

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научной, методической
и учебной работе

_____/ И.М. Скафа

«01»

июня

2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
НАНОФОТОНИКА**

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:

Профессор, 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 № 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 «Нанофотоника» 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 «Введение в специальность», «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем», «Основы оптоэлектроники» на предыдущем уровне образования.

Состоит из модулей: «Наноматериалы и нанотехнологии» и «Оптоэлектроника и нанофотоника».

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	2	
Дисциплина обязательной / вариативной части образовательной программы	Дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Зачет, модульный контроль	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	6	6
Год подготовки	1	1
Семестр	1	
Количество часов	216	216
- лекционных	18	2
- практических, семинарских	18	4
- лабораторных		
- самостоятельной работы	180	210
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	2	6
в т.ч. аудиторных	2	6

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи.

Цель – состоит в предоставлении будущим магистрам необходимого объема знаний, представлений, экспериментальных фактов и теоретических моделей в нанотехнологиях.

Задачи - овладение теоретическими основами материала, подготовку будущего специалиста к самостоятельной научной работе в отрасли нанофизики.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины «Нанофотоника» 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 осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);

Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);

Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели (УК-3);

Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки (УК-6).

б) общепрофессиональных (ОПК):

Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей (ОПК-1) ;

Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и наноматериалов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений (ОПК-3);

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) ;

Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области получения наноматериалов (ОПК-7).

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 к анализу и обобщению результатов научно-исследовательских работ, поиску и анализу научной и технической информации в области нанотехнологий и смежных дисциплин для научной, патентной и маркетинговой поддержки проводимых исследований, к самостоятельной подготовке публикаций в отечественных и зарубежных изданиях (ПК-3);

способен к академической мобильности, активному партнерскому участию в работе зарубежных научно-исследовательских лабораторий во время научных стажировок, а также путем презентации стендовых и устных докладов на научных конференциях (ПК-4);

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);

способен к составлению методических документов (в том числе лабораторного журнала) при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ (ПК-7);

способен участвовать в оптимизации существующих методик создания и применения наносистем наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий (ПК-8);

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);

способен провести экспертизу научно-исследовательских работ в области нанотехнологий (ПК-10);

способен руководить курсовыми и другими квалификационными работами обучающихся (бакалавров) и стажеров (ПК-11);

готов к кооперации с коллегами и работе в коллективе, к организации работы малых коллективов исполнителей (ПК-12);

проектная деятельность:

способен участвовать в разработке бизнес-планов и оценивать экономическую эффективность и возможность коммерциализации наукоемкой продукции –наносистем, наноматериалов и изделий на их основе (ПК-13);

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

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- способы описания электромагнитных явлений в среде;
- экситоны и поляритоны в кристалле;
- типы нанообъектов и нанокомпозитов;
- фотоника и фотонные структуры;
- нанофотоника;
- электромагнитные возбуждения в решетке нанопор-резонаторов

уметь:

- вести информационный поиск необходимых для научных исследований источников;
- ориентироваться в современных материалах, оборудовании и технических системах, которые используются в современных нанотехнологиях;
- выбирать методы исследования для определенных материалов нанофотоники.

владеть:

- базовой терминологией нанофотоники, применяющей использование квантовых точек;
- методами создания определенных наноразмерных устройств на основе квантовых точек.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<i>Содержательный модуль 1 «Наноматериалы и нанотехнологии»</i>	

Содержательный модуль : 1-« Типы наноразмерных объектов и нанокompозитов »									
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

Тема 1. Введение.	26	2	2		22		26,75	0,25	05		26	
Тема 2. Экситоны и поляритоны в кристалле	29	3	3		23		26,75	0,25	05		26	
Тема 3. Фотоника и нанофотоника	26	2	2		22		26,75	0,25	05		26	
Тема 4. Наноматериалы в фотонике	27	2	2		23		27,75	0,25	05		27	
Итого по содержательному модулю 1	108	9	9		90		108	1	2		105	

Тематический план

Содержательный модуль : 2-«Оптоэлектроника и нанофотоника»												
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 5. Пространственные масштабы объектов нанофотоники	26	2	2		22		26,75	0,25	05		26	
Тема 6. Материалы фотоники на основе квантовых точек	27	2	2		23		26,75	0,25	05		26	
Тема 7. Электромагнитные возбуждения в неидеальном массиве микропор-резонаторов	28	3	3		22		26,75	0,25	05		26	
Тема 8. Нанофотоника и микроэлектроника	27	2	2		23		27,75	0,25	05		27	
Итого по содержательному модулю 2	108	9	9		90		108	1	2		105	
Всего часов по дисциплине	216	18	18		180		216	2	4		210	

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

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Введение. Типы наноразмерных объектов и нанокompозитов.	2
2	Экситоны и поляритоны в кристалле	3
3	Фотоника и нанофотоника Основные понятия и определения	2
4	Нanomатериалы в фотонике	2
5	Пространственные масштабы объектов нанофотоники	2
6	Материалы фотоники на основе квантовых точек	2
7	Электромагнитные возбуждения в неидеальном массиве микропор-резонаторов	3
8	Нанофотоника и микроэлектроника	2
	ВСЕГО	18

Темы практических занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Описание электромагнитных явлений в среде	2
2	Наноразмерные объекты и нанокompозиты	1
3	Фотоника и нанофотоника. Основные понятия.	1
4	Электромагнитные возбуждения в слоистых структурах	2
5	Наноструктурированные материалы. Квантовая точка. Квантовая яма. Квантовая проволока.	2
6	Распространение электромагнитных возбуждений в неидеальном массиве микропор-резонаторов.	2
7	Поляритонные возбуждения и особенности разупорядочения, обусловленных наличием дефектов в исследуемой структуре	2
8	Нанопористые материалы, содержащие квантовые точки	2
9	Поляритоны в неидеальной 1D решетке микропор в условиях однородной упругой деформации	2
10	Нанофотоника и микроэлектроника	2
	ВСЕГО	18

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Организация самостоятельной работы студентов

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Способы описания электромагнитных явлений в среде. Внутрикристаллическое поле. Метод действующего поля.	20
2	Экситонные поляритоны в атомарных криокристаллах в окрестности частоты дипольно разрешенного перехода	20
3	Оптическая анизотропия кристаллов со структурой алмаза	20
4	Наноструктурированные материалы. Размерные особенности	20

5	Нанопористые материалы, содержащие квантовые точки	20
6	Генерация экситонных поляритонов в алмазоподобных полупроводниках полем движущейся β -частицы.	20
7	Типы оптоэлектронных приборов. Излучательные переходы в полупроводниках. Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер	20
8	Дефектные структуры и физические свойства наноструктур, содержащих квантовые точки	20
9	Нанопотоника. Когерентность случайных процессов. Когерентные свойства оптического излучения. Временная и пространственная когерентность.	20
ВСЕГО		180

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

Темы для выполнения индивидуальной работы

1. Использование нанокompозитных материалов в нанопотонике.
2. Компьютеры, нанолектроника и нанопотоника.
3. Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур
4. Исследование перспективы развития записи информации с использованием нанокompозитных материалов..
5. Перспективы развития оптоэлектроники и нанопотоники на основе новых функциональных наноструктур.
6. Самоорганизация наночастиц и самоорганизующиеся процессы.
7. Получение нанокompозитных материалов с квантовыми точками.
8. Фотонные наноструктурированные материалы.
9. Углеродные нанотрубки с точечными дефектами.
10. Фотонные наноструктуры.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Функциональные наноматериалы для фотоники
2. Область фундаментальной и прикладной науки и техники - нанопотоника.
3. Определение понятия «нанопотоника». Терминология.
4. Фотонные наноструктуры, содержащие квантовые точки.
5. Наночастицы, нанообъекты и нанокompозиты, используемые в фотонике.
6. Размерные особенности квантовых точек в фотонных структурах
7. Наноматериалы, их получения и использование в фотонике.
8. Инструментальные средства для определения свойств и параметров наноструктур с квантовыми точками.
9. Электромагнитные возбуждения в нанокompозитных материалах, содержащих квантовые точки.
10. Нанотехнологии в микролектронике и фотонике

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ (образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **28.04.03 Наноматериалы**
 Магистерская программа: **наноматериалы и нанотехнологии**
 Программа подготовки: **магистратура**
 Семестр: **1**
 Учебная дисциплина: **Нанофотоника**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Фотонные наноструктуры.
2. Наноматериалы, их получения и использование в фотонике.
3. Определение понятия «нанофотоника».

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
Всего	30

10. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Теоретические вопросы к зачету

1. Область фундаментальной и прикладной науки и техники – нанофотоника
2. Способы описания электромагнитных явлений в среде;
3. Экситоны и поляритоны в кристалле.
4. Пространственные масштабы объектов современных электронных и живых систем
5. Фотоника и нанофотоника Основные понятия и определения.
6. Наночастицы, нанобъекты и нанокомпозиты фотоники.
7. Наноматериалы фотоники на основе квантовых точек
8. Электромагнитные возбуждения в слоистых структурах
9. Распространение электромагнитных возбуждений в неидеальном массиве микропор-резонаторов.
10. Размерные особенности квантовых точек в фотонных структурах
11. Поляритонные возбуждения и особенности разупорядочения, обусловленных наличием дефектов в исследуемой структур
12. Наноструктурированные материалы, используемые в нанофотонике
13. Типы оптоэлектронных приборов.

14. Излучательные переходы в полупроводниках. Светодиоды видимого диапазона и полупроводниковый лазер.
15. Примеры используемых в фотонике наноматериалов, содержащих квантовые точки.
16. Самоорганизация наночастиц и самоорганизующиеся процессы
17. Нанопористые материалы, содержащие квантовые точки.
18. Оптоэлектронные приборы
19. Нанофотоника и микроэлектроника
20. Излучательные переходы в полупроводниках с квантовыми точками
21. Свойства и характеристики наноструктурированных материалов нанофотоники.
22. Поляритоны в неидеальной 1D решетке микропор в условиях однородной упругой деформации.
23. Получение и использование нанокомпозитов в фотонике
24. Нанотехнологии в электронике и фотонике

Зачетная работа включает три задания, за которые студент может получить max 50 баллов.

Критерии оценивания зачета

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Нанофотоника» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и зачета. Зачет сдают студенты с целью повышения рейтинга.

Распределение баллов, которые могут получить студенты в процессе изучения дисциплины

Организационно учебная работа студента	СРС			Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	Индивидуальная творческая работа	
Max 10 баллов	max 5 баллов	max 30 баллов	max 5 баллов	100 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

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Нанопотоника» проводятся в учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Оборудована комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, флوماстерная 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 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
<i>Основная литература</i>			
1.	Румянцев В.В. Нанопотоника [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.В.Румянцев, Ю.А.Паладян – Донецк : ДонНУ, 2020. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	Румянцев В.В. Современные нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.В.Румянцев – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
3.	Joannopoulos J.D. Photonic Crystals. Molding the Flow of Light / J.D. Joannopoulos, S.G. Johnso., J.N. Winn, R.D. Meade / Second Edition. Princeton: Princeton University Press, 2008. - 305p.		+
4.	Румянцев В.В. Взаимодействие электромагнитного излучения и легких частиц с несовершенными кристаллическими средами / В.В. Румянцев. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – 347 с.	3	
5.	Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	3	+
6.	Пашинская Е. Г. Физика деформированных сред:	11	+

	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.		
7.	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.		+
<i>Дополнительная литература</i>			
8.	Наноматериалы, нанопокрывтия, 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	
9.	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	
10	Румянцев В.В., Федоров С.А. Распространение света в слоистых композитных материалах с переменной толщиной слоев // ЖТФ – 2008. – Т.78, № 6. – С. 54-58.	1	
11.	Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы: учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) – Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. – Москва: Физматлит, 2010.	1	
12.	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.	1	
13.	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. – 246 с.	2	
14.	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	
15.	Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер; пер. с англ. А. В. Хачоян. – М.: Техносфера, 2008. – 349 с.	2	
16.	Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 454 с.	1	
17.	Ковшов А. Н. Основы нанотехнологии в технике: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных пр-в";	2	

	"Автоматизированные технологии и пр-ва" / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. – Москва: Академия, 2009. – 239 с.		
--	--	--	--

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 _____