ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИХТТМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХТТМ СО РАН
д.х.н. _____ А.П. Немудрый
« 25 » июня 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

МЕТОДЫ КРИСТАЛЛОСТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

основной образовательной программы высшего образования –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки:
04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) подготовки:
«Химия твердого тела»

-

Новосибирск 2018

Рабочая программа дисциплины «Методы кристаллоструктурных исследований» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

ФГОС ВО введен в действие приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 N 869.

Программа утверждена на заседании Ученого совета ИХТТМ СО РАН, протокол № 6 от 25 июня 2018 г.

Программу разработала:

доцент ИХТТМ СО РАН, канд. хим. наук Дребущак Т.Н.

Ответственный за образовательную программу

д.х.н., профессор О.И. Ломовский

1. Цели и задачи дисциплины.

Дисциплина «Методы кристаллоструктурных исследований» предназначена для получения аспирантами знаний о дифракционных методах исследований кристаллических структур, овладения навыками обработки данных, полученных с дифрактометров, с использованием современного компьютерного программного обеспечения, овладение навыками работы со структурными базами данных.

В рамках дисциплины аспиранты знакомятся с основными методами кристаллоструктурного анализа, обучаются работе с дифрактометрами, со специализированным компьютерным программным обеспечением по работе со структурами и структурной информацией, обучаются работе со структурными базами данных CSD, ICSD, ICDD PDF и др. Дается общий обзор методов структурного анализа – возможности и ограничения, информация о кристаллических структурах в литературе и базах данных, основные методы исследования структуры монокристаллов, рассматриваются такие сложные аспекты рентгеноструктурного анализа, как двойникование, разупорядочение и определение абсолютной структуры, исследование кристаллических структур в условиях высоких давлений. В курсе рассматривается метод порошковой рентгеновской дифракции, основные области его применения. Теоретические вопросы и методики анализа порошковых дифракционных данных рассматриваются на конкретных примерах и научных задачах с использованием современного программного обеспечения.

Основной целью освоения дисциплины является усвоение аспирантами основ кристаллоструктурного анализа химических соединений, умение пользоваться специализированным программным обеспечением в этой области – понимание аспирантами сложных проблем строения органических и неорганических веществ в твердом состоянии.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Методы кристаллоструктурных исследований» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», реализуемой в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН).

Дисциплина «Методы кристаллоструктурных исследований» является составной частью модуля «Химия твердого тела» ООП.

Дисциплина «Методы кристаллоструктурных исследований» является дисциплиной по выбору для освоения в 1-й – 2-й годы обучения.

Результаты освоения дисциплины «Методы кристаллоструктурных исследований» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Физико-химическая механика и механохимия;
- Реакционная способность твердых тел;
- Физические методы исследования твердых тел;
- Структура и свойства современных материалов.

Уровень начальной подготовки аспиранта: для успешного освоения дисциплины необходимо знать основные положения общей, неорганической, органической, физической химии, физики, высшей математики, владеть навыками использовании компьютерной техники.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Методы кристаллоструктурных исследований».

Таблица 3.1

Код компе-тенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные 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.	**Владеть** навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении задач рентгеноструктурного анализа.
УК-3	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	**Владеть** технологиями планирования дифракционного эксперимента, а также оценки результатов рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа, при работе в российских и международных коллективах, в том числе ведущейся на иностранном языке.
УК-5	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.	**Владеть** приемами и технологиями по решению профессиональных задач в области рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа.
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	**Знать** методы сбора информации и анализа данных для решения задач рентгеноструктурного анализа. **Уметь** самостоятельно выполнять кристаллоструктурные исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современных дифрактометров. **Владеть** навыками работы на современном компьютерном оборудовании для выполнения кристаллоструктурных исследований.
ОПК-2	Готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук.	**Знать** способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей в части, касающейся кристаллоструктурных исследований.
ОПК-3	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.	**Уметь** провести практические занятия в рамках научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в учебных лабораториях, оснащенных современными дифрактометрами.
Профессиональные компетенции		
ПК-1	Владение методологией	**Владеть** навыками работы со структурными

	теоретических и экспериментальных исследований в области химии твердого тела, владение культурой научного исследования в области химии твердого тела, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.	базами данных.
ПК-2	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химии твердого тела с учетом правил соблюдения авторских прав.	**Знать** достоинства и недостатки различных методов, используемых в области рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа.
ПК-3	Способность к самостоятельной (в том числе руководящей) научно-исследовательской деятельности, требующей широкой фундаментальной подготовки в современных направлениях развития химии твердого тела, глубокой специализированной подготовки в выбранном направлении, владения навыками современных методов исследования.	**Знать** основные направления развития, современные проблемы и новейшие достижения в области кристаллоструктурных исследований. **Владеть** навыками современных методов дифракционных исследований.
ПК-4	Владение фундаментальными знаниями в основных разделах химии твердого тела, включая проблемы строения и реакционной способности твердых веществ, методы синтеза различных классов твердофазных соединений, методы исследования свойств твердофазных веществ и материалов; владение техникой экспериментальных исследований; умение использовать информационно-поисковые системы в области химии твердого тела.	**Уметь** использовать информационно-поисковые системы в области кристаллоструктурного анализа. **Владеть** техникой экспериментальных дифракционных исследований.
ПК-5	Наличие опыта профессионального участия в научных дискуссиях, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде докладов, отчетов и	**Уметь** представить результаты дифракционных экспериментов в докладах, отчетах и научных публикациях.

	научных публикаций в рецензируемых российских и международных изданиях.	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 академических часа, из которых 30 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (18 часов – лекции, 10 часов - групповые консультации, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 42 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

4.1. Объем и структура дисциплины:

Таблица 4.1

Показатель объема дисциплины и вид деятельности		Семестр
		2
	Объем дисциплины в зачетных единицах	2
	Объем дисциплины в часах	72
	Всего занятий в контактной форме, час	30
	Лекции, час.	18
	Практические занятия, час.	-
	Лабораторные занятия, час	-
	из них в активной и интерактивной форме, час.	-
	Аттестация, час	2
	Консультации, час.	10
	Самостоятельная работа, час.	42
	Вид аттестации	Зачет

4.2. Содержание дисциплины:

Таблица 4.2

Наименование разделов (тем) дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)					Контроль
	Лекции	**Практические занятия**	**Самост. работа**	**Консультации**	**Аттестация**	
1. Введение в дифракцию рентгеновских лучей. Общий обзор методов и дифрактометров. Основные аспекты получения качественных дифракцион-ных данных от монокристалла.	2		2			Опрос
2. Методы решения кристаллической структуры. Центральная проблема	2		2			Опрос

рентгеноструктурного анализа (проблема начальных фаз). Метод Паттерсона. Прямой метод. Уточнение кристаллической структуры. Параметры, характеризующие качество уточнения. Уточнение по методу наименьших квадратов.						
3. Введение в shelx. Строение .INS и .HKL-файлов. Информация о кристаллической структуре, содержащаяся в International Tables of Crystallography. Определение пространственной группы симметрии соединения, решение и уточнение структуры.	2		2			Опрос
4. Знакомство с программными продуктами Mercury, Platon, CheckCIF. Информация о кристаллических структурах в литературе и базах данных. Расстановка атомов водорода в структуре.			4	2		
5. Абсолютная структура. Аномальное рассеяние. Разупорядочение структуры. Использование ограничений в уточнении.	2		2			Опрос, прием заданий
6. Определение абсолютной структуры. Распознавание разупорядочения в кристаллической структуре и наложение ограничений на геометрические, тепловые параметры и факторы заселенности позиций.	2		2			Опрос
7. Двойникование. Законы двойникования. Способы распознавания двойников. Уточнение двойников в SHELX. Дифракционные исследования при высоких давлениях.	2		2			Опрос
8. Практические приемы расшифровки двойников.			4	2		
9. Метод порошка. Основные области применения метода порошка. Теоретические основы порошковой рентгеновской дифракции. Основные факторы, влияющие на положение дифракционных пиков, систематические погрешности в дифракционном эксперименте. Понятие инструментальной функции.	2		2			Опрос, прием заданий
10. Базы данных ICDD. Технология поиска и принципы идентификации кристаллических фаз. Практическая работа с базами данных ICDD PDF-2.			4	2		
11. Профильный анализ. Учет	2		2			Опрос, прием

асимметрии профиля и немонохроматичности излучения. Критерии качества профильного анализа. Уточнение параметров элементарной ячейки. Метод Ритвельда. Построение теоретических порошковых рентгенограмм. Анализ уширения дифракционных линий. Формула Шерера, её ограничения. Уширение, обусловленное микронапряжениями.						заданий
12. Практическая работа с программами дифрактометров. Индицирование пиков. Уточнение параметров элементарной ячейки. Профильный анализ.			4	2		
13. Количественный фазовый анализ. Основные «стандартные» методы количественного фазового анализа. Метод Ритвельда как бесстандартный количественный рентгенофазовый анализ. Терморентгенография монокристаллов и поликристаллов.	2		2			Опрос
14. Практическая работа с экспериментальными рентгенограммами. Построение теоретических рентгенограмм. Анализ уширения дифракционных линий.			8	2		Прием заданий
Промежуточная аттестация					2	Зачет
Итого	**18**		**42**	**10**	**2**	**72 часа**

Программа курса лекций:

Введение в дифракцию рентгеновских лучей. Генерация рентгеновского излучения, спектр рентгеновской трубки, поглощение рентгеновских лучей. Дифракционные эксперименты и различные типы лабораторных автоматических рентгеновских дифрактометров. Лабораторные детекторы рентгеновского излучения. Основные элементы рентгеновской оптики: коллиматоры, монохроматоры, рентгеновские зеркала. Понятие о геометрии съемки. Общий обзор методов.

Монокристальная дифрактометрия

Основные аспекты получения качественных дифракционных данных от монокристалла. Пробоподготовка. Предварительный дифракционный эксперимент. Определение матрицы ориентации, параметров элементарной ячейки и стратегии основного эксперимента. Интегрирование отражений, поправка на поглощение. Определение пространственной группы.

Методы решения кристаллической структуры. Центральная проблема рентгеноструктурного анализа (проблема начальных фаз). Межатомная функция. Метод Паттерсона. Прямые методы. Решение в прямом пространстве.

Уточнение кристаллической структуры. Параметры, характеризующие качество уточнения. Уточнение по методу наименьших квадратов. Минимизация структурного функционала. Весовая схема, весовые множители, R-факторы, показатель добротности кристаллической модели. Диагностика ошибок, в том числе, с помощью программного обеспечения. Проверка корректности расшифровки структуры. Подготовка к публикации.

Абсолютная структура. Хиральность молекул. Аномальное рассеяние. Выбор оптимального излучения для определения абсолютной структуры. Параметр Флэка – определение и физический смысл. Представление абсолютной структуры в CIF.

Разупорядочение структуры. Беспорядок замещения. Позиционное разупорядочение. Распознавание наличия разупорядочения и ориентации соответствующих молекулярных фрагментов. Ограничения на геометрию молекул, тепловые параметры и заселенность позиций.

Двойникование. Закон двойникования. Мероэдрические, псевдомероэдрические и немероэдрические двойники. Способы распознавания двойников. Уточнение двойников в SHELX.

Порошковая дифрактометрия

Основные области применения метода порошка. Ограничения и преимущества по сравнению с монокристальным методом. Теоретические основы порошковой рентгеновской дифракции. Структурная амплитуда. Поляризационный фактор, влияние монохроматоров. Лоренц-фактор, геометрический фактор. Поглощение рентгеновского излучения в пробе, абсорбционный фактор. Понятие о текстуре образца, текстурный фактор. Коэффициент экстинкции. Фактор повторяемости рефлексов.

Методы порошковой дифрактометрии. Дифрактометры с фокусировкой по Брэггу-Брентано. Точность определения межплоскостных расстояний в методе порошка. Основные факторы, влияющие на положение дифракционных пиков, систематические погрешности в дифракционном эксперименте. Понятие инструментальной функции.

Рентгенофазовый анализ поликристаллических материалов. Базы данных ICDD. Технология поиска и принципы идентификации кристаллических фаз. Структура «карточки» в базе данных PDF-2. «Уровни качества» стандартов.

Профильный анализ. Описание фона в профильном анализе. «Базовые» аппроксимирующие функции (Гаусса, Лоренца). Реалистичные аппроксимирующие функции (pseudo-Voigt, Pearson VII). Учет асимметрии профиля и немонохроматичности излучения. Критерии качества профильного анализа. Уточнение параметров элементарной ячейки. Метод Ритвельда. Построение теоретических порошковых рентгенограмм.

Анализ уширения дифракционных линий. Три вклада в уширение дифракционных пиков. Инструментальное уширение, коррекция. Уширение, обусловленное малым размером областей когерентного рассеяния (ОКР). Формула Шерера, её ограничения. Уширение, обусловленное микронапряжениями. Разделение вкладов, метод Вильямсона-Холла.

Количественный фазовый анализ. Взаимосвязь между объемной долей фазы и интенсивностью рефлекса. Основные «стандартные» методы количественного фазового анализа: метод прямой калибровки, метод добавок, метод внутреннего стандарта. Метод корундовых чисел (внешнего стандарта). Метод Ритвельда как бесстандартный количественный рентгенофазовый анализ.

Дифракционные исследования при высоких давлениях. Терморентгенография монокристаллов и поликристаллов.

5. Самостоятельная работа обучающихся.

Таблица 5.1

Виды работ	***Количество часов***
Работа с конспектами лекций; изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.	42

6. Образовательные технологии.

Занятия проводятся в лекционной форме и в форме самостоятельной работы студентов с использованием информационных технологий. Задания для аспирантов составляются на основе реальных недавно решенных научных задач.

Обратная связь обеспечивается тем, что лектор проводит опрос и проверку выполненных самостоятельно заданий и может оперативно скорректировать лекционный курс в зависимости от полученных результатов в усвоении материала. Самостоятельная работа проходит с использованием компьютеров, аспиранты самостоятельно выполняют обработку экспериментальных данных, полученных в ходе решения научных задач. Аспиранты знакомятся с устройством и принципами работы дифрактометров, расположенных в ИХТТМ СО РАН и на базе кафедры химии твердого тела ФЕН НГУ.

Важной формой обучения является прием заданий, проводимых в форме беседы преподавателя с аспирантом. Здесь аспирант может получить ответы на все интересующие его вопросы по предмету. Проводится контроль выполнения практических заданий и усвоения теоретического материала, обсуждение и критический анализ полученной информации.

7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль проводится в виде приема заданий, всего предусмотрено выполнение трех заданий.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета. Шкала оценивания: «зачет-незачет».

7.2. Контролирующие материалы.

Перечень практических заданий:

Задание 1. Решение и уточнение кристаллической структуры.

Определение пространственной группы симметрии по систематическим погасаниям. Решение и уточнение кристаллической структуры по выбору с подготовкой краткого отчета. Поиск кристаллических структур в базах данных. Анализ внутри- и межмолекулярных контактов, водородных связей.

Задание 2. Определение абсолютной структуры и разупорядочения в кристаллических структурах. Определение законов двойникования.

Определение абсолютной структуры и проверка ее корректности. Распознавание разупорядочения в кристаллической структуре и наложение ограничений на геометрические, тепловые параметры и факторы заселенности позиций. Уточнение структур кристаллов, склонных к двойникованию.

Задание 3. Рентгенофазовый анализ образцов. Изучение размеров когерентного рассеяния и степени несовершенства кристаллической решётки.

Описание профиля экспериментальной дифрактограммы. Индицирование пиков. Уточнение параметров решётки и составов. Анализ размеров ОКР и микронапряжений. Построение теоретических порошковых рентгенограмм. Уточнение профильных параметров в эксперименте.

Примеры вопросов для подготовки к зачету:

1. Основные принципы рентгеновских дифракционных методов. Общий обзор методов структурного анализа – возможности и ограничения.
2. В чем заключается центральная проблема рентгеноструктурного анализа?
3. В чем заключается прямой метод поиска начальных фаз дифракционных отражений?
4. Что такое функция Паттерсона и какова ее роль в анализе кристаллических структур?
5. Предложить возможные законы двойникования для орторомбического кристалла с практически идентичными параметрами *a* и *b*.
6. Информация о кристаллических структурах в литературе и базах данных. Основные форматы представления структурных данных. Уметь пояснить значение величин и обозначений, входящих в следующие типы файлов, представляющих кристаллические структуры: *.cif; *.ins, *.res.
7. Основные методы исследования структуры монокристаллов: подготовка и ход стандартного исследования. Последовательность этапов сбора данных при монокристальном рентгеноструктурном исследовании.
8. Основные этапы расшифровки и уточнения кристаллической структуры при помощи монокристальной рентгеновской дифракции. Понятие о программном обеспечении shelxs и shelxl. Строение .INS и .HKL-файлов.
9. Основные методы исследования структуры монокристаллов. Критерии, характеризующие качество расшифровки и уточнения структуры. Проверка корректности кристаллической структуры.
10. Понятие хиральности. Определение абсолютной структуры и абсолютной конфигурации. Методы определения наличия центра инверсии. Аномальное рассеяние. Параметр Флэка.
11. Виды двойникования. Мероэдрические, немероэдрические и др. двойники. Признаки, по которым можно распознать двойникование. Уточнение двойников в shelx.
12. Исследование кристаллических структур при переменных температурах. Рентгеновский дифракционный эксперимент в условиях высоких давлений.
13. Основные области применения метода порошка и решаемые задачи. Экспериментальные методы получения порошковых рентгенограмм.
14. Формирование дифракционной картины в методе порошка. Дифрактометры с фокусировкой по Брэггу-Брентано.
15. Планирование эксперимента: выбор излучения, детектора, параметров съемки для порошковой рентгенографии. Точность определения межплоскостных расстояний и систематические погрешности в методе порошка. Понятие инструментальной функции.
16. Рентгенофазовый анализ поликристаллических материалов. Базы данных. Технология поиска и принципы идентификации кристаллических фаз.
17. Профильный анализ: аппроксимирующие функции, описание фона, критерии качества в профильном анализе.
18. Определение и уточнение параметров решетки по порошковым дифракционным данным.
19. Методики количественного фазового анализа.
20. Методы определения размеров областей когерентного рассеяния, величины микродеформаций. Формула Шеррера. Метод Вильямсона-Холла.

7.3. Критерии оценивания.

Таблица 7.3

Оценка	Критерии оценки
«Зачет»	Аспирант строит ответ логично. Ответ может содержать ряд несущественных неточностей, но основные понятия раскрываются правильно. Аспирант в целом уверенно отвечает на дополнительные вопросы, хотя может наблюдаться некоторая неуверенность или

	неточность при ответе на дополнительные вопросы. Аспирант при ответе грамотно использует научную лексику.
«Незачет»	Аспирант не может раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

8.1. Основная литература:

1. Третьяков Ю.Д. *Введение в химию твердофазных материалов.* М.: Изд-во МГУ, 2006. (ЭБ ИХТТМ СО РАН).
2. Порай-Кошиц М.А. *Основы структурного анализа химических соединений*. М.: Высш. школа, 1989. (ЭБ ИХТТМ СО РАН).
3. Громилов С.А. *Введение в рентгенографию поликристаллов.* Учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: НГУ, 2009. – 54 с. https://drive.google.com/file/d/0B5dkCbUDq-ARQlVjcVV3TzFjTm8/view

8.2. Дополнительная литература:

1. Третьяков Ю.Д. *Твердофазные реакции.* М.: Химия, 1978. (ЭБ ИХТТМ СО РАН).
2. Цыбуля С.В., Черепанова С.В. *Введение в структурный анализ нанокристаллов*, Новосибирск: НГУ, 2008. – 92 с. https://drive.google.com/file/d/0B5dkCbUDq-ARbURaT0FZWm9qWGM/view
3. Плясова Л.М. *Введение в рентгенографию катализаторов,* Новосибирск, ИК СО РАН, 2010. (http://catalysis.ru/block/?ID=5&ELEMENT_ID=1536#1536) (ЭБ ИХТТМ СО РАН).
4. Туманов Н.А., Болдырева Е.В. *Рентгенодифракционные исследования при высоких давлениях in-situ*. Новосибирск, НГУ, 2009.
5. Дребущак Т.Н. *Введение в хемометрику*, Новосибирск, НГУ, 2013. (ЭБ ИХТТМ СО РАН).

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

1. MS Windows 7.
2. Офисный пакет LibreOffice.
3. Антивирусная программа Dr.Web.
4. Программа просмотра файлов PDF Acrobat Reader.
5. Интернет–браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека elibrary.ru (http://elibrary.ru);
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Web of Science http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N1ueGpOv8ndHm2xXVE2&preferencesSaved=
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Scopus https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic
- Полнотекстовая база данных ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier для ученых, преподавателей, студентов (https://www.sciencedirect.com);

- Google Scholar – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах (https://scholar.google.ru);
- DOAJ – Directory of Open Access Journal – каталог журналов открытого доступа (www.doaj.org) - сайт, на котором расположены ссылки на открытые полнотекстовые научные журналы по всем темам и на всех языках;
- Электронные ресурсы удаленного доступа ГПНТБ России http://www.gpntb.ru/elektronnye-resursy-udalennogo-dostupa.html
- Электронные каталоги и базы данных ГПНТБ СО РАН http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=CAT&P21DBN=CAT
- Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/index-new1.html.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

10. Язык преподавания.

Дисциплина преподается на русском языке.