

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

проректор по научно-методической  
и учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Скафа

« 01 »

июня 2020 г.

М.П.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки:	28.04.03 Наноматериалы
Магистерская программа:	Наноматериалы и нанотехнологии
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , <u>очно-заочная</u> , <u>заочная</u>

Донецк 2020



УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. декана физико-технического  
факультета  
С.А. Фоменко  
« 24 » июня 2020 г.  
МП

Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 966; на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики (ГОС ВПО ДНР) направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы (квалификация: «магистр»), утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 мая 2020 г. № 85-нп; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы Наноматериалы и нанотехнологии направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

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 № 19 от «11» июня 2020 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий  Варюхин В.Н.

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

Протокол № 6 от « 23 » июня 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

 Котенко В.Н.

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ:

Дисциплина «Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: наноматериалы и нанотехнологии).

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». Состоит из модуля: Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов.

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

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Характеристика учебной дисциплины		
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы	
Магистерская программа	Наноматериалы и нанотехнологии	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина обязательной / вариативной части образовательной программы	Дисциплина обязательной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Зачет, экзамен, модульный контроль	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	7	7
Год подготовки	1,2	1,2
Семестр	2,3	
Количество часов	252	252
- лекционных	30	4
- практических, семинарских	14	2
- лабораторных	16	2
- самостоятельной работы	192	244
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	2,2	8
в т.ч. аудиторных	2,2	8

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи:

**Цель** – формирование у студентов представления о диагностике наноматериалов как о едином комплексе взаимосвязанных методов, взаимно дополняющих друг друга.

**Задачи** – формирование представлений об информативных возможностях методов диагностики и анализа наноматериалов, основных метрологических характеристиках методов, физических границах применимости.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: наноматериалы и нанотехнологии):

**а) универсальных (УК):**

Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей (ОПК-1);

Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов (ОПК-4) ;

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

способен формулировать задачи, связанные с реализацией профессиональных функций (ПК-1);

способен самостоятельно проводить научно-исследовательские работы по созданию, исследованию и применению наносистем и наноматериалов (ПК-2);

способен к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях (ПК-3);

способен к академической мобильности, активному партнерскому участию в работе зарубежных научно-исследовательских лабораторий во время научных стажировок, а также путем презентации стендовых и устных докладов на научных конференциях (ПК-4);

способен представлять исторические этапы развития нанотехнологий, важнейшие открытия отечественных ученых, наиболее актуальные проблемы, связанные с созданием и применением наносистем и наноматериалов в Российской Федерации и в мире (ПК-5);

**производственно-технологическая деятельность:**

способен к составлению методических документов (в том числе лабораторного журнала) при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ (ПК-7);

способен участвовать в оптимизации существующих методик создания и применения наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий (ПК-8);

**организационно-управленческая деятельность:**

способен провести экспертизу научно-исследовательских работ в области нанотехнологий (ПК-10);

**проектная деятельность:**

способен участвовать в подготовке и реализации научных проектов республиканского уровня, а также международных грантов (ПК-14).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**

**знать:** физические основы методов диагностики наночастиц и наноматериалов – методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии, методов сканирующей зондовой микроскопии; физические основы методов локального анализа – электронно-зондового микроанализа, электронной оже-спектроскопии, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, масс-спектроскопии вторичных ионов; физические основы интегральных методов, основанных на рассеянии света и рентгеновского излучения.

**уметь:** интерпретировать результаты исследований, полученные с использованием методов диагностики наночастиц и наноматериалов, выбирать метод диагностики, обусловленный свойствами объекта и измерительной задачей, оценивать погрешности результатов диагностики и анализа наноматериалов.

**владеть:** представлением о диагностике, как развивающемся направлении исследований, навыками обработки результатов исследований наноматериалов, навыками критического анализа результатов диагностики.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	<i>Содержательный модуль - Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов</i>
<i>Тема 1. Введение</i>	Наночастицы и наноматериалы, как объекты диагностики и химического анализа. Требования к метрологическим характеристикам методов, обусловленные размером объектов.
<i>Тема 2. Современные физические методы получения наноматериалов</i>	Технологии, основанные на физических процессах (осаждение из паровой фазы, термическое испарение, магнетронное распыление)
<i>Тема 3. Химические методы получения наноматериалов</i>	Технологии, основанные на – химическом осаждении, из паровой фазы, использование плазмы тлеющего разряда, из растворов металлических соединений, золь – гель метод
<i>Тема 4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ)</i>	Устройство РЭМ, формирование изображений в эмиссионных режимах, информативные возможности эмиссионных режимов, специальные режимы РЭМ
<i>Тема 5. Метод просвечивающей электронной микроскопии (ПРЭМ)</i>	Схема ПРЭМ, типы контраста изображения в ПРЭМ, методы подготовки объектов для исследования, определение размера частиц, сравнение информационных возможностей различных типов электронных микроскопов
<i>Тема 6. Спектральные методы анализа энергетических</i>	Разновидности спектральных методов (СМ), принцип действия, изучение химсоставов поверхностных слоев исследуемых образцов, преимущества и недостатки этих методов

<i>спектров</i>	
<b>Тема 7. Взаимодействие ионных пучков с твердым телом</b>	Масс-спектрометрия вторичных ионов. устройство, принцип действия, исследование и анализ тонких пленок, определение всех химических элементов в веществе, обладание высокой чувствительности
<b>Тема 8. Сканирующие зондовые методы</b>	Принцип работы, использования зонда, как устройства считывания информации с поверхности исследуемого материала, обработка сигналов с помощью пакета программ, характеристики исследования структурных свойств образцов
<b>Тема 9. Лазерный микрзондовый анализ</b>	Принцип действия, использование вакуума для исследования материалов, характеристики источников энергии, оценка чувствительности анализа при содержании элементов. Преимущества и недостатки этого метода.

### Тематический план

<b>Содержательный модуль 1</b>												
<b>Названия содержательных модулей и тем</b>	<b>Количество часов</b>											
	<b>Очная форма обучения</b>						<b>Заочная форма обучения</b>					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
<b>Тема 1. Введение</b>	26	2	1	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 2. Современные физические методы получения наноматериалов</b>	26	2	1	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 3. Химические методы получения наноматериалов</b>	29	4	2	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ)</b>	29	4	2	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 5. Метод просвечивающей электронной микроскопии</b>	29	4	2	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	

<i>(ПРЭМ)</i>												
<b>Тема 6. Спектральные методы анализа энергетических спектров</b>	29	4	2	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 7. Взаимодействие ионных пучков с твердым телом</b>	29	4	2	2	21		27,9	0,5	0,2	0,2	27	
<b>Тема 8. Сканирующие зондовые методы</b>	27	4	1	1	21		27,7	0,3	0,2	0,2	27	
<b>Тема 9. Лазерный микрозондовый анализ</b>	28	2	1	1	24		29	0,2	0,4	0,4	28	
<b>Итого по содержательному модулю</b>	<b>252</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>192</b>		<b>252</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>244</b>	

## 5.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.

### Темы лекционных занятий

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Введение	2
2	Современные физические методы получения наноматериалов	2
3	Химические методы получения наноматериалов	4
4	Растровая электронная микроскопия (РЭМ)	4
5	Метод просвечивающей электронной микроскопии (ПРЭМ)	4
6	Спектральные методы анализа энергетических спектров	4
7	Взаимодействие ионных пучков с твердым телом	4
8	Сканирующие зондовые методы	4
9	Лазерный микрозондовый анализ	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>30</b>

### Темы практических занятий

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Изучение устройства и режимов работы растрового электронного микроскопа	1
2	Подготовка объектов для исследования нанообъектов методом сканирующего зондового метода	1
3	Анализ изображений структур наноматериалов, полученных на просвечивающем электронном микроскопе	2
4	Исследование наноматериалов с помощью лазерного микрозонда	2
5	Метод масс-спектропии для исследования наночастиц	2

6	Рентгенографический метод определения размеров нанокристаллов	2
7	Изучение химсоставов поверхностных слоев сканирующим зондовым методом	2
8	Изучение устройства и принципа работы масс-спектрометра	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>14</b>

#### Темы лабораторных работ

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Определение элементного фазового состава спектральным методом	3
2	Определение плотности дислокаций в тонких пленках с помощью электронного микроскопа	3
3	Определение толщины пленок рентгенографическим методом	3
4	Определение структуры и качественный анализ с помощью масс-спектрометра	3
5	Получение и исследование нанообъектов методом электронной микроскопии	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>16</b>

### 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

#### Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Полупрямой метод просвечивающей электронной микроскопии	32
2	Косвенный метод просвечивающей электронной микроскопии.	32
3	Лазерный микрозондовый анализ	32
4	Атомно-силовая микроскопия (AFM)	32
5	Магнитосиловая зондовая микроскопия (MFM)	32
6	Сканирующая микроскопия ближней оптической зоны (SNOM)	32
	<b>ВСЕГО</b>	<b>192</b>

### 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

#### 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 критерии оценивания)*

### **ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Физико-технический факультет

*Направление подготовки:*

**28.04.03 Наноматериалы**

*Магистерская программа:*

**наноматериалы и нанотехнологии**

*Программа подготовки:*

**магистратура**

*Семестр*

**2,3**

**МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА  
ВАРИАНТ №1**

1. Оптическая микроскопия.
2. Методы изучения химического состава поверхности.
3. Рентгеновский микроанализ.

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	10
Задание 2	10
Задание 3	10
<b>Всего</b>	<b>30</b>

**10. ОБРАЗЕЦ ЗАЧЕТА (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ,  
КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)*****Теоретические вопросы к зачету (2 семестр)***

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***

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

**11.ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА**

*(теоретические вопросы к экзамену, образец билета и критерии оценивания)*

***Теоретические вопросы к экзамену (3 семестр)***

1. Перечислите основные методы получения наноматериалов.
2. Опишите получение объемных нанопорошков методом формовки с последующим спеканием.
3. Физические процессы при получения наноматериалов методом интенсивной пластической деформации.
4. Приведите принципиальную схему получения материалов методом обработки поверхности.
5. Опишите следующие методы распыления: катодное, магнетронное, термическое.
6. Расскажите о лазерном легировании, которое связано с введением легирующих веществ.
7. Химическое осаждение из паровой фазы.
8. Осаждение с использованием плазмы тлеющего разряда.
9. Получение материалов золь-гель методом.
10. Перечислите современные методы исследования наноматериалов.
11. Объясните принцип действия просвечивающего электронного микроскопа.
12. Сущность спектрального метода для исследования поверхности твердых тел.
13. Изучение тонких пленок с помощью масс-спектрометра, лазерного микрозондирования.
14. Объясните почему сканирующие зондовые методы исследования широко используются для структурного анализа.
15. Опишите принципиальную схему действия сканирующего туннельного микроскопа для определения параметров зонной структуры для наноматериалов.
16. Изучение качественного анализа химического состава поверхности с помощью растрового электронного микроскопа.

# ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **28.04.03 Наноматериалы**  
Магистерская программа: **наноматериалы и нанотехнологии**  
Программа подготовки: **магистратура**  
Семестр: **3**  
Учебная дисциплина: **Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов**

## БИЛЕТ №1

1. Химическое осаждение из паровой фазы.
2. Схема получения материалов методом обработки поверхности.
3. Основные методы получения наноматериалов.

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

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_

Экзаменатор

\_\_\_\_\_

### Критерии оценивания экзамена

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

## 12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля во 2,3 семестре, выполнение индивидуальной работы, зачет во 2 семестре, экзамен в 3 семестре. Зачет и экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

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

Организационно учебная работа студента	СРС			Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	Индивидуальная творческая работа	
Макс 10 баллов	макс 5 баллов	макс 30 баллов	макс 5 баллов	100 баллов

### Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка	Оценка по	Оценка по государственной шкале	Оценка по
--------	-----------	---------------------------------	-----------

по шкале ECTS	100-балльной шкале	(экзамен, дифференцированный зачет)	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.

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Современные методы анализа и исследования структуры и свойств наноматериалов» проводятся в учебной лаборатории «Физика диэлектриков» № 013, оборудованной комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, меловая доска, 1 установка для измерения кристаллических свойств материалов, 1 Измерительный комплекс Р2-23А, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 3 авторефератов и диссертаций, укомплектован комплект учебной мебели на 50 посадочных мест, оснащен компьютером в комплекте (2 шт.), расположен по адресу г. Донецк, пр. Театральный, 13, каб. 106.

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

### 14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Петренко А.Г. Методы исследований наноматериалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А.Г.Петренко – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии : [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.] ; Харьковскй нац. ун-т им. В. Н. Каразина. - Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. - 209 с.	1	
3.	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». –	2	

	Донецк: ДонНУ, 2018. -246 с.		
4.	Терехов, С. В. Физика нанообъектов : [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк : ДонНУ, 2013. – 418 с.	4	+
5.	Пашинская, Е. Г. Физика деформированных сред: учебное пособие для студентов специальности 03.03.02 "Физика" / Е. Г. Пашинская, В. Н. Варюхин ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2017. - 173 с.	9	
5	Терехов, С. В. Вариационные принципы классической механики / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин, А. Г. Петренко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ГОУ ВПО "ДонНУ", 2018. - 52 с.	6	+
6	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.	1	
7	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.	4	
8	Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. - Москва : Физматлит, 2010.	1	
9	Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454 с.	2	
10	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику. - М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	
<b>Дополнительная литература</b>			
11	Методические указания к лабораторным работам по спецкурсу «Теория и методы структурного анализа (для студентов специальности 6.040203)» / А.Н. Троцан, С. В.Чертопалов, Г.В. Тимофеева. – Донецк: ДонНУ, 2013. – 94 с.	3	
12	Фостер, Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер ; пер. с англ. А. В. Хачоян. - М. : Техносфера, 2008. - 349 с.	4	
13	Ковшов А. Н. Основы нанотехнологии в технике : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных	2	

	специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных пр-в"; "Автоматизированные технологии и пр-ва" / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. - Москва : Академия, 2009. - 239 с.		
14	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е. - Москва : Физматлит, 2009. - 414 с.	6	

## 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)

Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонНУ № 46484614);

2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонНУ лицензия № 46472919);

3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);

4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_