

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Физико-технический факультет**

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-методической  
учебной работе

Е.И. Скафа

22 » апреля 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Размерные эффекты в нанокристаллических материалах**

Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Магистерская программа:	Физика конденсированного состояния
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП



Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913; 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 Физика конденсированного состояния, направления подготовки 03.04.02 Физика, 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  
ФИО

В.Н. Котенко

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

«Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» является дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

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», «Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках на предыдущем уровне образования.

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	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	Магистр	
Количество содержательных модулей	4	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	
Год подготовки	2	
Семестр	3	
Количество часов	144	
- лекционных	6	
- практических, семинарских	42	
- лабораторных		
- самостоятельной работы	96	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	
в т.ч. аудиторных	4	

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи

**Цель** - в получении углубленных знаний в области физических основ формирования структуры и «особых» свойств наноразмерных и наноструктурированных материалов: формировании у будущих специалистов умений для использования этих эффектов для создания новых функциональных материалов и технологий их изготовления.

**Задача** - получение углубленных знаний в области физических и физико-химических основ формирования структуры и свойств наноразмерных систем; систематизацию способов и приемов получения наноструктурированных материалов, обзор их функциональных свойств, подходов и примеров разработок новых функциональных материалов, основанных на

специфике свойств нанообъектов и наноструктурированных систем; предоставление сведений об основных перспективных технологиях.

**Требования к результатам освоения дисциплины.** Процесс изучения дисциплины «Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ направления 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:**

- физические основы формирования материалов с нетрадиционными структурами: фрактальных агрегатов; фуллеренов и фуллерита; кластеров и кластерных систем; наноразмерных частиц, аморфных и нанокристаллических материалов;
- механизм формирования дефектов в нанокристаллических материалах;
- причины, вызывающие формирование зернограницной сегрегации.
- технологические основы формирования нанокристаллических материалов;
- физические основы перспективных нанотехнологий;
- методы анализа и исследования наноструктур

**уметь:**

- выбирать методы контроля структуры и дефектности наноматериалов;
- выбирать технологии получения наночастиц, пленок, массивных наноматериалов соответственно поставленной задачи;
- выбирать условия силового нанотестирования для заданных образцов;
- определять тип зернограницных сегрегаций.
- подбирать необходимую для проектирования материалов с заданными свойствами справочную литературу;
- обоснованно выбирать наноматериалы и рационально их использовать

**владеть:**

- основами анализа свойств наноматериалов и методами их получения

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

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<b><i>Содержательный модуль 1 «Особенности структуры наноматериалов»</i></b>	
<b><i>Тема 1. Особенности структуры наноматериалов</i></b>	Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал». Критический размер существования нанокристаллического материала. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества
<b><i>Содержательный модуль 2. «Типы наноразмерных систем»</i></b>	
<b><i>Тема 2. Типы наноматериалов</i></b>	Наноизделия. Микроизделия. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
<b><i>Тема 3. Свойства наноматериалов</i></b>	Особенности свойств наноматериалов
<b><i>Содержательный модуль 3. «Нанотехнологии»</i></b>	
<b><i>Тема 4. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки</i></b>	Фуллерены, фуллериты, нанотрубки
<b><i>Тема 5. Область применения наноматериалов</i></b>	Основные области применения наноматериалов и нанотехнологий: конструкционные материалы, инструментальные материалы, производственные технологии, триботехника, военное дело, ядерная энергетика, электро-магнитная и электронная техника, защита

	поверхности материалов, медицина и биотехника
<b>Содержательный модуль 4. «Проблемы наноматериаловедения»</b>	
<b>Тема 6. Основные проблемы наноматериаловедения</b>	Слипание наночастиц при формировании изделий из нанопорошков. Нестабильность структуры наноматериалов. Коррозия наноструктурных конструкционных материалов.

## Тематический план

Содержательный модуль 1-« Особенности структуры наноматериалов»											
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
Тема 1. Особенности структуры наноматериалов	24	1	7		16						
Итого по содержательному модулю 1	24	1	7		16						

## Тематический план

Содержательный модуль 2-«Типы наноразмерных систем»											
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
Тема 2. Типы наноматериалов	24	1	7		16						
Тема 3. Свойства наноматериалов	24	1	7		16						
Итого по содержательному модулю 2	48	2	14		32						

## Тематический план

<b>Содержательный модуль 3-« Нанотехнологии»</b>											
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
<b>Тема 4. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки</b>	24	1	7		16							
<b>Тема 5. Область применения наноматериалов</b>	24	1	7		16							
<b>Итого по содержательному модулю 3</b>	48	2	14		32							

## Тематический план

Содержательный модуль 4-« Проблемы наноматериаловедения »												
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 6. Основные проблемы наноматериаловедения	24	1	7		16							
Итого по содержательному модулю 4	24	1	7		16							
Всего часов по дисциплине	144	6	42		96							

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

## Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Особенности структуры наноматериалов	1
2	Типы наноматериалов	1
3	Свойства наноматериалов	1

4	Фуллерены, фуллериты, нанотрубки	1
5	Область применения наноматериалов	1
6	Основные проблемы наноматериаловедения	1
	<b>ВСЕГО</b>	<b>6</b>

### Темы практических занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Структура, типы и свойства наноматериалов	10
2	Применение наноматериалов	11
3	Проблемы наноматериаловедения	10
4	Углеродные нанообъекты	11
	<b>ВСЕГО</b>	<b>42</b>

## 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	Свойства индивидуальных наночастиц	16
2	Углеродные наноструктуры	16
3	Объёмные наноструктурированные материалы	16
4	Получение и стабилизация наночастиц	16
5	Размерные эффекты в гетерогенных системах	16
6	Кинетические закономерности электроосаждения наночастиц и плёнок металлов	16
	<b>ВСЕГО</b>	<b>96</b>

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Исследование структуры.
2. Метод вращения кристалла.
3. Метод порошка
4. Магнитные дефекты в наносистемах: энергия взаимодействия и вращательный момент.
5. Кулоновский радиус экранировки.
6. Методы определения размеров частиц: электронная микроскопия и дифракционный метод.
7. Влияние размера границ зерен на свойства: аномалии механического поведения.
8. Дислокационная модель границ раздела: малоугловые и большеугловые границы.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Терминологические подходы к описанию понятия «наноматериал».



2. Критический размер существования нанокристаллического материала.
3. Доля границ раздела в общем объеме наноматериала.
4. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества
5. Наноизделия. Микроизделия.
6. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
7. Композиты с компонентами из наноматериалов.
8. Особенности свойств наноматериалов

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки:	<b>03.04.02 Физика</b>
Магистерская программа:	<b>Физика конденсированного состояния</b>
Программа подготовки:	<b>академическая магистратура</b>
Семестр	<b>3</b>
Учебная дисциплина	<b>Размерные эффекты в нанокристаллических материалах</b>

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ВАРИАНТ №1

1. Возникновение новых качеств при уменьшении объема вещества
2. Наноизделия

Утверждено на заседании кафедрой 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	15
Задание 2	15
<b>Всего</b>	<b>30</b>

## 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

### *Теоретические вопросы к экзамену*

1. Введение. Классификация веществ по агрегатным состояниям. Особенности четырех агрегатных состояний. Формула кристалла. Ближний и дальний порядок.
2. Двумерные и трехмерные решетки Браве. Элементарная и примитивная ячейки. Ячейка Вигнера – Зейтца.
3. Исследование структуры. Рентгеновское излучение. Закон Вульфа – Брэгга.

4. Типы связей в кристаллах и наносистемах: молекулярная связь. Потенциал 6 – 12 (потенциал Ленарда - Джонса). Сжимаемость и объемный модуль упругости.
5. Типы связей в кристаллах и наносистемах: ионная связь – потенциал и энергия Маделунга. Ковалентная связь. Системы с водородными связями.
6. Типы связей в кристаллах: металлическая связь. Модель и основные положения модели Друде.
7. Классификация веществ и материалов по размеру частиц (зерен). Типы нанокристаллических материалов.
8. Дефекты в наноматериалах. Классификация их по геометрическому признаку. Границы кристаллитов и другие дефекты. Доля границ зерен в объеме наноматериалов.
9. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах: число частиц на поверхности и полное число частиц в системе.
10. Характерные размерные и физические параметры: длина свободного пробега; радиус Лармора; длина когерентности и глубина проникновения; радиус экранировки и д.т.
11. Точечные дефекты. Взаимодействие заряженных и магнитных дефектов с межфазными и межзеренными границами раздела.
12. Взаимодействие дислокаций с границами раздела.
13. Энергия границ раздела: электростатическая составляющая энергии; энергия зонной структуры. Структурный фактор системы и внутренний структурный фактор.
14. Фактор Дебая – Уоллера в дебаевском и эйнштейновском приближениях и соответствующие характеристические температуры, например, селена.
15. Явления сегрегации как следствие процесса диффузии: граничные условия Мак Лина, Ленгмюра и Фаулера, многослойные сегрегации.
16. Термодинамика. Фазовые равновесия: пограничные сегрегации и пересыщенные фазы. Закономерности адсорбции.
17. Рекристаллизация как следствие диффузии.
18. Механические свойства: пористость по измерению твердости по Виккерсу и модуль Юнга.
19. Роль пор, несплошностей и несовершенств контактов в понижении прочности и пластичности.
20. Закон Холла – Петча для аморфного состояния.
21. Электрические и оптические (инфракрасные спектры) свойства наноматериалов.
22. Магнитные свойства: влияние размера частиц на коэрцитивную силу.
23. Методы синтеза нанопорошков: газо - , термо –и механосинтез и др. методы.
24. Структурные и фазовые превращения: фононный спектр и теплоемкость.
25. Границы раздела в компактируемых наноматериалах.
26. Нанотехнологии: литография, молекулярно – лучевая эпитаксия, сканирующая туннельная и атомно – силовая микроскопия.

### ***Образец экзаменационного билета***

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

Физико-технический факультет

*Направление подготовки:*  
*Магистерская программа:*  
*Программа подготовки:*  
*Семестр*  
*Учебная дисциплина*

**03.04.02 Физика**  
**физика конденсированного состояния**  
**академическая магистратура**  
**3**  
**Размерные эффекты в нанокристаллических материалах**

**БИЛЕТ №1**

1. Классификация веществ по агрегатным состояниям .
2. Точечные дефекты.
3. Закон Холла – Петча для аморфного состояния

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

Зав. кафедрой  
Экзаменатор

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

### *Критерии оценивания экзамена*

<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. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. 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	
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)
<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

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» 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.

## 13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Иваницын Н.П., Терехов С.В., Юрченко В.М. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Н.П.Иваницын, С.В.Терехов, В.М.Юрченко – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. – 246 с.	2	
3.	Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	3	+
<b>Дополнительная литература</b>			
4.	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	
5.	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику. – М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	
6.	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. – 96 с.	11	

7.	Ковшов А. Н. Основы нанотехнологии в технике: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных 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.	2	
8.	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.	6	
9.	Игнатенко П. И. Кинетика образования и роста критических зародышей в наноструктурных пленках боридов, нитридов и силицидов / П. И. Игнатенко, Н. П. Иваницын // Физика твердого тела. – Санкт-Петербург, 2012. – Т. 54, № 12. – С. 2378-2382.	1	
10.	Тихий А. А. Учет сложной структуры поверхности при интерпретации результатов эллипсометрических измерений тонких прозрачных пленок на примере оксида Индия (III) / А. А. Тихий, Ю. М. Николаенко, М. Ю. Бадекин, В. Н. Саяпин, Н. П. Иваницын, И. В. Жихарев // Вестник Донецкого национального университета [Текст]: научный журнал. Серия А. Естественные науки / Донецкий нац. ун-т; редкол. серии: С. В. Беспалова (гл. ред.) и др. – Донецк. – 2017, № 3. – С. 112-117.	1	

#### 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<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:

#### 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 \_\_\_\_\_