

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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И  
НАНОСИСТЕМ»



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.

мп



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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ» 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

 Румянцев В.В.

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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ» 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 «Кристаллофизика, теория и методы структурного анализа», «Физика твердого тела», «Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках», «Электронная микроскопия и рентгенография материалов», «Основы нанотехнологий. Теория и методы получения наноматериалов».

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 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	
Год подготовки	1	
Семестр	1	
Количество часов	144	
- лекционных	9	
- практических, семинарских	63	
- лабораторных		
- самостоятельной работы	72	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	
в т.ч. аудиторных	4	

## 3. Описание дисциплины

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

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ» 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 действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения (ОК-2);

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);

готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2);

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 ее особенности; основных принципов химической термодинамики; механизмов формирования различных типов нанокристаллических материалов; перспективы применения нанокристаллических материалов; взаимосвязи структуры и физико-химических свойств нанокристаллических материалов.

**уметь:** определять структуру и свойства нанокристаллических материалов с помощью экспериментальных методов; исследовать влияние методов получения на физические и механические свойства нанокристаллических материалов; 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, исследования влияния методов получения на физические и механические свойства нанокристаллических материалов, 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><b>Содержательный модуль 1. «Свойства и параметры наноструктурированных материалов»</b></i>
<i><b>Тема 1. Введение</b></i>	Наноструктурированные материалы. Размерные особенности нанообъектов.
<i><b>Тема 2. Свойства наночастиц</b></i>	Свойства индивидуальных наночастиц. Нанокластеры. Структурные и электронные магические числа.
<i><b>Тема 3. Физические процессы в НМ</b></i>	Физические процессы в наноструктурированных материалах.
<i><b>Тема 4. Инструментальные средства для определения свойств и параметров</b></i>	Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур

	<b>Содержательный модуль 2. «Методы исследования нанообъектов»</b>
<b>Тема 1.</b> <b>Методы исследования нанообъектов</b>	Методы исследования нанообъектов.
<b>Тема 2.</b> <b>Сканирующая зондовая микроскопия.</b> <b>Ионно-полевая и сканирующая микроскопия.</b>	Сканирующая зондовая микроскопия. Ионно-полевая и сканирующая микроскопия.
<b>Тема 3.</b> <b>Спектроскопия.</b> <b>Оптоэлектронные приборы</b>	Спектроскопия. Оптоэлектронные приборы.
<b>Тема 4.</b> <b>Типы оптоэлектронных приборов</b>	Типы оптоэлектронных приборов. Излучательные переходы в полупроводниках. Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер.

**Тематический план**

Содержательный модуль 1. «Свойства и параметры наноструктурированных 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. Введение	17	1	8		8							
Тема 2. Свойства наночастиц	17	1	8		8							
Тема 3. Физические процессы в	19	1	8		10							

<b>НМ</b>												
<b>Тема 4.</b> <i>Инструментальные средства для определения свойств и параметров</i>	19	1	8		10							
<b>Итого по содержательному модулю 1</b>	72	4	32		36							

### Тематический план

<b>Содержательный модуль 2. «Методы исследования нанообъектов»</b>												
<b>Названия содержательных модулей и тем</b>	<b>Количество часов</b>											
	<b>Очная форма обучения</b>						<b>Заочная форма обучения</b>					
	<b>всего</b>	<b>в т.ч.</b>					<b>всего</b>	<b>в т.ч.</b>				
		<b>лекции</b>	<b>практические</b>	<b>лабораторные</b>	<b>самостоятельная работа</b>	<b>индивидуальная работа</b>		<b>лекции</b>	<b>практические</b>	<b>лабораторные</b>	<b>самостоятельная работа</b>	<b>индивидуальная работа</b>
<b>Тема 1.</b> <i>Методы исследования нанообъектов</i>	17	1	8		8							
<b>Тема 2.</b> <i>Сканирующая зондовая микроскопия.</i> <i>Ионно-полевая и сканирующая микроскопия.</i>	17	1	8		8							
<b>Тема 3. Спектроскопия.</b> <i>Оптоэлектронные приборы</i>	19	1	8		10							
<b>Тема 4.</b> <i>Типы оптоэлектронных приборов</i>	19	2	7		10							
<b>Итого по содержательному модулю</b>	72	5	31		36							

2												
<b>Всего часов по дисциплине</b>	144	9	63		72							

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

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

**ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Введение	1
2	Свойства наночастиц	1
3	Физические процессы в НМ	1
4	Инструментальные средства для определения свойств и параметров	1
5	Методы исследования нанообъектов	1
6	Сканирующая зондовая микроскопия. Ионно-полевая и сканирующая микроскопия.	1
7	Спектроскопия.Оптоэлектронные приборы	1
8	Типы оптоэлектронных приборов	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>9</b>

**ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Физические процессы в наноструктурированных материалах.	7
2	Структурные и электронные магические числа нанокластера.	7
3	Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур	7
4	Методы исследования нанообъектов.	7
5	Сканирующая зондовая микроскопия.	7
6	Ионно-полевая и сканирующая микроскопия.	7
7	Спектроскопия.	7



8	Типы оптоэлектронных приборов. Излучательные переходы в полупроводниках.	7
9	Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер.	7
	<b>ВСЕГО</b>	<b>63</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	Наноструктурированные материалы.	9
2	Размерные особенности нанообъектов Свойства индивидуальных наночастиц.	9
3	Основные типы химической связи и соответствующие свойства материалов.	9
4	Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур	9
5	Наноккомпозиты как основа функциональной электроники.	9
6	Основы электронной микроскопии и рентгенографии наноструктур	9
7	Дефектные структуры и физические свойства наноструктур	9
8	Нанокластеры. Магические числа.	9
	<b>ВСЕГО</b>	<b>72</b>

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

**Темы для выполнения индивидуальной работы**

1. Углеродные нанообъекты.
2. Формирование гетероструктур.
3. Магнетизм и спинтроника.
4. Фотонные кристаллы.
5. Наноккомпозиты.
6. Фазовые переходы в нанокластерах.
7. Моноэлектронные эффекты.
8. Нанокластеры.
9. Магнитные полупроводники.
10. Масштабные уровни деформаций.

**8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации**

1. Особенности наноструктурированных материалов.
2. Свойства индивидуальных наночастиц.
3. Нанокластеры.
4. Квантовая точка.
5. Квантовая яма.
6. Квантовая проволока.
7. Наночастицы с ГЦК решеткой

8. Структурные и электронные магические числа нанокластера.
9. Физические процессы в наноструктурированных материалах.
10. Методы исследования нанообъектов.
11. Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур

## 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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ**

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Квантовая точка.
2. Наночастицы с ГЦК решеткой

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 экзаменационного билета (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ, ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

### Теоретические вопросы к экзамену

1. Область фундаментальной и прикладной науки и техники - нанотехнологии
2. Методы исследования нанообъектов
3. Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер
4. Определения понятия – нанотехнологии
5. Самоорганизация наночастиц и самоорганизующиеся процессы
6. Структурные и электронные магические числа нанокластера
7. Новые технологии и функциональные материалы

8. Наноматериалы и способы их получения
9. Типы оптоэлектронных приборов
10. Наночастицы и нанобъекты
11. Периодизация технологических революций
12. Излучательные переходы в полупроводника
13. Использование нанобъектов
14. Отношение общества к нанотехнологиям
15. Оптоэлектронные приборы
16. Использование нанокompозитов
17. Структурные и электронные магические числа нанокластера
18. Спектроскопия
19. Пространственные масштабы объектов современных электронных и живых систем
20. Нанокompозиты
21. Ионно-полевая и сканирующая микроскопия
22. Наноструктурированные материалы
23. Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур
24. Стратегии реализации нанопроизводства
25. Эмпирические законы Гордона Мура
26. Новые свойства и характеристики наноструктурированных материалов
27. Наночастицы с ГЦК решеткой
28. Нанотехнологии в электронике
29. Развитие нанонауки и нанотехнологий в XXI веке
30. Применение наноматериалов
31. Квантовая точка и квантовая яма
32. Крупнейшие потребители товаров нанорынка
33. Основные классы нанобъектов
34. Примеры наноматериалов
35. Нанотехнологии в искусстве

### Образец экзаменационного билета

#### 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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И  
НАНОСИСТЕМ**

#### Билет №1

1. Ионно-полевая и сканирующая микроскопия
2. Наноструктурированные материалы
3. Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,

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

Зав. кафедрой  
Преподаватель

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

### **Критерии оценивания экзамена**

<b>Номер задания</b>	<b>Количество баллов</b>
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 ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамен. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

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

<b>Организационно учебная работа студента</b>	<b>СРС</b>	
	<b>Индивидуальная работа</b>	<b>Модульный контроль</b>
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов

#### **Шкала соответствия баллов национальной шкале**

<b>Оценка по шкале ECTS</b>	<b>Оценка по 100-балльной шкале</b>	<b>Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>Оценка по государственной шкале (зачет)</b>
<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 №016 «Физика полупроводников». Класс оборудован комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, доской фломастерной, 1 ноутбук, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной, 1 Вакуумный универсальный пост -2К, 1 Форвакуумный насос, 1 Спектрометр СМ - 4А. В учебной лаборатории «Электронной микроскопии» №313, оборудованной комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 ноутбук, 1 Электронный микроскоп вакуумный-

100ЛМ, 1 Микроскоп металлографический-7, 1 Вакуумметр ионизационно-термопарный-2АП, 1Вакуумный универсальный пост-4.

#### 14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Румянцев В.В. Методы диагностики и анализа микро- и наносистем [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.В.Румянцев – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	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	
3.	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. – 246 с.	2	
4.	Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	1	+
<b>Дополнительная литература</b>			
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.	11	+
6.	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.		+
7.	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	
8.	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.	2	
9.	Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы: учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) – Химия / А. А.	1	

	Елисеев, А. В. Лукашин. – Москва: Физматлит, 2010.		
10.	Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 454 с.	1	
11.	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 \_\_\_\_\_