

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

Е.И. Скафа

» апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая и оптическая электроника

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А. Фоменко



Программа учебной дисциплины «Квантовая и оптическая электроника» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; 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 высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры

теоретической физики и нанотехнологий

В.М. Юрченко

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

В.Н.Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Квантовая и оптическая электроника» является дисциплиной вариативной части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Дифференциальные уравнения», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Основы процессов микро и нанотехнологий», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Квантовая механика» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	4
Год подготовки	4	4
Семестр	8	
Количество часов	144	144
- лекционных	20	4
- практических, семинарских	40	8
- лабораторных		
- самостоятельной работы	84	132
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	6	12
в т.ч. аудиторных	6	12

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель - формирование знаний и умений студента в областях современных методов, средств и технологий создания наноструктурированных материалов.

Задача – изучить современные методы, средства и технологии создания наноструктурированных материалов.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Квантовая и оптическая электроника» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального

образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

а) общекультурных (ОК):

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

б) общепрофессиональных (ОПК):

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать: электромагнитную теорию диэлектрических волноводов, закономерности распространения объемных и поверхностных волн в одномерном фотонном кристалле, особенности формирования фотонных кристаллов, методы получения законов дисперсии электромагнитных мод, локализованных в одномерном фотонном кристалле, примеры использования полупроводниковых гетероструктур и физических процессов в наноструктурированных материалах.

уметь: применять на практике знания о закономерностях распространения объемных и поверхностных волн в одномерном фотонном кристалле, особенностях формирования фотонных кристаллов;

владеть: методами получения законов дисперсии электромагнитных мод, локализованных в одномерном фотонном кристалле.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1 «Введение в теорию оптических волноводов»	
Тема 1. Особенности и классификация объектов электроники.	Введение в теорию оптических волноводов. Геометрическая оптика плоских волноводов. Волноводные моды. Смещение Гуса-Хенхена. Эффективная толщина волновода.
Тема 2.	Уравнения Максвелла. Волновые уравнения для плоских волноводов.

Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	Особенности мод плоского волновода. Вариационная теорема в случае диэлектрического волновода.
Содержательный модуль 2 «Фотонные кристаллы»	
Тема 3. Фотонные кристаллы	Фотонные кристаллы: одномерные, двумерные, трехмерные. Фотонно-кристаллические структуры с использованием жидкостных кристаллов
Тема 4. Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	Объемные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Поверхностные электромагнитные волны в фотонном кристалле. Рассеяния света кристаллической нанопленкой. Примеры супер-решеток, их практическое использование. Дефектные структуры. Волны в ограниченной супер-решетке..
Тема 5. Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	Спектр возбуждений одномерного фотонного кристалла, учета дефектов его структуры. Спектр пропускания одномерной супер-решетки.
Тема 6. Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов..	Спонтанное излучение в фотонных кристаллах. Интенсивность излучаемого света. Примеры флуоресцентных структур
Тема 7. Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	Основные типы полупроводниковых гетероструктур. Особенности физических свойств низкоразмерных систем. Биосенсоры и др. Наноккомпозиты как основа функциональной электроники

Тематический план

Содержательный модуль 1 «Введение в теорию оптических волноводов»										
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	В Т.Ч.					В Т.Ч.				
	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа индивидуальная	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа индивидуальная

Тема 1. Особенности и классификация объектов электроники.	34	4	10		20		20				20	
Тема 2. Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	38	6	10		22		24	2	2		20	
Итого по содержательному модулю 1	72	10	20		42		44	2	2		40	

Тематический план

Содержательный модуль 2 «Фотонные кристаллы»												
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 3. Фотонные кристаллы	14	2	4		8		20	1	1		18	
Тема 4. Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	14	2	4		8		20	1	1		18	
Тема 5. Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	14	2	4		8		19		1		18	
Тема 6. Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов.	14	2	4		8		19		1		18	
Тема 7. Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	16	2	4		10		22		2		20	
Итого по модулю	72	10	20		42		100	2	6		92	
Всего по дисциплине	144	20	40		84		144	4	8		132	

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

Темы лекционных занятий

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

<i>n/n</i>		<i>часов</i>
1	Особенности и классификация объектов электроники.	4
2	Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	6
3	Фотонные кристаллы	2
4	Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	2
5	Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	2
6	Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов.	2
7	Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	2
	ВСЕГО	20

Темы практических занятий

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Особенности и классификация объектов электроники.	10
2	Основы электромагнитной теории диэлектрических волноводов.	10
3	Фотонные кристаллы	4
4	Объемные и поверхностные волны в одномерном фотонном кристалле	4
5	Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла.	4
6	Спонтанное излучение и плотность электромагнитных волн в оптике фотонных кристаллов.	4
7	Полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе.	4
	ВСЕГО	40

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	Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые числа. Символика энергетических состояний атомов. Молекулярные уровни. Вращательные и колебательные уровни. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения. Однородное и неоднородное уширение. Рассеяние света. Оптические характеристики вещества. Комплексный показатель преломления. Показатель поглощения. Соотношения Крамерса-Кронинга.	20
2	Усиление и генерация электромагнитного излучения. Двух-, трех-, и четырехуровневые схемы работы. Резонаторы. Условие	22

	устойчивости. Неустойчивые резонаторы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы.	
3	Лазеры. Общая характеристика и особенности твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам. Требования к активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры. Особенности квантовых приборов радиодиапазона. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на двойных гетероструктурах. Лазеры с раздельным оптическим и электронным ограничением. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полосковые гетеролазеры. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Перестраиваемые полупроводниковые ИК-лазеры.	8
4	Линейная кристаллооптика. Нелинейная оптика. Тензор диэлектрической проницаемости. Прохождение света через границу раздела двух сред. Особенности распространения света в тонких слоях. Генерация гармоник. Условие фазового синхронизма. Параметрическое преобразование и параметрическая генерация света. Модуляторы лазерного излучения. Электрооптические модуляторы. Абсорбционные модуляторы. Акустооптические модуляторы света. Пассивные затворы. Методы сканирования света. Дефлекторы.	8
5	Оптические явления в однородных полупроводниках и гетероструктурах. Свойства гетеропереходов. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Волноводный эффект. Фотоэлектрические эффекты в p-n гетеропереходах и в варизонных структурах.	8
6	Полупроводниковые фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.	8
7	Оптические методы передачи и обработки информации. Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Связь между волноводами. Оптическая бистабильность. Направленные ответвители. Тонкопленочные модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы	10
	ВСЕГО	84

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено рабочим планом)*

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Наноструктурированные материалы и их использование в оптоэлектронике. Особенности и классификация объектов электроники.
2. Уравнения Максвелла в случае отсутствия зарядов и токов на поверхности диэлектрического волновода.
3. Типы волноводных мод. Смещение Гуса-Хенхена.
4. Вариационная теорема в случае диэлектрического волновода.

5. Волновые уравнения для планарных структур.
6. Фотонные кристаллы: одномерные, двумерные, трехмерные. Примеры фотонно-кристаллических структур с использованием жидкостных кристаллов.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль: _____

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **8**

Учебная дисциплина **Квантовая и оптическая электроника**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Типы волноводных мод.
2. Уравнения Максвелла в случае отсутствия зарядов и токов на поверхности диэлектрического волновода.
3. Фотонно- кристаллические структуры с использованием жидкостных кристаллов.

Утверждено на заседании кафедры 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	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к зачету

1. Каков диапазон спектра оптического излучения.
2. Какой свет называют плоскополяризованным.
3. Что такое статистический вес уровня.
4. Что такое населенность уровня.
5. Какие переходы принято называть оптическими.
6. Как вы понимаете спонтанный квантовый переход.
7. Как вы понимаете вынужденный квантовый переход.

8. Что такое вероятность спонтанного испускания и как ее выразить.
9. Что такое вероятность вынужденного испускания и как ее выразить.
10. Почему вынужденное излучение является когерентным.
11. Что такое разрешенные и запрещенные квантовые переходы.
12. Что такое населенность энергетического уровня.
13. Что такое время жизни энергетического уровня.
14. Какова связь между коэффициентами Эйнштейна для вынужденного поглощения и вынужденного испускания.
15. Выразите закон затухания мощности спонтанного излучения.
16. Какие параметры характеризуют оптические свойства вещества.
17. Что выражает закон Бугера-Ламберта.
18. Что такое спектр оптического поглощения вещества.
19. Какое состояние вещества называют инверсией населенности.
20. Какой процесс называют оптической накачкой.
21. Что собой представляет активная квантовая среда.
22. Перечислите наиболее распространенные методы накачки.
23. Как вы представляете отрицательную температуру в квантовой системе.
24. Почему в двухуровневой схеме в стационарных условиях нельзя
25. достичь инверсной населенности, используя оптическую накачку.
26. Какой метод накачки позволяет в двухуровневой схеме достичь
27. инверсной населенности.
28. Двух-, трёх- и четырёхуровневые схемы лазеров: возможности реализации, достоинства и недостатки.
29. Что такое пороговая плотность накачки по инверсии.
30. Какие системы наиболее выгодны для создания инверсной населенности в трехуровневых системах.
31. Опишите процессы инверсии населенности и генерации в трехуровневой схеме работы квантового усилителя.
32. Опишите процессы инверсии населенности и генерации в четырехуровневой схеме работы квантового усилителя.
33. Как можно усилитель излучения превратить в генератор.
34. Какие три обязательных структурных элемента содержит блок-схема любого лазера.
35. По каким признакам проводится в основном классификация существующих лазеров.
36. Как осуществляется положительная обратная связь в лазере.
37. Что такое мода лазера.
38. Какую функцию выполняет лазерный резонатор. Оптический резонатор. Какой резонатор называют устойчивым, неустойчивым, открытым.
39. Что такое когерентность, направленность, монохроматичность лазерного излучения.
40. Почему происходит уширение спектральных линий поглощения (излучения) вещества в сильных полях.
41. Типичное время жизни для разрешённого электродипольного перехода в видимом диапазоне ~ 10 нс. Оценить естественную ширину линии рентгеновского лазера, излучающего в диапазоне 10 нм.
42. Доплеровская ширина линии 500 МГц. Оценка времени жизни уровня 10-8 с. Предложить метод измерения ширины лоренцевского контура.
43. Перечислите основные виды потерь энергии в оптических резонаторах.
44. Что такое добротность лазерного резонатора.
45. Твердотельный лазер.
46. Ионный лазер.
47. Молекулярный лазер.
48. Химический лазер.
49. Газовый лазер.

50. Полупроводниковый лазер.
51. Лазер на свободных электронах.
52. Инжекционный лазер.
53. Какие лазеры на парах металла вы знаете.
54. Что такое гетеролазер и как он устроен.
55. Какие типы жидкостных лазеров вы знаете.
56. Что такое волновод. Как происходит канализация электромагнитной волны в плоском волноводе.
57. Что такое волоконный световод. Как получить волоконный световод.
58. Свойства волоконного световода

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 «Квантовая и оптическая электроника» 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	
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)
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 «Квантовая и оптическая электроника» проводятся в учебной лаборатории №016 «Физика полупроводников». Лаборатория оснащена комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, флوماстерной доской, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной, 1Вакуумный универсальный пост -2К, 1 Форвакуумный насос, 1 Спектрометр СМ - 4А. В учебной лаборатории «Электронной микроскопии» №313, оборудованной комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 Электронный микроскоп вакуумный-100ЛМ, 1 Микроскоп металлографический-7, 1 Вакуумметр ионизационно-термопарный-2АП, 1Вакуумный универсальный пост-4.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале справочно-библиографической информационной работы (ауд. № 102: г. Донецк, пр. Гурова, 6), помещение оснащено комплектом учебной мебели на 23 посадочных места, компьютер в комплекте (1 шт); в зале электронной информации (Донецк, пр. Гурова, 6, № 104-а.). Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 40 посадочных мест, компьютер в комплекте (6 шт);

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника : Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. - 573 с.	10	
2.	Гребнев, А. К. Оптоэлектронные элементы и устройства / А.К. Гребнев, В.Н. Гридин, В.П. Дмитриев ; Под ред. Ю.В. Гуляева. - М. : Радио и связь, 1998. - 336 с.	3	
3.	Верещагин, И. К. Введение в оптоэлектронику / И. К. Верещагин, Л. А. Косяченко, С. М. Кокин. - М. : Высш. шк., 1991. - 191 с.	3	
4.	Мартынов, В. Н. Полупроводниковая оптоэлектроника : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающ. по направлению "Электроника и микроэлектроника" специальности "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / В. Н. Мартынов, Г. И. Кольцов. - М. : МИСИС, 1999. - 399 с.	2	
Дополнительная литература			
5.	Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.]; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. – Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 с.	1	

6.	Терехов С. В. Физика нанобъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	1	+
7.	Нанотехнологии и специальные материалы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2009. – 334, [1] с.	1	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

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

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 _____