

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*

5 октября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)**

Специальность: 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
направленность (профиль): Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

к.х.н. Ларичев Ю.В.

Зав. кафедрой:

академик РАН, д.х.н., проф. Болдырев В.В.

Руководитель программы:

д.х.н., доц. В.А. Емельянов

Новосибирск, 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	3
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
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
5. Перечень учебной литературы .....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	8

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

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>С-ОПК-5.</b> Способен использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности	<b>С-ОПК-5.2.</b> Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности	- способен предложить приемлемые методы рассеяния для решения поставленной научной задачи
	<b>С-ОПК-5.3.</b> Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием	- способен подобрать и, при необходимости, адаптировать существующие программные продукты для решения поставленной научной задачи
<b>С-ПК-6</b> Способен использовать современные инструментальные методы для установления физических и физико-химических свойств известных и новых соединений и материалов	<b>С-ПК-6.1.</b> Исследует физические и физико-химические свойства (оптические, магнитные, электрические, каталитические, термические и т.п.) известных и новых соединений и материалов с применением современного научного оборудования	- способен предложить пригодный для решения поставленной научной задачи тип дифрактометра, подобрать условия проведения эксперимента и программное обеспечение для обработки полученных данных

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)*.

Освоение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных у обучающихся по результатам изучения дисциплин:

- Физическая химия
- Неорганическая химия
- Аналитическая химия
- Химия твердого тела

Дисциплины и практики, для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)*:

- Физика и химия поверхности

- Ознакомительная практика
- Производственная практика, научно-исследовательская работа
- Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

**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: 9 семестр – экзамен

№	Вид деятельности	
1	Лекции, ч	16
2	Практические занятия, ч	16
3	Занятия в контактной форме, ч из них	36
4	из них аудиторных занятий, ч	32
5	консультаций, час.	2
6	промежуточная аттестация, ч	2
7	Самостоятельная работа, час.	36
8	Всего, ч	72

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИК 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**

*9 семестр*

Лекции (16 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Раздел 1 Малоугловое рентгеновское рассеяние	
Раздел 1.1 Физические основы методов рассеяния для характеристики наноматериалов	2
Раздел 1.2 Малоугловое рассеяние. Оборудование, источники рентгеновского излучения, системы коллимации пучка, заглушки, детекторы. Лабораторные дифрактометры и станции на СИ. Прямые методы определения размеров частиц и их формы в наноматериалах.	2
Раздел 1.3 Малоугловое рассеяние. Монодисперсные системы. Особенности восстановления и уточнения формы для биологических структур. Использование	2

программного обеспечения для решения обратных задач малоуглового рассеяния.	
Раздел 1.4 Малоугловое рассеяние. Полидисперсные системы. Использование программного обеспечения для расчетов распределений частиц по размерам. Особенности использования малоуглового рентгеновского рассеяния для полидисперсных твердых и жидких образцов. Применение методик контрастирования. Примеры приложений для разных классов задач.	2
Раздел 2 Малоугловое нейтронное рассеяние	
Раздел 2.1. Методы получения нейтронных пучков, их коллимация и детектирование. Основные сходства и различия между малоугловым рентгеновским рассеянием и малоугловым нейтронным рассеянием. Выбор предпочтительных объектов для использования малоуглового нейтронного рассеяния	2
Раздел 2.2. Использование контрастирования для различных структурных задач и получения селективной информации в многофазных полидисперсных объектах. Примеры использования малоуглового рассеяния нейтронов для характеристики биологических объектов, коллоидов и наноматериалов.	2
Раздел 3 Методы, основанные на рассеянии света	
Раздел 3.1 Дифракционные ограничения в оптической микроскопии и способы их обхода. Ультрамикроскопия и анализ траекторий наночастиц. Сравнение с данными других методов.	2
Раздел 3.2 Статическое и динамическое рассеяние света. Основные принципы обработки данных. Сравнение с данными других методов. Преимущества и недостатки методов, основанных на рассеянии света. Выбор оптимальных объектов. Примеры приложений.	2

#### Практические занятия (16 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Практическое занятие по работе с данными малоуглового рентгеновского рассеяния. Техника безопасности при работе с дифрактометром, порядок подготовки образца и проведения эксперимента. Обработка данных, вычитание фона, коррекция на поглощения. Определение монодисперсности и полидисперсности. Определение форм-фактора частиц и радиуса инерции.	4
Практическое занятие по работе с данными малоуглового рентгеновского рассеяния. Монодисперсные системы на примере растворов белков. Графики Кратки и Порода. Расчеты корреляционной функции. Восстановление трехмерной формы объекта	2
Практическое занятие по работе с данными малоуглового рентгеновского рассеяния. Полидисперсные системы на основе золь металлов, пористых твердых тел и нанесенных катализаторов. Разные подходы к расчетам распределений по размерам. Объем Порода и удельная поверхность. Основы работы с упорядоченными системами.	4
Практическое занятие по работе с данными малоуглового нейтронного рассеяния. Сравнение данных малоуглового рентгеновского рассеяния и нейтронного рассеяния. Примеры использования контраста для неорганических и биологических объектов.	2
Практическое занятие по работе с данными на основе динамического рассеяния света. Расчеты распределений по размерам. Сравнение с данными других	2

методов	
Семинар по тенденциям развития методов малоуглового рассеяния, поиск и обсуждение перспективных задач, работа с актуальной научной периодикой	2

Самостоятельная работа студентов (36 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная работа во время занятий из них:	22
закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала	4
уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях	4
выполнение домашнего задания	4
изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	4
работа с актуальной научной периодикой	6
Самостоятельная работа во время промежуточной аттестации из них:	14
подготовка к экзамену	14

**5. Перечень учебной литературы**

1. Свргун Д.И., Фейгин Л.А., Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние, М., Наука, 1986.
2. Бекренев А. И., Терминасов Ю.С., Рассеяние рентгеновских лучей под малыми углами. Основы теории и эксперимента, Куйбышев, изд Авиац. Института, 1979.
3. Тузиков Ф.В. Малоугловая рентгеновская дифрактометрия. Новосибирск. 2009. Институт катализа СО РАН. 31с.
4. А.Гинье, Рентгенография кристаллов ФМ, Москва, 1961

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

5. В.И. Иверонова, Г.П.Ревкевич, Теория рассеяния рентгеновских лучей, Москва, 1978, 278.
6. Small-angle X-ray scattering, ed. by O. Glatter, O. Kratky, L., 1982
7. Останевич Ю. М., Сердюк И. Н., Нейтронографические исследования структуры биологических макромолекул, "УФН", 1982, т. 137, с. 85
8. Черемской П. Г., Методы исследования пористости твердых тел, М., 1985
9. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем, под ред. Ю.С. Липатова, т. 1-2, 1986.
10. Guinier A., Fournet G., Small-angle scattering of X-ray, J. Wiley, New York., 1955.
11. Сердюк И.Н., Заккаи Д., Заккаи Н., Методы в молекулярной биофизике. Структура. Функция. Динамика. Учебное пособие. Том 1 и 2, Книжный дом "Университет", 2010.
12. Philip Wilmott. An Introduction to Synchrotron Radiation. Techniques and Applications. Wiley. 2019.
13. Synchrotron Radiation in Materials Science. Light Sources, Techniques, and Applications. Edited by Chunhai Fan and Zhentang Zhao. Wiley-VCH, 2018.

## **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.
- «Российская национальная платформа открытого образования» (<http://openedu.ru/>), Coursera ([www.coursera.org](http://www.coursera.org)), edX ([www.edx.org](http://www.edx.org)).

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

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

- Реферативно-поисковая база данных Reaxys (Elsevier)
- 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.)
- База данных полнотекстовых научных журналов JSTOR.
- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ)
- Электронные ресурсы российской научной библиотеки eLibrary.ru
- Электронные ресурсы издательства American Chemical Society (ACS)
- Электронные ресурсы издательства Annual Reviews
- Электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier
- Электронные ресурсы издательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
- Электронные ресурсы издательства Wiley
- База малоугловых данных по белковым структурам SASBDB (<https://www.sasbdb.org/>)

## **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.

В рамках курса предполагается использование свободно распространяемого программного пакета обработки малоугловых данных ATSAS (<https://www.embl-hamburg.de/biosaxs/software.html>).

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются

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

Для реализации дисциплины *Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)* используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

4. Малоугловой дифрактометр NECUS S3 Micro (НГУ, АТИЦ)

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

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 *Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

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

Для успешного прохождения курса «*Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)*» студенты должны продемонстрировать знание физических основ методов рентгеновского, нейтронного и светового рассеяния, умение планировать эксперимент, а также умение интерпретировать получаемые экспериментальные результаты и использовать для этого специальное программное обеспечение. Для проведения текущего контроля используются домашние задания, выполнение заданий практических занятий. Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине *Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)***

Таблица 10.1

<b>Код компетенции</b>	<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочное средство</b>
<b>С-ОПК-5.</b> Способен использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом	<b>С-ОПК-5.2.</b> Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности	- способен предложить приемлемые методы рассеяния для решения поставленной научной задачи	Экзамен



Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
основных требований информационной безопасности	<b>С-ОПК-5.3.</b> Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием	- способен подобрать и, при необходимости, адаптировать существующие программные продукты для решения поставленной научной задачи	Экзамен
<b>С-ПК-6</b> Способен использовать современные инструментальные методы для установления физических и физико-химических свойств известных и новых соединений и материалов	<b>С-ПК-6.1.</b> Исследует физические и физико-химические свойства (оптические, магнитные, электрические, каталитические, термические и т. п.) известных и новых соединений и материалов с применением современного научного оборудования	- способен предложить пригодный для решения поставленной научной задачи тип дифрактометра, подобрать условия проведения эксперимента и программное обеспечение для обработки полученных данных	Экзамен

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие полных ответов на все вопросы (возможны незначительные неточности в ответе)</li> <li>– осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>- полные ответы на дополнительные вопросы по теме вопросов из билета и в смежных темах.</li> </ul>	<i>отлично</i>
<p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие полных ответов на все вопросы из билета с не большими ошибками,</li> <li>– осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов, наличие затруднений в объяснении отдельных моментов,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок</li> <li>— неполные или с незначительными неточностями ответы на дополнительные вопросы по теме вопросов из билета и в смежных темах.</li> </ul>	<i>Хорошо</i>

<p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие ответов на все вопросы из билетов, часть из которых неполные и/или со значительными ошибками,</li> <li>– осмысленность и структурированность в изложении материала, наличие ошибок в логике, аргументации и объяснении отдельных процессов и явлений,</li> <li>– корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок.</li> </ul>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие ошибочных ответов на все вопросы из билета,</li> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий.</li> </ul>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

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

*Примеры вопросов для домашнего задания:*

1. На чем основан метод малоуглового рассеяния?
2. Возможно ли анализировать частицы с размерами менее 100 нм с помощью методов, основанных на рассеянии света. Ответ требуется обосновать.
3. Почему метод малоуглового рассеяния нейтронов имеет ограничение со стороны больших размеров частиц?

*Пример билета для экзамена:*

БИЛЕТ № 1.

1. Использование тяжелой воды в малоугловом нейтронном рассеянии.
2. Основные подходы к расчету распределений частиц к размерам из данных малоуглового рассеяния.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

*«Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения и нейтронов (МУРРН)»*

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