

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
Физические методы исследования неорганических соединений

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.01 «Неорганическая химия»

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2021

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

Дисциплина «Физические методы исследования неорганических соединений» относится к числу профессиональных дисциплин, является обязательной дисциплиной выбора и изучается на 2 году обучения, в 3 и 4 семестрах.

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);
- "Физика" (электричество и магнетизм, оптика, элементы атомной физики, квантовая механика);
- "Квантовая химия" (метод молекулярных орбиталей и его приближения);
- "Строение вещества" (электрические, магнитные и энергетические свойства молекул, электронно – колебательно – вращательные состояния молекул, геометрия молекул, межмолекулярные взаимодействия).

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
<i>ПК-4 базовый</i>	<i>З1 Знать:</i> основные приемы химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств. <i>У1 Уметь:</i> осуществлять исследования процессов получения неорганических материалов. <i>В1 Владеть:</i> Навыками разработки фундаментальных основ технологических процессов получения неорганических материалов, осуществления исследований получения и изучения их свойств.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 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	
Введение. Взаимодействие излучения с веществом. Возможности методов и области их применения.	16	8	-	-	-	-	8
Спектроскопические методы.	16	8	-	-	-	-	8
Дифракционные методы.	24	12	-	-	-	-	12
Ионизационные методы.	16	8					8
Аттестация по дисциплине - зачет							
Итого	72	36	-	-	-	-	36

Таблица 3**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение. Взаимодействие излучения с веществом. Возможности методов и области их применения.	Общая характеристика методов. Спектр электромагнитного излучения. Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение, испускание, рассеяние. Основные характеристики и способы выражения спектра Электромагнитного излучения. Чувствительность и разрешающая	Лекции	Опрос, защита реферата, контрольная работа

		<p>способность методов.</p> <p>Характеристическое время методов.</p> <p>Возможности методов и области их применения. Зависимость результатов одних методов от наличия данных других методов.</p> <p>Интеграция методов.</p>		
2	Спектроскопические методы	<p>Метод ядерного магнитного резонанса. Физические основы явлений ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле. Спин ядра. Ядерный g-фактор. Ядерный магнетон. Реализация условий ЯМР. Заселённость уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы, ширина сигнала. Правила отбора. Химический сдвиг в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра. Спектр низкого разрешения. Основные параметры линии спектра (ширина, интенсивность, резонансная частота). Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Спин-спиновое взаимодействие ядер и его природа. Мультиплетная структура спектров ЯМР, распределение интенсивности, правило сумм. Константы спин-спинового взаимодействия. Анализ спектров ЯМР первого и не первого порядков. Приложение спектров ЯМР в химии. Протонный магнитный резонанс, ЯМР на углероде-13 и других ядрах. Изучение быстропротекающих процессов (химического обмена ядер, внутреннего вращения). Химическая поляризация ядер. Техника и методика эксперимента ЯМР. Блок-схема спектрометра ЯМР. Метод двойного резонанса. Фурье-спектроскопия и двумерная спектроскопия ЯМР. Зависимость спектров ЯМР от условий съемки (растворителей, однородности поля, скорости развертки и т.д.). Характер образцов. Достоинства и</p>	Лекции	Опрос, защита реферата, контрольная работа

		<p>ограничения метода. Метод электронного парамагнитного резонанса. Физические основы явлений электронного парамагнитного (спинового) резонанса (ЭПР). Условия ЭПР. g-фактор и его значение. Магнетон Бора. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Тонкая структура спектров ЭПР. Крамерсовское расщепление в нулевом внешнем поле для анизотропных систем. –Фактор ионов переходных металлов. Примеры. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним или несколькими ядрами. Константа сверхтонкого взаимодействия. Мультиплетность и распределение интенсивности спектра ЭПР. Основные параметры линии спектра ЭПР (интенсивность, ширина и форма линии, g-фактор). Приложение метода ЭПР в химии. Изучение механизмов химических реакций. Стабилизация и определение свободных радикалов и других парамагнитных центров. Методы спиновых меток и спиновых ловушек. σ и π-Радикалы. Fd V- Центры. Строение радикалов в методе ЭПР. Блок-схема ЭПР- спектрометра, особенности эксперимента, достоинства и недостатки метода. Метод ядерного гамма- резонанса. Эффект Мессбауэра и условия его наблюдения. Ядерная изометрия. Энергия отдачи и доплеровское уширение. Энергия испускаемых и поглощаемых гамма- квантов. Получение мессбауэровских спектров и применение их в химии. Влияние химического окружения на эффект Мессбауэра. Химический (изомерный) сдвиг. Квадрупольные и магнитные взаимодействия. Возможности применения эффекта Мессбауэра в химии и ограничения. Квадрупольное расщепление и</p>		
--	--	--	--	--

		<p>изомерные сдвиги для высоко- и низкоспиновых соединений железа. Микроволновая спектроскопия. Условия получения микроволнового спектра полярных молекул. Системы вращательных уровней энергии. Энергетические переходы. Область частот. Интенсивность линий в спектрах. Эффект Штарка. Определение дипольных моментов молекул из микроволновых спектров. Определение геометрических параметров молекул из микроволновых спектров. Методы наблюдения вращательных спектров. Правила отбора. Методы изотопического замещения. Примеры. Вращательные спектры многоатомных молекул. Линейные молекулы. Молекулы типов симметричного, сферического и асимметричного волчков. Системы вращательных уровней энергии. Вращательные спектры комбинационного рассеяния (КР). Схема эксперимента. Использование лазера. Условия получения и вид спектра. Правила отбора. Определение геометрических параметров неполярных молекул. Ограничение метода. Схемы радиоспектрометров. Возможности методов и ограничения. Колебательная спектроскопия. Колебательные состояния молекул согласно классической теории. Колебания двухатомной молекулы. Функция гармонического осциллятора. Потенциал Морзе. Силовая постоянная молекулы. Частота колебаний. Уравнения движения ядер в двух- и многоатомных молекулах. Нормальные координаты и колебания. Формы и частоты нормальных колебаний. Симметрия нормальных колебаний, координаты симметрии. Квантовомеханический подход к описанию колебательных</p>	
--	--	--	--

		<p>состояний молекул. Колебательная волновая функция. Уровни колебательной энергии двух- и многоатомных молекул. Коэффициент ангармоничности. Фундаментальные, обертоновые, составные и разностные частоты. Резонанс Ферми. Методы наблюдения колебательных спектров. Спектры испускания, поглощения и комбинационного рассеяния. Правила отбора для колебательных и колебательно-вращательных спектров. Вращательная структура в колебательных спектрах ИК поглощения (Р- и R-ветви) и в спектрах КР (О-, Q- и S- ветви). Вид спектров. Интенсивность линий в спектрах. Правила исключения. Анализ нормальных колебаний по экспериментальным данным. Сопоставление ИК и КР спектров и выводы о симметрии молекулы. Использование контуров вращательной структуры ИК полос поглощения газов для интерпретации спектра. Характеристичность нормальных колебаний. Ограничение концепции групповых частот. Нахождение силовых полей молекулы и проблема их неоднозначности. Силовые постоянные двухатомных молекул. Эмпирическое правило Бэджера. Решение обратной колебательной задачи для многоатомных молекул. Корреляции силовых постоянных с другими параметрами и свойствами молекул. Применение методов колебательной спектроскопии для количественного и качественного анализа веществ и другие применения в химии. Органические и неорганические вещества. Полимеры. Проблема окружающей среды. Техника и методики ИК и КР спектроскопии. Выбор оптимальных условий получения ИК спектров. Методы подготовки образцов. Прозрачные материалы.</p>		
--	--	--	--	--

		<p>Аппаратура ИК спектроскопии . Метод НПВО. Аппаратура спектроскопии КР. Лазерные источники возбуждения. Сравнение методов ИК спектроскопии, их достоинства и недостатки. Электронная спектроскопия. Эмиссионная УФ спектроскопия как метод исследования двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Дезактивизация электронной энергии. Спектры флуоресценции и фосфоресценции. Определение молекулярных постоянных. Действие лазера. Абсорбционная спектроскопия в видимой и УФ областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул. Симметрия и номенклатура электронных состояний молекул. Характеристики электронных состояний: энергия, волновые функции, мультиплетность, время жизни. Классификация переходов по Малликену и Каша. Правила отбора и нарушения запрета. Отнесение электронных переходов. Критерии отнесения полос к различным переходам. Спектры сопряженных систем. К-, R-, В- и Е-полосы. Концепция аукохромов и хромофоров. Интенсивность полос различных переходов. Применение электронных спектров в качественном, структурном и количественном анализе. Законы поглощения света. Способы изображения, условия получения и основные характеристики электронного спектра. Использование изобестической точки в количественном анализе. О специфике электронных спектров поглощения различных классов соединений. Техника и методики эмиссионной и абсорбционной спектроскопии в видимой и УФ областях, аппаратура, исследуемые образцы, чувствительность методов.</p>		
3	Дифракционные методы.	Рентгеноструктурный анализ – основной экспериментальный метод	Лекции	Опрос,

		<p>исследования кристаллов. Кристаллы и их основные свойства. Симметрия кристаллов. Кристаллические классы, системы, сингонии, категории. Символы Шенфлиса и Германа- Могена. Симметрия решеток. Элементарная ячейка. Типы решеток. Индексы узла, ряда, плоскости. Обратная решетка. Зависимость межплоскостных расстояний от симметрии и параметров решетки. Примеры. Решетка и структура кристалла. Трансляционные операции симметрии. Элементы симметричности и их комбинации с трансляциями. Пространственные группы симметрии и их символика. “Цветные” группы симметрии. Орбиты. Симметрия позиции. Собственная(локальная) симметрия молекул и координационных полиэдров в кристалле. Примеры. Основы теории рассеяния рентгеновских лучей. Атомная и структурная амплитуда рассеяния. Уравнения Лауэ. Закон Вульфа-Брэгга. Три метода рентгенографии: метод Лауэ, метод вращения, метод порошка. Получение и взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Характеристическое и “белое” излучение. Селективные фильтры. Метод регистрации рентгеновских лучей. Рентгенофазовый анализ. Индицирование рентгенограмм кристаллов. Число формульных единиц и рентгеновская плотность. Параметр Де- Вольфа. Индицирование методом подбора изоструктурного соединения. Проблема начальных фаз. Метод проб и ошибок. Фактор расходимости. Функция Паттерсона и метод тяжелого атома. Статистические прямые методы. Систематические и случайные ошибки. Нейтронография и электронография кристаллов.</p>	защита реферата, контрольная работа
--	--	---	-------------------------------------

4	Ионизационные методы.	<p>Методы масс-спектрометрии. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Комбинированные методы. Ионный ток и сечение ионизации. Зависимость сечения ионизации от энергии ионизирующих электронов. Потенциалы появления ионов. Вертикальные и адиабатические электронные переходы. Диссоциативная ионизация. Типы ионов. Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля. Электростатическая фокусировка. Двойная фокусировка. Разрешающая сила масс-спектрометра. Ионный источник. Система напуска. Молекулярное течение газа. Времяпролетный масс-спектрометр. Квадрупольный масс-спектрометр. Спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометрии в химии. Идентификация вещества. Роль разрешения, потенциалов появления, методов ионизации, нестабильных ионов. Таблицы массовых чисел. Соотношение изотопов. Корреляция между молекулярной структурой и масс-спектрами. Измерение потенциалов появления ионов и определение потенциалов ионизации и энергии разрыва связей. Преимущества фотоионизации. Термодинамические исследования. Определение парциальных давлений компонентов газовых смесей. Условия испарения вещества. Эффузионная ячейка Кнудсена. Связь ионного тока с парциальным давлением пара в ячейке Кнудсена. Определение теплоты сублимации, теплоты реакции и константы равновесия. Проблема расшифровки масс-спектра. Метод перегрева для</p>	Лекции	Опрос, защита реферата, контрольная работа
---	-----------------------	--	--------	--

		<p>чистых веществ. Метод изотермического испарения для двухкомпонентных веществ. Исследование механизмов в реакциях обмена методами изотопной метки и спектроскопии ион-циклотронного резонанса.</p>		
--	--	--	--	--

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 подготовке к лабораторным занятиям, лекциям, при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме опроса.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Возможности методов и области их применения.

2. Анализ спектров ЯМР первого и не первого порядков.
3. Релаксационные процессы в спектрах ЯМР и ЭПР.
4. Физические основы эффекта Мессбауэра.
5. Эффект Штарка для магнитных молекул и молекул типа симметричного и асимметричного волчков.
6. Частоты и формы нормальных колебаний молекул.
7. Концепция хромофоров и ауксохромов.
8. Основные этапы анализа структуры кристалла.
9. Термодинамические исследования в масс-спектрометрии.
10. Общая характеристика методов.
11. Метод ядерного магнитного резонанса.
12. Метод электронного парамагнитного резонанса.
13. Мессбауэровская спектроскопия (метод ядерного гамма-резонанса).
14. Микроволновая спектроскопия.
15. Колебательная спектроскопия.
16. Электронная спектроскопия.
17. Рентгенография.
18. Методы масс-спектрометрии.

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», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;
- последовательное изложение материала;
- умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;
- достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
- умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.

оценка «не зачтено» предполагает:

- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;
- отсутствие логики и последовательности в изложении материала;
- неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
- неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

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. Возможности методов и области их применения (ПК-2).
2. Анализ спектров ЯМР первого и не первого порядков (ПК-2)..
3. Релаксационные процессы в спектрах ЯМР и ЭПР (ПК-2).
4. Физические основы эффекта Мессбауэра (ПК-2).
5. Эффект Штарка для магнитных молекул и молекул типа симметричного и ассиметричного волчков (ПК-2).
6. Частоты и формы нормальных колебаний молекул (ПК-2).
7. Концепция хромофоров и ауксохромов (ПК-2).
8. Основные этапы анализа структуры кристалла (ПК-2).
9. Термодинамические исследования в масс-спектрометрии (ПК-2).
10. Общая характеристика методов (ПК-2).
11. Метод ядерного магнитного резонанса (ПК-2)
12. Метод электронного парамагнитного резонанса (ПК-2)
13. Мессбауэровская спектроскопия (метод ядерного гамма-резонанса) . (ПК-2)
14. Микроволновая спектроскопия (ПК-2).
15. Колебательная спектроскопия (ПК-2).
16. Электронная спектроскопия (ПК-2).
17. Рентгенография (ПК-2).
18. Методы масс-спектрометрии (ПК-2).

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

а) основная литература:

1. Ананьев М.В.; Под ред. Зайков Ю.П. Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии: Учебно-методическое пособие. - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 75 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=945435>

2. Величко А.А., Филимонова Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 227 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546528>

3. Пивоваров С.С. Физические основы теории оптической и рентгеновской спектроскопии: Учебное пособие. - СПб:СПбГУ, 2016. - 64 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=941494>

б) дополнительная литература:

1. Козаков А. Физические основы электронной спектроскопии заряженных поверхностей твердых тел: монография. - Таганрог:Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. - 406 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=555446>

2. А.А. Афанасьев, А.А. Погонин. Физические основы измерений и эталоны : учеб. пособие /— М. : ИНФРА-М, 2018. — 246 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=882396>

3. Френкель Е.Н. Концепции современного естествознания: физические, химические и биологические концепции: Учебное пособие / - Рн/Д:Феникс, 2014. - 246 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=912455>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-4555](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-4555)

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/504273/description

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1600-5724](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1600-5724)

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1096-9888c](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1096-9888c)

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

Декан химического факультета, д.х.н.

_____ Маркин А.В.

Рецензент

Д.х.н., профессор

_____ Князев 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

ПК-2

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: основные приемы химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных приемах химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств	Неполные знания об основных приемах химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств	В целом полные, но содержащие определенные пробелы знания об основных приемах химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств	Полные и системные знания об основных приемах химического эксперимента, методы получения неорганических материалов и исследования их свойств
УМЕТЬ: осуществлять исследования процессов получения неорганических материалов	Отсутствие умений	Частично сформированные умения об осуществлении исследований процессов получения неорганических материалов	В целом успешные, но не систематическое умение об осуществлении исследований процессов получения неорганических материалов	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение об осуществлении исследований процессов получения неорганических материалов	Успешное и систематическое использование навыков осуществления исследований процессов получения неорганических материалов
ВЛАДЕТЬ: Навыками разработки фундаментальных основ технологических процессов получения неорганических материалов, осуществления	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов получения неорганических	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов получения	В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов получения неорганических	Успешное и систематическое применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов получения

исследований получения и изучения их свойств		материалов, осуществления исследований получения и изучения их свойств	неорганических материалов, осуществления исследований получения и изучения их свойств	материалов, осуществления исследований получения и изучения их свойств	неорганических материалов, осуществления исследований получения и изучения их свойств
--	--	--	---	--	---