

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-методической  
и учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Скафа

«01» июля 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

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

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана физико-технического  
факультета

С.А. Фоменко

«24» июня 2020 г.

МП



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

Разработчик:

В.н.с., доктор физ-мат наук,  
профессор кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий

Метлов Л.С.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № 19 от «11» июня 2020 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Варюхин В.Н.

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

Протокол № 6 от «23» июня 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

Котенко В.Н.

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

Дисциплина «Современные функциональные материалы» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: Наноматериалы и нанотехнологии).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Дефекты в кристаллах», «Материалы и методы нанотехнологий» на предыдущем уровне образования.

Состоит из модуля: «Современные функциональные материалы».

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

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы	
Магистерская программа	Наноматериалы и нанотехнологии	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина обязательной / вариативной части образовательной программы	Дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Экзамен, модульный контроль	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	5	5
Год подготовки	2	2
Семестр	3	
Количество часов	180	180
- лекционных	14	2
- практических, семинарских	42	8
- лабораторных		
- самостоятельной работы	124	170
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	10
в т.ч. аудиторных	4	10

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи.

**Цель** – развить у студентов необходимые общие и специальные компетенции в области современных функциональных материалов.

### Задачи:

- повышение знаний по методам получения, строения и свойств функциональных материалов, а также их практических применений
- повышение умений проводить компьютерные эксперименты для моделирования эволюции состояний функциональных материалов при различных внешних воздействиях
- умение отслеживать за современным состоянием науки о функциональных материалах, умение осуществлять интернет поиск литературы по данной проблеме.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы (магистерская программа: Наноматериалы и нанотехнологии):

**а) универсальных (УК):**

Способен применять современные коммуникативные технологии для академического и профессионального взаимодействия (УК-4);

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

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

Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов (ОПК-5) ;

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

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

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

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

**производственно-технологическая деятельность:**

способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ПК-6);

**организационно-управленческая деятельность:**

готов к осуществлению организационных мероприятий по реализации запланированных научно-исследовательских работ, способен контролировать соблюдение техники безопасности и регламента выполнения работ (ПК-9);

**проектная деятельность:**

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

**В результате изучения дисциплины студент должен**

**знать:** основные типы функциональных материалов, их свойства и возможные области применимости.

**уметь:** рассчитывать и проводить компьютерные эксперименты по моделированию эволюции плотности структурных дефектов для поликристаллов при обработке их методами МПД, а также компьютерные эксперименты для изучения изменения компонентов структурного параметра в сплавах Гейслера при фазовых переходах в зависимости от изменения температуры или внешних воздействий.

**владеть:** навыками аналитического анализа и компьютерного моделирования

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

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<i><b>Содержательный модуль «Современные функциональные материалы»</b></i>	
<b>Тема 1.</b> Введение.	История возникновения науки о функциональных и многофункциональных материалах
<b>Тема 2.</b> Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	Наряду с другими функциональными материалами выделен особый класс материалов, обладающих ЭПФ. Эти материала классифицируются по составу, характеру мартенситных превращений, наличию магнитных или электрических подсистем и т.д.
<b>Тема 3.</b> Актуаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ	Сплавы Гейслера, обладающие наряду с ЭПФ (за счет структурных фазовых переходов) и выраженными магнитными свойствами, позволяющих управлять ЭПФ с помощью магнитных полей. Это позволяет использовать их, как умные материалы в различных актуаторах.
<b>Тема 4.</b> Мартенситные и обратные фазовые переходы	Важнейшее свойство, ЭПФ, обусловлен когерентным движением двойниковых границ, возникающих в мартенситном состоянии вследствие существования различных мартенситных фаз с различными компонентами параметра порядка. При мартенситном и обратном переходе сопровождаются магнитокалорическим, барокалорическим и эластокалорическим эффектами. Эти свойства могут быть полезными для создания безфлюидных холодильников.
<b>Тема 5.</b> Мегапластическая деформация (МПД) поликристаллических и аморфных функциональных материалов	Указана роль МПД в создании и улучшении свойств функциональных материалов с поликристаллическим или аморфным строением. Перечислены и охарактеризованы основные виды МПД, а также различные схемы нагружения и их комбинации.
<b>Тема 6.</b> Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	Основную роль в формировании свойств всех материалов при их обработке методами МПД играют процессы генерации и аннигиляции структурных дефектов. Поскольку плотность структурных дефектов при МПД возрастает на порядки, то для описания кинетики этих процессов и ее связь с формированием основных свойств материала развит специальный метод неравновесной термодинамики (НЭТ).
<b>Тема 7.</b> Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике	Представлены различные приложения функциональных материалов в медицине в виде нанобиороботов, зубных и других костных протезов, искусственных артерий и т.д.,

## Тематический план

Содержательный модуль : 1-« <i>Современные функциональные материалы</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 1.</i> Введение.	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 2.</i> Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 3.</i> Актюаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 4.</i> Мартенситные и обратные фазовые переходы	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 5.</i> Мегапластическая деформация (МПД) поликристаллических и аморфных функциональных материалов	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 6.</i> Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	25	2	6		17		25,2	0,2	1		24	
<i>Тема 7.</i> Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике	30	2	6		22		28,8	0,8	2		26	
<i>Итого по содержательному модулю</i>	180	14	42		124		180	2	8		170	
<i>Всего часов по дисциплине</i>	180	14	42		124		180	2	8		170	

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

## Темы лекционных занятий

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

<b>n/n</b>		<b>часов</b>
1	Введение.	2
2	Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	2
3	Актюаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ	2
4	Мартенситные и обратные фазовые переходы	2
5	Мегапластическая деформация (МПД) поликристаллических и аморфных функциональных материалов	2
6	Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	2
7	Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>14</b>

### Темы практических занятий

<b>№ n/n</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Освоить работу программного комплекса расчета эволюции плотности структурных дефектов	8
2	Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции плотности дефектов при различных параметрах модели	13
3	Освоить работу программного комплекса расчета эволюции параметров порядка в сплавах Гейслера	8
4	Провести компьютерные эксперименты расчета эволюции структурных параметров порядка при различных модельных константах	13
	<b>ВСЕГО</b>	<b>42</b>

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

### Организация самостоятельной работы студентов

<b>№ n/n</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Соотношение Гиббса с явным учетом основных каналов диссипации энергии, связанных с генерацией и аннигиляцией структурных дефектов.	15
2	Мегапластическая деформация	15
3	Неравновесная эволюционная термодинамика МПД	15
4	Актюаторы	15
5	Мартенситные и обратные фазовые переходы	15
6	Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ)	15
7	Система уравнений, описывающих эволюцию компонентов параметра порядка сплавов Гейслера при внешнем нагружении для 1D случая.	15
8	Применения функциональных материалов в медицине, измерительной	19

	технике и робототехнике	
	<b>ВСЕГО</b>	<b>124</b>

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

### Темы для выполнения индивидуальной работы

1. Подобрать по литературным источникам (поиск в Интернете) примеры применения функциональных материалов в космической технике.
2. Используя интернет ресурсы найти дополнительные литературные источники по проблеме “материалы с эффектом памяти формы, как современных функциональных материалов”, в духе настоящей программы. Представить отчет в виде ссылок на соответствующие сайты и подборки статей в pdf-формате и анализа найденной литературы.
3. Используя интернет ресурсы найти дополнительные литературные источники по проблеме мегапластической деформации (интенсивной пластической деформации), как способа улучшения функциональных свойств материалов. Представить отчет в виде ссылок на соответствующие сайты и подборки статей в pdf-формате и анализа найденной литературы.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Опишите структуру компьютерной программы для расчета эволюции структурных дефектов в поликристаллических металлах и сплавах.
2. Каковы особенности эволюции структурных дефектов в процессах МПД?
3. Какие виды МПД получили наиболее широкое распространение в мире?  
Назовите их особенности и достоинства. .
4. Какие принципы заложены в основу НЭТ?
5. Актуаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ.
6. Мартенситные и обратные фазовые переходы.
7. Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ).
8. Применения функциональных материалов в медицине, измерительной технике и робототехнике.

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:	<b>28.04.03 Наноматериалы</b>
Магистерская программа:	<b>наноматериалы и нанотехнологии</b>
Программа подготовки:	<b>магистратура</b>
Семестр	<b>3</b>
Учебная дисциплина	<b>Современные функциональные материалы</b>

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ВАРИАНТ №1

1. Какие принципы заложены в основу НЭТ?
2. Актуаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ.

### 3. Мартенситные и обратные фазовые переходы.

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

#### 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

(теоретические вопросы к экзамену, образец билета и критерий оценивания)

##### *Теоретические вопросы к экзамену*

1. Какого типа функциональные материалы известны в настоящее время?
2. Каковы особенности эволюции структурных дефектов в процессах МПД?
3. Какие виды МПД получили наиболее широкое распространение в мире?
4. Назовите особенности и достоинства МПД.
5. Какие принципы заложены в основу НЭТ?
6. Актюаторы и другие применения материалов, обладающих ЭПФ.
7. Мартенситные и обратные фазовые переходы.
8. Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ).
9. Приведите примеры практических приложений функциональных материалов.
10. Назовите основные типы методов мегапластической деформации для обработки металлов, сплавов и аморфных материалов .
11. Раскройте основные принципы теории неравновесной эволюционной термодинамики для описания эволюции плотности структурных дефектов.
12. Опишите основную схему модернизации соотношения Гиббса (основное соотношение термодинамики) для явного выделения основных каналов диссипации энергии, связанной со структурными дефектами.
13. Каковы основные особенности мартенситных превращений в материалах с ЭПФ?

#### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:

**28.04.03 Наноматериалы**

Магистерская программа:

**Наноматериалы и нанотехнологии**

Программа подготовки:

**магистратура**

Семестр

**3**

Учебная дисциплина

**СОВРЕМЕННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ**

**БИЛЕТ №1**

1. Особенности и достоинства МПД.
2. Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ).
3. Основные особенности мартенситных превращений в материалах с ЭПФ.

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

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

**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. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

По курсу «Современные функциональные материалы» 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*

<b>Организационно учебная работа студента</b>	<b>СРС</b>			<b>Всего</b>
	<b>Индивидуальная работа</b>	<b>Модульный контроль</b>	<b>Индивидуальная творческая работа</b>	
Мах 10 баллов	мах 5 баллов	мах 30 баллов	мах 5 баллов	100 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

**12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.**

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Современные

функциональные материалы» проводятся в учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Оборудована комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, фломастерная доска, 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 с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет.

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 комплект 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.	Метлов Л.С. Современные функциональные материалы(Электронный ресурс);учебно-методическое пособие/Л.С.Метлов,А.Г.Петренко-Д.:ДонНУ,2020.-Эд		
2.	Термодинамические принципы самоорганизации : курс лекций для студентов специальности 6.040203 "Физика" / [авт.-сост. Л. С. Метлов] ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра нанофизики. - Донецк : ДонНУ, 2015. - 230 с.	6	
3.	Методические рекомендации по изучению курса "Стохастические методы в физике" : (для студентов специальности 6.040203 "физика") / [сост. Л. С. Метлов] ; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра нанофизики. - Донецк : ДонНУ, 2013. - 144 с.	11	
4.	Методические указания к выполнению расчетных работ по физике : (для студентов физ. и мат. фак-тов) / [сост. А. Н. Семко] ; Донецк. нац. ун-т, Каф. общ. физики и дидактики физики. - Донецк : ДонНУ, 2007. - 48 с.	5	
5.	Метлов, Л. С. Неравновесная эволюционная термодинамика вакансий и межузельных атомов. Теория плавления твердых тел / Л. С. Метлов // Вестник Донецкого национального университета [Электронный ресурс] : научный журнал. Серия А. Естественные науки / Донецкий нац. ун-т ; редкол. серии: С. В. Беспалова (гл. ред.) и др. - Донецк. - 2016, № 2. - С. 70-82.	1	+
<b>Дополнительная литература</b>			

6.	Пойманов В. Д. Модель фб фазовых переходов второго рода на языке параметра порядка и энтропии / В. Д. Пойманов, Л. С. Метлов // "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности", Международная научная конференция (1 ; 2016 ; Донецк). I Международная научная конференция "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности" [Текст] : материалы конференции : 16-18 мая 2016 г. : [в 7 т.]. Физико-математические, технические науки и экология. - Ростов-на-Дону, 2016. - Т. 1. - С. 155-157.	1	
7.	Дояр, М. И. Двухмодовые структуры твердых тел, полученные при мегапластической деформации / М. И. Дояр, Л. С. Метлов, В. М. Ткаченко // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк). Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса [Текст] : материалы конференции ... : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Физико-математические и технические науки. - Донецк, 2017. - Т. 1. - С. 135-137.	2	
8.	Метлов Л. С. Особенности фазовых переходов в нестехиометрических сплавах / Л. С. Метлов, Я. О. Чистик // "Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности", Международная научная конференция (3 ; 2018 ; Донецк). Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : III Международная научная конференция / [под общ. ред. С. В. Беспаловой] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет" ; Фонд "Русский мир". - Донецк, 2018. - Т. 1 : Физико-математические и технические науки / [под общ. ред. С. В. Беспаловой]. - С. 86-87.	4	
9.	Метлов, Л. С. Фазовые портреты нелинейного осциллятора с двухмнимым потенциалом / Л. С. Метлов // Вісник Донецького національного університету [Текст] : науковий журнал. Серія А. Природничі науки / Донецький нац. ун-т ; голов. ред. В. П. Шевченко ; редкол. серії: В. П. Шевченко (голов. ред.) та ін. ; відп. ред. С. В. Беспалова. - 2013. - № 1. - С. 109-113.	1	

#### 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

(с указанием названия и полного электронного адреса)

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

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

#### 15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (при наличии)

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 “\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

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

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

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_