Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

Согласовано

Декан ФЕН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Резников В.А..

*подпись*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СИ для материаловедов**

направление подготовки: 04.04.01 Химия

направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н. Толочко Б.П. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зав. каф. физической химии

академик РАН, д.х.н., проф. Пармон В.Н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Новосибирск, 2020

**Содержание**

[1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 3](#_Toc21097778)

[2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 3](#_Toc21097779)

[3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося 4](#_Toc21097780)

[4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 4](#_Toc21097781)

[5. Перечень учебной литературы 6](#_Toc21097782)

[6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся 6](#_Toc21097783)

[7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины 7](#_Toc21097784)

[8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине 7](#_Toc21097785)

[9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 7](#_Toc21097786)

[10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине 8](#_Toc21097787)

Приложение 1 Аннотация по дисциплине

Приложение 2 Оценочные средства по дисциплине

# Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Результаты освоения образовательной программы  (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
| --- | --- | --- |
| **М-ПК-5.** Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов c заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает основные методы использования синхротронного излучения в области материаловедения |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания основных методов использования синхротронного излучения при анализе закономерностей «структура – свойство» |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений | - знает конкретные примеры исследования ряда процессов и синтезов с помощью синхротронного излучения |

# 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *СИ для материаловедов*: физика, физическая химия, неорганическая химия, химия твердого тела.

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины *СИ для материаловедов*: производственная практика, научно-исследовательская работа, итоговая государственная аттестация.

# 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 2 семестр – дифференцированный зачет

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Вид деятельности | Семестр |
| 2 |
| 1 | Лекции, ч | 22 |
| 2 | Практические занятия, ч | 22 |
| 3 | Лабораторные занятия, ч |  |
| 4 | Занятия в контактной форме, ч  из них | 46 |
| 5 | из них аудиторных занятий, ч | 44 |
| 6 | групповая работа с преподавателем, ч | - |
| 7 | консультаций, час. | - |
| 8 | промежуточная аттестация, ч | 2 |
| 9 | Самостоятельная работа, час. | 26 |
| 10 | Всего, ч | 72 |

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИХТТМ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции;

- практические занятия.

# 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

***2 семестр***

Лекции (22 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование темы и их содержание | Объем,  час |
| 1. Генерация синхротронного излучения. Источники синхротронного излучения 3-го поколения. Рентгеновский лазер на свободных электронах. | 1 |
| 1. Исследование синтеза наночастиц в экстремальных условиях высоких температур (4000 С) и давлений (1000000 атм). | 1 |
| 1. Определение внутренних напряжений в материалах. Исследование релаксационных процессов в материалах с внутренними напряжениями. | 1 |
| 1. Исследование кинетики твердофазных химических реакций при высоких температурах методом аномального рассеяния. | 1 |
| 1. Определение кристаллографической позиции допированных атомов методом аномального рассеяния и EXAFS спектроскопии. | 1 |
| 1. Исследование быстрых химических реакций методом fast - EXAFS спектроскопии и SAXS. | 1 |
| 1. Исследование поверхностных химических реакций методами EXAFS спектроскопии, G-WAXS, G-SAXS. | 1 |
| 1. Экспериментальное моделирование поведения структуры материала первой стенки термоядерного реактора ITER во время сброса ELM-ов с параметрами: длительность – 100 мкс, энергия 100 Дж. | 1 |
| 1. Исследование гидрирования металлов с использованием жесткого рентгеновского излучения. | 1 |
| 1. Исследование in situ кинетики синтеза новых материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза c использованием дифрактометрии высокого разрешения. | 1 |
| 1. Исследование процесса плавления – закалки металлических сплавов. | 1 |
| 1. Исследование кинетики образования и распада газовых клатратов. | 1 |
| 1. Исследование кинетики фазовых переходов при высоких температурах. | 1 |
| 1. Исследование in situ кинетики деградации катализаторов во время каталитического процесса. | 1 |
| 1. Литографические процессы с использованием синхротронного излучения. Получение элементов прецизионной механики и оптики методом LIGA. | 1 |
| 1. Исследование in situ cинтеза коллоидных кристаллов. | 1 |
| 1. Ударноволновой синтез новых материалов. | 1 |
| 1. Откольные явления при ударных нагрузках. Моделирование механохимических реакций. Исследование механохимических процессов. | 1 |
| 1. Исследование радиационно-термического синтеза ферритов. Рентгеновская спектроскопия EXAFS, XANES. Методы малоуглового рентгеновского рассеяния SAXS, USAXS, GSAXS. Рентгеновская микротомография. Рентгеновская топография, | 1 |
| 1. Мягкая рентгеновская спектроскопия. Спектроскопия терагерцового излучения. Мессбауровская спектроскопия. Флюоресцентный анализ. Рентгеновская рамановская спектроскопия | 1 |
| 1. Фазоконтрастная микроскопия | 1 |
| 1. Исследование быстропротекающих процессов | 1 |

Практические занятия (22 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание практического занятия | Объем, час |
| Семинар по теме 1 | 1 |
| Семинар по теме 2 | 1 |
| Семинар по теме 3 | 1 |
| Семинар по теме 4 | 1 |
| Семинар по теме 5. | 1 |
| Семинар по теме 6. | 1 |
| Семинар по теме 7. | 1 |
| Семинар по теме 8. | 1 |
| Семинар по теме 9. | 1 |
| Семинар по теме 10. | 1 |
| Семинар по теме 11. | 1 |
| Семинар по теме 12. | 1 |
| Семинар по теме 13. | 1 |
| Семинар по теме 14. | 1 |
| Семинар по теме 15. | 1 |
| Семинар по теме 16. | 1 |
| Семинар по теме 17. | 1 |
| Семинар по теме 18. | 1 |
| Семинар по теме 19. | 1 |
| Семинар по теме 20. | 1 |
| Семинар по теме 21. | 1 |
| Семинар по теме 22. | 1 |

Самостоятельная работа студентов (26 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
| Закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала | 6 |
| Уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях | 4 |
| Выполнение домашнего задания | 4 |
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 2 |
| Подготовка к дифференцированному зачету | 10 |

# 5. Перечень учебной литературы

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. /под редакцией Л.А.Асланова. – М: ФИЗМАТЛИТ. 2007. – 672 с. – ISBN 978-5-9221-0805-8 | 5 экз |
| 1. Тернов И. М., Михайлин В. В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986. | 5 экз |
| 1. Тернов И. М., Михайлин В. В., Халилов В. Р. Синхротронное излучение и его применения. Изд. 2-е. М.: Изд-во МГУ, 1985. | 5 экз |
| 1. Михайлин В.В. Синхротронное излучение в спектроскопии.. Учебное пособие. – М: МГУ. 2007. – 672 с. | 5 экз |
| 1. Кочубей Д. И. EXAFS-спектроскопия катализаторов / Д. И. Кочубей; Отв. ред. Г. М. Жидомиров; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т катализа. - Новосибирск : Наука : Сиб. изд. фирма, 1992. - 144 с. : ил.; 20; ISBN 5-02-029286-9. | 5 экз |

# 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

1. Панченко В.Е., Ушаков В.А. Прецизионный двухкристальный рентгеновский спектрометр для получения кривых качания. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 80—201, 1980, с. – 8.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1980\_201.pdf/.
2. Г.Н. Кулипанов, В.Е. Панченко. Кристалл с переменным межплоскостным расстоянием (КПМР). I. Дифракционные свойства. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 80—195, 1980, с. – 12.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1980\_195.pdf/.
3. Коляденко С.Н., Панченко В.Е. Рентгенотопографические съемки полупроводниковых кристаллов на синхротронном излучении накопителя ВЭПП-3. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 80—202, 1980, с. – 7.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1980\_202.pdf/.
4. Кусиков В.А., Панченко В.Е., Шумский М.Г. Применение синхротронного излучения для изучения структурных особенностей монокристаллов гадолиний-галиевого граната.
5. Зинин Э.И. Стробоскопический метод электронно-оптической хронографии с пикосекундным разрешением на основе диссектора с электростатической фокусировкой и отклонением. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 81—084, 1981, с. – 12.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1981\_084.pdf/.
6. Кулипанов Г.Н., Литвинов Ю.М., Мазуренко С.Н., Михайлов М.А., Панченко В.Е. Генерация поверхностных состояний на границе раздела Si-SiO2 под воздействием синхротронного излучения. Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 89—020, 1989, с. – 5.. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1989—020.pdf/.
7. Куб И.И., Панченко В.Е., Полцарова М.М. [Станция "Топография и дифрактометрия" на пучке синхротронного излучения накопителя ВЭПП-4; первые топографические сьемки гранатов](http://inp.nsk.su/images/preprint/1985_108.pdf). Препринт ИЯФ СО АН СССР, № 85—108, 1985, с. – 11. Интернет ресурс: /inp.nsk.su/images/preprint/1985—108.pdf/.

# 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

***7.1 Ресурсы сети Интернет***

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

- образовательные интернет-порталы;

- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

***7.2 Современные профессиональные базы данных:***

- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)

- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (Chemical Abstracts Service)

- Библиометрическая база данных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)

# 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

***8.1 Перечень программного обеспечения***

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

***8.2 Информационные справочные системы***

Не используются.

# 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

# 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине *СИ для материаловедов* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине***

***Текущий контроль успеваемости:***

В течение семестра преподаватель контролирует посещаемость, оценивает уровень подготовки студента к каждому лекционному занятию в коллективном обсуждении тем, рассматриваемых в рамках курса, проверяет выполнение домашнего задания.

***Промежуточная аттестация:***

Итоговую оценку за семестр студент получает, сдавая дифференцированный зачет в устной форме.

***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине СИ для материаловедов***

Таблица 10.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Код компетенции** | **Индикатор** | **Результат обучения по дисциплине** | **Оценочное средство** |
| **М-ПК-5** | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает основные методы использования синхротронного излучения в области материаловедения | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания основных методов использования синхротронного излучения при анализе закономерностей «структура – свойство» | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений. | - знает конкретные примеры исследования ряда процессов и синтезов с помощью синхротронного излучения | дифференциро-ванный зачет |

Таблица 10.2

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерии оценивания результатов обучения** | **Шкала**  **оценивания** |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с непринципиальными неточностями,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов,  – точность и корректность применения терминов и понятий,  – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. | *Отлично* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явлений,  – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. | *Хорошо* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – осмысленность и структурированность в изложении материала, наличие ошибок в логике, аргументации и объяснении отдельных процессов и явлений,  – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. | *Удовлетворительно* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов не на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,  –  грубые ошибки в применении терминов и понятий,  – отсутствие ответов на дополнительные вопросы. | *Неудовлетворительно* |

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

***Вопросы***

Основные принципы метода EXAFS спектроскопии.

Генерация синхротронного излучения.

Источники синхротронного излучения 3-го поколения.

Рентгеновский лазер на свободных электронах.

Исследование синтеза наночастиц в экстремальных условиях высоких температур (4000 С) и давлений (1000000 атм).

Определение внутренних напряжений в материалах.

Исследование релаксационных процессов в материалах с внутренними напряжениями.

Исследование кинетики твердофазных химических реакций при высоких температурах методом аномального рассеяния.

Определение кристаллографической позиции допированных атомов методом аномального рассеяния

Определение кристаллографической позиции допированных атомов методом EXAFS спектроскопии.

Исследование быстрых химических реакций методом fast - EXAFS спектроскопии.

Исследование быстрых химических реакций методом fast - SAXS.

Исследование поверхностных химических реакций методами EXAFS спектроскопии, G-WAXS, G-SAXS.

Исследование гидрирования металлов с использованием жесткого рентгеновского излучения.

Исследование in situ кинетики синтеза новых материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза c использованием дифрактометрии высокого разрешения.

Исследование процесса плавления – закалки металлических сплавов.

Исследование кинетики фазовых переходов при высоких температурах.

Исследование in situ кинетики деградации катализаторов во время каталитического процесса.

Литографические процессы с использованием синхротронного излучения.

Исследование in situ cинтеза коллоидных кристаллов.

Ударноволновой синтез новых материалов.

Откольные явления при ударных нагрузках.

Моделирование механохимических реакций. Исследование механохимических процессов.

Исследование радиационно-термического синтеза ферритов.

Рентгеновская спектроскопия EXAFS, XANES.

Методы малоуглового рентгеновского рассеяния SAXS, USAXS, GSAXS.

Рентгеновская микротомография.

Рентгеновская топография,

Мягкая рентгеновская спектроскопия.

Спектроскопия терагерцового излучения.

Мессбауровская спектроскопия.

Исследование быстропротекающих процессов

***Контрольные задания (примеры)***

Из кривой FT(r) для Fe2O3, полученной методом EXAFS спектроскопии (в билете приводится изображение FT(r)) определить расстояние до первой координационной сферы атома железа.

Из серии дифрактограмм (в билете приводится изображение серии экспериментально полученных дифрактограмм), полученных методом скоростной дифрактометрии определить время жизни промежуточной фазы, образующейся во время реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза СВС: Ni+Al 🡪 inter 🡪 NiAl.

Из серии дифрактограмм (в билете приводится изображение серии экспериментально полученных дифрактограмм), определить макронапряжение в материале.

Из серии дифрактограмм МУРР (в билете приводится изображение серии экспериментально полученных кривых МУРР – малоугловое рентгеновское рассеяние) построить график зависимости размера зародышей наноалмазов, образующихся во время детонационного синтеза системы тротил-гексоген.

Из серии дифрактограмм (в билете приводится изображение серии экспериментально полученных дифрактограмм при реализации метода аномального рассеяния), определить в каких кристаллографических плоскостях кристалла MoO3 присутствует допированный атом никеля.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

***Примеры дополнительных вопросов***

Какое временное разрешение достигнуто в методе скоростной рентгеновской дифрактометрии на пучках синхротронного излучения (или излучения лазера на свободных электронах) ?

Какую поправку необходимо учитывать при определении расстояния до первой координационной сферы в методе EXAFS спектроскопии ?

Что такое критическая энергия в спектре синхротронного излучения ?

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**«СИ для материаловедов»**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и №  протокола Ученого совета ФЕН | Подпись  ответственного |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |