

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-методической  
и учебной работе

 Е.И. Скафа  
« 17 » апреля 2019 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины**

**«МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Физика конденсированного состояния

Программа подготовки: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2019

**УТВЕРЖДАЮ:**

Врио декана физико-технического  
факультета

С.А.Фоменко  
« 10 » апреля 2019 г.



Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913.

Программа учебной дисциплины «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 300, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1195, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР 07 августа 2015 г. № 380 (с изменениями и дополнениями от 30 октября 2015 г. № 750), учебного плана по направлению подготовки 03.04.02 Физика ( магистерская программа: Физика конденсированного состояния), утвержденного Ученым Советом Университета от 02.04.2019 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 102/05 от 31.05.2019 г.).

Разработчик:

доктор. физ-мат наук,  
профессор кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий

Петренко А.Г.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № 17 от « 04 » апреля 2019 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Варюхин В.Н

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 4 от « 08 » апреля 2019 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

Котенко В.Н.

## 1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Курс «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Основы нанотехнологий. Теория и методы получения наноматериалов», «Кристаллофизика, теория и методы структурного анализа», «Электронная микроскопия и рентгенография материалов».

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

## 2. Структура дисциплины

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	03.04.02 Физика	
Магистерская программа	Физика конденсированного состояния	
Программа подготовки	магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	
Год подготовки	2	
Семестр	3	
Количество часов	108	
- лекционных		
- практических, семинарских		
- лабораторных	36	
- самостоятельной работы	72	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	3	
в т.ч. аудиторных	3	

## 3. Описание дисциплины

**Цели и задачи:** формирование знаний и умений студента в области современных методов, средств и технологий исследования новых материалов

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния):



**а) общекультурных (ОК):**

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);  
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);  
способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ (ОПК-3);  
способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности (ОПК-4);  
способностью использовать свободное владение профессионально профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-5);  
способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);  
способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики (ОПК-7).

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

**научно-инновационная деятельность:**

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);  
способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

**организационно-управленческая деятельность:**

способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4);  
способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-5);

**педагогическая деятельность:**

способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики (ПК-6);  
способностью руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата (ПК-7).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**

**знать:** основные типы нанокристаллических материалов; иметь представление о структуре нанокристаллических материалов и их особенности; основные принципы химической

термодинамики; механизмы формирования различных типов нанокристаллических материалов; перспективы применения наноматериалов; взаимосвязь структуры и физико-химических свойств наноматериалов;

**уметь:** определять структуру и свойства нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных методов; исследовать влияние методов получения на физические и механические свойства наноматериалов; изменять структуру и свойства нанокристаллических материалов с помощью методов термической и физико-химической обработки.

**владеть** навыками: определения структуры и свойств нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных методов; изменения структуры и свойств нанокристаллических материалов с помощью методов термической и физико-химической обработки.

#### 4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	<i>Содержательный модуль 1</i>
<i>Тема 1. Введение</i>	Основы экспериментальных методов исследования наноматериалов
<i>Тема 2. Электронная и растровая микроскопия. ИК-спектроскопия</i>	Электронная и растровая микроскопия. ИК-спектроскопия.
<i>Тема 3. Методы получения и исследования аморфных материалов</i>	Методы получения и исследования аморфных материалов.
<i>Тема 4. Рентгеновские методы</i>	Рентгеновские методы исследования наноматериалов.
<i>Тема 5. Методы получения и исследования тонких пленок</i>	Методы получения и исследования тонких пленок..
<i>Тема 6. Механические свойства металлов</i>	Исследования механических свойств материалов

### Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение	18		6		12							
Тема 2. Электронная и растровая микроскопия. ИК-спектроскопия	18		6		12							
Тема 3. Методы получения и исследования аморфных материалов	18		6		12							
Тема 4. Рентгеновские методы	18		6		12							
Тема 5. Методы получения и исследования тонких пленок	18		6		12							
Тема 6. Механические свойства металлов	18		6		12							
Итого по содержательному модулю 1	108		36		72							

#### 5. Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Лекционные и лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Метод Селякова-Шеррера	3
2	Графический и аналитический методы аппроксимации	4

3	Графический и аналитический методы моментов.	3
4	Спиннингование раствора.	4
5	Выращивание эпитаксиальных слоев.	4
6	Магнетронное распыление керамической мишени.	3
7	Временная термометрия	4
8	Гальваномагнитные методы исследования	3
9	Оптическая микроскопия	4
10	Механические измерения. Исследования поверхности	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>

**6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.**  
**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Полупрямой метод просвечивающей электронной микроскопии	12
2	Косвенный метод просвечивающей электронной микроскопии.	12
3	Лазерный микрозондовый анализ	12
4	Атомно-силовая микроскопия (AFM)	12
5	Магнитосиловая зондовая микроскопия (MFM)	12
6	Сканирующая микроскопия ближней оптической зоны (SNOM)	12
	<b>ВСЕГО</b>	<b>72</b>

**7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.**

**Темы для выполнения индивидуальной работы**

1. Методы изучения химического состава вещества.
2. Рентгеноструктурный анализ.
3. Параметры кристаллической решетки материала.
4. Методы исследования электрических и магнитных свойств материалов.
5. Устройство и назначение дифрактометра.
6. Применение конструкционных, инструментальных и триботехнических наноматериалов.
7. Физические основы создания нанообъектов по принципам «сверху вниз».
8. Инструментальные методы анализа, их классификация.

9. Приемы подготовки образца к ЭМ-исследованию.
10. Виды дефектов в твердом теле. Как их изучают в ЭМ?
11. Рентгеновский микроанализ.
12. Почему важно знать химический состав деталей микроструктуры? Привести примеры.
13. Методы изучения химического состава поверхности.
14. Методы определения морфологии дисперсных тел.
15. Современные методы численных расчетов и компьютерного моделирования в адсорбционно-структурном анализе.
16. Пористость твердых тел.

## 8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Метод Селякова-Шеррера.
2. Графический и аналитический методы аппроксимации.
3. Графический и аналитический методы моментов.
4. Спиннингование раствора.
5. Выращивание эпитаксиальных слоев.
6. Магнетронное распыление керамической мишени.
7. Временная термометрия.
8. Гальваномагнитные методы исследования
9. Оптическая микроскопия.
10. Механические измерения. Исследования поверхности.
11. Рентгеновский микроанализ.
12. Почему важно знать химический состав деталей микроструктуры? Привести примеры.
13. Методы изучения химического состава поверхности.
14. Методы определения морфологии дисперсных тел.
15. Современные методы численных расчетов и компьютерного моделирования в адсорбционно-структурном анализе.
16. Пористость твердых тел.

## 9. Образец модульного контроля (ОБРАЗЕЦ ВАРИАНТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

*Направление подготовки:*

**03.04.02 Физика**

*Магистерская программа:*

**физика конденсированного состояния**

*Программа подготовки:*

**магистратура**

*Семестр*

**1**

*Учебная дисциплина*

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Выращивание эпитаксиальных слоев.
2. Магнетронное распыление керамической мишени



Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,  
протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой  
Преподаватель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Критерии оценивания модульного контроля**

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
<b>Всего</b>	<b>30</b>

**10. ОБРАЗЕЦ ЗАЧЕТА (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ, КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)**

***Теоретические вопросы к зачету***

1. Основы экспериментальных методов исследования наноматериалов.
2. Электронная и растровая микроскопия.
3. ИК-спектроскопия.
4. Методы получения и исследования аморфных материалов.
5. Рентгеновские методы исследования наноматериалов.
6. Методы получения и исследования тонких пленок.
7. Исследования механических свойств материалов
8. Аналитические характеристики, применяемые при оценке качества анализа.
9. Внутренний и внешний стандарты.
10. Структура вещества (материала). Масштабные уровни и методы изучения структуры.
11. Механизм взаимодействия рентгеновского излучения с твердым телом.
12. Рентгеновская дифракция. Уравнение Вульфа – Брэггов.
13. Кристаллическая решетка, понятие элементарной ячейки, примитивной ячейки.
14. Факторы определения интенсивности рефлексов на дифракто- грамме.
15. Принцип формирования изображения в оптическом микроскопе.
16. Метод темного и светлого поля в оптической микроскопии.
17. Отличие просвечивающего микроскопа от сканирующего.
18. Понятие вакуума. Требования к вакууму при использовании метода электронной микроскопии (ЭМ).

Зачетная работа включает три задания, за которые студент может получить max 50 баллов.

***Критерии оценивания зачета***

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
<b>Всего</b>	<b>50 баллов</b>

**11.Образец тестового задания (при наличии)****12. Критерии оценивания**

По курсу «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОМАТЕРИАЛОВ» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и зачет. Зачет сдают студенты с целью повышения рейтинга.

**Распределение баллов, которые могут получить студенты  
в процессе изучения дисциплины**

Организационно учебная работа студента	СРС	
	Индивидуальная работа	Модульный контроль
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов

**Шкала соответствия баллов национальной шкале**

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
<b>A</b>	90-100	5 (отлично)	зачтено
<b>B</b>	80-89	4 (хорошо)	зачтено
<b>C</b>	75-79	4 (хорошо)	зачтено
<b>D</b>	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>E</b>	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>FX</b>	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

**13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.**

Учебные занятия проводятся в учебной лаборатории №013 «Физика диэлектриков». Класс оборудован комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, меловой доской, 1 установка для измерения кристаллических свойств материалов, 1 Измерительный комплекс Р2-23А, 1 ноутбук, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

**14. Рекомендованная литература**

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Петренко А.Г. Методы исследований наноматериалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.Г.Петренко – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	Милославский А. Г. Конспект лекций по курсу "Методология и методы научных исследований": для студентов физико-технического факультета / А. Г. Милославский, А. Г. Петренко; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический	1	

	факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. – Донецк: ГОУ ВПО "ДонНУ", 2017. – 150 с.		
3.	Основы научных исследований: учеб.-метод. материалы / [сост.: Н. А. Бардашевич, Т. В. Михайлина, И. В. Стад-ник и др.]; Донец. нац. ун-т, каф. гос.-правов. дисциплин. – Донецк: ДонНУ, 2007. – 81 с.	15	
<i>Дополнительная литература</i>			
4.	Баскаков А. Я. Методология научного исследования: [Учеб. пособие для вузов] / А. Я. Баскаков, Н. В. Туленков; Межрегион. акад. упр. персоналом. – К., 2002. – 216 с.	1	
5.	Кохановский В. П. Философия и методология науки: Учеб. для вузов / В.П. Кохановский. – М.: АСТ; Ростов н/Д: Феникс, 1999. – 574 с.	8	
6.	Берков, В. Ф. Структура и генезис научной проблемы / В. Ф. Берков. – Минск: Изд-во БГУ, 1983. – 240 с.	4	
7.	Лукашевич В. К. Философия и методология науки: учеб. пособие / В. К. Лукшевич. – Минск: Соврем. школа, 2006. – 319 с.	1	
8.	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).		+
9.	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику. – М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	

**15. Информационные ресурсы** (с указанием названия и полного электронного адреса)  
<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки ДонНУ.

<http://library.donnu-support.ru/catalog/scripts/wek2.exe/mb> - Электронный каталог ДонНУ:

**16. Программное обеспечение** (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_ год.  
 Протокол № \_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_ год.  
 Протокол № \_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_