

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет**  
**Кафедра физических методов исследования твёрдого тела**



**Рабочая программа дисциплины**

**СПЕЦПРАКТИКУМ 4**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

| Семестр  | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах)                 |                      |                      |  | Промежуточная аттестация (в часах)                    |  |       |                          |         |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
|  |             | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем |       |                          |         |
|  |             | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия |  |   | Консультации                                   | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1  | 2           | 3  | 4                    | 5                    | 6  | 7   | 8  | 9     | 10                       | 11      |
| 8  | 36          |  |                      | 16                   | 18   |   |  | 2     |                          |         |
| Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них:<br>- контактная работа 18 часов |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |         |
| Компетенции ПК-2   |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |         |

Ответственный за образовательную программу,  
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....   | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....   | 4 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. .... | 4 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....   | 4 |
| 5. Перечень учебной литературы. ....  | 6 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....  | 7 |
| 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, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Спецпрактикум 4» предназначена для практического освоения студентами-физиками основ научного эксперимента и знакомство с современным научным оборудованием для просвечивающей и двухлучевой электронных микроскопий, и термогравиметрического анализа

Цели дисциплины – дать студентам представления об экспериментальных возможностях и назначении обучения студентов основным методикам работ на современных приборах (просвечивающий (ПЭМ) и двухлучевой (ФИП) электронные микроскопы, термогравиметрический анализ (ТГ)), применение полученных на лекционных занятиях на практике. Изучение программного обеспечения и возможностей цифровых обработок полученных результатов.

Знания и навыки, получаемые при выполнении лабораторных работ в рамках данного спецпрактикума, необходимы для дальнейшей подготовки квалификационной работы бакалавра.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)  | Индикаторы  | Результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|---|
| <p><b>ПК-2</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p> | <p><b>ПК -2.2.</b> Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК -2.3.</b> Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p><b>Знать</b> возможности и основные блоки устройства современных ПЭМ, ФИП и ТГ; основные этапы и методики проведения научного эксперимента этими методами, принципы обработки данных и работы с современными базами данных.</p> <p><b>Уметь</b> проводить пробоподготовку, навеску исследуемых образцов, получать статистически значимые картины электронной микроскопии и кривые термогравиметрии; пользоваться программным обеспечением для обработки полученных на приборах картин электронной микроскопии и кривых термогравиметрии, составить и защитить научный отчёт.</p> <p><b>Владеть</b> навыками применения методик вышеописанных методов исследования в научно-исследовательской деятельности.</p> |

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал практических работ увязывается с современными исследованиями в данной области.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Спецпрактикум 4» реализуется в течение 8-го семестра для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика». Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по электродинамике, кристаллографии, а также по математике (дифференциальное и интегральное исчисления, численные методы, теория вероятностей и математическая статистика). Он должен предшествовать прохождению производственной практики (НИР) и выполнению квалификационной работы бакалавра, т.к. дает необходимые знания и навыки для проведения научных исследований.

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

| Семестр  | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах)                 |                      |                      |  | Промежуточная аттестация (в часах)                    |   |       |                          |         |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|---|-------|--------------------------|---------|
|  |             | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающегося с преподавателем |       |                          |         |
|  |             | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия |  |   | Консультации                                    | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1  | 2           | 3  | 4                    | 5                    | 6  | 7   | 8   | 9     | 10                       | 11      |
| 8  | 36          |  |                      | 16                   | 18   |   |   | 2     |                          |         |
| Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них:<br>- контактная работа 18 часов |             |  |                      |                      |  |   |   |       |                          |         |
| Компетенции ПК-2   |             |  |                      |                      |  |   |   |       |                          |         |

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: вопросы по выполненным лабораторным работам.
- промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачётная единица.

- лабораторные занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лабораторные занятия, зачёт) составляет 18 часов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

| № п/п        | Раздел дисциплины   | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах) |                 |                      |   | Промежуточная аттестация (в часах) |
|--------------|---|-----------------|--|-----------------|----------------------|---|------------------------------------|
|              |   |                 | Всего  | Аудиторные часы |                      | Сам. работа во время занятий (не включая период сессии) |                                    |
|              |   |                 |  | Лекции          | Практические занятия |   |                                    |
| 1            | 2   | 3               | 4  | 5               | 6                    | 7   | 8                                  |
| 1.           | Получение кривых калибровки дериватографа   | 1-2             | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 2            | Определение термогравиметрической зависимости на примере гидроксида алюминия                                | 3-4             | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 3            | Влияние среды на процессы разложения на примере оксалата кальция  | 5-6             | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 4            | Влияние скорости нагрева на процессы разложения на примере оксалата кальция                                 | 7-8             | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 5.           | Ознакомление с просвечивающим микроскопом ThemisZ. Получение дифракционных картин наночастиц золота.        | 9-10            | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 6.           | Исследование перовскитоподобных оксидов методом HAADF   | 11-12           | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 7.           | Исследование морфологии нанесенных катализаторов в сканирующем режиме на двухлучевом сканирующем микроскопе | 13-14           | 4  |                 | 2                    | 2   |                                    |
| 8.           | Получение кросс секционных изображений методами двухлучевой сканирующей микроскопии.                        | 15-16           | 6  |                 | 2                    | 4   |                                    |
| 9.           | Зачёт   | 17              | 2  |                 |                      |   | 2                                  |
| <b>Всего</b> |   |                 | <b>36</b>  |                 | <b>16</b>            | <b>18</b>   | <b>4</b>                           |

### Программа практических(лабораторных) занятий (16 часов)

**Лабораторная работа № 1.** Знакомство с методом термогравиметрии. Принцип действия и схема устройства дериватографа. Изучение методов пробоподготовки и техники безопасности работы с прибором. Получение кривых калибровки. **ОБОРУДОВАНИЕ:** термогравиметр Jupiter (Netsch). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 2.** Определение термогравиметрической зависимости на примере гидроксида алюминия в воздушной среде **ОБОРУДОВАНИЕ:** термогравиметр Jupiter (Netsch). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 3.** Влияние среды на процессы разложения на примере оксалата кальция в воздушной и инертной атмосфере. **ОБОРУДОВАНИЕ:** термогравиметр Jupiter (Netsch). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 4.**

Влияние скорости нагрева на процессы разложения на примере оксидных систем. **ОБОРУДОВАНИЕ:** термогравиметр Jupiter (Netsch). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 5.** Ознакомление с просвечивающим микроскопом ThemisZ. Обучение проведению пробоподготовки и предварительной очистки образцов. Получение дифракционных картин наночастиц золота. Исследование кристаллической структуры нанесенных частиц в светлопольном режиме **ОБОРУДОВАНИЕ:** просвечивающий электронный микроскоп ThemisZ (TFS). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 6.** Исследование перовскитоподобных оксидов методом HAADF, построение химических карт с помощью метода EDX. **ОБОРУДОВАНИЕ:** просвечивающий электронный микроскоп ThemisZ (TFS). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 7.** Ознакомление с двухлучевым сканирующим микроскопом TESCAN Solaris. Обучение проведению пробоподготовки и предварительной очистки образцов. Исследование морфологии нанесенных катализаторов в сканирующем режиме. **ОБОРУДОВАНИЕ:** Двухлучевой сканирующий микроскоп Solaris (TESCAN). **(Кол-во часов 2)**

**Лабораторная работа № 8.** Ознакомление с принципом работы ионной пушки сканирующего микроскопа. Получение кросс секционных изображений. Характеризация материалов с использованием метода EDX. **ОБОРУДОВАНИЕ:** Двухлучевой сканирующий микроскоп Solaris (TESCAN). **(Кол-во часов 2)**

**Самостоятельная работа студентов (18 часов)**

| Перечень занятий на СРС                   | Объем, час |
|---|------------|
| Подготовка к практическим занятиям.       | 8          |
| Подготовка отчётов по выполненным работам | 8          |
| Подготовка к зачёту                       | 2          |

**5. Перечень учебной литературы.**

1. Уикли Б.С. Электронная микроскопия для начинающих / Б. С. Уикли; пер. с англ. И. В. Викторова; под ред. и с предисл. В. Ю. Полякова. М.: Мир, 1975.(5 экз.)
2. Наноструктурированные оксиды / [С.В. Черепанова, О.А. Булавченко, Е.Ю. Герасимов и др.] ; под ред. С.В. Цыбули ; М-во образования и науки РФ, Новосиб. нац. исслед. гос. ун-т .— Новосибирск : Издательско-полиграфический центр НГУ, 2016 , ISBN 978-5-4437-0574-3 (5 экз.)

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

3. Уикли Б.С. Электронная микроскопия для начинающих / Б. С. Уикли; пер. с англ. И. В. Викторова; под ред. и с предисл. В. Ю. Полякова. М.: Мир, 1975.
4. Наноструктурированные оксиды / [С.В. Черепанова, О.А. Булавченко, Е.Ю. Герасимов и др.]; под ред. С.В. Цыбули; М-во образования и науки РФ, Новосиб. нац. исслед. гос. ун-т. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2016.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.1 Современные профессиональные базы данных.**

Не применяются

### **7.2. Информационные справочные системы**

[www.material.springer.com](http://www.material.springer.com)

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

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

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **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, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
  2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.
  3. Лаборатории.
  4. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.
- 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.**

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

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется посредством проверок отчётов, составленных обучающимися к каждому лабораторному практикуму, о работе, проведённой на предыдущем занятии. На каждом занятии отчёты разбираются, задаются контрольные вопросы на знание материала.

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области электронной микроскопии и термогравиметрии в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачёте. Зачёт проводится в конце семестра в зачётную неделю в устной форме. При получении зачета учитываются результаты текущего контроля: должны быть оформлены и сданы отчеты по всем лабораторным работам. Помимо этого, обучающиеся должны ответить на контрольные вопросы непосредственно во время зачета. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Зачёт ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Это означает успешное прохождение студентом промежуточной аттестации.

### **Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины**

**Таблица 10.1**

| <b>Индикатор</b> | <b>Результат обучения по дисциплине</b> | <b>Оценочные средства</b> |
|------------------|---|---------------------------|
|------------------|---|---------------------------|



|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>ПК -2.2.</b> Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p><b>Знать</b> возможности и основные блоки устройства современного рентгеновского дифракционного оборудования;<br/>основные этапы и методики проведения научного эксперимента, принципы обработки данных и работы с современными базами данных.<br/><b>Уметь</b> подготовить и выполнить дифракционный эксперимент на моно- и поликристаллических образцах; пользоваться программным обеспечением для обработки полученных дифрактограмм, составить и защитить научный отчет.</p> | <p>Проведение лабораторных работ, зачет.</p> |
| <p><b>ПК-2.3.</b> Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>    | <p><b>Владеть</b> навыками применения методики рентгенофазового анализа поликристаллов; программными комплексами для обработки экспериментальных дифракционных данных.</p>  | <p>Проведение лабораторных работ, зачет.</p> |

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Спецпрактикум 4».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции   |   |   |   |
|--|---|--|---|---|---|
|  |   | Не сформирован (не зачтено)  | Пороговый уровень (зачтено)   | Базовый уровень (зачтено)   | Продвинутый уровень (зачтено)   |
| 1  | 2   | 3  | 4   | 5   | 6   |
| Полнота знаний                           | ПК2.2   | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.         | Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. |
| Наличие умений                           | ПК2.2   | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые за-   | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.  | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме   |

|                                   |       | грубые ошибки.   | дачи. Допущены негрубые ошибки.  |  | без недочетов и ошибок.   |
|-----------------------------------|-------|--|--|--|---|
| Наличие навыков (владение опытом) | ПК2.3 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

#### Примеры вопросов на защите отчёта выполненных лабораторных работ

1. Для решения каких исследовательских задач применяются в электронной микроскопии напряжения 60, 200, 300 кВ?
2. Примеры пробоподготовки применяемых в электронной микроскопии для порошковых материалов
3. Как зависит форма кривой ТГ от исходной навески исследуемого вещества?

#### Примерные вопросы на зачёт

- Основные режимы работы просвечивающего электронного микроскопа, их краткое описание и различие
- Принцип формирования оптического пути в электронном микроскопе
- Форма и характеристики термогравиметрической кривой.
- Физико-химическая природа пиков кривых дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии.
- Электронная дифракция от аморфных и кристаллических объектов
- Анализ формы и данных гистограммы распределений частиц по размерам
- Определение элементов и приблизительного их содержания по спектрам ЭДС
- Выделение температурных интервалов одностадийных, параллельных и последовательных реакций в кривых ТГ.

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

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Спецпрактикум 4»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись ответственного |
|---|--|--|------------------------|
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |