

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

**«РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛАХ»**

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Физика конденсированного состояния

Программа подготовки: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2019

УТВЕРЖДАЮ:

Врио декана физико-технического
факультета



С.А.Фоменко

« 10 » апреля 2019 г.

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

Программа учебной дисциплины «РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ» 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:

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

Иваницын Н.П.

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 «РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

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

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	4	
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	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 изучения дисциплины «Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» заключается 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 изучения дисциплины «Размерные эффекты в нанокристаллических материалах» предполагает 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 нанобъектов 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 по направлению подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего 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 зернограницной сегрегации.
- 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
	<i>Содержательный модуль 1. Особенности структуры наноматериалов</i>
<i>Тема 1. Особенности структуры наноматериалов</i>	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
	<i>Содержательный модуль 2. Типы наноразмерных систем</i>

Тема 2. Типы наноматериалов	Наноизделия. Микроизделия. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные. Композиты с компонентами из наноматериалов.
Тема 3. Свойства наноматериалов	Особенности свойств наноматериалов
	Содержательный модуль 3. Нанотехнологии
Тема 4. Фуллерены, фуллериты, нанотрубки	Фуллерены, фуллериты, нанотрубки
Тема 5. Область применения наноматериалов	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
	Содержательный модуль 4. Проблемы наноматериаловедения
Тема 6. Основные проблемы наноматериаловедения	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-« <i>Типы наноразмерных систем</i> »												
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
<i>Тема 2. Типы наноматериалов</i>	24	1	7		16							
<i>Тема 3. Свойства наноматериалов</i>	24	1	7		16							
<i>Итого по содержательному модулю 2</i>	48	2	14		32							

Тематический план

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

Практические не предусмотрены учебным планом.

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
	ВСЕГО	6

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№	Название темы	Количество
----------	----------------------	-------------------

<i>n/n</i>		<i>часов</i>
1	Структура, типы и свойства наноматериалов	10
2	Применение наноматериалов	11
3	Проблемы наноматериаловедения	10
4	Углеродные нанобъекты	11
	ВСЕГО	42

**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	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
	ВСЕГО	96

7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.

Темы для выполнения индивидуальной работы

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 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

3

Учебная дисциплина

**РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

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

Утверждено на заседании кафедры 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
Всего	30

**10. Образец экзаменационного билета (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К
ЭКЗАМЕНУ, ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)**

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: фоновый 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:

03.04.02 Физика

Магистерская программа:

физика конденсированного состояния

Программа подготовки:

магистратура

Семестр

3

Учебная дисциплина

***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

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. Образец тестового задания (при наличии)

12. Критерии оценивания

По курсу «РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ» 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

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

Шкала соответствия баллов национальной шкале

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

13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Учебные занятия проводятся в учебной лаборатории «Физика диэлектриков» №013. Оборудована 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, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
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 нанобъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	3	+
Дополнительная литература			
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. Воложанина, 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-	1	

	Петербург, 2012. – Т. 54, № 12. – С. 2378-2382.		
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	

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 _____