

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Методы исследований наноматериалов» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Физика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

зв.кафедрой теоретической
физики и нанотехнологий,
докт. физ.-мат. наук, проф.

А.Г. Петренко

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического
факультета
28.03.2024 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2.

Председатель

В. Н. Котенко

Руководители основной профессиональной
образовательной программы:
кандидат физико-математических наук

А. В. Безус

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп, Общая и экспериментальная физика (Механика), Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках, Производственная: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.8.2 Методы исследований наноматериалов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	4	8	20	20		32	72	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в областях современных методов, средств и технологий исследования новых материалов

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-3. Способен проводить и управлять результатами научных исследований и опытно-	ПК-3.20. Планирует выбор методов исследований для определения структуры новых материалов	ПК-3.20.1. Знает основные типы нанокристаллических материалов ПК-3.20.2. Умеет определять структуру и свойства нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных

конструкторских работ в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.		методов ПК-3.20.3. Владеет навыками определения структуры и свойств нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных методов
	ПК-3.21. Исследует влияние методов получения на физические и механические свойства нанокристаллических материалов	ПК-3.21.1. Знает методы получения наноматериалов ПК-3.21.2. Умеет определять структуру и свойства нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных методов ПК-3.21.3. Владеет навыками анализа физической информации в избранной области физических исследований

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Методы получения нанопорошков	
Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.	Наноразмерные системы. Физика поверхности наночастиц, соотношение размеров и числа атомов, удельная поверхность нанопорошков. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.
Методы получения нанопорошков.	Структура твердотельных систем пониженной размерности. Главные определения и характеристики нанопорошков. Механическое измельчение. Механо-химический синтез, плазмохимический метод. Гидротермальный синтез. Метод термического разложения. Метод электровзрыва и нановзрывной синтез. Получение мультиметаллических оксидов и композитов. Метод совместного осаждения. Преимущества и недостатки различных методов.
Консолидация нанопорошков	Компактирование нанопорошков. Влияние давления на плотность компактов. Влияние связки на плотность компактов. Фазовое превращение, индуцированное давлением. Спекание нанопорошков. Структура консолидированных керамических материалов. Влияние исходного размера зерна и температуры. Механизмы роста оксидных наночастиц в условиях термических воздействий.
Методы рентгеноструктурного анализа и компьютерной обработки данных для исследования	Рентгеноструктурный анализ. Формула Де Бройля. Закон Вульфа-Брегга. Метод Селякова-Шеррера. Графический и

деформированного состояния.	аналитический методы аппроксимации. Графический и аналитический методы моментов.
Раздел 2. Методы получения и исследования тонких пленок, аморфных и керамических материалов	
Методы получения и исследования свойств аморфных материалов.	Спиннинговое растворение.
Методы исследования тонких пленок.	Выращивание эпитаксиальных слоев. Магнетронное распыление керамической мишени. Временная термометрия. Гальваномагнитные методы исследования
Экспериментальные методы для оценивания свойств наноматериалов.	Аналитический обзор и сравнения.
Методы исследования керамических материалов.	Оптическая микроскопия. Механические измерения. Исследования поверхности. Метод определения удельной поверхности наночастиц (БЭТ).

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Методы получения нанопорошков	10	10		16	36
Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.	2	2		4	8
Методы получения нанопорошков. .	2	2		4	8
Консолидация нанопорошков	2	2		4	8
Методы рентгеноструктурного анализа и компьютерной обработки данных для исследования деформированного состояния.	4	4		4	12
Раздел 2. Методы получения и исследования тонких пленок, аморфных и керамических материалов	10	10		16	36
Методы получения и исследования свойств аморфных материалов.	2	2		4	8
Методы исследования тонких пленок.	2	2		4	8
Экспериментальные методы для оценивания свойств наноматериалов. .	2	2		4	8
Методы исследования керамических материалов.	4	4		4	12
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	20	20		32	72

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Наноразмерные системы. Физика поверхности наночастиц, соотношение размеров и числа атомов, удельная поверхность нанопорошков.
2. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.
3. Структура твердотельных систем пониженной размерности.
4. Главные определения и характеристики нанопорошков.
5. Методы получения нанопорошков. Механическое измельчение.
6. Методы получения нанопорошков. Механо-химический синтез, плазмохимический метод.
7. Методы получения нанопорошков. Гидротермальный синтез.
8. Методы получения нанопорошков. Метод термического разложения.
9. Методы получения нанопорошков. Метод электровзрыва и нановзрывной синтез.
10. Методы получения нанопорошков. Получение мультиметаллических оксидов и композитов.
11. Методы получения нанопорошков. Метод совместного осаждения.
12. Преимущества и недостатки различных методов получения нанопорошков.
13. Компактирование нанопорошков.
14. Влияние давления на плотность компактов.
15. Влияние связи на плотность компактов.
16. Фазовое превращение, индуцированное давлением.
17. Спекание нанопорошков.
18. Структура консолидированных керамических материалов.
19. Влияние исходного размера зерна и температуры.
20. Механизмы роста оксидных наночастиц в условиях термических воздействий.

Раздел 2

1. Рентгеноструктурный анализ. Формула Де Бройля. Закон Вульфа-Брегга.
2. Метод Селякова-Шеррера.
3. Графический и аналитический методы аппроксимации.
4. Графический и аналитический методы моментов.
5. Спиннинг раствора.
6. Выращивание эпитаксиальных слоев тонких пленок.
7. Магнетронное распыление керамической мишени.
8. Временная термометрия.
9. Гальваномагнитные методы исследования тонких пленок
10. Экспериментальные методы для оценивания свойств наноматериалов.
11. Методы исследования керамических материалов. Оптическая микроскопия.
12. Методы исследования керамических материалов. Механические измерения.
13. Методы исследования керамических материалов. Исследования поверхности.
14. Метод определения удельной поверхности наночастиц (БЭТ).

7.2. Темы лабораторных работ:

- Исследования параметров напряженно-деформированного состояния наноматериалов. Обработки дифрактограмм.
- Выращивание эпитаксиальных слоев оксидных пленок на монокристаллической подложке методом магнетронного распыления керамической мишени.

- Исследования физических характеристик наноразмерных оксидных пленок.
- Временная термометрия однослойных пленочных структур.
- Определение основных параметров структуры сплавов методом рентгенодифракционного анализа.
- Принципиальная схема, принцип работы и основные параметры лабораторной установки для получения аморфных лент методом спиннингования расплава.
- Рентгенографический метод определения размеров нанокристаллов, их объемной доли и плотности.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторная работа	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Зачет		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D		зачтено
60-69	E	удовлетворительно	зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран,

ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Петренко, А. Г. Методы исследования наноматериалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Г. Петренко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". - Донецк : ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Терехов, С. В. Физика нанобъектов : [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет ; Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина НАН Украины. - Донецк : ДонНУ, 2013. - 418 с.

3. Варюхин, В. Н. Наноматериалы [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. Н. Варюхин, С. В. Терехов ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2016. - Электронные данные (1 файл).

4. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е. - Москва : Физматлит, 2009. - 414 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова; под ред. Ю. П. Солнцева. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2009. – 334, [1] с.

2. Нанотехнологии: азбука для всех / Н. С. Абрамчук, С. М. Авдошенко, А. Н. Баранов и др.; под ред. Ю. Д. Третьякова. – 2-е изд. – Москва: Физматлит, 2009. – 365 с.

3. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер; пер. с англ. А. В. Хачоян. – М.: Техносфера, 2008. – 349 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. Электронно-библиотечная система ДонГУ: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронный каталог Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. Электронный архив ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).