ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий
Кафедра общей физики и дидактики физики

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____Е.И.Скафа
«21» декабря 2016 г.
МП

Рабочая программа учебной дисциплины

«ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ»

Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Профиль подготовки:	Общий
Образовательный уровень выпускника:	Академический бакалавр
Форма обучения:	***очная***

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физико-технического факультета
_____ Малюк Н.Г.
« 16 » декабря 2016 г.
М.П.

Программа учебной дисциплины «**ОСНОВЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ И ФОТОНИКИ**» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «04» апреля 2016 г. №284 и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750.

Разработчик
Д. ф-м. н., профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий _____ Румянцев В. В.

К.физ.-мат. н., доцент кафедры общей физики и дидактики физики _____ Безус А.В.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании
кафедры общей физики и дидактики физики ДонНУ
Протокол № 5 от «17» ноября 2016 г.
Зав. кафедрой общей физики и дидактики физики _____ Бешевли Б.И

кафедры теоретической физики и нанотехнологий
Протокол № 8 от «12» декабря 2016 г.
Зав. кафедрой теоретической физики и нанотехнологий _____ Варюхин В.Н.

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

Протокол № 4 от «14» декабря 2016 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета _____ Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Программа учебной дисциплины «Основы оптоэлектроники и фотоники» является частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» и состоит из двух модулей: содержательный модуль 1 «Экситоны и поляритоны в кристалле», содержательный модуль 2 «Введение в фотонику»

Учебная дисциплина «Основы оптоэлектроники и фотоники» принадлежит к вариативной части профессионального блока учебного плана.

Основывается на базе дисциплин: «Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп», «Математический анализ», «Общая и экспериментальная физика».

2. Нормативные ссылки *(при необходимости)*

3. Структура дисциплины *(модуля)*

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	СОО	СПО (ускор.)	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Образовательный уровень:	Академический бакалавр				
Направление подготовки	03.03.02 «Физика»				
Профиль					
Количество содержательных модулей (тем)	2				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	**Профессиональный блок,** Вариативная часть				
Формы контроля	модульный контроль и зачет				
Показатели	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	СОО	**СПО (ускор.)*	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	2				
Количество часов	72				
Год подготовки	4				
Семестр	8				
Количество часов					
- лекционных	10				
- практических, семинарских					
- лабораторных	20				
- самостоятельной работы	42				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, т.ч.					
аудиторных	3				

СОО – среднее общее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи дисциплины – формирование у студентов представлений о физических принципах работы, характеристиках и сферах применения современных оптоэлектронных устройств.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

общекультурные компетенции (ОК):

- способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);
- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-3);
- способность использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-4);

общепрофессиональные компетенции (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 физики, химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);
- способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);
- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-4);

профессиональные компетенции (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);

научно-инновационная деятельность:

- способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4);
- способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5);

организационно-управленческая деятельность:

- способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме (ПК-7).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

Знать – терминологию дисциплины, основные формулы, характеризующие процессы взаимодействия света с электрическими и магнитными полями; основные формулы, описывающие взаимодействие света с механическими, акустическими, электрическими и магнитными полями, а также структурными дефектами реальной решетки кристаллов.

Уметь - ориентироваться в классической и современной научно-технической литературе, связанной с оптоэлектроникой.
Владеть – математическими методами обработки результатов экспериментальных исследований, связанных с модуляцией света и взаимодействием света с веществом, техническими навыками работы с лазерной, радиоизмерительной и оптической аппаратурой.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	**Краткое содержание темы**
	Содержательный модуль 1 «Экситоны и поляритоны в кристалле»
Тема 1.	Дисперсия экситонных поляритонов в атомарных криокристаллах (в том числе с учетом поверхности). Моделирование экситонных спектров ориентационно-разупорядоченных двухподрешеточных молекулярных кристаллов. Экситонные поляритоны в молекулярных кристаллах с дефектами изотопического замещения. Дисперсия света в кристалле со структурой алмаза. Генерация экситонных поляритонов в алмазоподобных полупроводниках полем движущейся β-частицы. Дисперсия экситонных поляритонов, локализованных в монослое криокристалла . Распространение света в слоистом кристалле.
Тема 2.	Электромагнитные волны в неидеальных немагнитных сверхрешетках с переменным составом слоев. Дисперсия поляритонов в слоистых структурах с переменной толщиной слоев. Зависимость поляритонного спектра от концентрации магнитных примесных слов в неидеальной сверхрешетке.
Тема 3.	Дифференциальная характеристика рассеяния света Комбинационое рассеяние света квазидвумерным приповерхностным слоем YBaCuO-кристалла Симметрийный анализ колебания атомов YBaCuO-кристалла Генерация второй оптической гармоники приповерхностным слоем YBaCuO-кристалла Возбуждение поляритонов, локализованных в тонком слое YBaCuO-кристалла, полем движущейся β-частицы
Тема 4. Оптическая активность несовершенных молекулярных кристаллов	Естественная оптическая активность молекулярных кристаллов с вакансиями Дисперсия индуцированной гиротропии одноосноде формированных молекулярных кристаллов Вызванная внешним сдвиговым напряжением гиротропия молекулярных кристаллов.
	Содержательный модуль 2 «Введение в фотонику»
Тема 5.	Введение в фотонику. Основные определения. Когерентность случайных процессов. Когерентные свойства оптического излучения. Временная и пространственная когерентность.
Тема 6.	Фотонные кристаллы: общая информация, классификация.

	Электромагнитные волны в неидеальных немагнитных сверхрешетках с переменным составом слоев.
Тема 7.	Слоистые структуры с переменной толщиной слоев. Зависимость поляритонного спектра 1D-фотонного кристалла от концентрации примесных слоев в неидеальной сверхрешетке. Зависимость поляритонного спектра от концентрации магнитных примесных слов в неидеальной сверхрешетке.

Курс дисциплины предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

1. лекции;
2. лабораторные занятия;
3. самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (исследования, упражнения, лабораторные работы) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы.

В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков.

Используются следующие методы контроля:

1. устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);
2. защита лабораторных работ;
3. проверка самостоятельных работ;
4. итоговый тест по вопросам к зачету.

Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 1 «Экситоны и поляритоны в кристалле»																						
	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования						на базе среднего профессионального образования						на базе высшего профессионального образования				
	Всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	Практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	работаиндивидуальная
Тема 1. Дисперсия экситонных поляритонов в атомарных криокристаллах (в том числе с учетом поверхности).	8	1		2	5																		
Тема 2. Электромагнитные волны в неидеальных немагнитных сверхрешетках с переменным составом слоев	8	1		2	5																		
Тема 3. Дифференциальная характеристика	9	1		3	5																		

рассеяния света																							
Тема 4. Оптическая активность несовершенных молекулярных кристаллов	11	2		3	6																		
Итого по содержательному модулю 1	36	5		10	21																		

	Содержательный модуль 2 «Введение в фотонику»																						
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																						
	Очная форма						**Заочная форма**																
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**				
	Всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	работаиндивидуальная
Тема 5. Введение в фотонику	12	2		3	7																		
Тема 6. Фотонные кристаллы:	12	2		3	7																		

общая информация, классификация																							
Тема 7. Слоистые структуры с переменной толщиной слоев	12	1		4	7																		
Итого по содержательному модулю 2	36	5		10	21																		
Всего по модулю	72	10		20	42																		

(пп. 6-10 являются необязательной формой и носят рекомендательный характер)

6. Темы семинарских занятий – не предусмотрено рабочим планом.

7. Темы практических занятий– не предусмотрено рабочим планом.

8. Темы лабораторных занятий

1. Электромагнитное поле, порождаемое нестационарными состояниями структурных единиц кристалла.
2. Тензоры внутреннего поля: криокристаллы, алмазоподобные структуры.
3. Распространение электромагнитных волн в неоднородных структурах.
4. Распространение электромагнитного возбуждения в 1D-сверхрешетке.
5. Распространение света в квазидвумерной несовершенной 1D-сверхрешетке с переменной толщиной страйпов.
6. Оптоэлектронные приборы.
7. Изготовление и практическое использование фотонных кристаллов.
8. Зависимость поляритонного спектра 1D-фотонного кристалла от концентрации примесных слоев в неидеальной кремний-жидкокристаллической сверхрешетке.
9. Зависимость поляритонного спектра от концентрации магнитных примесных слов в неидеальной сверхрешетке.

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу «Основы оптоэлектроники и фотоники» предусматривает: разработки теоретических основ прослушанного лекционного материала; изучение отдельных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы; подготовку к практическим занятиям; самостоятельное решение задач; подготовку к модульному контролю.

1. Особенности взаимодействия электромагнитного поля с электронной подсистемой кристалла.
2. Метод действующего поля. Метод Эвальда. Электрическое поле системы колеблющихся диполей и квадруполей.
3. Внутрикристаллическое поле алмазоподобных структур
4. Экситонные поляритоны в атомарных криокристаллах в окрестности частоты дипольно разрешенного перехода.
5. Особенности распространения света в кристалле с квадрупольной поляризацией молекул.
6. Дисперсия экситонных поляритонов в кристалле со структурой алмаза вблизи дипольного перехода в спектре его структурной единицы.
7. Особенности описания полубесконечных структур.
8. Дисперсия светоэкситонов в полубесконечном кристалле с учетом структуры поверхности
9. Излучение движущегося в кристалле заряда.
10. Анализ решения системы линейных неоднородных уравнений относительно фурье-компонент среднего дипольного момента ячейки алмазоподобного кристалла
11. Распад метастастабильных светоэкситонов Френкеля – один из источников радиационных дефектов в алмазоподобном полупроводнике.
12. Фотонный кристалл. Классификация фотонных кристаллов.

10.Индивидуальные задания – не предусмотрено рабочим планом.

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Способы описания электромагнитных явлений в среде.
2. Экситоны и поляритоны в кристалле..

3. Внутрикристаллическое поле. Метод действующего поля.
4. Оптическая анизотропия кристаллов.
5. Генерация экситонных поляритонов в алмазоподобных полупроводниках полем движущейся β-частицы.
6. Распространение экситонных поляритонов в полубесконечном атомарном криокристалле с равновесными гранями.

12. Образец экзаменационного билета

Экзамен не предусмотрено учебным планом

13. Вопросы к зачету

1. Введение в фотонику. Основные определения.
2. Когерентность случайных процессов. Когерентные свойства оптического излучения.
3. Временная и пространственная когерентность.
4. Фотонные кристаллы: общая информация, классификация.
5. Трансформация поляритонного спектра неидеальных топологически упорядоченных сверхрешеток.
6. Электромагнитные волны в неидеальных немагнитных сверхрешетках с переменным составом слоев.
7. Слоистые структуры с переменной толщиной слоев.
8. Зависимость поляритонного спектра 1D-фотонного кристалла от концентрации примесных слоев в неидеальной сверхрешетке.
9. Зависимость поляритонного спектра от концентрации магнитных примесных слов в неидеальной сверхрешетке.
10. Оптоэлектронные приборы. Типы оптоэлектронных приборов.
11. Излучательные переходы в полупроводниках.
12. Светодиоды видимого диапозона и полупроводниковый лазер.

14. Критерии оценивания

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание дисциплины «Основы оптоэлектроники и фотоники» включает в себя два зачётных модуля. Каждый зачётный модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале по следующим критериям:

Зачётные модули	Форма контроля	Баллы
Содержательный модуль 1	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Содержательный модуль 2		
	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Зачет		50
Общий итог		100

К первому модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. *За 1-5* лабораторные работы студент может получить в сумме 10 баллов.

На первом модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

Ко второму модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. За*6-9* лабораторные работы студент может получить по 10 баллов.

На втором модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

На зачете студент имеет возможность получить 50 баллов. Основой для получения оценки на зачете является уровень овладения студентами материала курса «Основы оптоэлектроники и фотоники», предусмотренного учебным планом направления подготовки 03.03.02 Физика. От студента требуется устное изложение ответов на два теоретических вопроса. Ответ на каждый из вопросов оценивается в 25 баллов.

(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	**По шкале ECTS**	**Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет. зачёт)**	**Определение**
90–100	A	«Отлично» (5) (зачтено)	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) (зачтено)	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) (зачтено)	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) (не зачтено)	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку
0-34	F	«Неудовлетворительно»(2) (не зачтено)	неудовлетворительно - с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для обеспечения **лабораторных занятий** по данному курсу используется ауд. 304 «Компьютерный класс», оборудованная интерактивной доской и ПЭВМ в количестве 10 шт.

16. Рекомендованная литература

Основная литература

1. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника / О. Ермаков. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
2. Кристаллические материалы для оптики и электроники / под ред. В. М. Пузикова ; Нац. акад. наук Украины, НТК "Ин-т монокристаллов". - Харьков, 2012. - 543 с.
3. Раскин А. А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 164 с.
4. Рощин В. М. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Ч. 2 / В. М. Рощин, М. В. Силибин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 180 с.
5. Мартинес-Дуарт Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда ; пер. с англ. А. В. Хачояна ; под ред. Е. Б. Якимова. - Изд. 2-е. - Москва : Техносфера, 2009. - 367 с., 1 экз.
5. Розеншер Э. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер ; Пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - М. : Техносфера, 2004. - 588 с.
6. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника : Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. – 574 с.

Дополнительная литература

1. Барабан Л.А., Лозовский В.З. Отражение и поглощение света тонкой полупроводниковой пленкой // Оптика и спектроскопия. – 2004. – Т.97, №5. – С.863 – 870
2. Сугаков В.И. Экситоны и электромагнитные волны в тонких пластинках // ФТТ. – 1964. – Т.6, № 5. – С.1361-1368.
3. Дубовский О.А. Влияние запаздывающего взаимодействия на экситонные спектры ограниченных кристаллических систем // ФТТ. – 1970. – Т.12, № 8. – С. 2347-2352.
4. Басс Ф.Г., Булгаков А.А., Тетервов А.П. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. М.: Наука, 1989. 288с.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры
№ ___ от _____

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для обеспечения **лабораторных занятий** по данному курсу используется ауд. 304 «Компьютерный класс», оборудованная интерактивной доской и ПЭВМ в количестве 10 шт.

16. Рекомендованная литература

Основная литература

1. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника / О. Ермаков. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
2. Кристаллические материалы для оптики и электроники / под ред. В. М. Пузикова ; Нац. акад. наук Украины, НТК "Ин-т монокристаллов". - Харьков, 2012. - 543 с.
3. Раскин А. А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 164 с.
4. Рощин В. М. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Ч. 2 / В. М. Рощин, М. В. Силибин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 180 с.
5. Мартинес-Дуарт Дж. М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда ; пер. с англ. А. В. Хачояна ; под ред. Е. Б. Якимова. - Изд. 2-е. - Москва : Техносфера, 2009. - 367 с., 1 экз.
5. Розеншер Э. Оптоэлектроника / Э. Розеншер, Б. Винтер ; Пер. с фр. под ред. О. Н. Ермакова. - М. : Техносфера, 2004. - 588 с.
6. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника : Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. – 574 с.

Дополнительная литература

1. Барабан Л.А., Лозовский В.З. Отражение и поглощение света тонкой полупроводниковой пленкой // Оптика и спектроскопия. – 2004. – Т.97, №5. – С.863 – 870
2. Сугаков В.И. Экситоны и электромагнитные волны в тонких пластинках // ФТТ. – 1964. – Т.6, № 5. – С.1361-1368.
3. Дубовский О.А. Влияние запаздывающего взаимодействия на экситонные спектры ограниченных кристаллических систем // ФТТ. – 1970. – Т.12, № 8. – С. 2347-2352.
4. Басс Ф.Г., Булгаков А.А., Тетервов А.П. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. М.: Наука, 1989. 288с.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры
№ 1 от 28.08.2017

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08.2018

Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____