

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

 Е.И. Скафа

апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дифракционные методы исследования вещества

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко

«17» апреля 2020 г.




Программа учебной дисциплины «Дифракционные методы исследования вещества» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; 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 высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:
Профессор кафедры
теоретической физики и нанотехнологий

 Н.П. Иваницын

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий
Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой

 В.Н.Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета
Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

 В.Н.Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Дифракционные методы исследования вещества» является дисциплиной вариативной части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Дифференциальные уравнения», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Основы процессов микро и нанотехнологий», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Квантовая механика» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	4
Год подготовки	3	3
Семестр	5	
Количество часов	144	144
- лекционных	36	6
- практических, семинарских	18	4
- лабораторных	36	8
- самостоятельной работы	54	126
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	5	18
в т.ч. аудиторных	5	18

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель преподавания учебной дисциплины «Дифракционные методы исследования вещества» заключается в получении углубленных знаний в области физических основ дифракционных методов исследования структуры наноструктурированных материалов.

Задача изучения дисциплины «Дифракционные методы исследования вещества» предусматривает получение углубленных знаний в области физических методов исследования структуры материалов; систематизацию способов и приемов анализа дифракционных картин, полученных в рентгеновских лучах, усвоение методик определения качественного и количественного фазового анализа, характеристики особенностей структуры

нанокристаллических материалах, полученных по различным технологиям, определение типа и концентрации структурных дефектов.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Дифракционные методы исследования вещества» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

а) общекультурных (ОК):

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

б) общепрофессиональных (ОПК):

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать

- Принципы формирования рентгеновских дифракционных картин от поликристаллических, монокристаллических и аморфных материалов.
- Общие принципы дифракции рентгеновского излучения и электронов на материалах и возможности их использование для анализа структуры наноматериалов;
- Теорию формирования дифракционных картин на дефектах структуры наноматериалов;
- Явления, протекающие при взаимодействии рентгеновского излучения и электронов с наноматериалами и положенными в основу анализа их структуры;
- Факторы, влияющие на точность структурного анализа;
- Особенности структурных преобразований, протекающих при пластической деформации и отжиге наноматериалов;

уметь:

- Определять качественный фазовый состав материалов по рентгеновскими дифракционной картинами;
- Определять количественный фазовый состав материалов по рентгеновскими дифракционной картинами;
- Определять тип и степень усовершенствования текстуры;
- Определять уровень макронапряжений в материалах;

- Определять размеры блоков мозаики и величину микродеформаций за размытием дифракционных максимумов.

владеть:

навыками определения качественного фазового состава материалов по рентгеновскими дифракционной картинами, определения количественного фазового состава материалов по рентгеновскими дифракционной картинами; определения типа и степени усовершенствования текстуры; определения уровня макронапряжений в материалах; определения размеров блоков мозаики и величину микродеформаций за размытием дифракционных максимумов.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1 «Рентгеноанализ материалов»	
Тема 1. Качественный фазовый анализ наноматериалов.	Суть качественного фазового анализа и его чувствительность. Порядок проведения качественного фазового анализа. Анализ фаз с низким содержанием. Осложнения при проведении качественного фазового анализа.
Тема 2. Количественный фазовый анализ наноматериалов.	Соотношение между интенсивностью дифракционных максимумов и содержанием фазы в образце. Методы количественного фазового анализа. Метод гомологичных пар. Метод градуировочной кривой. Метод внутреннего эталона. Метод добавок. Метод внешнего стандарта. Метод измерения коэффициента поглощения. Метод многоканальных дифрактометров. Погрешности количественного фазового анализа.
Тема 3. Рентгеноанализ твердых растворов.	Определение типа и состава твердого раствора. Определение предела раствора в двухкомпонентных твердых растворах. Изучение распада твердого раствора. Рассеяния сплавами при наличии дальнего порядка. Дальний порядок в сплавах стехиометрического и нестехиометрического составов. Близкий порядок. Экспериментальное определение интенсивности диффузного рассеяния твердыми растворами.
Тема 4. Анализ аксиальной текстуры фото- и дифрактометричными методами.	Понятие о текстуре в материалах и их типы. Рентгеновская картина аксиальной текстуры. Параметры аксиальной текстуры и методы их определения. Построение прямых и обратных полюсных фигур аксиальной текстуры с помощью фото- и дифрактометричными методами.
Тема 5. Анализ текстуры прокатки.	Рентгеновская картина полной текстуры и ее анализ. Прямая полюсная фигура. Дифрактометричные методы построения полюсной фигуры. Анализ полюсных фигур текстуры прокатки.
Содержательный модуль 2 «Приложения рентгеновской дифрактометрии»	
Тема 6. Анализ пластической деформации материалов и структурных изменений при их	Определение характера деформации. Внутренние напряжения в материалах и их рентгеновская характеристика. Определение макронапряжений. Одноосное напряженное состояние. Определение микродеформаций за размытием дифракционных максимумов методами аппроксимации и гармонического анализа профиля линий

последующем нагреве.	
Тема 7. Дисперсография.	Типы дисперсности материалов и их рентгеновая характеристика. Определение размера кристаллитов в низкодисперсном материале. Определение размера кристаллитов в среднелдисперсном материале. Определение размера кристаллитов в высокодисперсном материале.
Тема 8. Рентгеноанализ дефектов упаковки.	Интенсивность лучей, рассеянных на дефектах упаковки. Влияние дефектов упаковки на дифракционную картину. Определение концентрации дефектов упаковки.
Тема 9. Малоугловое рассеяния.	Интенсивность рассеивания у первичного пучка. Определение размеров частиц моно- и полидисперсных систем. Двойное Брегговское рассеяние и его влияние на точность определения размеров частиц моно- и полидисперсных систем.
Тема 10. Рентгеновская топография.	Суть и возможности рентгеновской топографии. Методы рентгеновской топографии для исследования дислокационной структуры материалов: метод Берга-Барета; метод Ланга; метод Бормана. Методы рентгеновской топографии для исследования субструктуры материалов: метод Шульца; метод Фудживара; метод Косел; метод двокристалльной топографии.

Тематический план

Содержательный модуль 1 «Рентгеноанализ материалов»												
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. Качественный фазовый анализ наноматериалов.	12	3	1	3	5		13,5	0,5	0,5	0,5	12	
Тема 2. Количественный фазовый анализ наноматериалов.	13	3	2	3	5		13,5	0,5	0,5	0,5	12	
Тема 3. Рентгеноанализ твердых растворов.	12	3	1	3	5		14	0,5	0,5	1	12	
Тема 4. Анализ аксиальной текстуры фото- и дифрактометричными методами.	13	3	2	3	5		13,7	0,5	0,2	1	12	
Тема 5. Анализ текстуры прокатки.	22	6	3	6	7		17,3	1	0,3	1	15	
Итого по содержательному модулю 1	72	18	9	18	27		72	3	2	4	63	

Тематический план

Содержательный модуль 2 «Приложения рентгеновской дифрактометрии»	
Названия содержательных	Количество часов

модулей и тем	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 6. Анализ пластической деформации материалов и структурных изменений при их последующем нагреве.	12	3	1	3	5		13,5	0,5	0,5	0,5	12	
Тема 7. Дисперсография.	13	3	2	3	5		13,5	0,5	0,5	0,5	12	
Тема 8. Рентгеноанализ дефектов упаковки.	12	3	1	3	5		14	0,5	0,5	1	12	
Тема 9. Малоугловое рассеяния.	13	3	2	3	5		13,7	0,5	0,2	1	12	
Тема 10. Рентгеновская топография.	22	6	3	6	7		17,3	1	0,3	1	15	
Итого по содержательному модулю 1	72	18	9	18	27		72	3	2	4	63	
Итого по модулю	144	36	18	36	54		144	6	4	8	126	

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

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Качественный фазовый анализ наноматериалов.	3
2	Количественный фазовый анализ наноматериалов.	3
3	Рентгеноанализ твердых растворов.	3
4	Анализ аксиальной текстуры фото- и дифрактометричным методами.	3
5	Анализ текстуры прокатки.	6
6	Анализ пластической деформации материалов и структурных изменений при их последующем нагреве.	3
7	Дисперсография.	3
8	Рентгеноанализ дефектов упаковки.	3
9	Малоугловое рассеяния.	3
10	Рентгеновская топография.	6
	ВСЕГО	36

Темы практических занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Качественный фазовый анализ наноматериалов.	2
2	Количественный фазовый анализ наноматериалов.	2

3	Рентгеноанализ твердых растворов.	2
4	Рентгеноанализ текстурированных наноматериалов	2
5	Определение внутренних напряжений в наноматериалах	2
6	Определение размеров зерен, блоков и концентрации дефектов упаковки	3
7	Определение размеров частиц моно- и полидисперсных систем	2
8	Методы рентгеновской топографии для исследования дислокационной структуры материалов: метод Берга-Барета; метод Ланга; метод Бормана	3
	ВСЕГО	18

Темы лабораторных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Качественный фазовый анализ	3
2	Количественный фазовый анализ	3
3	Определение содержания углерода	3
4	Анализ аксиально текстуры материалов фотометодом	3
5	Анализ аксиальной текстуры с помощью обратных полюсных фигур дифрактометричным методом	3
6	Анализ текстуры прокатки	4
7	Определение макронапряжений	4
8	Определение размеров блоков мозаики и микродеформаций за размытием линий методом аппроксимации	4
9	Определение размеров блоков мозаики и микродеформаций за размытием линий методом ГАПРЛ	4
10	Определение степени упорядочения твердого раствора	5
	ВСЕГО	36

Темы курсовых работ

Порядковый номер	Тема курсовой работы
1	Структурные исследования полимерных систем с наночастицами методами рентгено-анализа
2	Исследование структуры органических соединений методом рентгеноструктурного анализа
3	Исследование кристаллической структуры минералов методом рентгеноструктурного анализа
4	Исследование кристаллической структуры металлов методом рентгеноструктурного анализа
5	Исследование кристаллической структуры диэлектриков методом рентгеноструктурного анализа
6	Исследование кристаллической структуры полупроводников методом рентгеноструктурного анализа

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Экспериментальные методы исследования структуры. Основные идеи и представления.	6
2	Микроскопия, спектроскопия: проходящего и отраженного света инфракрасного, ультрафиолетового, видимого диапазонов, ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса, оже, электронная спектроскопия для химического анализа (рентгеновская, ультрафиолетовая), месс-бауэровская спектроскопия, прочие методы.	6
3	Туннельная и силовая микроскопия.	6
4	Микроскопия ближнего поля.	6
5	Поляризационные измерения, эллипсометрия.	6
6	Дифракционные методы.	6
7	Электроннография нейтронография.	6
8	Рентгеновские методы исследования структуры. Рентгеновский фазовый и структурный анализ.	6
9	Исследование монокристаллов, поликристаллических и порошковых объектов	6
	ВСЕГО	54

Темы курсовых работ

1. Структурные исследования полимерных систем с наночастицами методами рентгенанализа
2. Исследование структуры органических соединений методом рентгеноструктурного анализа
3. Исследование кристаллической структуры минералов методом рентгеноструктурного анализа
4. Исследование кристаллической структуры металлов методом рентгеноструктурного анализа
5. Исследование кристаллической структуры диэлектриков методом рентгеноструктурного анализа
6. Исследование кристаллической структуры полупроводников методом рентгеноструктурного анализа

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено рабочим планом)*

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Суть качественного фазового анализа и его чувствительность. Порядок проведения качественного фазового анализа.
2. Анализ фаз с низким содержанием. Осложнения при проведении качественного фазового анализа.

3. Соотношение между интенсивностью дифракционных максимумов и содержанием фазы в образце. Методы количественного фазового анализа.
4. Метод гомологичных пар.
5. Метод градуировочной кривой.
6. Метод внутреннего эталона.
7. Метод добавок.
8. Метод внешнего стандарта.
9. Метод измерения коэффициента поглощения.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль: _____

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **8**

Учебная дисциплина **Дифракционные методы исследования вещества**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

- 1.** Метод добавок.
- 2.** Анализ фаз с низким содержанием.
- 3.** Метод гомологичных пар.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
Преподаватель

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к зачету

1. Метод многоканальных дифрактометров.
2. Погрешности количественного фазового анализа.
3. Определение типа и состава твердого раствора.
4. Определение предела раствора в двухкомпонентных твердых растворах.

5. Изучение распада твердого раствора.
6. Рассеяния сплавами при наличии дальнего порядка.
7. Дальний порядок в сплавах стехиометрического и нестехиометрического составов. Ближний порядок.
8. Экспериментальное определение интенсивности диффузного рассеяния твердыми растворами.
9. Понятие о текстуре в материалах и их типы.
10. Рентгеновская картина аксиальной текстуры. Параметры аксиальной текстуры и методы их определения.
11. Построение прямых и обратных полюсных фигур аксиальной текстуры с помощью фото- и дифрактометричных методов.
12. Рентгеновская картина полной текстуры и ее анализ. Прямая полюсная фигура. Дифрактометричные методы построения полюсной фигуры.
13. Анализ полюсных фигур текстуры прокатки.

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
Всего	50 баллов

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Дифракционные методы исследования вещества» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и зачета. Зачет 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	
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

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)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено

FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Дифракционные методы исследования вещества» проводятся в учебной лаборатории №014 «Масс-спектрологии». Оснащена комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 Масс-спектрометр химический-MX7304, 1 Монохроматор-СМП1, 1 компьютер с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет. В учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Лаборатория оснащена комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, флормастерной доской, масс-спектрометр (МИ 1201АТ-01), микроскоп электронный растровый РЭМ-106 И, установка для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков), 1 компьютер для снятия и обработки данных.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 1 (г. Донецк, пр. Гурова, 6, № 103) иностранной литературы. Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 33 посадочных места, компьютер в комплекте (1 шт); зал электронной информации (Донецк, пр. Гурова, 6, № 104-а.). Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 40 посадочных мест, компьютер в комплекте (14 шт).

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.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Иваницын, Н. П. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс] : для студентов, аспирантов, специализирующихся по направлению подготовки 030402 «физика» и специалистов в области физики конденсированных сред, теоретической физики и нанотехнологий. / Н. П. Иваницын, С. В. Терехов, В. М. Юрченко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).		+
2.	Горелик, С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : практ. руководство по рентгенографии, электронографии и электрон. микроскопии металлов, полупроводников и	5	

	диэлектриков / С. С. Горелик и др. - 2-е изд. - Москва : Металлургия, 1970. - 368 с.		
3.	Методические указания к лабораторным работам по спецкурсу "Теория и методы структурного анализа" : (для студентов специальности 6.040203 "Физика") / А. Н. Троцан, С. В. Чертопалов, Г. В. Тимофеева ; ДонНУ. Физ.-техн. фак. Каф. нанофизики. - Донецк : ДонНУ, 2013. - 96 с.	11	
Дополнительная литература			
4.	Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.]; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. – Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 с.	1	
5.	Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	1	+
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	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

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

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. 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.

Заведующий кафедрой _____

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

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____