

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Строение вещества

---

Уровень высшего образования  
Специалитет

---

Направление подготовки / специальность  
04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

---

Направленность образовательной программы  
Неорганическая химия

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.02.06 Строение вещества относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-3: Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения	ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-3.1: Владеть приемами решения исследовательских задач химической направленности  Уметь использовать приобретенные знания, умения и навыки для решения задач химической направленности  Знать теоретические основы теории строения атома Бора-Резерфорда, метода отталкивания электронных пар валентной оболочки (метода Гиллеспи), квантовой механики, теории поля лигандов и теории кристаллического поля.  ОПК-3.2: Владеть навыками работы со стандартным программным обеспечением при решении задач химической направленности  Уметь получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современного программного обеспечения  Знать современные подходы к статистической обработке	Контрольная работа Тест Практическая задача	Экзамен: Контрольные вопросы

		полученных результатов		
ОПК-4: Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	<p>ОПК-4.1: Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности</p> <p>ОПК-4.2: Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик</p> <p>ОПК-4.3: Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений</p>	<p>ОПК-4.1:</p> <p>Владеть основной терминологией курса (атом, молекула, нуклоны, изотопы, изотоны, изобары, ядерные изомеры, дефект масс, энергия связи, радиоактивность, спектр, стерическое число, лиганд, волновая функция, длина волны де Бройля, радиус Боровской орбиты, молекулярная орбиталь, квантовое число)</p> <p>Уметь использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире</p> <p>Знать основные теоретические и фундаментальные законы, а также их потенциальное применение в различных областях химии для решения качественных и количественных задач</p> <p>ОПК-4.2:</p> <p>Владеть навыками обработки данных с последующей интерпретацией полученных результатов</p> <p>Уметь исследовать числовые характеристики и качественные свойства объекта при помощи аппроксимации</p> <p>Знать фундаментальные основы математики и физики для решения задач</p> <p>ОПК-4.3:</p> <p>Владеть навыками</p>	<p>Контрольная работа</p> <p>Тест</p> <p>Практическое задание</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>предоставления полученных результатов химических наблюдений</p> <p>Уметь применять знания в области физики, математики и химии для описания наблюдаемых явлений</p> <p>Знать границы применимости физических законов и представлений для интерпретации полученных результатов</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>48</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>44</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>54</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Раздел 1. Строение атома. Развитие представлений о строении атома. Состав атомных ядер. Радиоактивность. Атомные модели Квантовые числа и распределение электронов по уровням, подуровням.	29	10	9	19	10

Раздел 2. Основные характеристики атомов. Радиусы атомов и ионов. Изменение атомных и ионных радиусов по периодам и группам периодической системы. Эффекты d и f сжатия. Потенциалы ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность.	30	12	5	17	13
Раздел 3. Химическая связь и валентность. Механизм образования химической связи. Насыщаемость и направленность химической связи. Квантово-механическая трактовка. Типы химической связи. Валентность. Количественные характеристики химических связей. Гибридизация атомных орбиталей. Метод Гиллеспи. Теория молекулярных орбиталей. Химическая связь в комплексных соединениях.	33	14	9	23	10
Раздел 4. Строение вещества. Молекула и молекулярные параметры. Межмолекулярные взаимодействия. Конденсированные системы, их свойства и строение. Ионные кристаллы. Металлическая связь. Плотнейшие упаковки. Молекулярные кристаллы. Жидкое состояние вещества.	32	12	9	21	11
Аттестация	54				
КСР	2			2	
Итого	180	48	32	82	44

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Строение атома

Строение атомного ядра. Состав атомных ядер. Протонно-нейтронная теория строения ядра. Характеристика нуклонов ядра. Взаимные превращения нуклонов. Энергия связи ядра. Дефект массы. Природа ядерных сил. Заряд ядра. Изотопы, изобары, нуклиды.

#### 2. Основные характеристики атомов

Устойчивость атомных ядер и их систематика. Причины неустойчивости атомных ядер. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Дифференциальная и интегральная формы. Период полураспада, константа распада, графическое изображение закона радиоактивного распада.  $\alpha$ - и  $\beta$ -распад, гамма-излучение. Радиоактивные семейства: семейства урана-238, урана-235, тория-232. Атомные модели. Волновая теория строения атома. Двойственная природа электрона. Понятие о радиусе атома. Квантовые числа как характеристики состояния электрона в атоме. s-, p-, d-, f-электроны и распределение их электронной плотности около ядра атома. Понятия энергетического уровня, подуровня, электронного слоя, электронной оболочки, атомной орбитали (АО). Порядок заполнения электронных оболочек и их ёмкость. Правило Паули, правило Хунда, правило Клечковского. Строение электронных оболочек атомов.

#### 2. Химическая связь и валентность

Основные типы химической связи: ковалентная, ионная, металлическая. Теория валентных связей (ВС). Донорно-акцепторная связь. Валентность. Порядок связи, энергия связи, длина связи, валентный угол. Дипольный момент связи. Дипольный момент многоатомной молекулы. Поляризация химических связей.

Методы отталкивания электронных пар. Постулаты Гиллеспи. Пространственная конфигурация молекул и химических соединений с позиции метода отталкивания электронных пар. Теория молекулярных орбиталей (МО). Основы положения теории МО. Энергетические диаграммы, связывающая и разрыхляющая МО. Порядок связи в теории МО. Понятие о теории кристаллического поля, теории поля лигандов. Пространственная конфигурация комплексов.

#### 3. Строение вещества.

Агрегатное состояние вещества: твердое, жидкое, газообразное, плазма. Молекула как одна из основных форм существования вещества. Молекулярные параметры: длина связи, валентные углы, силовая постоянная связи, симметрия молекул. Электрические и магнитные свойства молекул.

Межмолекулярные взаимодействия. Эффект Дебая, Кезома, Лондона. Факторы, определяющие энергию межмолекулярного взаимодействия. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Водородная связь.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

-

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:**

1. Для нуклида  $^{98}\text{Sr}$  определить а) число протонов и нейтронов в его составе, б) дефект массы (в а.е.м.), в) энергию связи нуклонов в расчете на один нуклон (в МэВ). Масса атома равна 97.928 а.е.м.

2. В начальный момент времени имелся  $\beta^-$  - радиоактивный нуклид  $^{22}\text{F}$ . Его начальная масса  $m_0=128$  грамм,  $T_{1/2}=4.23$  секунд. Определить а) сколько грамм изотопа останется через промежуток времени, равный пяти периодам его полураспада. Принять, что атомная масса изотопа (г/моль) численно равна его массовому числу, б) какой нуклид образуется в результате распада.

3. С помощью теории Бора-Резерфорда рассчитать значения частоты электромагнитного излучения, соответствующей второй линии серии Бальмера в спектре водородоподобного иона  $\text{N}^{6+}$ .

4. Для химических элементов Ta и At: а) написать распределение электронов по уровням, б) написать распределение электронов по подуровням, в) показать с помощью квантовохимических ячеек распределение электронов на орбиталях подуровней четырех внешних уровней, г) для любых s, p, d, f электронов (из задания 4в) указать полный набор квантовых чисел. От каких факторов зависит интенсивность пика в рентгенограмме?

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:**

1. С помощью метода Гиллеспи для молекул  $\text{TeBr}_2\text{Cl}_4$  и  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_3$

а) определить конфигурацию, б) оценить искажение валентных углов, в) определить полярна ли она.

2. Для частиц  $\text{N}_2$  и  $\text{Ne}_2^+$  а) показать диаграммы молекулярных орбиталей, б) рассчитать кратность связи в них, в) указать какие из них диамагнитны и парамагнитны, г) определить в какой из них связь прочнее.

3. Рассчитать дипольный момент ортобромтолуола.

$\mu(-\text{CH}_3) = 0,37 \text{ D}$ ,  $\varphi = 180^\circ$ ,  $\mu(-\text{Br}) = 1,57 \text{ D}$ ,  $\varphi = 0^\circ$

4. Показать распределение 3d-электронов на орбиталях в ионах:

а)  $\text{Cr}^{3+}$ , находящемся в октаэдрическом поле лигандов сильного поля,

б)  $\text{Fe}^{2+}$ , находящемся в октаэдрическом поле лигандов слабого поля.

Рассчитать суммарное магнитное спиновое число иона, определить парамагнитен ли он, рассчитать энергию стабилизации кристаллическим полем в долях  $\Delta$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные

Оценка	Критерии оценивания
	умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

1. Ядра различных химических элементов с одинаковым содержанием нейтронов это –

- А) изотопы;
- Б) изотоны;
- В) изобары;
- Г) ядерные изомеры.

2. К способам снятия избытка нейтронов относят:

- А)  $\beta^-$  распад;
- Б)  $\alpha$ -распад;
- В)  $\beta^+$  распад;
- Г)  $\gamma$ -радиоактивность.

3. К какой серии относится переход электрона с уровня  $n = 2$  на уровень  $n = 4$  в спектре атома водорода?

- А) серия Лаймана;
- Б) серия Бальмера;
- В) серия Пашена;
- Г) серия Брекета.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:



1. Сколько грамм радиоактивного изотопа  $^{22}\text{F}$  останется через промежуток времени, равный двум периодам его полураспада, если его начальная масса  $m_0=128$  грамм и  $T_{1/2}=4.23$  секунд?

А) 64 г;

Б) 32 г;

В) 16 г;

Г) 8 г.

2. Какой элемент симметрии присутствует в молекуле  $\text{H}_2\text{O}$ ?

А) центр инверсии  $i$ ;

Б) горизонтальная плоскость симметрии  $\sigma_h$ ;

В) ось симметрии 2-ого порядка  $C_2$ ;

Г) ось симметрии 3-ого порядка  $C_3$ .

3. Переходу между какими уровнями соответствует наибольшая энергии фотона в серии Лаймана спектра атома  $\text{He}^+$ ?

А)  $n_1 \rightarrow n_2$ ;

Б)  $n_1 \rightarrow n_4$ ;

В)  $n_1 \rightarrow n_6$ ;

Г)  $n_1 \rightarrow n_\infty$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Тестовые задания выполнены на 97% – 100%
отлично	Тестовые задания выполнены на 91% – 96%
очень хорошо	Тестовые задания выполнены на 80% – 90%
хорошо	Тестовые задания выполнены на 70% – 79%
удовлетворительно	Тестовые задания выполнены на 60% – 69%

Оценка	Критерии оценивания
неудовлетворительно	Тестовые задания выполнены на 41% – 59 %
плохо	Тестовые задания выполнены менее, чем на 40 %

### 5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

#### 1. Разгадать кроссворд

По вертикали	
2	Как называется способность атомов притягивать к себе электроны других атомов?
6	Как называется оператор, который входит в уравнение Шредингера?
7	Как называется серия переходов электрона с орбитали с $n=4$ ?
10	Для каких атомов справедлива теория Бора?
12	Какой величиной характеризуется скорость радиоактивного распада?
13	Как называется процесс расщепления атомного ядра на осколки с близкими массами?
15	Как называется способность атомного ядра самопроизвольно распадаться с испусканием частиц?
20	Кто первым предложил планетарную модель атома?
21	Как называется электронейтральная частица вещества, состоящая из положительного ядра и отрицательных электронов?
22	Как называется атомное ядро с определённым числом протонов $Z$ и нейтронов $N$ ?
24	Как называются ядра разных химических элементов с одинаковым количеством нейтронов?
По горизонтали	
1	Как называется радиоактивный распад, при котором образуется новое ядро и

	испускается электрон и антинейтрино?
3	Как называется квантовое число, которое характеризует поведение электрона в магнитном поле?
4	Как называется квантовое число, которое характеризует энергию электрона на орбитали?
5	Как называется квантовое число, которое характеризует геометрическую форму орбитали?
8	Как называется серия переходов электрона с орбитали с $n=2$ ?
9	Как называется раздел физики, который изучает взаимодействия между веществом и электромагнитным излучением в зависимости от длины волны или частоты излучения?
11	Как называется время, за которое остается половина радиоактивных ядер?
14	Как называются ядра, содержащие в составе больше нейтронов, чем протонов?
16	Как называется разница между суммарной массой свободных нуклонов, из которых состоит ядро, и массой ядра?
17	Как называются стабильные ядра, с заполненными нейтронными и/или протонными оболочками в рамках оболочечной модели строения ядра?
18	Как называются частицы, являющиеся основными составляющими атомного ядра?
19	Как называется неделимая порция какой-то физической величины?
23	Как называются ядра разных химических элементов с одинаковым массовым числом?
25	Как называются ядра одного химического элемента с разным массовым числом?

2. По спектру ЭДС определить к каким элементам относятся ХРИ линии, используя закон Мозли.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.

Оценка	Критерии оценивания
	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

#### 5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:

1. Для указанной молекулы определить методом Гиллеспи ее геометрию, полярна ли она, найти элементы симметрии и определить точечную группу симметрии и построить ее, используя химический конструктор.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

<b>(индикатор достижения)</b>							
<u><b>Знания</b></u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u><b>Умения</b></u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u><b>Навыки</b></u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Дайте определение термину «энергия связи нуклонов в атомном ядре». Для нуклида  $^{107}\text{Sb}$  определить а) число протонов и нейтронов в его составе, б) дефект массы (в а.е.м.), в) энергию связи нуклонов в расчете на один нуклон (в МэВ). Масса атома равна 106.924442 а.е.м
2. С помощью теории Бора-Резерфорда рассчитать значения частоты электромагнитного излучения, соответствующей пятой линии серии Брэкета в спектре водородоподобного иона  $\text{O}^{7+}$ .
3. Для частиц  $\text{C}_2$  и  $\text{F}_2$  а) показать диаграммы молекулярных орбиталей, б) рассчитать кратность связи в них, в) указать какие из них диамагнитны и парамагнитны, г) определить в какой из них связь прочнее.
4. Покажите схематично график зависимости энергии связи нуклонов в атомном ядре в расчете на один нуклон от массового числа для атомов химических элементов. Для нуклида  $^{98}\text{Sr}$  определить а) число протонов и нейтронов в его составе, б) дефект массы (в а.е.м.), в) энергию связи нуклонов в расчете на один нуклон (в МэВ). Масса атома равна 97.927665 а.е.м.
5. С помощью теории Бора-Резерфорда рассчитать значения частоты электромагнитного излучения, соответствующей четвертой линии серии Пашена в спектре водородоподобного иона  $\text{N}^{6+}$ .
6. Для частиц  $\text{B}_2$  и  $\text{O}_2$  а) показать диаграммы молекулярных орбиталей, б) рассчитать кратность связи в них, в) указать какие из них диамагнитны и парамагнитны, г) определить в какой из них связь прочнее.
7. В начальный момент времени имелся  $\beta^-$ - радиоактивный нуклид  $^{25}\text{Na}$ . Его начальная масса  $m_0=96$  грамма,  $T_{1/2} = 4$  секундам. Определить а) сколько грамм изотопа останется через 20 секунд (принять, что атомная масса изотопа (г/моль) численно равна его массовому числу; б) какой нуклид образуется в результате распада.
8. Для химического элемента Tm: а) написать распределение электронов по уровням, б) написать распределение электронов по подуровням, в) показать с помощью квантовохимических ячеек распределение электронов на орбиталях подуровней четырех внешних уровней, г) для любых s, p, d, f электронов указать полный набор квантовых чисел.

9. Какая зависимость имеется между энергией химической связи, длиной связи и кратностью связи? С помощью метода Гиллеспи для молекулы  $\text{IF}_5$  а) определить конфигурацию, б) оценить искажение валентных углов, в) определить полярна ли молекула.

10. В начальный момент времени имелся  $\beta^-$ -радиоактивный нуклид  $^{25}\text{Al}$ . Его начальная масса  $m_0=64$  грамма,  $T_{1/2} = 4$  секунды. Определить а) сколько грамм изотопа останется через 20 секунд (принять, что атомная масса изотопа (г/моль) численно равна его массовому числу; б) какой нуклид образуется в результате распада.

11. Для химического элемента Sm: а) написать распределение электронов по уровням, б) написать распределение электронов по подуровням, в) показать с помощью квантовохимических ячеек распределение электронов на орбиталях подуровней четырех внешних уровней, г) для любых s, p, d, f электронов указать полный набор квантовых чисел.

12. Какая зависимость имеется между энергией химической связи, длиной связи и кратностью связи? С помощью метода Гиллеспи для молекулы  $\text{TeBr}_2\text{Cl}_2$  а) определить конфигурацию, б) оценить искажение валентных углов, в) определить полярна ли молекула.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4**

1. Постулаты Бора (формулировка, основные соотношения).
2. Правила заполнения электронных оболочек атомов.
3. Дайте определение термину «энергия связи нуклонов в атомном ядре».
4. Электроотрицательность, потенциал ионизации, сродство к электрону атома (Определение, примеры).
5. Виды межмолекулярного взаимодействия (основные характеристики).
6. Дайте определение терминам “энергия” и “длина” химической связи. Какая зависимость имеется между энергией химической связи, длиной связи и кратностью связи?
7. Закон радиоактивного распада (формула в интегральной форме, график).
8. Главное и орбитальное квантовые числа (определение, физический смысл).
9. Дайте определение терминам “кратность химической связи” и “валентный угол”. Какая зависимость имеется между энергией химической связи, длиной связи и кратностью связи?
10. Радиоактивность (определение, виды распадов с уравнениями в общем виде).
11. Орбитальное и спиновое магнитные квантовые числа (определение, физический смысл).
12. Способы описания полярности химической связи.
13. Укажите элементы симметрии куба (перечень, рисунки).

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**



Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Глинка Н. Л. Общая химия в 2 т. Том 1 / Глинка Н. Л. ; под ред. Попкова В.А., Бабкова А. В. - 20-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 349 с. - (Профессиональное образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/490164> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-9916-9672-2 : 1089.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=787085&idb=0.

2. Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 1. Квантовая механика : учебник и практикум / А. И. Ермаков. - Москва : Юрайт, 2023. - 183 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00127-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт",

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=846229&idb=0>.

3. Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 2. Квантовая химия : учебник и практикум / А. И. Ермаков. - Москва : Юрайт, 2023. - 402 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00128-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт",

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=844407&idb=0>.

4. Ершов Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов в 2 кн. Книга 1 : учебник / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. - 10-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 215 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/470991> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-9916-8659-4 : 729.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822029&idb=0>.

#### Дополнительная литература:

1. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 1. Физическая химия : учебник / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под редакцией В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 259 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-06719-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=844383&idb=0>.

2. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов / Ахметов Н. С. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 744 с. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-507-45394-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=828619&idb=0>.

3. Общая и неорганическая химия / Оганесян Э. Т., Попков В. А., Щербакова Л. И., Брель А. К. ; под ред. Оганесяна Э.Т. - Москва : Юрайт, 2022. - 447 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489031> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-9916-6994-8 : 1349.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=787108&idb=0>.

4. Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия : учебник и практикум / Н. Ф. Степанов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2019. - 441 с. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-10665-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842653&idb=0>.

5. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия : учебно-методическое пособие / А. В. Пирогов, Н. В. Малехонова, А. И. Бобров [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 73 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850411&idb=0>.

6. Строение атома. Химическая связь / Громова Е.Ю., Альметкина Л.А., Булидорова Г.В. - Москва : КНИТУ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=660873&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://chembaby.com/stroenie-veshhestva/>

<https://ocw.mit.edu/courses/>

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 328: Комплект специализированной мебели, Доска для мела ДК 11 Э 3012 (3 элемента); технические средства: проекционный экран ScreenMedia Goldview настенный, переносной мультимедийный проектор, ноутбук Lenovo G770, Microsoft Windows 7 Home Basic OA CIS and GE, лицензия OEM Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic Open 1 License No Level, лицензия №60411808, дата выдачи 24.05.2012 г.;

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд.308: Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор BenQ MP-512 DLP, ноутбук Acer Extensa 5620Z T2390, Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г., Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.;

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 140: Комплект специализированной мебели; технические средства: мультимедийный проектор Benq MP610, ноутбук Acer Aspire 5315-301G08, переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, имеется выход в интернет, • Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г., Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук, профессор  
Крашенинникова Ольга Владимировна, кандидат химических наук  
Фукина Диана Георгиевна, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Сулейманов Евгений Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.11.2022 г., протокол № 2.