

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 от

31 августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины
Избранные главы неорганической химии

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.01 «Неорганическая химия»; 02.00.02 «Аналитическая химия»; 02.00.03 «Органическая химия»;
02.00.04 «Физическая химия»; 02.00.06 «Высокомолекулярные соединения»;
02.00.08 «Химия элементоорганических соединений»

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Нижегород
2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Избранные главы неорганической химии» относится к числу общеобразовательных дисциплин, является обязательной дисциплиной и изучается на 2 году обучения, в 4 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен знать основные теоретические положения следующих дисциплин: "Общая химия и неорганическая химия" (методы синтеза неорганических соединений); "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии); "Кристаллохимия" (строение кристаллических тел); "Квантовая химия" (метод молекулярных орбиталей и его приближения); "Химическая технология" (методы формирования неорганических материалов).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 базовый	<i>З1 Знать:</i> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. <i>У1 Уметь:</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования. <i>В1 Владеть:</i> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований. <i>В2 Владеть:</i> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов. <i>В3 Владеть:</i> навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.
ПК-1 базовый	<i>З1 Знать:</i> перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах. <i>З2 Знать:</i> приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. <i>У1 Уметь:</i> прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме. <i>У2 Уметь:</i> проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки. <i>В1 Владеть:</i> навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации. <i>В2 Владеть:</i> навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 1 зачетную единицу, всего 36 часов, из которых 18 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 18 часов составляет самостоятельная работа обучающегося).

Таблица 2

Структура дисциплины

(указываются разделы (модули) с отведенным на них количеством академических часов с разбивкой по формам занятий)

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Химия стеклообразного состояния вещества	4	4	-	-	-	4	6
Теория поляризации ионов	10	10	-	-	-	10	6
Химия координационных соединений	4	4	-	-	-	4	6
Аттестация по дисциплине - зачет							
Итого	18	18	-	-	-	-	18

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Химия стеклообразного состояния вещества.	Принципы классификации твердых тел. Кристаллическое, аморфное, стеклообразное состояние вещества. Содержание и объем каждого из понятий. Стеклообразное состояние вещества. Существующие подходы к определению и описанию стеклообразного состояния.	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата

		<p>Структурные теории стеклообразования. Концепция структурных единиц.</p> <p>Термодинамические и кинетические теории стеклообразования. Критерии, характеризующие способность веществ к стеклообразованию.</p> <p>Основные классы неорганических стекол, исходя из структуры и химической природы вещества – стеклообразователя. Индивидуальные и условные стеклообразователи.</p> <p>Строение стекол различных химических классов: оксидных, галогенидных, халькогенидных.</p> <p>Методы исследования свойств неорганических стекол: оптических, механических, физико-химических.</p> <p>Ликвация и кристаллизация стекол.</p> <p>Термодинамика и кинетика процессов.</p> <p>Методы исследования ликвации и кристаллизации стекол. Реология стеклообразующих расплавов.</p> <p>Ньютоновское и неньютоновское течение расплавов. Оптическая прозрачность стеклообразных материалов как комплексное свойство.</p> <p>Влияние примесей и дефектов непрерывной сетки на свойства стекла. Функциональные материалы на основе неорганических стекол.</p> <p>Стеклообразные материалы для оптоэлектроники и волоконной оптики.</p>		
2	Теория поляризации ионов	<p>Развитие представлений о химической связи. Основные концепции химической связи. Ковалентная связь и ее описание с точки зрения методов валентных связей и молекулярных орбиталей. Ионная связь и ее рассмотрение с позиций электростатической теории и теории поляризации ионов. Описание ковалентной полярной связи с точки зрения представлений о различии электроотрицательности атомов и поляризации ионов.</p> <p>Поляризующее действие и поляризуемость катиона и аниона.</p> <p>Поляризующее действие ионов и его зависимость от радиуса иона.</p>	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата

		<p>заряда и строения электронной оболочки. Поляризующий потенциал как количественная характеристика поляризующего действия катиона. Поляризуемость и ее связь с молекулярной электронной рефракцией. Экспериментальное определение электронной рефракции атомов, молекул и ионов. Зависимость поляризуемости иона от его радиуса, заряда, строения электронной оболочки.</p> <p>Механизм поляризации ионов.</p> <p>Стандартный случай поляризационного взаимодействия. Дополнительный поляризационный эффект. Контрполяризация. Влияние ионно-молекулярного окружения на глубину и характер поляризационного взаимодействия. Ориентационный и деформационный этапы поляризационного взаимодействия. Влияние эффекта поляризации ионов на физические свойства вещества. Зависимость типа кристаллической решетки от интенсивности поляризационных эффектов. Влияние поляризации ионов на поведение кристаллических тел при нагревании. Предсказание направления изменения кристаллической структуры вещества при его нагревании. Влияние поляризации ионов на температуру плавления вещества. Обсуждение окраски неорганических веществ и ее интенсивности с точки зрения представлений о поляризации ионов. Влияние эффектов поляризации ионов на химические свойства веществ. Зависимость термической устойчивости веществ от интенсивности поляризационных эффектов. Влияние поляризации ионов на растворимость ионных веществ и степень их диссоциации в растворе. Окраска растворов ионных соединений. Обсуждение процессов гидролиза соединений с позиций представлений о поляризации ионов. Объяснение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств неорганических веществ с</p>		
--	--	--	--	--

		точки зрения представлений о поляризации ионов.		
3	Химия координационных соединений.	<p>Основные понятия и определения. Комплексное соединение. Внешняя сфера. Внутренняя сфера. Комплексообразователь (центральный атом). Лиганды (адденды). Координационное число. Дентатность. Мостиковые лиганды. Кластеры. Основные положения координационной теории А.Вернера. Главная и побочная валентности. Классификация комплексных соединений. Классификация по заряду внутренней сферы. Нейтральные, катионные и анионные комплексы. Классификация по природе лиганда. Аквакомплексы, аммиакаты, гидроксидные комплексы, ацидокомплексы, карбонилы, смешаннолигандные комплексы. Классификация по числу центральных атомов во внутренней сфере. Одноядерные и многоядерные комплексы. Особые группы комплексных соединений. Хелаты, двойные соли, изополисоединения, гетерополисоединения. Изомерия комплексных соединений. Структурная изомерия. Междусферная изомерия (ионизационная, гидратная, молекулярная (сольватная) изомерия). Лигандная изомерия (изомерия лиганда, связевая (солевая) изомерия). Координационная изомерия (метамерия и полимерия). Пространственная изомерия (геометрическая и оптическая изомерия). Номенклатура комплексных соединений. Тривиальная и систематическая номенклатура. Правила формирования названий катионных, нейтральных и анионных комплексов. Указание числа лигандов, природы лиганда и степени окисления центрального атома. Указание числа сложных лигандов. Указание на мостиковые лиганды и лиганды, координированные несколькими атомами. Составление систематических названий комплексных соединений. Термодинамическая и кинетическая</p>	Лекции, самостоятельная работа обучающегося	Защита реферата

		<p>стабильность комплексов. Устойчивые и неустойчивые комплексы. Инертные и лабильные комплексы. Обсуждение термодинамической стабильности комплексов с позиций теории жестких и мягких кислот и оснований.</p> <p>Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные идеи метода валентных связей, теории кристаллического поля, метода молекулярных орбиталей и теории поля лигандов. Методологическое значение теории строения комплексных соединений.</p> <p>Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций метода валентных связей.</p> <p>Определение электронной конфигурации центрального атома.</p> <p>Внешнеорбитальные и внутриорбитальные комплексы.</p> <p>Высокоспиновые и низкоспиновые комплексы. Роль природы лиганда в образовании внешнеорбитальных и внутриорбитальных комплексов.</p> <p>Предсказание кинетической устойчивости комплексов. Отнесение комплексного соединения к внешнеорбитальным и внутриорбитальным комплексам.</p> <p>Предсказание координационного числа, типа гибридизации и геометрической формы комплекса и его магнитных свойств. Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций теории кристаллического поля. Предсказание относительного расположения орбиталей центрального атома в поле лигандов октаэдрической, тетраэдрической и плоскочетырёхугольной симметрии. Параметр расщепления.</p> <p>Спектрохимический ряд. Оценка величины расщепления d-подуровня центрального атома. Заполнение расщепленного уровня электронами в случае лигандов сильного и слабого поля. Предсказание окраски комплексного соединения из значения параметра расщепления. Предсказание поведения комплекса в магнитном поле. Энергия стабилизации</p>		
--	--	--	--	--

		<p>кристаллическим полем (ЭСКП). Расчет ЭСКП для октаэдрических и тетраэдрических комплексов, образованных лигандами сильного и слабого поля. Предсказание кинетической устойчивости комплексов с позиций теории кристаллического поля. Хелатные комплексы. Хелатный эффект. Правило циклов. Примеры хелатообразующих лигандов. Внутрикислеческие соединения. π-Комплексы. Образование координационной связи в π-комплексах. Примеры π-комплексов. π-Дативное взаимодействие на примере ферроцена и бис-(бензол)хрома. Химические реакции с участием комплексных соединений. Реакции перемещения лигандов между внешней и внутренней сферами. Диссоциация комплексных соединений по внешней и внутренней сферам. Ступенчатые и общие (полные) константы образования. Константа нестойкости. Расчет ионных равновесий в растворах комплексных соединений. Реакции замещения лиганда. Диссоциативный и ассоциативный механизмы замещения. Представление процессов диссоциации комплекса как процессов замещения лигандов молекулами воды. Стереохимия процессов замещения в квадратных и октаэдрических комплексах. Явление транс-влияния. Ряд транс-влияния. Предсказание строения продуктов замещения с позиций представлений о транс-влиянии. Перераспределение лигандов и образование смешанных комплексов. Внутримолекулярные превращения комплексного соединения. Химические превращения координированных лигандов. Протонирование и депротонирование лиганда. Гидроксоляция и ее последствия. Преодоление гидроксоляции в кислых и щелочных средах. Изомеризация лигандов. Реакции присоединения, внедрения и конденсации с органическим</p>		
--	--	---	--	--

		координированным лигандом. Металлокомплексный катализ. Окислительно-восстановительные превращения центрального атома. Влияние природы лиганда на значения окислительно-восстановительных потенциалов превращений центрального атома. Значение комплексных соединений в природе, технологии, сельском хозяйстве, медицине.		
--	--	--	--	--

4. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);

деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);

развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме контроля самостоятельной работы (защита реферата).

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Определение стекла и стеклообразного состояния. Отличие стекла от кристалла и аморфного вещества.
2. Методы экспериментальной идентификации стеклообразного состояния.
3. Основные химические классы стеклообразующих веществ.
4. Выражение области стеклообразующих составов в двойных и тройных системах.
5. Понятие непрерывной сетки в стекле (представления Захариасена).
6. Понятие о температуре стеклования.
7. Понятия об индивидуальном и условном стеклообразователях. Эффект эвтектики в стеклообразовании.
8. Влияние скорости охлаждения расплавов на способность к стеклообразованию.
9. Кинетические теории стеклообразования.
10. Структурные и энергетические критерии стеклообразования.
11. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация стекол. Сходство и различие.
12. Критерии устойчивости стекол к кристаллизации.
13. Золь-гель метод получения стекол.
14. Характер температурной зависимости скорости зародышеобразования кристаллической фазы и линейной скорости роста кристаллов.
15. Методы исследования кинетики кристаллизации стекол. Примеры стекол с высокой устойчивостью к кристаллизации.
16. Определение температуры стеклования и кристаллизации методом дифференциально-термического анализа.
17. Радиальный профиль скорости течения в круглом канале для ньютоновской и вязкопластической жидкости.
18. Строение стекол с позиции концепции структурных единиц.
19. Примеры халькогенидных стекол с цепочечной, слоистой и трехмерной структурой.
20. Основные механизмы ослабления светового потока при прохождении через электрическую оптическую среду.
21. Зависимость поляризующего действия и поляризуемости ионов от их заряда, радиуса, строения электронной оболочки.
22. Механизм поляризации ионов. Дополнительный поляризационный эффект и контрполяризация.
23. Влияние эффекта поляризации ионов на физические свойства вещества.
24. Влияние эффекта поляризации ионов на термическую устойчивость вещества.

25. Предсказание кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств веществ на основе представлений о поляризации ионов.
26. Классификация комплексных соединений.
27. Изомерия и номенклатура комплексных соединений.
28. Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций метода валентных связей.
29. Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций теории кристаллического поля.
30. Диссоциация комплексных соединений в растворе.
31. Ассоциативный и диссоциативный механизмы реакций замещения лигандов.
32. Явление гидроксоляции.

Темы рефератов:

1. Модели строения стекла.
2. Методы получения оптических стекол.
3. Ликвация стекол.
4. Термодинамическая и кинетическая стабильность комплексных соединений.
5. π -Комплексы. Образование координационной связи в π -комплексах.
6. Металлокомплексный катализ.
7. Значение комплексных соединений в науке и технике.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками:

Зачтено	Знание основного содержания разделов дисциплины, допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Правильное применение теоретических знаний для решения практических задач. Допускаются незначительные ошибки в решении расчетных задач.
Незачтено	Не знает значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Не может решать простые основные расчетные и качественные задачи.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Определение стекла и стеклообразного состояния. Отличие стекла от кристалла и аморфного вещества (ОПК-1).
2. Методы экспериментальной идентификации стеклообразного состояния (ОПК-1).
3. Основные химические классы стеклообразующих веществ (ОПК-1).
4. Выражение области стеклообразующих составов в двойных и тройных системах (ОПК-1).
5. Понятие непрерывной сетки в стекле (представления Захариасена) (ОПК-1).
6. Понятие о температуре стеклования (ОПК-1).
7. Понятия об индивидуальном и условном стеклообразователях. Эффект эвтектики в стеклообразовании (ОПК-1).
8. Влияние скорости охлаждения расплавов на способность к стеклообразованию (ОПК-1).
9. Кинетические теории стеклообразования (ОПК-1).
10. Структурные и энергетические критерии стеклообразования (ОПК-1).
11. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация стекол. Сходство и различие (ОПК-1).
12. Критерии устойчивости стекол к кристаллизации (ОПК-1).
13. Золь-гель метод получения стекол (ОПК-1).
14. Характер температурной зависимости скорости зародышеобразования кристаллической фазы и линейной скорости роста кристаллов (ОПК-1).
15. Методы исследования кинетики кристаллизации стекол. Примеры стекол с высокой устойчивостью к кристаллизации (ОПК-1).
16. Определение температуры стеклования и кристаллизации методом дифференциально-термического анализа (ПК-1).
17. Радиальный профиль скорости течения в круглом канале для ньютоновской и вязкопластической жидкости (ПК-1).
18. Строение стекол с позиции концепции структурных единиц (ПК-1).
19. Примеры халькогенидных стекол с цепочечной, слоистой и трехмерной структурой (ПК-1).
20. Основные механизмы ослабления светового потока при прохождении через электрическую оптическую среду (ПК-1).
21. Зависимость поляризующего действия и поляризуемости ионов от их заряда, радиуса, строения электронной оболочки (ПК-1).

22. Механизм поляризации ионов. Дополнительный поляризационный эффект и контрполяризация (ПК-1).
23. Влияние эффекта поляризации ионов на физические свойства вещества (ПК-1).
24. Влияние эффекта поляризации ионов на термическую устойчивость вещества (ПК-1).
25. Предсказание кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств веществ на основе представлений о поляризации ионов (ПК-1).
26. Классификация комплексных соединений (ПК-1).
27. Изомерия и номенклатура комплексных соединений (ПК-1).
28. Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций метода валентных связей (ПК-1).
29. Предсказание строения и свойств комплексных соединений с позиций теории кристаллического поля (ПК-1).
30. Диссоциация комплексных соединений в растворе (ПК-1).
31. Ассоциативный и диссоциативный механизмы реакций замещения лигандов (ПК-1).
32. Явление гидроксоляции (ПК-1).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Н. Гринвуд, А. Эрншо. Химия элементов [Электронный ресурс] : в 2 т. Т. 1 / ; пер. с англ. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 664 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
2. О.Л. Хасанов. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Эл. изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 269 с.
3. У. Хартманн. Очарование нанотехнологии [Электронный ресурс]; пер. с нем. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 173 с.

б) дополнительная литература:

1. В.В. Старостин. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие — 4-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 434 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544238>
2. С.П. Торшин, Г.А. Смолина. Биогеохимия радионуклидов : учебник. — М. : ИНФРА-М, 2016. — 320 с.

3. Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. Наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие /— 4-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — 368 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=542646>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://pubs.acs.org/journal/inocaj>

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/522468/description#description

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/504086/description#description

<http://www.springerlink.com/content/100422/>

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/505772/description#description

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор

К.х.н., доцент

_____ Пермин Д.А.

Рецензент

Декан химического факультета, д.х.н. _____ Маркин А.В.

Заведующий кафедрой химии твердого тела

химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского _____ Сулейманов Е.В.

Программа рекомендована на заседании кафедры химии твердого тела от «___» _____ 2021 г. протокол № ____.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 27 августа 2021, протокол № 1.

Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ОПК 1					
ЗНАТЬ: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Сформированные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности
УМЕТЬ: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи
ВЛАДЕТЬ: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации
ВЛАДЕТЬ: навыками планирования	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное и систематическое

научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов		планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	пробелы применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов
ВЛАДЕТЬ: навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	Успешное и систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ПК 1					
ЗНАТЬ: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах
ЗНАТЬ: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Неполные знания о знаниях о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в	Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации

				Российской Федерации	Федерации
УМЕТЬ: прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Отсутствие умений	Частично освоенное умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Успешное и систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме
УМЕТЬ: проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Отсутствие умений	Частично освоенное умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки	Успешное и систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки
ВЛАДЕТЬ: навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации	В целом успешное и систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации
ВЛАДЕТЬ:					

навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях					
ЗНАТЬ: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах	Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах
ЗНАТЬ: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Неполные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации	Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации
УМЕТЬ: прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Отсутствие умений	Частично освоенное умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме	Успешное и систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме

