерные молекулы элементов II периода. Построение энергетической диаграммы МО. Схема МО без  $s$ - $p$ -взаимодействия (от  $O_2$  до  $Ne_2$ ). Схема МО молекулы  $O_2$ . Взаимодействие МО между собой. Схема МО с учетом  $s$ - $p$ -взаимодействия (от  $Li_2$  до  $N_2$ ). Изменение энергии МО. Слабосвязанная молекула  $Be_2$ . Валентно-изоэлектронные молекулы. Энергия диссоциации двухатомных гомоядерных молекул  $p$ -элементов.

Гетероядерные двухатомные молекулы элементов второго периода. Молекула  $LiH$ . Молекула  $HF$ . Дипольный момент. Молекула  $CO$ . Изоэлектронные двухатомные молекулы.

#### **Тема 6. Геометрия молекул**

Теория Гиллеспи. Основные положения теории ОЭПВО (теории Гиллеспи). Геометрическое расположение электронных пар в пространстве. Молекулы  $BF_3$  и  $PCl_5$ . Влияние числа неподеленных электронных пар на величины валентных углов. Молекулы с кратными связями. Тригонально-бипирамидальные молекулы.

Тригонально-бипирамидальные молекулы с кратными связями. Молекулы с 7 электронными парами. Причина отталкивания электронных пар. Влияние природы лиганда X на величины валентных углов в  $AX_n$ .

### **Тема 7. Полярность связи**

Дипольный момент Дипольные моменты многоатомных молекул. Влияние полярности связи на дипольные моменты многоатомных молекул.

Недостатки теории Гиллеспи. Стереохимически неактивная электронная пара. Дигалогениды элементов 2 группы. Энергетический профиль. Поляризуемость катиона. Гибридизация АО. Дигалогениды элементов 2 группы.

### **Тема 8. Металлическая связь**

Характеристика соединений с металлической связью. Строение решетки. Металлическая связь в методе ВС. Металлическая связь в методе МО (зонная теория).

### **Тема 9. Межмолекулярное взаимодействие**

Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса. Притяжения одноименно заряженных ионов в газовой фазе. Водородная связь. Температуры кипения водородных соединений  $p$ -элементов. Энергетика водородной связи. Виды водородной связи. Фтористый водород. Водородные связи в воде. Димеризация уксусной кислоты. Протонные губки и протонные ловушки.

### **Тема 10. Агрегатные состояния вещества**

Плазма. Индуктивно-связанная плазма. Структура хлора в кристалле. Конденсация вещества.

Кристаллическое состояние вещества. Основные понятия. Классификация кристаллов по типу связи. Атомная кристалличе-



ская решетка. Молекулярная кристаллическая решетка. Ионная кристаллическая решетка. Металлическая кристаллическая решетка.

### **Тема 11. Типы кристаллических решеток**

Основные понятия. Симметрия и решетки Бравэ. Кубическая решетка. Объемноцентрированная решетка. Гексагональная решетка. Основные формы кристаллов. Образование кристаллов. Факторы, влияющие на форму кристаллов. Полиморфизм кристаллов. Основные представления. Аллотропия. Полиморфизм карбоната кальция. Аллотропия серы.

### **Тема 12. Аморфное состояние вещества**

Стекла и ситаллы. Гипотезы строения стекла. Кристаллитная гипотеза. Кристаллическое и аморфное состояние вещества. Структура аморфного оксида кремния. Образование аморфного и кристаллического состояния. Характеристика аморфного состояния. Кварцевое и силикатное стекло. Виды стекол. Получение ситаллов.

### **Тема 13. Нестехиометрические соединения**

Основные понятия. Примеры нестехиометрических соединений. Дефекты кристаллической решетки.

Дефекты кристаллических решеток нестехиометрических соединений. Точечные дефекты. Примеры. Типы нестехиометрических соединений. Примеры возникновения и регулирования нестехиометрии.

### **Тема 14. Структура воды**

Модели структуры воды: непрерывные, смешанные модели структуры воды, модели с заполнением пустот, кластерные, модели ассоциатов.

## **Тема 15. Строение жидкостей**

Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Корреляционные функции. Функция распределения положений частиц в жидкостях. Современные методы описания структуры жидкостной флуктуации. Виды флуктуации. Теория флуктуации. Методы исследования структуры жидкости. Структура жидкостей. Непрерывная модель жидкого состояния. Микрокристаллическая модель жидкого состояния. Квазикристаллическая модель жидкого состояния. Модель жидкого состояния Дж. Бернала.

## **Тема 16. Жидкокристаллическое состояние**

Структура и классификация жидкокристаллического состояния. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Оптические свойства жидких кристаллов. Двулучепреломление. Анизотропия свойств. Текстура термотропных жидких кристаллов. Применение.

## **2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **Лабораторная работа 1**

**Тема: Строение и химические свойства атомов. Периодическая система элементов.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Какова максимальная ёмкость ... подуровня?
2. Какая последовательность расположения орбиталей соответствует порядку заполнения их электронами?
3. Какие квантовые числа полностью характеризуют энергию электрона? Электронную орбиталь?

### **Лабораторная работа 2**

**Тема: Химическая связь. Состав, строение и реакционная способность соединений.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. На примере молекулы  $H_2$  покажите, какие данные указывают на то, что при образовании связи происходит не касание, а перекрывание электронных облаков. Чем определяется глубина перекрывания?
2. Для каких форм АО имеет (и не имеет) значение направленность их перекрывание при образовании связей?
3. Почему при наличии одной связи между атомами она может быть только  $\sigma$ -связью? При каких условиях образуются  $\pi$ - и  $\delta$ -связи? Для всех ли форм электронных облаков возможно образование этих связей?

### **Лабораторная работа 3**

**Тема: Химическая связь. Поляризуемость химической связи и свойства однотипных соединений.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Дайте определение электроотрицательности. Как она изменяется по периоду и главной подгруппе? Ответ обоснуйте, пользуясь ПСЭ.

2. Какой атом проявляет большую электроотрицательность: В или О; F или I? Ответ обоснуйте, пользуясь ПСЭ.

3. Почему в молекулах  $H_2$  и  $Cl_2$  связь ковалентная неполярная, а в молекуле  $HCl$  – ковалентная полярная? Какое свойство атомов в молекуле определяет степень полярности связи?

## **Лабораторная работа 4**

### **Тема: Рефрактометрия. Аддитивность рефракции.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Что такое показатель преломления? Чем обусловлено изменение скорости распространения светового луча при переходе из одной среды в другую?

2. Как зависит показатель преломления вещества от температуры и давления, при которых проводятся его измерения?

3. Зависит ли показатель преломления вещества от длины волны преломляемого луча?

## **Лабораторная работа 5**

**Тема: Получение и исследование свойств аллотропных модификаций серы.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Охарактеризуйте электронное строение и валентные возможности атома серы исходя из положения элемента в Периодической системе.

2. Рассмотрите фазовую диаграмму элементной серы в координатах давление–температура. Какие участки соответствуют областям гомогенности, какие – областям гетерогенности? Какие фазовые переходы изображены на диаграмме?

3. Охарактеризуйте окислительно-восстановительные свойства элементной серы. Приведите уравнения реакций.

## Лабораторная работа 6

**Тема: Получение карбонатов металлов и установление их состава.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Дайте определение понятиям: электролитическая диссоциация, произведение растворимости, протолиз, гидролиз. Почему угольная кислота относится к числу слабых электролитов, а её растворимые соли в водных растворах являются сильными электролитами?
2. Назовите основные способы получения карбонатов, приведите уравнения реакций, укажите условия их протекания.
3. Опишите физические и химические свойства карбонатов и гидрокарбонатов щелочных и щелочноземельных металлов, средних и основных карбонатов *p*- и *d*-элементов.

## Лабораторная работа 7

**Тема: Синтез и последовательные превращения соединений меди.**

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Охарактеризуйте электронное строение и валентные возможности атома меди исходя из положения элемента в Периодической системе.
2. Охарактеризуйте физические и химические свойства металлической меди. Приведите уравнения реакций её взаимодействия с простыми веществами и минеральными кислотами.
3. Какие типы координационных соединений характерны для ионов меди? С какими лигандами медь образует наиболее устойчивые комплексы? Какова их геометрическая структура и физико-химические свойства?

## Лабораторная работа 8

### Тема: Синтез и анализ пентагидрата тиосульфата натрия.

#### Вопросы для самостоятельного изучения

1. Поясните, почему водный раствор тиосульфата натрия имеет нейтральную реакцию, раствор сульфита натрия – щелочную, а раствор сульфида натрия – сильнощелочную. Приведите уравнения реакций.

2. Запишите уравнения реакций, которые протекают на поверхности светочувствительного слоя фотоматериала в ходе его проявления (восстановление бромидов серебра) и закрепления (растворение бромидов серебра в избытке тиосульфата натрия с образованием дитиосульфатоаргената (I) натрия).

3. Каким способом можно достичь переохлаждения раствора? Приведите примеры веществ, способных существовать в виде переохлаждённых жидкостей при стандартных условиях.

### 3. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Орбитальное квантовое число  $l$  для электронов, расположенных на  $f$ -подуровне 5-го энергетического уровня, равно:

- a. 2;
- b. 5;
- c. 3;
- d. 4.

2. Атому какого элемента соответствует данная электронная конфигурация  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3$ ?

- a. кремний;
- b. сера;
- c. фосфор;
- d. азот.

3. Из перечисленных ниже ионов наибольший радиус имеет:

- a.  $\text{Li}^+$ ;
- b.  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- c.  $\text{K}^+$ ;
- d.  $\text{Na}^+$ ;

3. Порядковый номер элемента в таблице Менделеева соответствует:

- a. высшей валентности элемента;
- b. числу протонов в ядрах его атомов;
- c. числу электронов в его атомах;
- d. числу нейтронов в ядрах его атомов;

4. Пи-связь образуется за счет:

- a. перекрывания одного  $s$ -электронного и одного  $p$ -электронного облаков;
- b. перекрывания двух  $s$ -электронных облаков;
- c. бокового перекрывания двух  $p$ -электронных облаков;
- d. бокового перекрывания двух  $p$ -электронных облаков, имеющих одинаковое значение  $m_s$  (спинового квантового числа).

5. Из перечисленных молекул и частиц выберите те, в которых у центрального атома есть две неподелённые электронные пары.

**Внимание!** Выберите все подходящие варианты, их может быть больше одного!

- a.  $\text{XeF}_2$ ;
- b.  $\text{H}_2\text{O}^+$ ;
- c.  $\text{ClF}_3$ ;
- d.  $\text{CF}_4$ ;
- e.  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- f.  $\text{OH}^-$ ;
- g.  $\text{SF}_4$ .

6. Атомы каких элементов могут являться донорами электронных пар?

- a. He;
- b. O;
- c. Li;
- d. Na.

7. Закончите предложение:

...— трехмерные образования, характеризующиеся строгой повторяемостью одного и того же элемента структуры (элементарной ячейки) во всех направлениях.

- a. твердые кристаллы;
- b. сингония;
- c. элементарная ячейка;
- d. кристаллическая решетка.

8. Закончите предложение:

... способность одного и того же вещества давать различные структуры (в зависимости от условий образования).

- a. изотропия;
- b. изоморфизм;
- c. полиморфизм;
- d. анизотропия.

9. Для какой сингонии соотношения между параметрами элементарной решетки составляют:  $a=b \neq c$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ :

- a. тетрагональной;
- b. триклинной;
- c. гексагональной;
- d. моноклинной.

10. Выберите правильный ответ:

Вещество существует в трех агрегатных состояниях при

- a.  $P=P_0$  и  $T=T_0$ ;
- b.  $P>P_0 < P_K$ ;



с.  $P=P_k$  и  $T=T_k$ .

11. Вещества с полиморфной модификацией приведены в ряду:

- a. ZnS, FeS, CuS, CoS;
- b. B, Si, Ge, As;
- c. O<sub>2</sub>, P, H<sub>2</sub>, SeO<sub>2</sub>;
- d. FeCO<sub>3</sub>, Sn, Fe, S.

12. Гетеровалентный изоморфизм приведен в ряду:

- a. Al<sup>3+</sup> - Fe<sup>3+</sup>;
- b. Al<sup>3+</sup> + Na<sup>+</sup> - Si<sup>4+</sup>;
- c. K<sup>1+</sup> - Rb<sup>1+</sup> - Cs<sup>1+</sup>;
- d. Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> - Na<sup>+</sup>, Si<sup>4+</sup>.

13. Молекулярное строение имеет:

- a. Cl<sub>2</sub>;
- b. CaO;
- c. ZnCl<sub>2</sub>;
- d. NaBr.

14. Кристаллическая решетка хлорида кальция:

- a. металлическая;
- b. молекулярная;
- c. ионная;
- d. атомная.

15. Кристаллическая решетка твердого оксида углерода(IV):

- a. ионная;
- b. молекулярная;
- c. металлическая;
- d. атомная.

16. Молекулярную кристаллическую решетку имеет:

- a. CaF<sub>2</sub>;
- b. CO<sub>2</sub>;
- c. SiO<sub>2</sub>;
- d. AlF<sub>3</sub>.

17. Немолекулярное строение имеет:

- a. H<sub>2</sub>O;
- b. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- c. SiO<sub>2</sub>;
- d. CO<sub>2</sub>.

18. Молекулярное строение имеет:

- a. алмаз;
- b. азот;
- c. кремний;
- d. поваренная соль.

19. Наибольшую температуру плавления имеет:

- a. водород;
- b. кислород;
- c. оксид углерода(IV);
- d. оксид кремния(IV).

20. Ионное строение имеет:

- a. оксид бора;
- b. оксид углерода(IV);
- c. оксид серы(VI);
- d. оксид магния.

21. Вещества с металлической кристаллической решеткой:

- a. хрупкие, легкоплавкие;
- b. проводят электрический ток, пластичные;
- c. обладают низкой тепло- и электропроводностью;
- d. обладают хорошими оптическими свойствами.

22. В отличие от химического межмолекулярное взаимодействие:

- a) проявляется на меньших расстояниях;
- b) проявляется на больших расстояниях;
- c) характеризуется отсутствием насыщаемости;
- d) характеризуется насыщенностью;
- f) является сильным взаимодействием;
- g) является слабым взаимодействием.

23. Основные типы межмолекулярного взаимодействия:

- a) дисперсионное;
- b) донорно-акцепторное;
- c) ионное;
- d) индукционное;
- f) ориентационное.

24. К полярным молекулам относятся:

- a. HCl;
- b. H<sub>2</sub>;
- c. BF<sub>3</sub>;
- d. CH<sub>3</sub>Cl;

f.  $\text{CH}_4$ .

25. неполярными молекулами являются вещества:

a.  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ;

b.  $\text{PF}_5$ ,  $\text{SF}_6$ ;

c.  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ,  $\text{CH}_4$ ;

d.  $\text{BF}_3$ ,  $\text{S}=\text{C}=\text{O}$ .

26. При помещении неполярной молекулы во внешнее электрическое поле у молекулы появляется:

a. дипольный момент;

b. индуцированный дипольный момент;

c. диэлектрическая проницаемость;

d. ориентационная поляризация.

27. Выражение для дипольного момента молекулы:

a.  $\mu_{\text{инд}} = \alpha \cdot E$ ;

b.  $\varepsilon = c/c_0$ ;

c.  $\mu_e = e_a \cdot \ell$ ;

d.  $\alpha_0 = \mu^2/3kT$ .

28. Для энергии ориентационного взаимодействия характерно следующее соотношение:

a.  $U = m/r^{12}$ ;

b.  $U = -2\alpha\mu^2/r^6$ ;

c.  $U = -2\mu^4 N_A/3RT r^6$ ;

d.  $U = -3h\nu_0\alpha^2/4r^6$ ;

f.  $U_{np} = -n/r^6$ .

29. Расположите жидкости в порядке возрастания энергии межмолекулярного взаимодействия:

a. жидкости, состоящие из бездипольных многоатомных молекул;

b. ассоциированные жидкости, состоящие из молекул с большим постоянным дипольным моментом;

c. неассоциированные жидкости, состоящие из дипольных молекул;

d. сжиженные благородные газы;

f. простые жидкости, состоящие из гомоядерных двухатомных молекул;

g. ассоциированные жидкости, состоящие из молекул, образующих водородные связи.

30. У неполярных молекул отсутствует:

- a. индукционный эффект;
- b. ориентационный эффект;
- c. дисперсный эффект.

31. Для двух одинаково полярных молекул энергия индукционного взаимодействия может быть рассчитан по формуле<sup>^</sup>

- a.  $U = -2\alpha\mu^2/r^6$ ;
- b.  $U = -3hv_0\alpha^2/4r^6$ ;
- c.  $U_{np} = -n/r^6$ ;
- d.  $U = -2\mu^4 N_A / 3RT r^6$ .

32. Что общего в свойствах жидкостей и твердых тел?

- a. плохая сжимаемость;
- b. сохраняют свой объем, в обычных условиях их трудно сжать;
- c. сохраняют свою форму;
- d. общих свойств нет.

33. Какие черты строения вещества относятся только к жидкому состоянию вещества?

- a. молекулы вещества расположены на расстояниях, приблизительно равных размерам самих молекул;
- b. в расположении молекул наблюдается ближний порядок;
- c. молекулы колеблются относительно положения равновесия;
- d. молекулы сильно взаимодействуют;
- f. молекулы могут совершать перескоки;
- g. ни один из перечисленных ответов не отображает свойства только лишь жидкостей.

34. Основоположник квазикристаллической теорий жидкого состояния:

- a. Д. Бернал;
- b. Я. И. Френкель;
- c. Я. Д. Ван-дер-Ваальс;
- d. У. Стюарт.

35. Какая теория рассматривает жидкость как однородное, связанное силами сцепления существенно нерегулярное построение молекул, не содержащих никаких кристаллических участков или дырок, достаточно больших, чтобы позволить другим молекулам внедряться в них.

- a. теория Д. Бернала;
- b. теория Я. И. Френкеля;

с. теория У. Стюарта.

36. Что такое сиботаксические группы?

37. К ассоциатам относят следующие вещества:

а.  $(\text{CH}_3\text{OH})_n$ ;

б.  $(\text{H}_2\text{O})_p(\text{CH}_3\text{OH})_n$ .

38. Корреляция зависит от ...

а. короткодействующих сил химического типа;

б. дальнодействующих сил химического типа;

с. короткодействующих и дальнодействующих сил химического типа.

39. Локальные отклонения свойств вещества от их среднего значения, случайно возникающие под действием теплового движения и молекулярных сил называют ...

а. анизотропией;

б. корреляцией;

с. флуктуацией.

40. Корреляция позволяет ...

а. статистическое описание ассоциации;

б. статистическое описание комплексообразования;

с. найти вероятные положения молекул первой координационной сферы;

д. статистическое описание ассоциации и комплексообразования.

41. Анизотропные флуктуации возникают:

а. в ходе конформационных превращений полярных молекулы не имеющих шаровой симметрии;

б. в результате локальных нарушений динамического равновесия реакций ассоциации, комплексообразования, конформационных превращений в растворах;

с. с появлением дефектов в квазикристаллической структуре жидкой фазы.

42. Какая теория позволяет подойти к проблеме жидкости с точки зрения твердого тела?

а. кластерная теория У. Стюарта;

б. теория Д. Бернала;

с. квазикристаллическая теория жидкого состояния;

д. непрерывная модель жидкого состояния.

43. К экспериментальным методам исследования структуры жидкости относят:

- a. метод молекулярной динамики;
- b. рентгеноструктурный анализ;
- c. рентгенофлюоресцентный анализ;
- d. метод машинного эксперимента Монте-Карло.

44. Представления о возможности непрерывного перехода от газа к жидкости описывает:

- a. теория Д. Бернала;
- b. кластерная теория У. Стюарта;
- c. непрерывная модель жидкого состояния;
- d. квазикристаллическая теория жидкого состояния.

## 4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

В течение семестра студент выполняет индивидуальное задание. Индивидуальное задание должно быть аккуратно оформлено, номера и условия задач переписываются в том порядке, в каком они указаны в задании. Решения задач и ответы на теоретические вопросы должны быть кратко, но чётко обоснованы. При решении задач недостаточно одних формул и математических расчетов; следует объяснить свои действия, затем идут формулы, расчеты, конечный ответ и выводы.

Работы должны быть датированы, подписаны студентом и представлены на рецензирование. Если работа не зачтена, её следует выполнить повторно в соответствии с указаниями рецензента и выслать на рецензирование вместе с незачтённой работой. Исправления следует делать в конце тетради, а не в рецензированном тексте. Индивидуальное задание, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не зачитывается как сданная.

Каждый студент выполняет свой вариант заданий, обозначенный последней цифрой номера студенческого билета. Например, номер студенческого билета 46025, последняя цифра 5, и ей соответствует вариант контрольного задания 5.

### Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Номера задач, относящихся к данному варианту
0	1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151
1	2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92, 102, 112, 122, 132, 142, 152
2	3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93, 103, 113, 123, 133, 143, 153
3	4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94, 104, 114, 124, 134, 144, 154
4	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115, 125, 135, 145, 155
5	6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96, 106, 116, 126, 136, 146, 156

6	7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97, 107, 117, 127, 137, 147, 157
7	8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 98, 108, 118, 128, 138, 148, 158
8	9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99, 109, 119, 129, 139, 149, 159
9	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160

1. Опираясь на принцип запрета Паули, вычислите максимально возможное число электронов, способных находиться на первых четырех энергетических уровнях атома ( $n$  от 1 до 4).

2. Сколько  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - и  $f$ -орбиталей могут быть в различных электронных слоях атома?

3. Что характеризует орбитальное квантовое число  $\ell$ ? Какую симметрию имеют атомные орбитали при  $\ell = 0$ ? Сколько разрушенных положений в пространстве имеют такие атомные орбитали?

4. Какое состояние атомов называется нормальным или основным? Какое состояние атома называется возбужденным? Какими способами можно перевести атом в возбужденное состояние?

5. Что называется электронной структурой атома и электронной конфигурацией? Что означает порядковый номер элемента?

6. Что такое атомная орбиталь? Какими квантовыми числами она характеризуется?

7. Какова структура периодической системы? Что определяет число периодов, групп и подгрупп? Чем отличается восьмая группа от всех остальных?

8. Какими квантовыми числами описывается состояние электрона в атоме? Чем характеризуется каждое квантовое число, и какие значения они могут принимать?

9. Чем определяется для данного энергетического уровня число подуровней, число атомных орбиталей и его электронная емкость?

10. Может ли возбужденный атом испускать фотон любой частоты?

11. Какие из электронов  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - и  $f$ - могут находиться на внешней оболочке атомов?

12. Существует ли связь между числом валентных электронов и положением элементов в периодической системе?



13. Какие электроны являются валентными у  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - и  $f$ -элементов и почему?

14. Что называется электронным подуровнем? Чему равно максимальное число электронов на  $s$ -,  $p$ -,  $d$ - и  $f$ -подуровнях? Чем отличаются электроны разных подуровней данного энергетического уровня?

15. Понятие эффективного заряда. Что называется проникающей способностью электрона и какие электроны обладают ею в большей степени? Как эффект проникновения влияет на заряд ядра?

16. Используя в качестве примера атом элемента, расположенного во 2-м периоде и III группе периодической системы, поясните закономерности изменения следующих характеристик атомов в пределах одного периода и в пределах одной группы: атомных радиусов, потенциалов ионизации, сродства к электрону и электроотрицательности.

17. Может ли быть на внешнем квантовом слое больше 8 электронов?

18. Как изменяется разница в энергиях  $s$ - и  $p$ -подуровней одного и того же квантового уровня с увеличением числа электронов на этих подуровнях?

19. Почему водород помещают в I или VIII группу периодической системы? Дайте обоснования обоим вариантам.

20. Как связано с принципом Паули определение емкости энергетических уровней и подуровней?

21. Как изменяется устойчивость степени окисления для  $p$ - и  $d$ -элементов по подгруппе?

22. На основании размера атома, энергии ионизации и электроотрицательности объясните ослабление металлических и усиление неметаллических свойств в ряду элементов второго периода с увеличением порядкового номера элемента.

23. В чем заключается эффект экранирования ядра электронами? Какие электроны ( $s$ -,  $p$ - или  $d$ -) обладают наибольшей экранирующей способностью?

24. Как изменяются свойства оксидов и гидроксидов  $s$ - и  $p$ -элементов в периоде? Объясните причину и покажите различия в свойствах гидроксидов первого и предпоследнего элемента третьего периода.

25. Как изменяется электроотрицательность элементов периодической системы (в группах, периодах)? Сохраняется ли неизменной величина электроотрицательности элемента при переходе его из одного соединения в другое? Какое свойство элемента характеризует электроотрицательность?

26. Что характеризует электроотрицательность элемента? Объясните изменение электроотрицательности в ряду элементов третьего периода.

27. К какой группе относятся  $f$ -элементы? Чем объяснить близость  $f$ -элементов по своим химическим свойствам? Что такое  $f$ -сжатие?

28. Поясните, почему металлические свойства более выражены у элементов главных подгрупп в I и II группах периодической таблицы Менделеева, тогда как в остальных группах металлические характеристики сильнее проявляются у элементов побочных подгрупп.

29. Почему в высшей степени окисления  $d$ -элементами (Cr и Mn) проявляют определенное сходство с  $p$ -элементами (S и Cl) той же группы? Покажите это на примере элементов VI и VII групп.

30. Как изменяется энергия ионизации и сродство к электрону для элементов одного периода с увеличением порядкового номера элемента? Какие закономерности в изменении энергии ионизации и сродства к электрону будут наблюдаться для элементов одной группы?

31. Напишите электронные формулы элементов №12, №41 и определите их место в периодической системе. Распределите их валентные электроны по атомным орбиталям и определите суммарный спин. Какие квантовые числа характеризуют валентные электроны элемента №41?

32. Составьте электронные конфигурации для элементов с атомными номерами 13 и 77, укажите их положение в периодической таблице Менделеева. Покажите распределение валентных электронов этих элементов по орбиталям и вычислите суммарный спин. Укажите, какими квантовыми числами различаются два последних электрона у элемента с атомным номером 13.

33. Составьте электронные конфигурации для элементов с порядковыми номерами 4 и 22, и укажите их положение в периодической таблице Менделеева. Покажите распределение валентных

электронов данных элементов по атомным орбиталям и вычислите их суммарный спин. Укажите, какие квантовые числа различаются у валентных электронов этих химических элементов?

34. Напишите электронные формулы элементов №39 и №83, а также укажите их расположение в таблице Менделеева. Покажите распределение валентных электронов этих элементов по орбиталям и рассчитайте суммарный спин атома. Какими квантовыми числами отличаются два последних электрона у элемента №39? Какие свойства являются характерными признаками металла? Как эти признаки проявляются у элементов III группы главной подгруппы? Объясните, почему висмут редко проявляет степень окисления +5, и охарактеризуйте свойства соединений, содержащих ион  $\text{Bi}^{5+}$ .

35. Запишите электронные конфигурации для элементов с атомными номерами 32 и 48, показывая их строение в основном и возбужденном состояниях. Покажите распределение валентных электронов по орбиталям атома и вычислите суммарный спин. Укажите положение данных элементов в периодической таблице Менделеева. Определите, какие квантовые числа имеют одинаковые значения для электронов, находящихся на внешних орбиталях этих элементов.

36. Составьте электронные конфигурации для элементов с порядковыми номерами 51 и 55, показав их строение в основном и возбужденном состояниях. Изобразите схему размещения валентных электронов этих элементов на атомных орбиталях для обоих состояний и вычислите их суммарный спин. Укажите, к какой группе периодической системы относятся данные элементы. Для элемента с порядковым номером 55 определите набор квантовых чисел, характеризующих последний электрон в его электронной конфигурации.

37. Составьте электронные конфигурации для элементов с порядковыми номерами 11 и 44. Укажите положение электрона в таблице Менделеева. Покажите распределение валентных электронов данных элементов по орбиталям как в основном, так и в возбужденном состояниях, и вычислите суммарный спин. Какие квантовые числа различаются у двух последних электронов элемента с порядковым номером 11?

38. Напишите электронные формулы элементов №32 и №40. Распределите валентные электроны по атомным орбиталям в основ-

ном и возбужденном состоянии и определите суммарный спин. Назовите элементы, обоснуйте их место в периодической системе (период, группа, семейство, их возможные положительные и отрицательные степени окисления, принадлежность к классам металлов, неметаллов. Какие квантовые числа совпадают для электронов, завершающих электронные формулы этих элементов?

39. Выполните следующее задание по химическим элементам с порядковыми номерами 32 и 40: Составьте электронные конфигурации указанных элементов. Покажите, как распределяются валентные электроны этих элементов по орбиталям, рассмотрев как основное, так и возбужденное состояния. Вычислите суммарное спиновое квантовое число для каждого из элементов. Укажите названия данных элементов и аргументируйте их расположение в периодической таблице Д.И. Менделеева, упомянув: к какому периоду они относятся; в какой группе находятся; к какому семейству принадлежат; какие степени окисления (положительные и отрицательные) они могут проявлять; являются ли они металлами или неметаллами. Определите, какие квантовые числа имеют одинаковые значения у электронов, завершающих электронную конфигурацию рассматриваемых элементов.

40. Представьте электронные конфигурации для химических элементов с порядковыми номерами 14 и 22. Покажите, как распределяются валентные электроны по орбиталям атома как в основном, так и в возбужденном состояниях, и вычислите суммарный спин. Укажите названия этих элементов и обоснуйте их расположение в таблице Менделеева (к какому периоду, группе и семейству они относятся). Охарактеризуйте возможные положительные и отрицательные степени окисления данных элементов, а также укажите, относятся ли они к металлам или неметаллам. Определите, какие квантовые числа являются одинаковыми для электронов, которые завершают электронные конфигурации рассматриваемых элементов.

41. Исходя из электронной структуры атома с внешними уровнями  $\dots 5s^2 5p^1$ . Определите положение данного химического элемента в периодической таблице Менделеева и укажите, к какой группе элементов он принадлежит. Охарактеризуйте основные физические и химические свойства этого элемента. Запишите полные электронные конфигурации элементов, являющихся его электронными аналогами, и укажите их названия. Какие валентные состояния наибо-

лее типичны для элементов данной группы? Объясните химическую закономерность, согласно которой степень окисления +1 проявляется слабее у индия (In) по сравнению с таллием (Tl).

42. Какие элементы называются лантаноидами? Что характерно для их электронного строения? Сколько их в периоде? Какие элементы называются актиноидами? Что характерно для их электронного строения? Сколько их в периоде? Чем можно объяснить близость их свойств? На основании электронной конфигурации атома  $\dots 4f^{14}5d^16s^2$  определите место элемента в периодической системе, к какому семейству относится элемент и какие электроны для него валентные. Чем объясняются восстановительные свойства этого элемента?

43. Исходя из атомной электронной структуры  $\dots 3s^23p^1$ , укажите положение данного химического элемента в таблице Менделеева. К какой группе элементов он принадлежит? Какие валентные состояния может проявлять этот элемент? Запишите электронные конфигурации химических аналогов данного элемента и перечислите их названия. Как происходит изменение основных химических характеристик элементов в пределах данной подгруппы? В чем заключаются сходства и различия в строении электронных оболочек атомов рассматриваемого элемента и элемента под номером 21?

44. На основании электронной конфигурации атома  $\dots 3d^16s^2$  определите место элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа), к какому семейству относится элемент. Напишите электронную конфигурацию его электронных аналогов и назовите их. Как изменяются радиусы атомов и величины энергии ионизации элементов III группы главной и побочной подгрупп с увеличением порядкового номера элемента? Чем это объясняется? Как изменяются восстановительные свойства элементов по подгруппе?

45. На основании электронной конфигурации атома  $\dots 4s^2$  определите место элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа). Запишите электронные конфигурации химических аналогов данного элемента и приведите их названия. Укажите, являются ли эти элементы металлами или неметаллами. Охарактеризуйте химические свойства образуемых ими оксидов и гидроксидов: проявляют ли они кислотный, основной или амфотерный характер? Какие валентные состояния типичны для данных элементов? Какой

параметр используется для количественной оценки их восстановительной активности?

46. На основании электронной конфигурации атома  $\dots 3d^{10}4s^1$  определите место элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа). Напишите электронную конфигурацию его электронных аналогов и назовите их. К металлам или неметаллам они относятся? Кислотными, основными или амфотерными свойствами обладают их оксиды и как они изменяются по группе?

47. На основании электронной конфигурации атома  $\dots 3d^9 4s^2$  определите место элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа). Запишите электронные конфигурации химических аналогов данного элемента и приведите их названия. Укажите, являются ли эти элементы металлами или неметаллами. Охарактеризуйте химические свойства образуемых ими оксидов и гидроксидов: проявляют ли они кислотный, основной или амфотерный характер? Какие валентные состояния типичны для данных элементов? Какой параметр используется для количественной оценки их восстановительной активности?

48. Используя информацию об электронной конфигурации атома  $\dots 3d^2 4s^2$ , определите: Какое положение занимает данный элемент в периодической таблице Менделеева? Укажите период, группу и подгруппу. Запишите электронное строение атомов элементов, являющихся его электронными аналогами. Назовите эти элементы. Почему указанные элементы располагаются в побочной подгруппе периодической системы? Обоснуйте ответ. Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите формулы соответствующих оксидов. Объясните химические свойства данных элементов с позиции строения их атомов.

49. Используя представленную электронную конфигурацию атома  $\dots 4f^3 5d^1 6s^2$ , укажите расположение данного элемента в таблице Менделеева (определите номер периода, группы и принадлежность к подгруппе). Запишите электронное строение его аналогов по электронной структуре и укажите их названия. Определите, являются ли эти элементы металлами или неметаллами. Существует ли вероятность проявления ими отрицательных степеней окисления? Какие из электронов у этих элементов считаются валентными? По какой причине данные элементы расположены именно в III группе перио-

дической системы? Какие особенности характерны для электронного строения атома, относящегося к лантаноидам?

50. На основании электронной конфигурации атома  $\dots 4d^{10}5s^2$  определите место элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа). Напишите электронную конфигурацию его электронных аналогов и назовите их. К металлам или неметаллам они относятся? Кислотными, основными или амфотерными свойствами обладают его оксиды и гидроксиды в максимальной степени окисления? Чем объяснить, что для кадмия  $I_1 = 8,994\text{В}$ , а для цинка  $I_1 = 9,394\text{В}$ .

51. Для элемента, находящегося в 4-м периоде II группе побочной подгруппе, напишите электронную конфигурацию атома и распределите валентные электроны по атомным орбиталям в основном и возбужденном состоянии. Напишите электронную конфигурацию его иона в устойчивой степени окисления и электронный переход от атома к этому иону. Как изменяются радиусы атомов и величины энергии ионизации элементов II группы главной и побочной подгрупп с увеличением порядкового номера элемента? Чем объясняется неодинаковый характер изменения этих величин в подгруппах?

52. Распределите валентные электроны на атомных орбиталях для элемента, расположенного в главной подгруппе IV группы пятого периода, как в основном, так и в возбужденном состоянии. Запишите электронную конфигурацию ионов данного элемента со степенями окисления +2 и +4, а также укажите электронные переходы при образовании этих ионов из атома. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства оксида олова(IV) и его гидроксида. Как меняется восстановительная активность атомов элементов при движении по подгруппе? Почему соединения германия(II) и олова(II) проявляют сильные восстановительные свойства, тогда как соединения свинца(IV) являются сильными окислителями?

53. Рассмотрите химический элемент, расположенный в главной подгруппе IV группы 6-го периода периодической системы. Запишите для него полную электронную конфигурацию. Покажите распределение валентных электронов по орбиталям как в основном состоянии, так и в возбужденном. Укажите, какие окислительно-восстановительные состояния (степени окисления) типичны для данного элемента. Представьте электронную структуру ионов этого элемента со степенями окисления +2 и +4, а также опишите процесс

перехода от нейтрального атома к этим ионам с точки зрения электронного строения. Проанализируйте, происходит ли изменение размера частицы при образовании указанных ионов.

54. Рассмотрите элемент, расположенный во II группе главной подгруппы 6-го периода периодической системы. Выполните следующие задания: Покажите распределение валентных электронов по атомным орбиталям данного элемента как в основном, так и в возбужденном состоянии. Запишите электронную конфигурацию иона этого элемента, имеющего стабильную степень окисления, и опишите процесс электронного перехода от атома к данному иону. Проанализируйте, каким образом изменяется радиус частицы при образовании указанного иона. Исходя из особенностей электронного строения, охарактеризуйте химические свойства рассматриваемого элемента и его гидроксидных соединений.

55. Рассмотрите химический элемент, расположенный в главной подгруппе V группы и принадлежащий 5-му периоду периодической системы. Проведите анализ распределения валентных электронов этого элемента по атомным орбиталям, отдельно рассматривая основное и возбужденное состояния. Составьте полную электронную конфигурацию ионов данного элемента в его минимальной и максимальной степенях окисления. Опишите процесс электронного перехода от нейтрального атома к образованию этих ионов. Проанализируйте, каким образом изменяется радиус частицы при данных переходах. Обратившись к справочной литературе, исследуйте закономерность изменения атомных радиусов элементов главной подгруппы V группы в зависимости от возрастания их порядкового номера в периодической системе.

56. Рассмотрите химический элемент, расположенный в побочной подгруппе IV группы шестого периода периодической системы. Для данного элемента: Запишите полную электронную конфигурацию атома как в основном состоянии, так и в возбужденном. Перечислите все возможные степени окисления, которые характерны для этого элемента. Опишите химические свойства, которыми обладают оксидные соединения этого элемента. Представьте электронные конфигурации всех возможных ионов данного элемента. Проиллюстрируйте процесс электронного перехода при образовании каждого из ионов из нейтрального атома.



57. Рассмотрите химический элемент, расположенный в периодической таблице в 4 периоде и главной подгруппе III группы. Выполните следующие задания: Запишите электронную конфигурацию атома данного элемента в основном и возбужденном состояниях. Покажите распределение валентных электронов по атомным орбиталям и вычислите суммарный спин атома в основном состоянии. Укажите все возможные степени окисления, характерные для этого элемента. Опишите электронный переход, происходящий при образовании иона со степенью окисления +1 в газовой фазе, и запишите электронную конфигурацию получившегося иона. Объясните, как изменяется радиус частицы при данном переходе. Поясните причину того, что атомный радиус галлия (Ga) меньше атомного радиуса алюминия (Al), несмотря на их положение в одной группе.

58. Рассмотрите химический элемент, расположенный в пятом периоде периодической системы, в пятой группе (V) побочной подгруппы. Выполните следующие задания: Покажите распределение валентных электронов данного элемента по атомным орбиталям как в основном состоянии, так и в возбужденном. Укажите, какие степени окисления характерны для этого элемента. Запишите, как происходит электронный переход при образовании иона со степенью окисления +2 из нейтрального атома. Объясните, каким образом изменяется радиус частицы при данном переходе. Поясните, почему наблюдается значительное различие в первом потенциале ионизации при переходе от ниобия (Nb) к танталу (Ta) по сравнению с переходом от ванадия (V) к ниобию (Nb).

59. Рассмотрите элемент, расположенный в четвёртом периоде периодической системы, в шестой группе, побочной подгруппе (VIB). Опишите электронную конфигурацию атома этого элемента и его иона в наиболее стабильном окислительном состоянии. Какие окислительные состояния типичны для элементов данной подгруппы? Определите окислительное число хрома в следующих соединениях: оксид хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , гидроксид хрома (II)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ , хромит железа  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_3$ , хромат калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Какое из этих окислительных состояний является наиболее стабильным? Опираясь на табличные значения относительной электроотрицательности, сделайте вывод о химической активности элементов: хрома (Cr), молибдена (Mo) и вольфрама (W). Запишите электронный переход при образовании иона со степенью окисления +2 из атома в газообразной фазе.

60. Для элемента, находящегося в 3-м периоде V группе главной подгруппы, напишите электронную конфигурацию атома и иона в высшей степени окисления. Напишите электронный переход от атома к этому иону. Как изменяется радиус частицы при этом переходе? Возможна ли для этого элемента отрицательная степень окисления?

61. Запишите электронную конфигурацию атома селена. На основе полученной электронной конфигурации определите расположение элемента селен в таблице Менделеева, указав номер периода, группы и принадлежность к главной или побочной подгруппе.

62. Изобразите электронную конфигурацию атома углерода как в основном, так и в возбужденном состояниях. Для атома в основном состоянии укажите квантовые числа, которые описывают его валентные электронные орбитали.

63. Представьте электронную конфигурацию атома бериллия как в основном, так и в возбужденном состоянии. Определите квантовые числа, которые характеризуют валентные электронные орбитали для атома бериллия, находящегося в невозбужденном состоянии.

64. Написать электронную формулу бора в основном и возбужденном состояниях. Для невозбужденного атома определить квантовые числа, характеризующие валентные орбитали.

65. Написать электронную формулу азота, определить квантовые числа, характеризующие валентные орбитали.

66. Составьте электронную конфигурацию атома кислорода. Используя данную электронную конфигурацию, определите положение кислорода в периодической таблице Менделеева (указав номер группы, подгруппу и период). Также укажите квантовые числа для электронов на внешних (валентных) орбиталях кислорода.

67. Составьте электронную конфигурацию атома магния и его иона. Исходя из электронной конфигурации, укажите положение магния в периодической таблице Менделеева (определите группу, подгруппу и период). Также определите квантовые числа для валентных электронных орбиталей магния.

68. Укажите электронную конфигурацию атома алюминия и его катиона. Исходя из электронной структуры атома, определите положение алюминия в периодической таблице Менделеева (укажи-

те номер группы, подгруппу и период). Также запишите набор квантовых чисел для электронов на валентных орбиталях алюминия.

69. Написать электронную формулу кремния в основном и возбужденном состояниях. По электронной формуле определить место его в периодической системе (группу, подгруппу, период) и квантовые числа для валентных орбиталей.

70. Написать электронную формулу фосфора в основном и возбужденном состояниях. По электронной формуле определить место его в периодической системе (группу, подгруппу, период) и квантовые числа для валентных орбиталей.

71. Распределить валентные электроны невозбужденного атома селена по АО и указать для них значения квантовых чисел. Каким будет распределение электронов по АО для возбужденных состояний атома селена?

72. Привести структурные формулы соединений углерода:  $C_2H_2$ ,  $CO_2$ ,  $HCOH$ ,  $CH_3COOH$ . Какую степень окисления имеет углерод в этих соединениях?

73. Сколько ковалентных связей, образованных по обменному и донорно-акцепторному механизмам, может иметь атом бериллия?

74. По электронной формуле объяснить положение бора в периодической системе (период, группу, подгруппу).

75. Какие степени окисления может проявить азот в соединениях? Привести примеры соответствующих соединений.

76. Как изменяется доля ковалентной связи в соединениях  $Na_2O — MgO — Al_2O_3 — SiO_2$ ?

77. Как изменяется радиус атомов и металлические свойства в ряду  $Na — Mg — Al — Si$ ?

78. Какой тип связи в соединении  $AlCl_3$ ? Указать тип гибридизации АО алюминия в данном соединении?

79. Привести структурные формулы соединений  $SiH_4$ ,  $SiO_2$ ,  $H_2SiO_3$ . Какие степени окисления имеет кремний в данных молекулах?

80. Указать максимальную и минимальную степени окисления для фосфора.

81. Какие степени окисления может проявлять селен в соединениях?

82. Какой тип гибридизации АО углерода имеет место в соединении  $CO_2$ ? Чему равен угол связи в данной молекуле?

83. Какой тип связи (ионный или ковалентный) в соединении  $\text{BeCl}_2$ ? Как изменяется доля ковалентной связи в ряду соединений  $\text{BeCl}_2\text{—MgCl}_2\text{—CaCl}_2$ ?

84. Дать структурную формулу следующих соединений бора:  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Указать степень окисления бора в этих соединениях.

85. Сколько ковалентных связей по обменному и донорно-акцепторному механизму может иметь атом азота?

86. Каков тип связи в соединениях  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ ? Указать степень окисления кислорода в данных молекулах.

87. Какой тип гибридизации атомных орбиталей наблюдается у атома магния в соединении  $\text{MgCl}_2$ ? Можно ли утверждать, что дипольный момент данной молекулы равняется нулю?

88. Определите, в каком направлении ориентированы дипольные моменты связей в молекуле хлорида алюминия. Проанализируйте, будет ли данное соединение обладать полярностью.

89. Укажите тип гибридизации АО в молекуле  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ . Изобразите схему перекрывания этих орбиталей.

90. Привести структурные формулы соединений:  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{POCl}_3$ . Какие степени окисления имеет фосфор в данных молекулах?

91. Определите геометрическую структуру молекулы  $\text{H}_2\text{Se}$ . Чему равен угол между связями в данной молекуле?

92. Покажите, в каком направлении направлены дипольные моменты связей в молекуле  $\text{CO}_2$ , и на основе этого установите полярность молекулы.

93. Какой тип гибридизации АО бериллия имеет место в молекуле  $\text{BeCl}_2$ ? Укажите направление дипольных моментов связей в молекуле  $\text{BeCl}_2$ . Будет ли она полярной?

94. Какой тип гибридизации АО бора имеет место в соединениях  $\text{BCl}_3$ ? Будет ли полярной молекула  $\text{BCl}_3$ ?

95. Определите пространственное строение следующих частиц  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2$ . Будут ли их дипольные моменты равны нулю?

96. Определите тип гибридизации АО кислорода в молекулах воды и пероксида водорода. Будут ли данные молекулы полярными?

97. В каком из соединений доля ковалентной связи больше: хлориде бериллия, магния или кальция?

98. В каком соединении, хлориде алюминия или его фториде, доля ионной связи больше?

99. Будет ли молекула гидрида кремния полярной?

100. В каком соединении  $\text{PH}_3$ ,  $\text{POCl}_3$  имеет место гибридизация АО фосфора? Укажите тип гибридизации.

101. Определите ориентацию дипольных моментов связей в молекуле селеноводорода ( $\text{H}_2\text{Se}$ ). Можно ли отнести эту молекулу к полярным соединениям?

102. Установить пространственную конфигурацию молекулы  $\text{SO}_2$ .

103. Написать электронную формулу для иона бериллия. Как изменяются ионные радиусы в ряду металлов  $\text{Be}—\text{Ba}$ ?

104. Как изменяется сила кислот в ряду:  $\text{HClO}—\text{HClO}_2—\text{HClO}_3—\text{HClO}_4$  (схема Косселя)?

105. Определить тип гибридизации валентных орбиталей углерода в молекуле  $\text{HCN}$ .

106. В каких соединениях имеет место донорно-акцепторная связь:  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $[\text{PCl}_6]^-$ ?

107. Какой тип гибридизации валентных орбиталей углерода имеет место в соединении  $\text{COCl}_2$ ?

108. В соединении  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (серная кислота), какой вид гибридизации наблюдается у валентных орбиталей атома серы?

109. Одинакова ли пространственная структура молекул  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{GeH}_4$ ? Ответ мотивируйте.

110. Будут ли полярными молекулы  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ?

111. На основании метода МО опишите электронное строение молекулы  $\text{CF}$ . Укажите кратность связи.

112. На основании метода МО опишите электронное строение молекулы  $\text{CO}$ . Укажите кратность связи.

113. На основании метода МО опишите электронное строение  $\text{NO}$ . Как изменяется энергия связи в ряду  $\text{NO}^-$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}^+$ . Какими магнитными свойствами обладают эти частицы?

114. На основании метода МО опишите электронное строение  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}^-$ . Укажите кратность связи и магнитные свойства.

115. На основании метода МО опишите электронное строение  $\text{N}_2$ . Что изменится в МО  $\text{N}_2^+$  и  $\text{N}_2^-$ . Какими магнитными свойствами обладают эти частицы? Как изменится энергия связи в ряду этих частиц?

116. На основании метода МО опишите электронное строение  $O_2$ ,  $O_2^+$  и  $O_2^-$ . Как изменится энергия связи в ряду этих частиц? Какими магнитными свойствами обладают эти частицы.

117. На основании метода МО опишите электронное строение  $H_2$  и  $[H_2]^+$ . Как изменится энергия связи в ряду этих частиц? Какими магнитными свойствами обладают частицы?

118. На основании метода МО опишите электронное строение  $NF$ . Как изменяется энергия связи в ряду  $[OF]^+ - OF - [OF]^-$ ?

119. На основании метода МО опишите электронное строение  $[CN]^-$ . Укажите кратность связи.

120. На основании метода МО опишите электронное строение  $B_2$  и  $B_2^-$ . Как изменится энергия связи в ряду этих частиц? Какими магнитными свойствами обладают эти частицы?

121. В чем заключается различие между проводниками, полупроводниками и диэлектриками с точки зрения зонной теории твердых тел?

122. Какие факторы определяют электропроводность идеальных полупроводников?

123. Чем объясняется существенно более низкая электропроводность полупроводниковых материалов по сравнению с металлическими?

124. Как объяснить собственную проводимость полупроводников?

125. В чём заключается влияние примесных добавок на электрическую проводимость полупроводников?

126. Какие характеристики определяют проводящие свойства полупроводниковых веществ?

127. Какие частицы являются основными носителями электрического тока в металлах и полупроводниках?

128. Каковы особенности температурной зависимости электропроводности в металлах?

129. Каковы механизмы возникновения собственной и примесной проводимости в материалах?

130. Дайте определение полупроводника? Основные типы полупроводников?

131. Как происходит заполнение энергетических зон?

132. Как изменяется с ростом температуры концентрация собственных и примесных носителей заряда?

133. От чего зависит ширина энергетической зоны?
134. Каково влияние температуры на способность полупроводника проводить электрический ток?
135. Каким образом происходит формирование носителей заряда в полупроводниках с примесями донорного и акцепторного типа?
136. Как рассчитать удельную проводимость собственного и примесного полупроводников?
137. Какие примеси называют донорными и акцепторными? Приведите примеры моделей кристаллических решеток полупроводников с акцепторными и донорными примесями.
138. Что такое донорная/акцепторная примесь? Почему она так называется?
139. Что называют энергетическими зонами? Виды энергетических зон.
140. Что такое дырка с точки зрения структуры кристаллической решётки собственного и примесного полупроводников, состава свободных носителей заряда?
141. Как объяснить, что в энергетических диаграммах полупроводников дырки всегда представлены в валентной зоне, тогда как электроны находятся в зоне проводимости?
142. Каковы механизмы образования свободного носителя заряда в кремниевых и германиевых полупроводниках?
143. Какие виды проводимости существуют в полупроводниковых материалах и каким образом можно установить конкретный тип проводимости?
144. Что характеризует подвижность носителей заряда? Как изменяется подвижность носителей заряда при повышении температуры?
145. При каких условиях сохраняется электрическая нейтральность в собственных и легированных полупроводниках?
146. Как возникают дырочная и электронная примесные проводимости полупроводников? Как располагаются примесные энергетические уровни? Из каких соображений полупроводники делят на полупроводники  $n$ -типа и  $p$ -типа?
147. Почему считается, что функция распределения Ферми – Дирака показывает вероятность занятости энергетического уровня?

148. Как образуется  $p$ - $n$  переход? Какие процессы происходят в нем при отсутствии внешнего электрического поля?

149. Как включается  $p$ - $n$  переход (полупроводниковый диод) к источнику напряжения в прямом и в обратном направлениях?

150. Как зависят электрические свойства  $p$ - $n$  перехода от внешнего электрического поля?

151. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
С <sub>алм</sub>	Sb, Al

152. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
Si	Ga, P

153. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
С <sub>алм</sub>	Ga, As

154. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной



примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

A	Примесный атом
Ge	Al, P

155. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла A и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

A	Примесный атом
C <sub>алм</sub>	Sb, In

156. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла A и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

A	Примесный атом
Ge	In, As

157. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла A и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

A	Примесный атом
Si	P, Al

158. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
Si	B, As

159. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
Si	Al, P

160. Охарактеризуйте полупроводниковые свойства кристалла А и изменение этих свойств, вызванное содержанием указанной примеси. Изобразите образование свободных носителей заряда: а) с точки зрения кристаллической решетки; б) с точки зрения зонной теории.

А	Примесный атом
Ge	Ga, Sb

Краткий конспект для основных положений  
по темам «Строение атома» и «Периодическая система элементов»

Номер

Э Н Е Р Г И Я

7

7p  7s  6d  5f 

6

6p  6s  5d  4f 

5

5p  5s  4d 

4

4p  4s  3d 

3

3p  3s 

2

2p  2s  **Правило Гунда**

1

1s  **Принцип Паули**

Квантовые числа  
 $n = 1, 2, 3, \dots, 7$   
 $l = 0, 1, 2, 3$   
 $(s-, p-, d-, f- \text{ атомные орбитали})$   
 $m_l = -1, 0, 1$   
 $m_s = +1/2 \text{ и } -1/2$

Два правила Клечковского  
 $n + l$

Принцип неопределенности

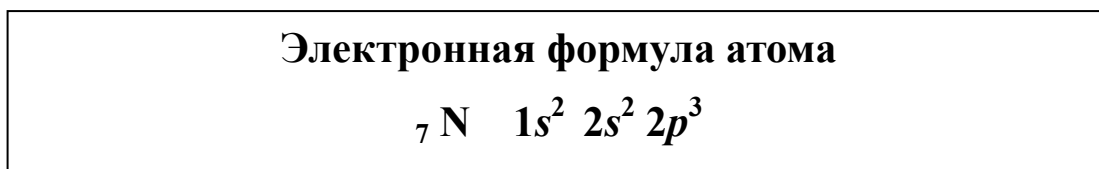




$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Порядковый номер} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Заряд ядра} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Число протонов в ядре} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Число электронов в слоях} \\ \hline \end{array}$$

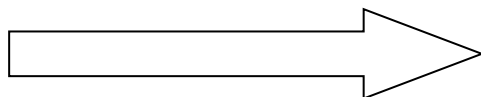
$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Номер периода} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Число энергетических уровней, занятых электронами} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Обозначение последнего энергетического уровня с электронами} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Номер группы} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Число валентных электронов} \\ \hline \end{array}$$



## СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

**ПО ПЕРИОДУ**



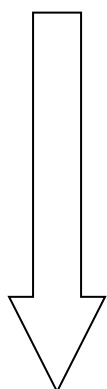
**Усиление** неметаллических и окислительных свойств.

**Ослабление** металлических и восстановительных свойств.

**Увеличение** энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности.

**Уменьшение** атомных радиусов.

**ПО ПОДГРУППЕ**



**Усиление** металлических и восстановительных свойств.

**Ослабление** неметаллических и окислительных свойств.

**Уменьшение** энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности.

**Увеличение** атомных радиусов.

Таблица 1

## Периодические свойства атомов (ионов) элементов второго и третьего периодов

Пе- риод	Свойства элементов	Г р у п п ы   э л е м е н т о в						
		I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A
2	элемент	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$
	валентные электроны	$2s^1$	$2s^2$	$2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^5$
	радиус атома, нм	0,155	0,113	0,091	0,077	0,071	0,066	0,064
	ион элемента	$\text{Li}^+$	$\text{Be}^{2+}$	$\text{B}^{+3}$	$\text{C}^{+4}$	$\text{N}^{+5}/\text{N}^{-3}$	$\text{O}^{-2}$	$\text{F}^-$
	электронное строение	$1s^2$	$1s^2$	$1s^2$	$1s^2$	$1s^2/1s^2 2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$
	радиус иона, нм	0,068	0,034	0,020	—	0,015/ 0,148	0,136	0,133
3	элемент	${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$	${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$
	валентные электроны	$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$
	радиус атома	0,189	0,160	0,143	0,134	0,130	0,104	0,099
	ион элемента	$\text{Na}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Si}^{+4}$	$\text{P}^{+5}/\text{P}^{-3}$	$\text{S}^{+6}/\text{S}^{2-}$	$\text{Cl}^{+7}/\text{Cl}^-$
	электронное строение	$2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6$	$2s^2 2p^6/3s^2 3p^6$	$2s^2 2p^6/3s^2 3p^6$	$2s^2 2p^6/3s^2 3p^6$
	радиус иона, нм	0,098	0,074	0,057	0,034	0,035/ 0,186	0,029/ 0,182	0,026/0,181

Таблица 2

Радиусы и первые потенциалы ионизации атомов элементов второго и третьего периодов

Период	Элемент	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$
2	радиус атома, нм	0,155	0,113	0,091	0,077	0,071	0,066	0,064
	потенциал ионизации, эВ	5,39	9,32	8,30	11,26	14,53	13,62	17,42
	свойства	металлические		н е м е т а л л и ч е с к и е				
3	элемент	${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$	${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$
	радиус атома, нм	0,189	0,160	0,143	0,134	0,130	0,104	0,099
	потенциал ионизации, эВ	5,14	7,65	5,99	8,15	10,49	10,36	12,97
	свойства	м е т а л л и ч е с к и е			н е м е т а л л и ч е с к и е			

Таблица 3

## Типы химической связи в оксидах и их свойства

Период	Свойства	Оксиды				
		Li <sub>2</sub> O	BeO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
2	эффективный заряд на атоме кислорода	–0,80	–0,35	–0,24	–0,11	–0,05
	тип химической связи	ионная	ковалентная полярная			ковалентная неполярная
	кислотно-основные свойства	сильно-основный	амфотерный	слабо-кислотный	средне-кислотный	сильно-кислотный
	взаимодействие с водой	активно	не взаимодействует	активно		



Продолжение табл. 3

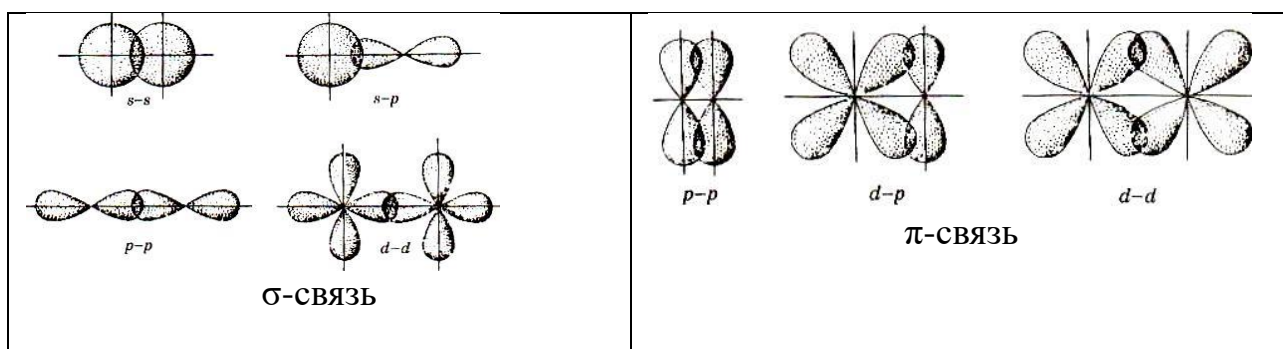
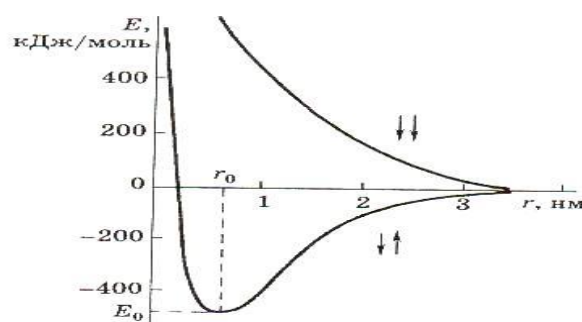
Период	Свойства	Оксиды						
		Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
3	эффективный заряд на атоме кислорода	–0,81	–0,35	–0,31	–0,21	–0,13	–0,06	–0,01
	тип химической связи	ионная	ковалентная полярная				ковалентная неполярная	
	кисотно-основные свойства	сильно-основной	слабо-основной	амфотер-ный	слабокис-лотный	средне-кислотный	сильнокислотные	
	взаимодействие с водой	активно		не взаимодействует		активно		
	продукт реакции с водой	основание				кислота		

Продолжение табл. 3

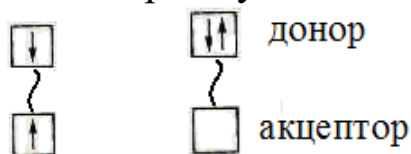
Период	Свойства	Оксиды						
		Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
3	эффективный заряд на атоме кислорода	−0,81	−0,35	−0,31	−0,21	−0,13	−0,06	−0,01
	тип химической связи	ионная	ковалентная полярная				ковалентная неполярная	
	кисотно-основные свойства	сильно-основной	слабо-основной	амфотер-ный	слабокис-лотный	средне-кислотный	сильнокислотные	
	взаимодействие с водой	активно		не взаимодействует		активно		
	продукт реакции с водой	основание				кислота		

В теме «Химическая связь» основные теоретические положения следующие:

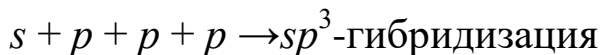
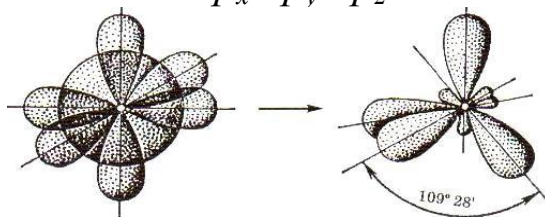
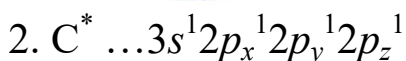
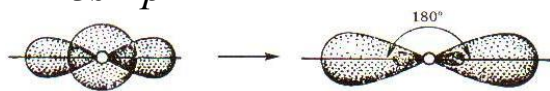
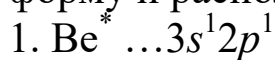
- валентные орбитали взаимодействующих атомов перекрываются, это способствует уменьшению энергии  $E_0$  системы состоящей из атомов, с образованием  $\sigma$ -,  $\pi$ -,  $\delta$ -связей



по обменному и донорно-акцепторному механизмам;



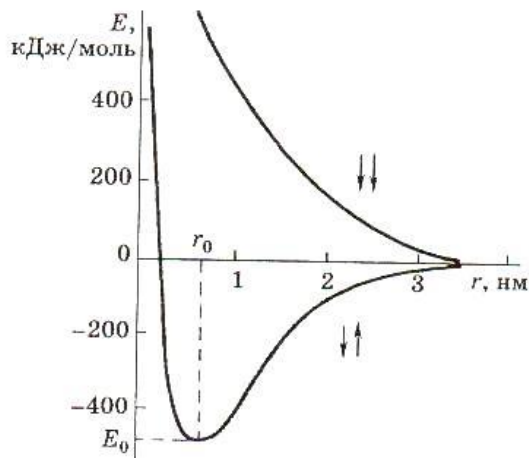
- внешние АО центрального атома молекулы изменяют свою форму и расположение вокруг ядра (теория гибридизации);



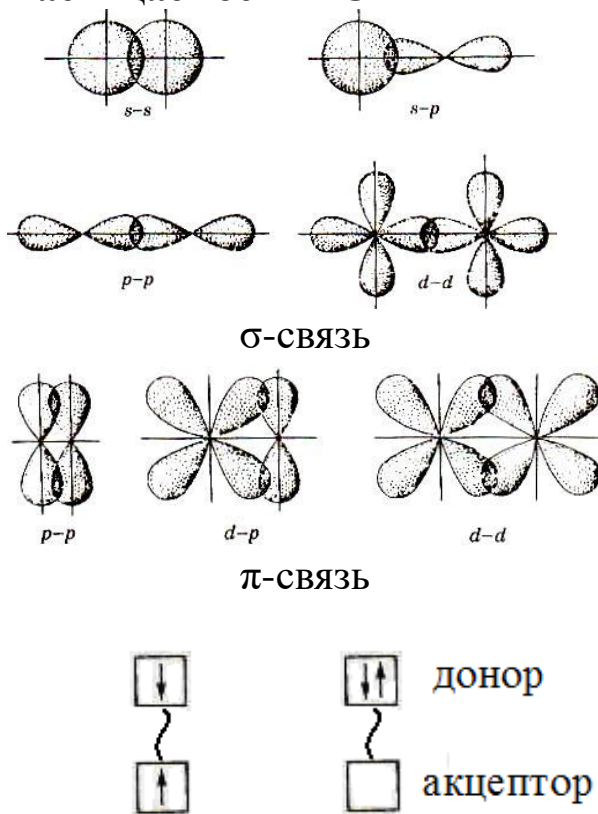
- в молекулах все законы распределения электронов по уровням и орбиталям сохраняются (принцип Паули, правило Гунда, принцип наименьшей энергии). Атом в теории химической связи рассматривается как одноядерная молекула. Примером служат инертные газы: молекула гелия имеет формулу He, неона – Ne.

# СВОЙСТВА КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

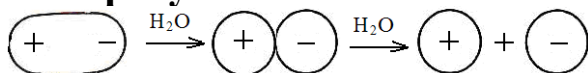
## Метод валентных связей



## Насыщаемость ХС



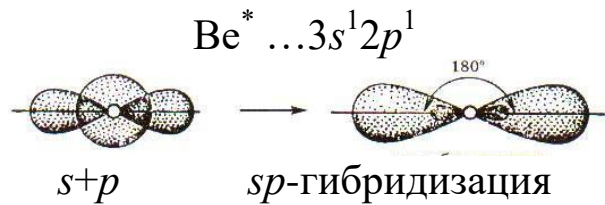
## Поляризуемость ХС



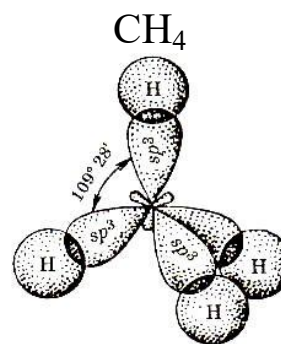
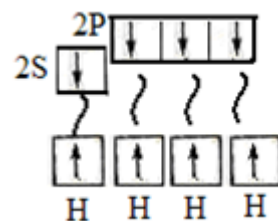
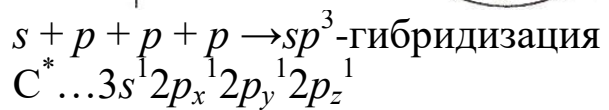
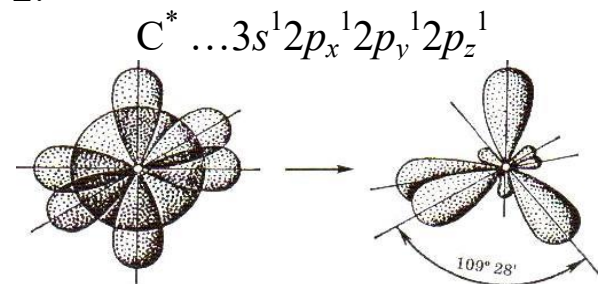
## Направленность ХС

### Гибридизация АО

1.



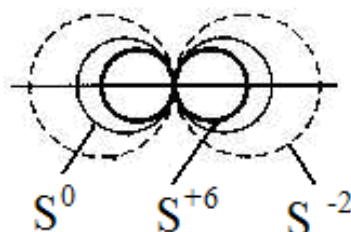
2.



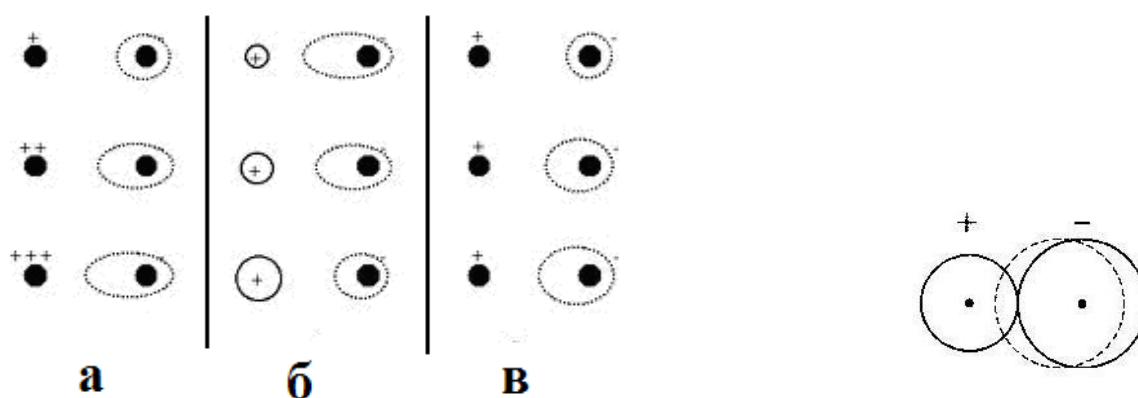
тетраэдр

# Взаимосвязь между строением атома, ПСЭ, поляризуемостью ХС, свойствами веществ

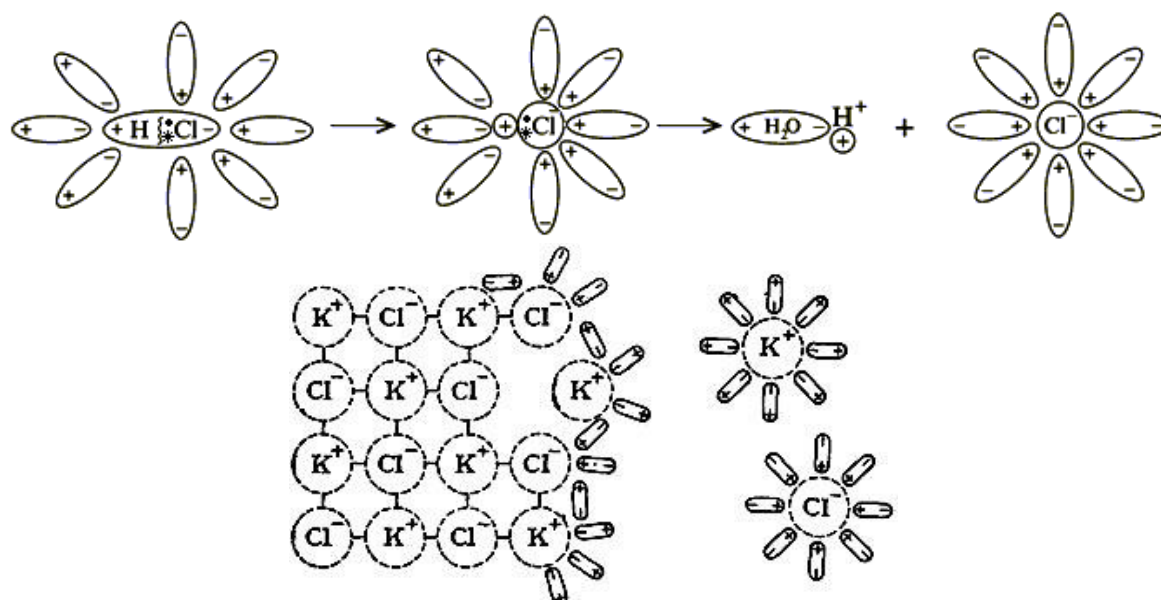
## 1. Влияние электронного строения ионов на размер АО



## 2. Поляризуемость и поляризующая способность ионов



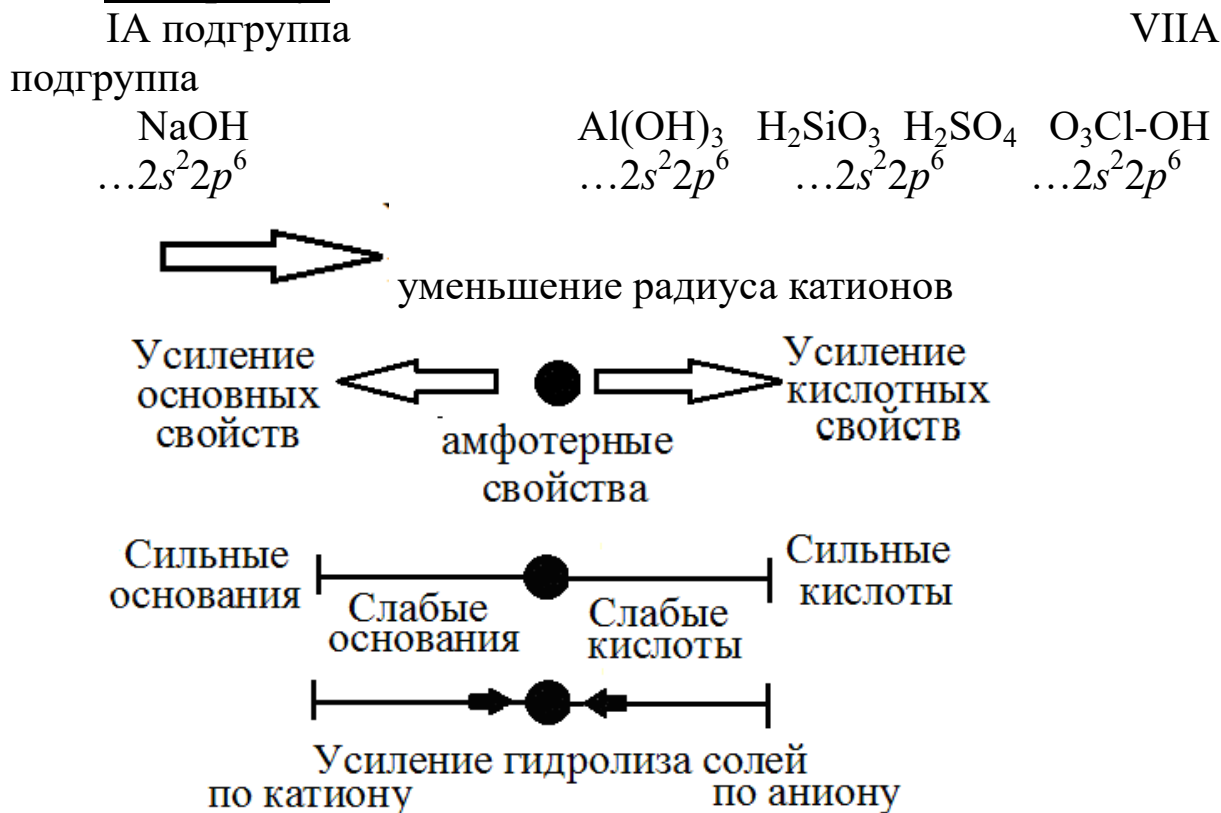
## 1. Поляризуемость ХС



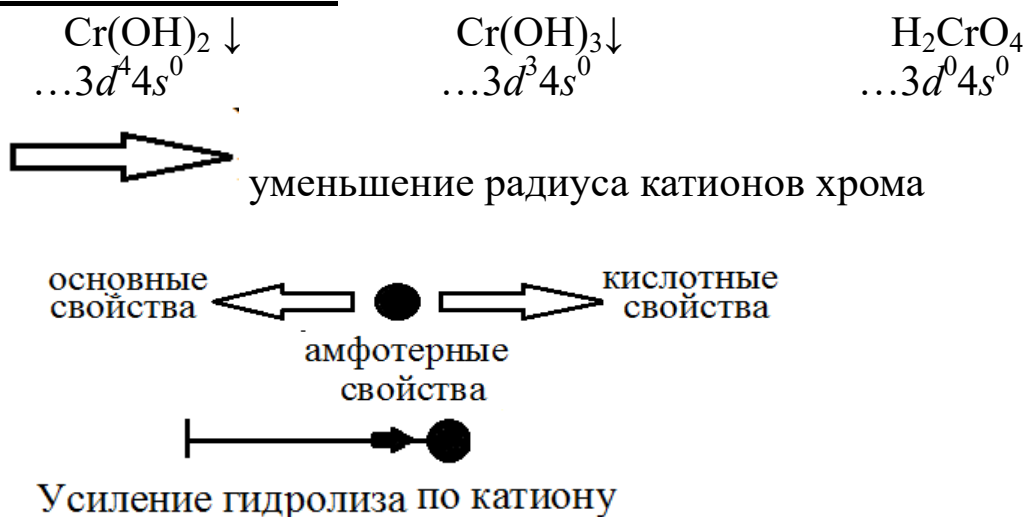
## Свойства веществ:

- растворимость, диссоциация, состав ионов;
- кислотно-основные свойства, гидролиз солей.

### по периоду:



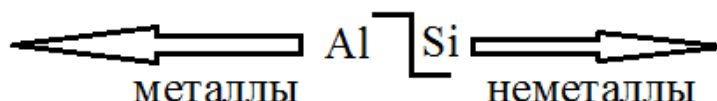
### от степени окисления:



### Окислительно-восстановительные свойства:

**по периоду:**

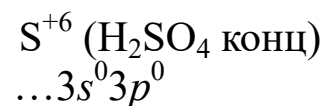
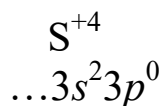
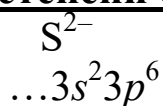
- уменьшение радиуса атомов;
- увеличение энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности;
- усиление неметаллических и окислительных свойств;
- ослабление металлических и восстановительных свойств.



**по главной подгруппе:**

- увеличение радиуса атомов;
- уменьшение энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности;
- усиление металлических и восстановительных свойств;
- ослабление неметаллических и окислительных свойств.

**ОТ СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ:**



### Уменьшение радиуса

ТОЛЬКО  
ВОССТАНОВИТЕЛЬ

## ОКИСЛИТЕЛЬНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДВОЙСТВЕННОСТЬ

ОКИСЛИТЕЛЬ



### Уменьшение радиуса

устойчивая степень  
ОКИСЛЕНИЯ

## ВОССТАНОВИТЕЛЬ

## ОКИСЛИТЕЛЬНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДВОЙСТВЕННОСТЬ

ОКИСЛИТЕЛЬ

Таблица 4

## Сингонии твёрдых кристаллов

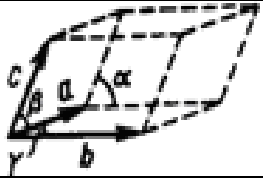
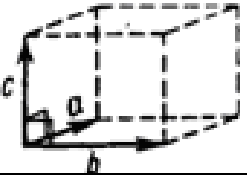
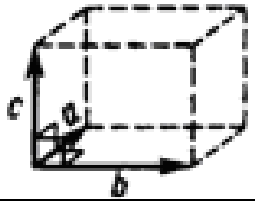

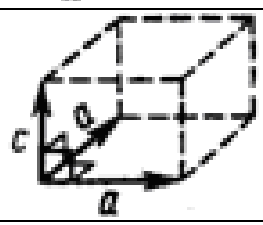
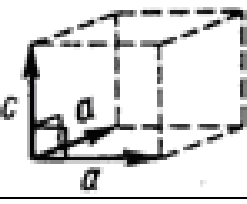
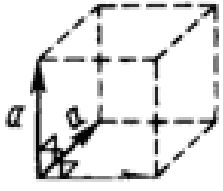
Кристаллографическая система	Характеристика элементарной ячейки	Форма элементарной ячейки
Триклинная	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	
Моноклинная	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	
Ромбическая	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Тригональная	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
Тетрагональная	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Гексагональная	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
Кубическая	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	



Таблица 5

## Жидкокристаллические материалы

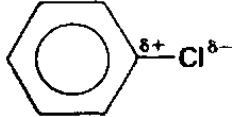
№ п/п	Жидкокристаллические материалы	Температурные переходы, °С	
		в жидкий кристалл	в изотропную жидкость
<b><i>Жидкокристаллические материалы нематического типа</i></b>			
АЗОМЕТИНЫ			
1	4-метоксибензилиден-4'- <i>n</i> - бутиланилин (Н-1)	20–22	не ниже 42
2	4-этоксibenзилиден-4'- <i>n</i> - бутиланилин (Н-3)	35,5–36,5	не ниже 77,5
3	<i>n</i> -метоксибензилиден- <i>n</i> '- толуидин (Н-15)	не выше –5	90,5–93,5
4	<i>n</i> -этоксibenзилиден- <i>n</i> '- толуидин (Н16)	не выше –5	94–96,5
5	<i>n</i> -пропоксибензилиден- <i>n</i> '- толуидин (Н-17)	не выше –5	64–68
АЗОКСИ-СОЕДИНЕНИЯ			
6	4,4'-азоксианизол (Н-4)	не ниже 116	не ниже 132
7	4,4'-азоксифенетол (Н-2)	133–136	164–167
<i>n</i> -АЛКОКСИБЕНЗОЙНЫЕ КИСЛОТЫ			
8	<i>n</i> -пропилоксибензойная кисло- та (Н-11)	143–146,6	153–155,5
9	<i>n</i> -бутилоксибензойная кисло- та (Н-9)	144,5–147	159–162
10	<i>n</i> -амилоксибензойная кислота (Н-12)	121,5–124,5	147–151
11	<i>n</i> -гексилоксибензойная кисло- та (Н-13)	102,5–106,5	148,5–153
ЭФИРЫ <i>n</i> -АЛКОКСИБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ И ГИДРОХИ- НОНА			
12	1,4-фенилен-бис(4'- <i>n</i> -гептил- оксибензоат) (Н-6)	не ниже 120	не ниже 195

Продолжение табл. 5

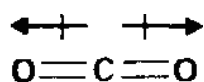
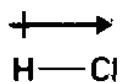
13	гидрохинон- <i>бис</i> ( <i>n</i> -гексил-оксибензоат) (Н-34)	121–125	209–213
АЗОКСИ-СОЕДИНЕНИЯ			
14	<i>n</i> - <i>n</i> -бутил- <i>n'</i> -метоксиазокси-бензол (Н-18)	16–20	не ниже 65,5
15	<i>n</i> -этил- <i>n'</i> -метоксиазокси-бензол (Н-19)	36–38	не ниже 69
16	4, 4'-ди(пропилокси)азокси-бензол (Н-29)	111–115	121–125
17	4, 4'-ди(нонилокси)азокси-бензол (Н-42)	74–78	120–124
ЭФИРЫ			
18	<i>n</i> -гексилоксифениловый эфир <i>n</i> -бутилбензойной кислоты	27,5–30,5	49,5–52,5
19	<i>n</i> -бутил- <i>n</i> -( <i>n</i> -этоксифенил-оксикарбонил)фенилкарбонат (Н-23)	62–66	79,5–82,5
20	гидрохинон- <i>бис</i> -( <i>n</i> -октил-оксибензоат) (Н-34)	118,5–122,5	191,5–195,5
<b><i>Жидкокристаллические материалы холестерического типа</i></b>			
21	холестерилформиат (Х-19)	60–63	93–99
22	холестерилацетат (Х-3)	60–63	111–116
23	холестерилпропионат (Х-10)	93,5–97	111,5–114
24	холестерилкапринат (Х-5)	81–85	не ниже 88
25	холестерилундецилат (Х-18)	81–85	90–93
26	холестерил- <i>n</i> -метилбензоат (Х-22)	178–182	не ниже 230
27	холестерил- <i>n</i> -бутилбензоат (Х-40)	125–129	не ниже 210
28	холестерил- <i>n</i> -хлорбензоат (Х-29)	166–170	не ниже 200
29	холестерил- <i>n</i> -метоксибензоат (Х-30)	175–179	не ниже 250
30	холестерил- <i>n</i> -гексилоксибензоат (Х-35)	146–150	не ниже 220

Таблица 6

## Дипольные моменты молекул

Молекула	Дипольный момент, дебай ( $D$ )	Структура
Аргон, Ar	0	Неполярная одно-атомная молекула
Диоксид углерода, $\text{CO}_2$	0	$\overset{\delta+}{\text{O}}=\overset{\delta-}{\text{C}}=\overset{\delta+}{\text{O}}$
Хлороводород, HCl	1,05	$\overset{\delta+}{\text{H}}-\overset{\delta-}{\text{Cl}}$
Аммиак, $\text{NH}_3$	1,48	$\begin{array}{c} \text{H}^{\delta+} \\   \\ \text{H}^{\delta+}-\text{N}^{\delta-}-\text{H}^{\delta+} \\   \\ \text{H}^{\delta+} \end{array}$
Диоксид серы, $\text{SO}_2$	1,63	$\begin{array}{c} \text{O}^{\delta-} \\ // \\ \delta+\text{S} \\ \backslash \\ \text{O}^{\delta-} \end{array}$
Хлорбензол, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	1,67	
Вода, $\text{H}_2\text{O}$	1,84	$\begin{array}{c} \delta+\text{H} \quad \text{H}^{\delta+} \\ \backslash \quad / \\ \text{O}^{\delta-} \end{array}$

Дипольный момент принято изображать стрелкой, направленной вдоль связи от положительного заряда  $\delta^+$  к отрицательному заряду  $\delta^-$ :



## 6. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Строение атомов. Модельные представления о строение атома. Модель атома Резерфорда-Бора. Теория Бора-Зоммерфельда. Постулаты Бора. Квантовые числа. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантовая природа света. Принцип неопределенности Гейзенберга. Гипотеза де Бройля. Одноэлектронный атом. Волновое уравнение Шредингера. Квантовые числа. Характеристика АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Правило Хунда.

2. Электронные конфигурации атомов и ионов. Изменение энергии АО для атомов H-Na. Зависимость энергии АО от порядкового номера. Особенности электронных конфигурации ионов переходных металлов. Инверсия энергий АО в катионах *d* и *f*-элементов. Относительные энергии электронных конфигурации атомов и ионов от K до Zn. Полностью заполненные и наполовину заполненные подуровни обладают повышенной стабильностью.

3. Характеристики атома. Орбитальный радиус атома. Системы радиусов. Радиусы атомов и ионов. Энергия ионизации (Потенциал ионизации). Теорема Купманса. Сродство к электрону. Электроотрицательность. Поляризуемость.

4. Изменение характеристик атома в Периодической Системе элементов. Периодический закон. Периодическая система элементов. Изменение орбитальных радиусов. Изменение атомных радиусов. Изменение энергий ионизации. Изменение сродства к электрону. Изменение электроотрицательности. Вторичная периодичность. Эффект инертной пары.

5. Типы химической связи. Ионная связь. График зависимости энергии связи от расстояния между взаимодействующими ионами. Постоянная Моделунга. Уравнение Борна-Ланде. Энергия кристаллической решетки. Цикл Борна-Габера. Карты электронной плотности. Определение ионных радиусов. Влияние заряда иона на прочность ионной связи. Влияние размера иона на прочность ионной связи.

6. Ковалентная связь. Метод МО. Схема образования ковалентной связи. Приближение Борна-Оппенгеймера. Метод МО

ЛКАО. Распределение электронной плотности. Энергетическая диаграмма  $H_2^+$ . Многоэлектронные молекулы. Взаимосвязь энергии, длины и порядка связи на примере молекулы  $H_2$  и ионов. Мнемоническое правило.

7. Типы перекрывания АО. Пространственная форма АО и МО. Перекрывание АО по  $\sigma$ -типу. Перекрывание АО по  $\pi$ -типу. Перекрывание АО по  $\delta$ -типу. Несвязывающие МО. Выгодность перекрывания АО.

8. Ковалентная связь. Метод ВС. Метод ВС для молекулы водорода. Метод ВС: качественное представление. Гибридизация АО. Типы гибридизации. Промотирование электрона в методе ВС.

9. Двухатомные гомоядерные молекулы элементов II периода. Построение энергетической диаграммы МО. Схема МО без  $s$ - $p$  взаимодействия (от  $O_2$  до  $Ne_2$ ). Схема МО молекулы  $O_2$ . Взаимодействие МО между собой. Схема МО с учетом  $s$ - $p$  взаимодействия (от  $Li_2$  до  $N_2$ ). Изменение энергии МО. Слабосвязанная молекула  $Be_2$ . Валентно-изоэлектронные молекулы. Энергия диссоциации двухатомных гомоядерных молекул  $p$ -элементов.

10. Гетероядерные двухатомные молекулы элементов второго периода. Молекула  $LiH$ . Молекула  $HF$ . Дипольный момент. Молекула  $CO$ . Изоэлектронные двухатомные молекулы.

11. Геометрия молекул. Теория Гиллеспи. Основные положения теории ОЭПВО (теории Гиллеспи). Геометрическое расположение электронных пар в пространстве. Молекулы  $BF_3$  и  $PCl_5$ . Влияние числа неподеленных электронных пар на величины валентных углов. Молекулы с кратными связями. Тригонально-бипирамидальные молекулы.

12. Тригонально-бипирамидальные молекулы с кратными связями. Молекулы с 7 электронными парами. Причина отталкивания электронных пар. Влияние природы лиганда  $X$  на величины валентных углов в  $AX_n$ .

13. Полярность связи. Дипольный момент. Дипольные моменты многоатомных молекул. Влияние полярности связи на дипольные моменты многоатомных молекул.

14. Недостатки теории Гиллеспи. Стереохимически неактивная электронная пара. Дигалогениды элементов II группы.

Энергетический профиль. Поляризуемость катиона. Гибридизация АО. Дигалогениды элементов 2 группы.

15. Металлическая связь. Характеристика соединений с металлической связью. Строение решетки. Металлическая связь в методе ВС. Металлическая связь в методе МО (зонная теория).

16. Межмолекулярное взаимодействие. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия. Потенциал Ленард–Джонса. Притяжения одноименно заряженных ионов в газовой фазе.

17. Агрегатные состояния вещества. Плазма. Индуктивно-связанная плазма. Структура хлора в кристалле. Конденсация вещества.

18. Водородная связь. Температуры кипения водородных соединений p-элементов. Энергетика водородной связи. Виды водородной связи. Фтористый водород. Водородные связи в воде. Димеризация уксусной кислоты. Протонные губки и протонные ловушки.

19. Кристаллическое состояние вещества. Основные понятия. Классификация кристаллов по типу связи. Атомная кристаллическая решетка. Молекулярная кристаллическая решетка. Ионная кристаллическая решетка. Металлическая кристаллическая решетка.

20. Типы кристаллических решеток. Основные понятия. Симметрия и решетки Бравэ. Кубическая решетка. Объемноцентрированная решетка. Гексагональная решетка. Основные формы кристаллов. Образование кристаллов. Факторы, влияющие на форму кристаллов.

21. Полиморфизм кристаллов. Основные представления. Аллотропия. Полиморфизм карбоната кальция. Аллотропия серы.

22. Аморфное состояние вещества. Стекла и ситаллы. Гипотезы строения стекла. Кристаллитная гипотеза. Кристаллическое и аморфное состояние вещества. Структура аморфного оксида кремния. Образование аморфного и кристаллического состояния. Характеристика аморфного состояния. Кварцевое и силикатное стекло. Виды стекол. Получение ситаллов.

23. Нестехиометрические соединения. Основные понятия. Примеры нестехиометрических соединений. Дефекты кристаллической решетки.

24. Дефекты кристаллических решеток нестехиометрических соединений. Точечные дефекты. Примеры. Типы нестехиометрических соединений. Примеры возникновения и регулирования нестехиометрии.

25. Структура воды. Модели структуры воды: непрерывные, смешанные модели структуры воды, модели с заполнением пустот, кластерные, модели ассоциатов.

26. Строение жидкостей. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Корреляционные функции. Функция распределения положений частиц в жидкостях. Современные методы описания структуры жидкостной флуктуации. Виды флуктуации. Теория флуктуации. Методы исследования структуры жидкости.

27. Структура жидкостей. Непрерывная модель жидкого состояния. Микрорекристаллическая модель жидкого состояния. Квазикристаллическая модель жидкого состояния. Модель жидкого состояния Дж. Бернала.

28. Жидкокристаллическое состояние. Структура и классификация жидкокристаллического состояния. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Оптические свойства жидких кристаллов. Двулучепреломление. Анизотропия свойств. Текстура термотропных жидких кристаллов. Применение.

## 7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Камышов, В. М. Строение вещества : учебное пособие / В. М. Камышов, Е. Г. Мирошникова, В. П. Татауров. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 236 с. – SBN 978-5-8114-2313-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/169154> (дата обращения: 13.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Корнеева, В. В. Строение вещества / В. В. Корнеева, А. Н. Корнеева, В. А. Небольсин. – Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/93295.html> (дата обращения: 13.03.2023). – Текст : электронный.

### Дополнительная литература

1. Общая и неорганическая химия : учебно-методическое пособие : [16+] / Н. Ш. Мифтахова, Т. П. Петрова, И. Ф. Рахматуллина [и др.] ; под ред. А. М. Кузнецова ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013. – 184 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258711> (дата обращения: 28.04.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1488-7. – Текст : электронный.

2. Общая и неорганическая химия : учебное пособие : [16+] / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. М. Таланов, Т. И. Дровозова ; под ред. В. В. Денисова, В. М. Таланова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2013. – 576 с. : ил., схем., табл. – (Высшее образование). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271598> (дата обращения: 02.05.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-222-20674-4. – Текст : электронный.

3. Винидиктова, Ю. А. Строение и реакционная способность веществ : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по



направлениям «Химия», «Химическая технология» / Ю. А. Винидиктова, И. В. Исакова ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово : КузГТУ, 2020. – Текст : электронный.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91819&type=utchposob:common>

4. Михайленко, Ю. А. Строение и реакционная способность веществ : учебное пособие для студентов специальности 240301 «Химическая технология неорганических веществ» / Ю. А. Михайленко, К. В. Мезенцев ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. химии и технологии неорган. веществ. – Кемерово, 2012. – 83 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90778&type=utchposob:common>