

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 11.01.2021 10:25:08

Уникальный программный идентификатор:

a2232a55157e576551a5b779a1198892a153989420420336ffbf573a434e51021



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВПО «Благовещенский государственный педагогический университет»

**ПРОГРАММА АСПИРАНТУРЫ**

**Рабочая программа дисциплины**



Утверждаю  
Проректор по НР  
Т.Д. Каргина  
4 июня 2015 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ**

(с изменениями и дополнениями 2015 г.)

**Направление подготовки**

04.06.01 ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Направленность (профиль)**

**ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Квалификация выпускника - Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 1 от «17» сентября 2014 г.)**

**Принята  
на заседании Учёного совета  
естественно-географического факультета  
(протокол № 2 от 22.10. 2014 г.)**

**Благовещенск 2015**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                  | стр. |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 Пояснительная записка.....                                                     | 3    |
| 2 Учебно-тематический план.....                                                  | 4    |
| 3 Содержание разделов (тем).....                                                 | 4    |
| 4 Методические рекомендации (указания) аспирантам по изучению дисциплины.....    | 6    |
| 5 Практикум по дисциплине.....                                                   | 6    |
| 6 Дидактические материалы для контроля (самоконтроля) усвоенного материала ..... | 6    |
| 7 Перечень информационных технологий, используемых в процессе обучения...        | 20   |
| 8 Список литературы и информационных ресурсов.....                               | 21   |
| 9 Материально-техническая база.....                                              | 22   |
| 10 Лист изменений и дополнений.....                                              | 23   |

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1. Цель дисциплины:** углубленное изучение вопросов химии координационных соединений; исследование особенностей строения и свойств координационных соединений в элементо-органической химии.

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Координационная химия» относится к дисциплинам по выбору вариативной части дисциплин (модулей) Блока 1.

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по химии в объеме программы высшего профессионального образования.

**3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.**

Дисциплина направлена на формирование компетенций УК-1, ПК-1 и результатов обучения, представленных в таблице.

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.                                                                               | знать:<br>методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (З (УК-1)-1);<br>уметь:<br>при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений (У (УК-1)-2);<br>владеть:<br>навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (В (УК-1)-2); |
| ПК-1: Способность к самостоятельному проведению научных исследований и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (профилю) Химия элементоорганических соединений. | знать:<br>современное состояние науки в области химии элементоорганических соединений (З (ПК-1)-1);<br>уметь:<br>представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу (У (ПК-1)-3);<br>владеть:<br>методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю) Химия элементоорганических соединений (В (ПК-1)-1).                                                                                                                                                          |

**4. Содержание и структура дисциплины.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 часов.

**ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

| Вид учебной работы      | Всего часов | Семестры |
|-------------------------|-------------|----------|
| Общая трудоемкость      | 36          | 4        |
| Аудиторные занятия      | 18          |          |
| Лекции                  | 18          |          |
| Самостоятельная работа  | 18          |          |
| Вид итогового контроля: |             | зачет    |

## 2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| № раз-дела | Наименование раздела                               | Количество часов |           |           |                         |
|------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------|-----------|-------------------------|
|            |                                                    | Всего            | Ауд.      | Лекции    | Самостоятель-ная работа |
| 1          | Основы координационной теории                      | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 2          | Химическая связь в комплексах                      | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 3          | Центры координации                                 | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 4          | Лиганды. Изомерия координационных соединений       | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 5          | Образование комплексов: термодинамический аспект   | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 6          | Методы исследования в координационной химии        | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 7          | Основы синтеза координационных соединений          | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 8          | Реакционная способность координационных соединений | 4                | 2         | 2         | 2                       |
| 9          | Прикладные аспекты координационной химии           | 4                | 2         | 2         | 2                       |
|            | <b>Итого</b>                                       | <b>36</b>        | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>18</b>               |

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, групповые дискуссии и выступления на научных семинарах кафедры по результатам научно-исследовательской работы, лекция-дискуссия, лекция-консультация, круглые столы, работа в малых группах, case-study (анализ конкретных, практических ситуаций), учебные групповые дискуссии).

## 3 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ОСНОВЫ КООРДИНАЦИОННОЙ ТЕОРИИ

История развития химии координационных соединений. Общие сведения и понятия о координационных соединениях. Центральные атомы – комплексообразователи, лиганды, внутренняя и внешняя координационные сферы. Степень окисления и координационное число центральных ионов. Дентатность лигандов. Супрамолекулярная химия. Типичные объекты супрамолекулярной химии и их терминологическое описание. Диссоциация в растворах комплексных частиц. Классификация и правила номенклатуры координационных соединений. Детальные, полные и сокращенные формулы координационных соединений. Особенности комплексообразования в различных агрегатных состояниях (твердая, жидкая и газовая фазы).

### ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В КОМПЛЕКСАХ И СУПРАМОЛЕКУЛАХ

Модельные подходы к объяснению параметров химического связывания в координационных соединениях. Электростатический подход: модель мультипольных взаимодействий и концепция электронейтральности. Теория кристаллического поля. Объяснение спектральных и магнитных свойств комплексов. Проблема стабилизации состояний окисления комплексообразователей. Эффект Яна-Теллера. Метод валентных связей. Низко- и высокоспиновые комплексы. Внутри- и внешнеорбитальные комплексы. Теория поля лигандов как развитие теории кристаллического поля. Анализ возможностей и ограничений применения подходов к описанию химической связи в комплексных частицах. Межмолекулярные взаимодействия в супрамолекулах. Стратегия применения расчетных методов к исследованию структуры и свойств комплексных частиц.

### ЦЕНТРЫ КООРДИНАЦИИ

Обзорный анализ комплексообразующих свойств элементов 1–18 групп Периодической

системы: значения координационных чисел, характерные лиганды, устойчивости и геометрия комплексов, наиболее адекватные модели строения комплексов. Щелочные и щелочно-земельные металлы как комплексообразователи. Типы образуемых комплексов и их устойчивость. Координационные соединения р-элементов. Особенности комплексообразования редко-земельных элементов (РЗЭ). Закономерности изменения устойчивости и строения координационных соединений в ряду РЗЭ, роль "лантаноидного" сжатия.

Малые молекулы как центры координации в супрамолекулярных системах.

#### ЛИГАНДЫ. ИЗОМЕРИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Общая классификация лигандов. Лиганды молекулярных комплексов: атомы, ионы, дигомо-, полигомо- и гетероядерные неорганические молекулы, органические соединения. Амбидентатность лигандов. Хелатные лиганды, понятие о хелатном и полихелатном эффектах. Макроциклические лиганды, их классификация по Яцимирскому. Макроциклический эффект. Лиганды комплексов с многоцентровыми координационными связями. Лиганды ди- и полиядерных комплексов. Молекулы растворителей как лиганды сольваток комплексов. Донорная сила растворителей.

Лиганды биок комплексов (биолиганды). Лиганды супрамолекулярных частиц: основные типы.

Типы изомерии координационных соединений: гидратная, ионизационная, координационная (в т.ч. координационная полимерия), структурная, изомерия связи, геометрическая, оптическая и конформационная. Влияние типа изомерии координационного соединения на его физико-химические свойства.

#### ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Термодинамические характеристики реакций комплексообразования, их взаимосвязь. Константы устойчивости координационных соединений. Методы стандартизации термодинамических параметров комплексообразования. Расчеты равновесий комплексообразования. Основные факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Ряд Ирвинга-Уильямса для изохорно-изозарядных ионов. Температурные зависимости констант устойчивости как отражение ковалентного и электростатического вкладов в координационную связь. Закономерности изменения последовательных констант устойчивости (статистическая и "химическая" компоненты, влияние природы лиганда, спинового состояния, гибридизации). Термодинамика хелатного, полихелатного и макроциклического эффектов. Влияние растворителя как среды и химического реагента на комплексообразование.

Особенности термодинамического описания образования супрамолекулярных систем. Эффекты «внутренней» и «внешней» стабилизации. Эффекты предорганизации.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В КООРДИНАЦИОННОЙ ХИМИИ

Общая стратегия применения физико-химических методов в координационной химии. Дифракционные методы (рентгенография, электронография, нейтронография). Спектроскопические методы (ЯМР, ЭПР, ЯКР, КР,  $\gamma$ -резонансная, абсорбционная в широком диапазоне длин волн (от УФ до радиочастотной и др.)). Электрохимические методы (потенциометрия, полярография). Экстракционные методы. Калориметрические методы, в т.ч. методы термического анализа. Исследования растворимости. Ионообменные методы. Компьютерное моделирование.

#### ОСНОВЫ СИНТЕЗА КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Стратегия синтеза координационных соединений. Прямые и косвенные пути синтеза. Термодинамически и кинетически контролируемые реакции синтеза. Примеры синтеза координационных соединений с монодентатными, хелатными и макроциклическими лигандами. Особенности синтеза полиядерных соединений. Темплатный синтез комплексных частиц. Методы синтеза, связанные с замораживанием равновесий комплексообразования. Окисление или восстановление доминирующего комплекса в системе комплексных частиц.

Синтез супрамолекулярных частиц. Способы самоорганизации и стабилизации.

#### РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Классификация реакций комплексных частиц. Формальная кинетика описания реакций. Понятие о кинетической устойчивости координационных соединений. Механизмы реакций за-

мещения лигандов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные, фотохимические реакции комплексных частиц. Особенности термоллиза комплексных частиц. Эффекты *транс*-влияния в квадратных и октаэдрических комплексах.

#### ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КООРДИНАЦИОННОЙ ХИМИИ

Основные аспекты применения координационных и супрамолекулярных соединений. Комплексные соединения платины как противоопухолевые препараты. Проблемы разработки лекарственных форм на их основе. Применение летучих координационных соединений в технологии получения материалов из газовой фазы (МОСVD). Основные разновидности материалов, получаемых по технологии CVD. Перспективы применения гетероядерных соединений при синтезе многокомпонентных материалов. Особенности различных способов перевода комплексных соединений в пар, выбор оптимального способа в соответствии с природой комплекса. Комплексы в гальванотехнике, аналитической химии и др. областях.

Самоорганизация молекул в создании супрамолекулярных устройств.

### 4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) АСПИРАНТАМ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины «Координационная химия» предназначена для самостоятельной работы аспирантов.

Рабочая программа дисциплины включает: учебно-тематический план; содержание разделов (тем); практикум; дидактические материалы (ФОС) для контроля (самоконтроля) усвоенного материала; список литературы, в том числе интернет-ресурсы.

Рабочая программа призвана помочь аспирантам в организации самостоятельной работы по освоению дисциплины «Координационная химия».

Рекомендации:

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала надо обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, обратитесь к преподавателю по графику его консультаций;

- обратить особое внимание на физическую сущность и графическое сопровождение основных рассматриваемых теоретических положений;

- на занятия носить рекомендованную преподавателем литературу;

- до очередного занятия по конспекту (или литературе) проработать теоретический материал, соответствующий теме занятия;

- иметь при себе конспект лекций.

### 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лабораторные работы не предусмотрены.

### 6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

#### 6.1 Паспорт фонда оценочных средств

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства   |
|-------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|
| 1     | Основы координационной теории            | УК-1, ПК-1                                    | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4       |
| 2     | Химическая связь в комплексах            | УК-1, ПК-1                                    | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4       |
| 3     | Центры координации                       | УК-1, ПК-1                                    | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4, ТС-3 |
| 4     | Лиганды. Изомерия координационных        | УК-1, ПК-1                                    | УО-1, УО-3, ПР-1,                  |

|   |                                                    |            |                                    |
|---|----------------------------------------------------|------------|------------------------------------|
|   | соединений                                         |            | ПР-2, ПР-4                         |
| 5 | Образование комплексов: термодинамический аспект   | УК-1, ПК-1 | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4       |
| 6 | Методы исследования в координационной химии        | УК-1, ПК-1 | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4       |
| 7 | Основы синтеза координационных соединений          | УК-1, ПК-1 | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4, ТС-3 |
| 8 | Реакционная способность координационных соединений | УК-1, ПК-1 | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4, ТС-3 |
| 9 | Прикладные аспекты координационной химии           | УК-1, ПК-1 | УО-1, УО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-4, ТС-3 |

### Наименование оценочного средства

Устный опрос (УО): собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2), зачет (УО-3), экзамен по дисциплине, модулю (УО-4), итоговый государственный экзамен (УО-5).

Письменные работы (ПР): тесты (ПР-1), контрольные работы (ПР-2), эссе (ПР-3), рефераты (ПР-4), курсовые работы (ПР-5), научно-учебные отчеты по практикам (ПР-6), отчеты по научно-исследовательской работе аспирантов (НИРС) (ПР-7).

Технические средства контроля (ТС): программы компьютерного тестирования (ТС-1), практические задачи (ТС-2), комплексные ситуационные задания (ТС-3).

Информационные системы и технологии (ИС): обучающие тесты (ИС-1), электронные аттестующие тесты (ИС-2), электронный практикум (ИС-3), виртуальные лабораторные работы (ИС-4) и др.

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях**

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Универсальная** компетенция выпускника программы аспирантуры.

#### ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- знать: основные методы научно-исследовательской деятельности;
- уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач;
- владеть: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

#### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (УК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

| Планируемые результаты обучения<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)                                         | Критерии оценивания результатов обучения |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                          | 1                                        | 2                                                                                                                                             | 3                                                                                                                                               | 4                                                                                                                                                 | 5                                                                                                                                       |
| знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследо- | Отсутствие знаний.                       | Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при реше- | Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также ме- | Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирова- |

|                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>вательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Шифр: З (УК-1)-1</p>                                                                                                                            |                            | <p>нии исследовательских и практических задач.</p>                                                                                                                                    | <p>идей при решении исследовательских и практических задач.</p>                                                                                                                                                    | <p>тодов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.</p>                                                                                                  | <p>ния новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.</p>                                                                                           |
| <p>уметь: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> <p>Шифр: У (УК-1)-2</p>                                            | <p>Отсутствие умений.</p>  | <p>Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p>       | <p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p> | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p>            | <p>Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p>                        |
| <p>владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>Шифр: В (УК-1)-2</p> | <p>Отсутствие навыков.</p> | <p>Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p> | <p>В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p>    | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p> | <p>Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.</p> |

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-1: Способность к самостоятельному проведению научных исследований и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (профилю) Химия элементоорганических соединений**

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

**Профессиональная** компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки  
**ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры, должен:

- знать: фундаментальные основы химии элементоорганических соединений и специальных дисциплин;
- уметь: составлять план работы по заданной теме, анализировать получаемые результаты, составлять отчеты о научно-исследовательской работе;
- владеть: синтетическими и физико-химическими методами исследований в области химии элементоорганических соединений.

#### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

| Планируемые результаты обучения<br>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)              | Критерии оценивания результатов обучения |                                                                                                            |                                                                                                       |                                                                                                                                               |                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                               | 1                                        | 2                                                                                                          | 3                                                                                                     | 4                                                                                                                                             | 5                                                                                                                           |
| знать:<br>современное состояние науки в области химии элементоорганических соединений.<br><br>Шифр 3 (ПК-1)-1 | Отсутствие знаний.                       | Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области химии элементоорганических соединений. | Неполные представления о современном состоянии науки в области химии элементоорганических соединений. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области химии элементоорганических соединений. | Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области химии элементоорганических соединений. |
| знать:<br>нормативные документы для составления                                                               | Отсутствие знаний.                       | Фрагментарные представления о нормативных документах для со-                                               | Неполные представления о нормативных документах для составле-                                         | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания норма-                                                                                 | Сформированные систематические знания нормативных докумен-                                                                  |

|                                                                                                                                                                     |                    |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ния заявок, грантов, проектов научных исследований.</p> <p>Шифр 3 (ПК-1)-2</p>                                                                                   |                    | <p>ставления заявок, грантов, проектов научных исследований.</p>                                                                             | <p>ния заявок, грантов, проектов научных исследований.</p>                                                                                                         | <p>тивных документов для составления заявок, грантов, проектов научных исследований.</p>                                                                                                                     | <p>тов для составления заявок, грантов, проектов научных исследований.</p>                                                                                                                                          |
| <p>знать:</p> <p>требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Шифр 3 (ПК-1)-3</p>                   | Отсутствие знаний. | <p>Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> | <p>Общие представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p>                               | <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p>     | <p>Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилам оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p>                                           |
| <p>уметь:</p> <p>представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Шифр У(ПК-1)-1</p>       | Отсутствие умений. | <p>Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p>                     | <p>В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p>                 | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p>                                                 | <p>Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p>                                                                                     |
| <p>уметь:</p> <p>готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по научным исследованиям в области химии элементоорганических соединений.</p> | Отсутствие умений. | <p>Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя.</p>                       | <p>В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по научным исследованиям.</p> | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям.</p> | <p>Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности;</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                          |                     |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Шифр: У (ПК-1)-2                                                                                                                                                                                                                         |                     |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                      | оформлять проект согласно установленным требованиям.                                                                                                                                                                                  |
| уметь:<br>представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.<br>Шифр: У (ПК-1)-3                                                                                          | Отсутствие умений.  | Умение представлять результаты научных исследований узкому кругу специалистов.                                                       | В целом успешное, умение представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.                | Успешное умение представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.                                                                                    | Сформированное умение представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности. |
| владеть:<br>методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю) Химия элементоорганических соединений.<br><br>Шифр В (ПК-1)-1 | Отсутствие навыков. | Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения научных исследований, анализа и обсуждения полученных данных. | В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам научных исследований. | Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения научных исследований и анализа и обсуждения экспериментальных данных; формулировка выводов и рекомендаций по результатам научных исследований.    |
| владеть:<br>навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение                                                                                                                                                                | Отсутствие навыков. | Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на вы-                                                       | В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи                                                                  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и                                                                                                                                   | Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных за-                                                                                                                                                     |

|                                                                                                              |  |                                                             |                                                                                    |                                                                                           |                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| научных исследований по направленности подготовки Химия элементоорганических соединений.<br>Шифр: В (ПК-1)-2 |  | полнение научных исследований по направленности подготовки. | конкурсных заявок на выполнение научных исследований по направленности подготовки. | подачи конкурсных заявок на выполнение научных исследований по направленности подготовки. | явок на выполнение научных исследований по направленности подготовки. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

## 6.2 Примеры рефератов

### Критерии оценивания:

оценка «отлично» ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы;

оценка «хорошо» – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы;

оценка «удовлетворительно» – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод;

оценка «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

1. Токсичность металлов: роль комплексообразования.
2. Координационные соединения как аналитические реагенты.
3. Координационные соединения как катализаторы. Металлокомплексный катализ.
4. Координационные соединения как органические красители и неорганические пигменты.
5. Координационные соединения в химической технологии.
6. Применение координационных соединений в качестве лекарственных препаратов.
7. Краун-эфиры и их металлокомплексы.
8. Криптанты.
9. Амбидентатные лиганды в современной химии координационных соединений.

## 6.3 ПРИМЕР ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

### Критерии оценивания тестовых заданий:

«отлично» - при 90-100 % набранных тестовых баллов,

«хорошо» - 89-80 %,

«удовлетворительно» - 79-61 %.

Общие сведения о координационных соединениях

1. Какое количество нитрата серебра потребуется для полного осаждения хлора из 3 молей комплекса, полученного из хлорида кобальта (III) и аммиака при соотношении реагентов 1:4?

А. 1 моль; Б. 2 моль; В. 3 моль; Г. 4 моль; Д. 5 моль; Е. 6 моль

2. Предположите, при каком соотношении реагентов ( $\text{CoCl}_3$  и  $\text{NH}_3$ ) раствор полученного координационного соединения не проводит электрический ток?

А. 3 : 1 Б. 1 : 3 В. 3 : 4 Г. 4 : 3 Д. 5 : 2 Е. 2 : 5

3. Цепочную теорию строения координационных соединений предложили...

А. Менделеев и Клапейрон

Б. Файанс и Яншин

В. Бломстрандт и Вернер

Г. Бломстрандт и Йоргенсен

Д. Тассэр и Диссбах

Е. Захаревич и Холиди

4. Координационная теория Вернера не включает в себя понятие...

А. Степени окисления

Б. Главной валентности

В. Побочной валентности

Г. Геометрии координационного иона

5. Какое из соединений не диссоциирует в водном растворе?

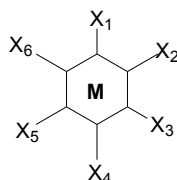
- А.  $[Co(NH_3)_6]Cl_3$
- Б.  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$
- В.  $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$
- Г.  $[Ir(NH_3)_3Cl_3]$
- Д.  $K[CoCl_4(NH_3)_2]$

Е. Все указанные соединения диссоциируют

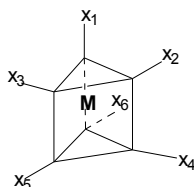
Ж. Ни одно из соединений не диссоциирует

6. Какое строение (по Вернеру) характерно для координационных ионов кобальта (III)?

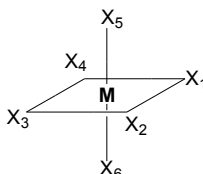
А.



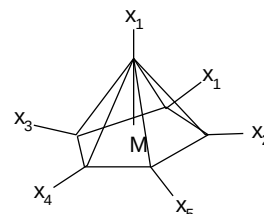
Б.



В.



Г.



7. Какое количество теоретических изомеров возможно для  $K[Fe(CN)_4(NH_3)_2]$ ?

А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4 Д. 6 Е. 8 Ж. У этого соединения нет теоретических изомеров.

8. Какое из соединений принадлежит к соединениям низшего порядка (по классификации Вернера)?

- А.  $K_2[PtCl_4]$
- Б.  $BF_3 \cdot H_2O$
- В.  $KCr(SO_4)_2$
- Г.  $CoCl_3 \cdot 5NH_3$
- Д.  $[Ir(NH_3)_3Cl_3]$

Е. Все указанные соединения высшего порядка

Ж. Ни одно из соединений не является соединением высшего порядка

9. Формула Малликена  $\Psi_N = a\Psi_0(ДА) + b\Psi_1(Д^+A^-)$  описывает

- А. Хелатные комплексы
- Б. Вернеровские комплексы
- В. Комплексы с переносом заряда
- Г. Комплексы любого типа

10. Каково общее количество ионов, входящих во внутреннюю координационную сферу желтой кровяной соли?

А. 2 Б. 3 В. 4 Г. 5 Д. 6 Е. 7

11. Какое из соединений не является координационным?

- А.  $CoCl_3 \cdot 4NH_3$
- Б. ферроцен
- В.  $[Co(CO)_8]$
- Г. Цимантрен
- Д.  $NaCl \cdot KCl$

Д. Все соединения являются комплексами

12. Какова степень окисления железа в комплексном соединении  $Na_3[Fe(CN)_5Cl]$ ?

А. +2 Б. +3 В. +4 Г. +1 Д. 0 Е. -3 Ж. -2

13. Какое количество ионов даст в растворе комплекс  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl(NO_3)$

А. 2 Б. 3 В. 4 Г. 5 Д. 6 Е. 7 Ж. Комплекс не диссоциирует

14. Какая из характеристик координационной связи железо (III) – азот (III) не может быть константой, а зависит от других лигандов во внутренней координационной сфере?

- А. Длина связи
- Б. Рефракция
- В. Поляризуемость
- Г. Валентный угол с другими связями во внутренней координационной сфере.

- Д. Дипольный момент  
 Е. Ни одна из указанных характеристик координационной не может быть константой
15. Какое количество атомов входит во внутреннюю координационную сферу гексаацетатноферрата натрия?  
 А. 2 Б. 3 В. 4 Г. 8 Д. 10 Е. 12 Ж. 13 З. 16
16. Какой из указанных комплексов парамагнитен, то есть, содержит неспаренные электроны?  
 А. Ферроцен  
 Б.  $[Co(NH_3)_6]^{+3}$   
 В.  $[CoF_6]^{-3}$   
 Г.  $H_2[PtCl_4]$   
 Д. Все комплексы парамагнитны  
 Е. Все комплексы диамагнитны
17. Какова дентантность гидразида салициловой кислоты?  
 А. 2 Б. 3 В. 4 Г. 5
18. Может ли соединение с общей формулой  $R_1-\overset{\overset{R_2}{|}}{C}=N-R_3$  быть полидентантным?  
 А. Да, в любом случае  
 Б. Нет, в любом случае  
 В. Может, в зависимости от характера радикалов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ .  
 Г. Может, если все три радикала алифатические.  
 Д. Может, если в качестве металла комплексообразователя выступает переходный металл.
19. Какой тип лигандов может давать внутрикомплексные соединения с переходными металлами?  
 А. Азометины, содержащие окси-группу в ароматическом заместителе  
 Б. Альфа-дикетоны  
 В. Бета-дикетоны  
 Г. Гидразиды кислот  
 Д. Все типы соединений дают ВКС  
 Е. Ни один из указанных типов соединений не способен дать ВКС с переходным металлом.
20. Какой из химических объектов не способен участвовать в реакциях комплексообразования?  
 А. Оксалат-ион  
 Б. Бензол  
 В. Ацетилен  
 Г. Моно-оксид углерода  
 Д. Ксенон  
 Е. Ион калия  
 Ж. Гелий  
 З. Все указанные объекты могут вступать в реакции комплексообразования  
 И. Ни один из объектов не может вступать в комплекс.
21. Примером взаимодействия типа «гость-хозяин» может служить продукт взаимодействия...  
 А. Иона меди и бета-дикетона  
 Б. Ферроцена с окислителем  
 В. Рубидия и эфира 12-краун-4  
 Г. Гидрохинона и аргона  
 Д. Йода и нафталина
22. Какой макроцикл наилучшим образом подходит для образования с катионом натрия?  
 А. 12-краун-4  
 Б. 15-краун-5

- В. 18-краун-6  
 Г. 21-краун-7  
 Д. 24-краун-8  
 Е. Все указанные макроциклы одинаково хорошо образуют комплекс с ионом натрия.  
 Ж. Натрий не дает комплексов с указанными краун-эфирами.
23. Связь металл-металл возможна ...  
 А. В некоторых Вернеровских комплексах  
 Б. Во всех пи-комплексах  
 В. Во всех карбонилах металлов  
 Г. В некоторых карбонилах металлов  
 Д. В бета-дикетонатах переходных металлов.
24. Мостиковые группы CO содержатся в комплексе:  
 А.  $Fe(CO)_5$   
 Б.  $Re_2(CO)_{10}$   
 В.  $MnRe(CO)_{10}$   
 Г.  $Rh_6(CO)_{16}$   
 Д.  $Na_2[M(CO)_5]$   
 Е. Ни в одном из соединений нет мостиковых CO-групп
25. Количество атомов, из которых состоит молекула комплекса, равно 25 для  
 А.  $(\eta^2\text{-трикарбонил})\text{марганца}$   
 Б. Ион феррициния  
 В.  $(\eta^6\text{-дибензол})\text{хром}$   
 Г.  $(\eta^5\text{-дициклопентадиенил})(\eta^2\text{-трикарбонил})\text{хром}$   
 Д. Во всех соединениях количество атомов больше или меньше 25.
26. Из указанных металлоценов парамагнитным является:  
 А. Ферроцен  
 Б. Осмоцен  
 В. Рутеноцен  
 Г. Никелоцен  
 Д. Все соединения диамагнитны  
 Е. Все соединения парамагнитны
27. Химические и магнитные свойства ферроцена объясняются с применением теории  
 А. Вернера  
 Б. Молекулярных орбиталей  
 В. Теории кристаллического поля  
 Г. Теории поля лиганда  
 Д. Теории Поля Лиганда
28. При окислении циклопентадиенильных комплексов магнитный момент  
 А. Всегда увеличивается  
 Б. Всегда уменьшается  
 В. Может увеличиваться или уменьшаться  
 Г. Не изменяется.
29. Из указанных металлоценов наибольшим (теоретическим) магнитным моментом обладает:  
 А.  $Cp_2V^{2+}$   
 Б.  $Cp_2Cr$   
 В.  $Cp_2Fe$   
 Г.  $Cp_2Fe^+$   
 Д.  $Cp_2Cr^+$   
 Е.  $Cp_2Ti$
30. К какому типу комплексных соединений относится комплекс хрома с бензолом?  
 А. Вернеровского типа

- В. Металлоцены  
 Г. Электростатический комплекс  
 Д. Карбонильный комплекс  
 Е. Клатрат
31. Какой лиганд является потенциально тридентантным?  
 А. гидразин  
 Б. аммиак  
 В. Этилендиамин  
 Г. Гидразид уксусной кислоты
32. Какова степень окисления железа в ионе феррицина?  
 А. 0 Б. +1 В. +2 Г. +3
33. Какое соединение может давать хелатные комплексы с переходными металлами?  
 А. Ацетилацетон  
 Б. Ацетофенон  
 В. Гидразин  
 Г. Краун-эфир
34. Какой из комплексов реагирует с водой с выделением водорода?  
 А. Циклопентадиенилтрикарбонил марганца  
 Б. карбонил кобальта  
 В. Гексафторсиликат натрия  
 Г.  $\text{Na}_2[\text{PdCl}_4]$
35. Многоцентровая связь имеется в:  
 А. Комплексе нафталина и йода  
 Б. Комплексе трифторида бора и аммиака  
 В. Продукте окисления дициклопентадиенилтитана  
 Г. Бета-дикетонатах  
 Д. Золотохлористоводородной кислоте.

#### 6.4 Темы, вынесенные на самостоятельное изучение

1. Методы исследования веществ - физические, химические и физико-химические. Классификация методов исследования. Общая характеристика методов.

2. Оптические методы исследования. Атомная спектроскопия. Методы атомного спектрального анализа.

3. Спектроскопические методы исследования.

Общая характеристика и классификация методов. Электромагнитное излучение, природа электромагнитного излучения. Взаимодействие излучения с веществом.

Поглощение, испускание, рассеяние. Основные законы светопоглощения и испускания. Светорассеяние.

Физические и химические свойства молекул и веществ. Происхождение молекулярных спектров. Наблюдение и регистрация спектроскопических сигналов.

4. Методы колебательной спектроскопии. ИК-спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния (рамановская).

Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии и их классификация. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Характеристичность нормальных колебаний. Применение методов колебательной спектроскопии для идентификации веществ, структурно-группового, молекулярного и количественного анализов и другие применения в химии. Специфичность колебательных спектров.

Техника и методики ИК-спектроскопии и спектроскопии КР. Аппаратура для ИК спектроскопии, приготовление образцов. Аппаратура для спектроскопии КР. Сравнение методов ИК и КР, их преимущества и недостатки.

Туннельная колебательная спектроскопия. Оптическое детектирование одиночных молекул

## 5. Методы электронной спектроскопии.

Абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул.

Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализе. Специфика электронных спектров поглощения различных классов соединений. Техника и методики эмиссионной и абсорбционной спектроскопии в видимой и УФ областях, аппаратура, чувствительность методов.

Оже-электронная спектроскопия. Применение ОЭС.

## 6. Люминесценция и люминесцентные методы.

Виды люминесценции. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной фотолюминесценции.

Тушение люминесценции (температурное, концентрационно, посторонними веществами). Квантовый выход.

Флуорометрический метод анализа. Аппаратурное оформление процесса.

## 7. Рефрактометрия. Диэлькометрия и магнетохимия.

Электрические и оптические свойства молекул. Электронная, атомная и ориентационная поляризация. Поляризация деформации.

Дисперсия света. Применение молекулярной рефракции и дисперсии для установления строения молекул. Рефрактометрические константы как критерий чистоты вещества и средство идентификации.

Методы определения показателя преломления. Приборы для измерения показателей преломления. Методы определения дипольного момента на основе измерения диэлектрической проницаемости, диэлькометрия.

Магнитные свойства вещества.

8. Хроматографический анализ. Способы осуществления качественного хроматографического анализа. Идентификация веществ по параметрам удерживания.

Типовые задачи и основные экспериментальные приемы качественного анализа. Характеристики удерживания в КХА.

## 9. Капиллярный электрофорез.

Электроосмотический поток. Физико-химические основы разделения. Конструктивные особенности прибора для капиллярного электрофореза.

Капиллярный зонный электрофорез. Возможности метода. Движение и размывание зон.

Мицеллярный капиллярный электрофорез. Капиллярный гель-электрофорез.

## 6.5 Примерный перечень вопросов к зачету

1. УФ. Вид и положение полос поглощения. Электронные переходы, правила отбора.
2. УФ. Законы поглощения света веществом, ограничения.
3. УФ. Образцы. Влияние растворителя и температуры на вид полос поглощения. Хромофоры и ауксохромы.
4. УФ. Ненасыщенные соединения с изолированными и сопряженными связями.
5. УФ. Карбонильные соединения.
6. УФ. Поглощение бензола и его монозамещенных.
7. УФ. Поглощение ди- и полизамещенных бензола. Полосы переноса заряда.
8. УФ. Поглощение ароматических поли- и гетероциклических соединений.
9. Исследование органических соединений с помощью УФ спектроскопии: взаимное расположение хромофоров, цис-транс-изомерия, стерические эффекты.
10. ИК. Типы частот поглощения. Условия характеристичности частот. Типы колебаний и интенсивность полос поглощения.
11. ИК. Зависимость частоты колебаний от массы атомов и кратности связи. Основные области ИК спектра.
12. ИК. Поглощение предельных (в том числе циклических) углеводов.
13. ИК. Поглощение непредельных углеводов.

14. ИК. Поглощение ароматических углеводородов и соединений, содержащих группы OH, NO<sub>2</sub>, CN и Hal.
15. ИК. Поглощение соединений с C=O группой (кроме амидов).
16. ИК. Поглощение амидов и аминов.
17. Особенности регистрации масс-спектров. Образование молекулярного иона и его фрагментация. Возможности и недостатки масс-спектрометрии.
18. Масс-спектрометрия: молекулярные, изотопные и метастабильные пики.
19. Масс-спектрометрия. Основные закономерности фрагментации органических молекул.
20. Масс-спектрометрия. Общий вид масс-спектра и анализ области молекулярного иона.
21. Спин ядра. Его корреляция с зарядом и массовым числом. Ориентация ядерного спина в магнитном поле.
22. ЯМР. Энергия спиновых состояний. Условие резонанса и его экспериментальное обнаружение.
23. Спектроскопия ЯМР: определение, возможности, особенности, ограничения.
24. ЯМР. Индуцированное и эффективное магнитное поле. Константа экранирования. Абсолютный и относительный химический сдвиг.
25. Закономерности химических сдвигов сигналов ЯМР магнитных изотопов одного и того же элемента. Количество вещества образца. ЯМР других ядер.
26. ЯМР. Химический сдвиг. Эталоны. Развертка по полю и по частоте. Зависимость химического сдвига от Но.
27. ЯМР. Молекулярные магнитные поля за счет удаленных связей. Взаимодействие электронов через пространство: влияние на химический сдвиг.
28. ЯМР. Влияние структурных особенностей молекулы на химический сдвиг: гибридизация атома углерода, электронное влияние заместителей.
29. ЯМР. Влияние внешних факторов на химический сдвиг: температура, концентрация, кислотность среды, растворитель.
30. Прямое и не прямое спин-спиновое взаимодействие. Причины и объяснение мультиплетности сигналов ЯМР на примере уксусного альдегида.
31. ЯМР. Непрямое спин-спиновое взаимодействие ядер. Знак константы J.
32. ЯМР. Константа спин-спинового взаимодействия. Формула мультиплетности. Границы применимости.
33. ЯМР. Вицинальные и дальние КССВ.
34. ЯМР. Свойства КССВ. 1J и 2J - константы.
35. ЯМР-спектры высших порядков. Признаки. АВ-спектр.
36. ЯМР. Спиновые системы. Спектры 1-ого порядка. АХ-спектр.
37. Степень сложности ЯМР-спектров и анализ спектров 1-ого порядка. Ядерный эффект Оверхаузера.
38. ЯМР. Пояснение правила о постоянстве доли суммарной интегральной интенсивности на примере п-этоксиацетанилида.
39. Динамические эффекты в спектроскопии ЯМР.
40. Способы упрощения ЯМР-спектров. Двойной резонанс. Подавление ССВ.
41. Методы магнитного резонанса. Метод ЭПР. Сущность явления ЭПР. Устройство электромагнетрона. Практическое применение метода.
42. Спектры ЭПР, их основные параметры, g-фактор и константа СТС.
43. Природа сверхтонкой (СТС) и дополнительной сверхтонкой структуры (ДСТС).
44. Эмпирическое правило аддитивности.
45. Анизотропные и изотропные спектры ЭПР и их параметры.

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

1. Мультимедийные презентации по основным разделам дисциплины.
2. Программное обеспечение дисциплин: Microsoft Windows, Microsoft Office, IBM /

DOFRELL / IBM SPSS Statistics Base, MatLab, Adobe Photoshop CS3, AutoCAD, CorelDraw Graphics Suite, Autodesk 3ds Max, SolidWorks.

Обеспечен доступ к Cambridge Structural Database System, Version 5.36, 2014 - Кембриджский банк структурных данных содержит библиографические, кристаллографические и химические сведения более, чем о 700 000 органических, металлоорганических и неорганических соединениях.

Программный пакет PC GAMESS (Firefly) для выполнения квантово-механических расчетов, в том числе моделирование колебательных спектров многоатомных молекул, расчет энергии и параметров структуры (длины связей, углы), расчеты потенциальных кривых молекул в основном и возбужденном состояниях со спектроскопической точностью, расчеты энергетических профилей химических реакций.

## **8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **Основная**

1. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений / Ю.М. Киселев, Н.А. Добрынина. – М. : Академия, 2007, 352 с.

2. Сид, Д.В., Этвуд, Д.Л. Супрамолекулярная химия: в 2 томах. – Москва, Академкнига, 2007. Том 1. – 480 с. Том 2. – 416 с.

### **Дополнительная**

1. Ардашникова, Е.И. Сборник задач по неорганической химии: учеб. пособие / Е.И. Ардашникова, Г.Н. Мазо, М.Е. Тамм ; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М. : Академия, 2008. – 207 с.

2. Артеменко, А.И. Справочное руководство по химии / А.И. Артеменко, И.В. Тикунова, В.А. Малеванный. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2003. – 366 с.

3. Кнотько, А.В. Химия твердого тела: учеб. пособие / А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. – М. : Академия, 2006. – 301 с.

4. Координационная химия: учеб. пособие / В.В. Скопенко [и др.]. – М. : Академкнига, 2007. – 487 с.

5. Лидин, Р.А. Неорганическая химия в реакциях: справочник / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева. – 2-е изд., перераб., доп. – М. : Дрофа, 2007. – 637 с.

6. Пожарский, А.Ф. Супрамолекулярная химия. Часть 2. Самоорганизующиеся молекулы. Соросовский образовательный журнал. 1997. Т. 9. – с. 40-47

7. Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 414 с. (2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. — 442 с.)

8. Фролов, В.И. Практикум по общей и неорганической химии: учеб. пособие / В.И. Фролов, Т.М. Курохтина, З.Н. Дымова ; под ред. Н.Н. Павлова, В.И. Фролова. – 2-е изд., перераб., доп. – М. : Дрофа, 2002. – 301 с.

9. Хаускрофт, К. Современный курс общей химии. В 2 т. / К. Хаускрофт, Э. Констебл ; под ред. В.П. Зломанова ; пер. с англ. – М. : Мир, 2002. – (Лучший зарубежный учебник).

### **8.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

<http://en.edu.ru/>

<http://rcr.ioc.ac.ru/ukh.htm>

[http://www.uspkhim.ru/ukh\\_frm.phtml?jrnid=rc&page=ft](http://www.uspkhim.ru/ukh_frm.phtml?jrnid=rc&page=ft)

<http://butlerov.com>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА**

ИК-спектрометр с Фурье-преобразователем, УФ-спектрометр, спектрометр атомно-абсорбционный AAnalyst 400, спектрометр рентгенофлуоресцентный Эра-3, спектрометр рентгенофлуоресцентный ARL ADVANT X, спектрометр эмиссионный с индуктивно-связанной

плазмой PRODIGY, дифрактометр порошковый рентгеновский ARL XTRA, дериватограф, электронный микроскоп, ЯМР релаксометр, иономер – 10 шт., встряхиватель – 1 шт., прибор измерительный универсальный – 3 шт., поляриметр – 2 шт., потенциометр – 2 шт., КФК-3 – 1 шт., кондуктометр АНИОН-4120 – 3 шт., вискозиметр – 4 шт., мешалка магнитная – 2 шт., электроды со штативами, модуль «Термостат» – 3 шт., модуль «Электрохимия» – 3 шт., модуль «Термический анализ» – 3 шт., штатив лабораторный – 8 шт., центрифуга лабораторная – 1 шт., весы -300 – 3 шт., весы ВА-4М – 3 шт., спектрофотометр – 1 шт., амперметр – 1 шт., гальванометр – 1 шт., калориметр – 1 шт., секундомер – 3 шт., выпрямитель – 7 шт., прибор 4831 – 5 шт., микровольтметр – 1 шт., PH-тестер – 6 шт., компьютер – 3 шт.

**химические реактивы (классификация не ниже ч.д.а):** растворы солей, растворы кислот, растворы щелочей, растворы аммиака, концентрированные растворы кислот, концентрированные растворы щелочей, концентрированные растворы аммиака, сухие соли, специальные реактивы и органические растворители, индикаторная бумага, растворы индикаторов.

**лабораторная посуда:** колба мерная на 50, 100, 200, 250, 500, 1000 мл; бюретки на 5, 25, 50 мл; пипетка на 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 мл; колбы конические для титрования на 150, 250, 500 мл; стаканы химические на 50, 100, 250, 500, 1000 мл; чашки Петри, часовые стекла, выпарительные чашки, фарфоровые ступки, тигли, бюксы с крышками, стеклянные капилляры, склянки для реактивов, центрифужные пробирки, полумикропробирки.

**другое необходимое оборудование:** шпатели, штативы для пробирок, штативы железные с набором колец, лапок, деревянные или металлические держатели для пробирок, тигельные щипцы, асбестовые сетки.

## **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:  
обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;  
для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;  
задания для выполнения, а также инструкции о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);
- для глухих и слабослышащих:  
обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все обучающиеся учатся в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Рабочая программа дисциплины разработана на основе:

- ФГОС ВО, утверждённого приказом Министерством образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 869 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- Учебного плана по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 04.06.01 ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ, утвержденного Ученым советом БГПУ от «4» июня 2015 г. Протокол № 6;
- Приказа Министерства образования и науки РФ № 1259 от 19.11.2013 г. «Об утверждении

порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

- СМК СТО 7.3-2.9.07 – 2015 Положения о программе аспирантуры ФГБОУ ВПО «БГПУ», утвержденного и введенного в действие Решением Ученого совета ФГБОУ ВПО «БГПУ» № 2 от 25 февраля 2015 г.

Разработчики: Е.В. Новикова, кандидат химических наук, доцент;

А.В. Иванов, доктор химических наук, профессор.

### **10 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**

**Утверждение изменений в рабочей программе дисциплины для реализации в 2015/2016 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2015/2016 учебном году на заседании кафедры (протокол № 9 от 4 июня 2015 г.).

В рабочую программу дисциплины внесены следующие изменения и дополнения:

|                                               |                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| № изменения: 1<br>№ страницы с изменением: 21 |                                                                                                                                                                 |
| Исключить:                                    | Включить:                                                                                                                                                       |
|                                               | Список литературы и информационных ресурсов. Дополнительная<br>Координационная химия: учеб. пособие / В.В. Скопенко [и др.]. – М. : Академкнига, 2007. – 487 с. |
| № изменения: 2<br>№ страницы с изменением: 22 |                                                                                                                                                                 |
| Исключить:                                    | Включить:                                                                                                                                                       |
|                                               | Пункт<br>Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья                                                             |