

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАДИОФИЗИКИ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ИНФОРМАТИКИ»

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Направление подготовки: | 10.04.01 Информационная безопасность |
| Магистерская программа: | Информационная безопасность |
| Образовательная программа: | академическая магистратура |
| Квалификация: | магистр |
| Форма обучения: | <u>очная</u> |

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического
факультета

С. А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

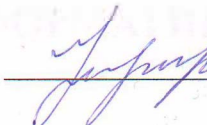


Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования направления подготовки 10.04.01 Информационная безопасность, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 декабря 2016г. № 1513;

учебного плана и основной образовательной программы Информационная безопасность направления подготовки 10.04.01 Информационная безопасность разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

к ф.-м.н., доцент кафедры радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 И.И. Худяков

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Протокол №17 от «06» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 Данилов В.В.

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:

Учебная дисциплина «Основы квантовой информатика» относится к циклу вариативной части блока 1 «Дисциплины». Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые всеми предшествующими профессиональными дисциплинами, а также: «Квантовая механика», «Функциональная электроника».

Дисциплина дает знания необходимые при разработке магистерских работ, для итоговой государственной аттестации, и выполнения научно-исследовательской работы.

Нормативные ссылки –не предусмотрены

2. Структура дисциплины

| <i>Характеристика учебной дисциплины</i> | | |
|--|---|------------------------|
| Направление подготовки | 10.04.01 Информационная безопасность | |
| Магистерская программа | Информационная безопасность | |
| Программа подготовки | Академическая магистратура | |
| Квалификация | Магистр | |
| Количество содержательных модулей | 2 | |
| Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы | дисциплина вариативной части Блока 1 «Дисциплины» | |
| Формы контроля | 2 модульных контроля, 1 экзамен в 3 семестре | |
| Показатели | очная форма обучения | заочная форма обучения |
| Количество зачетных единиц (кредитов) | 4 | |
| Год подготовки | 1 | |
| Семестр | 1 | |
| Количество часов | 144 | |
| - лекционных | 18 | |
| - практических, семинарских | 36 | |
| - лабораторных | | |
| - самостоятельной работы | 90 | |
| в т.ч. индивидуальное задание | - | |
| Недельное количество часов, | 8 | |
| в т.ч. аудиторных | 3 | |

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель – Целями освоения дисциплины являются ознакомление с основами нерелятивистской квантовой теории света и взаимодействия света с веществом; ознакомление с историей развития и введение в современные проблемы квантовой оптики; освоение наиболее известных теоретических методов, используемых при решении задач квантовой оптики

Задачи – Использование оптических приборов в радиотехнических устройствах, применение знания теории квантовых усилителей и генераторов для создания образцов новой техники.

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

общекультурных

-способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

профессиональных (ПК):

проектная деятельность:

- способностью разрабатывать систему, комплексы, средства и технологии обеспечения информационной безопасности (ПК-2);

- способностью разрабатывать программы и методики испытаний средств и систем обеспечения информационной безопасности (ПК-4)

научно-исследовательская деятельность:

- способностью анализировать фундаментальные и прикладные проблемы информационной безопасности в условиях становления современного информационного общества (ПК-5);

- способностью проводить экспериментальные исследования защищенности объектов с применением соответствующих физических и математических методов, технических и программных средств обработки результатов эксперимента (ПК-7);

В результате изучения учебной дисциплины

студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

Знать: - основные достижения и современные направления исследований в области квантовой оптики; - основы нерелятивистской квантовой теории света; - основные приближения и модели, используемые при теоретическом описании явлений квантовой оптики; - принципиальные различия между классическими и квантовыми состояниями электромагнитного поля; - особенности проведения экспериментов по квантовой оптике

Уметь: - применять основные теоретические методы квантовой оптики.

Владеть: - навыками анализа оптических явлений с точки зрения квантовой механики.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

| Порядковый номер и тема | Краткое содержание темы |
|---|--|
| | <i>Содержательный модуль 1</i> |
| Тема 1. Квантование электромагнитного поля. | Квантование электромагнитного поля. Собственные моды для полей различной симметрии и для различных граничных условий. Коммутационные соотношения для параксиального приближения. |
| Тема 2. Квантовые состояния электромагнитного поля | Квантовые состояния электромагнитного поля. Методы получения квантовых состояний света. Основные эксперименты в этой области. |
| Тема 3. Взаимодействие атомов с полем | Взаимодействие атомов с полем. Распространение света в резонансных средах. Квантование поля в среде с дисперсией. Коллективное спонтанное излучение. |
| | <i>Содержательный модуль 2</i> |
| Тема 4. Фотодетектирование | Фотодетектирование. Основные направления разработок в области создания однофотонных детекторов. |
| Тема 5. Квантовая интерференция | Квантовая интерференция. Квантово-оптические эксперименты по проверке основ квантовой механики |
| Тема 6. Квантовая информатика | Парадокс Эйнштейна, Подольского, Розена. Квантовые неразрушающие измерения. Квантовые оптические тесты на дополительность. Двухфотонная интерферометрия. |

Тематический план

| Содержательный модуль 1 | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| 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 1. Квантование электромагнитного поля. | 24 | 6 | 3 | | 15 | | | | | | | |
| Тема 2. Квантовые состояния электромагнитного поля | 24 | 6 | 3 | | 15 | | | | | | | |
| Тема 3. Взаимодействие атомов с полем | 24 | 6 | 3 | | | | | | | | | |
| Итого по содержательному модулю 1 | 72 | 18 | 9 | | 45 | | | | | | | |

| Содержательный модуль 2 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| 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. Фотодетектирование. | 24 | 6 | 3 | | 15 | | | | | | | |
| Тема 6. Квантовая интерференция | 24 | 6 | 3 | | 15 | | | | | | | |
| Тема 7. .Квантовая информатика | 24 | 6 | 3 | | 15 | | | | | | | |
| Итого по содержательному модулю 2 | 72 | 18 | 9 | | 45 | | | | | | | |
| Всего часов | 144 | 36 | 18 | | 90 | | | | | | | |

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

Темы лекционных занятий

| № п/п | Название темы | Количество часов |
|-------|--|------------------|
| 1 | Квантование электромагнитного поля. | 3 |
| 2 | Квантовые состояния электромагнитного поля | 3 |
| 3 | Взаимодействие атомов с полем | 3 |
| 4 | Фотодетектирование. | 3 |
| 5 | Квантовая интерференция | 3 |
| 6 | Квантовая информатика | 3 |
| | ВСЕГО: | 18 |
| | | |

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ СОДЕРЖАТСЯ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в целях активного приобретения студентами новых знаний, закрепления, расширения и углубления знаний, полученных на других видах учебных занятий, подготовки докладов, презентаций и других творческих заданий, а также для обучения студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом и статистическими данными.

Чтобы данный вид занятий прошел эффективно, теоретически насыщено и полно, студентам необходимо до занятия:

1. Внимательно ознакомиться с заданием на семинар.
2. Прочитать конспект лекции по соответствующей теме.
3. Ознакомиться с рекомендованной литературой, в том числе и с дополнительной, и, возможно, принести ее с собой на занятие.

В ходе самостоятельной подготовки к практическому занятию студентам необходимо глубоко изучить основные теоретические положения учебных вопросов. При работе с учебной литературой следует особое внимание обращать на особенности использования новых категорий, терминов и формировать у себя соответствующие лексико-фразеологические обороты речи. Изучаемый учебный материал целесообразно законспектировать в рабочих тетрадях.

На практических занятиях проводится опрос теоретического материала, выполняются практические задания и решаются задачи по предложенным темам лекционных занятий. Активное участие в обсуждении вопросов практических занятий, решение задач на занятии и самостоятельно по заданию преподавателя, является одним из условий получения положительной оценки по данному курсу.

Темы практических занятий

| № | Название темы | Количество часов |
|---------|--|------------------|
| Тема 1. | 1.Квантовая теория излучений. Квантование свободного электромагнитного поля, Фоковские состояния, вакуумные флуктуации, фотон. | 6 |
| Тема 2. | 2.Когерентные и сжатые состояния поля. 3.Квантовые распределения и частично когерентное излучение. 4.Полевая и фотонная интерферометрия. Детектирование фотонов и квантовые функции когерентности. | 3 |
| | 5.Взаимодействие атома с полем - полуклассическая теория | 3 |
| Тема 3 | 6.Взаимодействие атома с полем - квантовая теория. | 3 |
| | 7.Квантовая теория релаксации. 8. Метод оператора плотности, метод Гайзенберга- Ланжевена. | 3 |
| Тема 4 | 9.Квантовая теория лазера. 10.Метод оператора плотности, метод Гайзенберга-Ланжевена 11.Теория микролазера. 12.Корреляционный лазер | 6 |
| Тема 5. | 13. Парадокс Эйнштейна, 14.Подольского, Розена. 15.Квантовые неразрушающие измерения. 16.Квантовые оптические тесты на дополнителность | 6 |
| Тема 6. | 17.Двухфотонная интерферометрия | 6 |
| | ВСЕГО: | 36 |

7. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Программа подготовки: академическая магистратура

Дисциплина «Основы квантовой оптики и информатика»

Направление подготовки: 03.04.03 Радиофизика, семестр 1.

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Получите из уравнения Шредингера уравнения на матрицу плотности.

2. Чем объясняются вакуумные осцилляции Раби?

Утверждено на заседании
кафедры.

Зав. кафедрой
РФ и ИКТ _____

В.В. Данилов

№ ____ от _____ 201 ____ г.

Экзаменатор _____

И.И. Худяков

Критерии оценивания модульного контроля

| Номер задания | Количество баллов |
|---------------|-------------------|
| Задание 1 | 1 |
| Задание 2 | 3 |
| Всего | 4 балла |

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Привести классическое выражение для поляризуемости.
 2. Как связаны действительная и мнимая части поляризуемости?
 3. Записать выражение для частоты Раби двухуровневого атома в поле классической электромагнитной волны.
 4. Как частота Раби зависит от расстройки?
 5. Привести квантовое выражение для поляризуемости.
 6. Записать приближения, при которых поляризуемость не зависит от поля.
-
1. К каким переходам приводит взаимодействие ДУС и МР?
 2. Чем объясняются вакуумные осцилляции Раби?
 3. Записать выражение для частоты вакуумных осцилляций.
 4. С чем связаны явления «коллапсов» и «возрождений»?
 5. Записать матрицу гамильтониана Джейнса–Каммингса в базисе чисел заполнения.
 6. Какова щель между уровнями энергии одетых состояний? Запишите выражение для этой щели.
 7. Записать выражение для времени первого коллапса.
 8. Записать выражения для времени первого «возрождения».
 9. Как выражаются «одетые» состояния через «голые» состояния?
 10. Записать распределение вероятности по числу фотонов в когерентном
-
1. Запишите гамильтониан взаимодействия атома с модой резонатора и со стенками резонатора.
 2. Записать выражение для скорости релаксации ДУС в резонаторе в режиме слабой связи.
 3. Записать выражение для спектра спонтанной релаксации ДУС в резонаторе в режиме слабой связи.
 4. Записать выражение для скорости релаксации ДУС в резонаторе в режиме сильной связи.
 5. Записать выражение для спектра спонтанной релаксации ДУС в резонаторе в режиме сильной связи.
-
1. Записать определение чистого и смешанного состояний.
 2. Записать определение для матрицы плотности.
 3. Какому уравнению подчиняется динамика матрицы плотности?
 4. Как определяется матрица плотности системы, которая взаимодействует с резервуаром?
 5. Сформулировать приближения, которые используются для вывода управляющего уравнения (34).

1. Получите из уравнения Шредингера уравнения на матрицу плотности .
 2. Покажите, что если гамильтониан системы является эрмитовым оператором, то из уравнения на матрицу плотности следует уравнение Шредингера .
 3. Запишите управляющее уравнение для гармонического осциллятора.
 4. Запишите стационарное решение управляющего уравнения для гармонического осциллятора.
 5. Запишите управляющее уравнение для двухуровневой системы.
 6. Запишите стационарное решение управляющего уравнения для двухуровневой системы.
 7. Запишите стационарное решение управляющего уравнения для
 8. двухвременных средних значений операторов.
-
1. 1.Как вычисляются двухвременные средние значения операторов?
 2. Запишите и докажите квантовую теорему регрессии.
 3. Дайте определение корреляционной функции первого порядка.
 4. Как связан спектр сигнала с корреляционной функцией первого порядка?
 5. Запишите спектр затухающего гармонического осциллятора.
 6. Запишите спектр затухающего двухуровневого атома.
 7. Запишите спектр затухающего двухуровневого атома, взаимодействующего с внешней электромагнитной волной.
 8. Дайте определение корреляционной функции второго порядка.
 9. Запишите корреляционную функцию второго порядка для затухающего гармонического осциллятора.
 10. Запишите корреляционную функцию второго порядка для затухающего двухуровневого атома
-
1. Запишите управляющее уравнение, описывающее фазовую релаксацию двухуровневой системы.
 2. Запишите уравнения движения на оператор дипольного момента и инверсию населённостей, которые задаются фазовой релаксацией двухуровневой системы.
 3. Запишите управляющее уравнение, описывающее накачку двухуровневой системы.
 4. Запишите уравнения движения на оператор дипольного момента и инверсию населённостей, которые задаются накачкой двухуровневой системы.
 5. Запишите управляющее уравнение, описывающее динамику лазера.
 6. Запишите уравнения движения на средние значения операторов \hat{a} , $\hat{\sigma}$, \hat{D} . В каком приближении можно перейти от операторных уравнений к с числам
 7. Запишите уравнения Максвелла–Бло
 8. Что называют полуклассическим приближением в теории лазера?
 9. Запишите систему уравнений, описывающих динамику лазера, в полуклассическом приближении (уравнения Максвелла–Блоха).
 10. Запишите стационарное решение уравнений Максвелла–Блоха.
 11. Поясните явление затягивания частоты.
 12. Какие стационарные решения уравнений Максвелла–Блоха являются устойчивыми выше и ниже порога генерации.
 13. Что называют бифуркацией Хопфа?
 14. Опишите динамику системы в том случае, когда ни одно из стационарных решений уравнений Максвелла–Блоха неустойчиво.
 15. Что называют детерминированным хаосом?
 16. В чём заключается аналогия между возникновением лазерной генерации и фазовым переходом второго рода?
 17. Опишите физику пиковых (релаксационных) колебаний

18. Почему спонтанное излучение не учитывается полуклассической системой уравнений Максвелла–Блоха?
19. Динамика каких операторов будет учитывать спонтанное излучение?
20. Какова природа возникновения оптической бистабильности?
21. Какова точность приближения среднего поля?
22. Каков физический смысл параметра кооперативности?
23. Запишите выражение для нелинейного коэффициента пропускания.
24. Какую роль насыщение двухуровневой системы играет в возникновении оптической бистабильности?

9. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет
 Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий
 Программа подготовки: академическая магистратура
 Дисциплина «**Основы квантовой оптики и информатика**»
 специальность 03.04.03.Радиофизика, семестр 1.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Квантовая теория излучений. Квантование свободного электромагнитного поля,
2. Теория микромазера
3. Взаимодействие атома с полем - полуклассическая теория

Утверждено на заседании кафедры. Зав. кафедрой _____ В.В. Данилов
 РФ и ИКТ _____
 № ____ от _____ 201_г. Экзаменатор _____ И.И.Худяков

10. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание учебных курсов по общей физике состоит из двух зачетных модулей. Каждый зачетный модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объеме.

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

| Зачетные модули | Форма контроля | Баллы |
|------------------------|-----------------------|--------------|
| Смысловой модуль 1 | Контрольная | 25 |
| Смысловой модуль 2 | Контрольная работа | 25 |
| Экзамен | | 50 |
| Общий итог | | 100 |

Шкала оценивания:

| Оценка по шкале ECTS | Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ | Оценка по государственной шкале |
|----------------------|---|--|
| A | 90-100 | 5 (отлично) |
| B | 80-89 | 4 (хорошо) |
| C | 75-79 | 4 (хорошо) |
| D | 70-74 | 3 (удовлетворительно) |
| E | 60-69 | 3 (удовлетворительно) |
| FX | 35-59 | 2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи |
| F | 0-34 | 2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов |

Знание теоретической части курса по контрольной работе оценивается с точностью до 5 баллов по следующим критериям:

1. Студент получает 76-100% баллов от максимального, если показал
 - глубокие и полные ответы на теоретические вопросы; глубокое понимание физической сущности проблемы;
 - умение проводить логические рассуждения и обобщения и сопровождать их соответствующими доказательствами;
2. Студент получает 51-75% баллов от максимального, если показал глубокие и полные ответы на теоретические вопросы с незначительными погрешностями, затем исправленными самим студентом; понимание физической сущности рассматриваемых проблем; умение логически рассуждать и проводить доказательства;
3. Студент получает 26-50% баллов от максимального, если показал при ответе на теоретические вопросы ряд неточностей, которые студент не в состоянии самостоятельно исправить;
4. Студент получает 0-25% баллов от максимального, если не выполнены требования, изложенные в предыдущих пунктах; нет ответов на теоретические вопросы.

Экзамен оценивается в 50 баллов.

Для оценки экзамена преподаватель руководствуется следующими принципами:

50 баллов - показаны систематические и глубокие знания при ответе на теоретические вопросы билета, выполнена практическая часть билета в полном объеме;

40 баллов - показаны систематические и глубокие знания при ответе на теоретические вопросы билета, выполнена практическая часть билета в полном объеме, но при ответе допущены несущественные ошибки;

30 баллов – показаны не систематические и не глубокие знания при ответе на теоретические вопросы билета, практическая часть билета выполнена не в полном объеме, при ответе допущено несколько существенных ошибок;

20 баллов - показаны поверхностные знания при ответе на теоретические вопросы билета, практическая часть билета не выполнена, при ответе допущено много существенных ошибок;

-простые вопросы по знанию основных определений и формул, воспроизведены отдельные фрагменты материала с помощью экзаменатора.

0 - полное незнание материала.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия и практические проводятся в аудитории, оборудованной меловой или интерактивной доской, мультимедийным проектором и экраном.

12. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

| № п/п | Наименование | Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ | Наличие электронной версии в ЭБС |
|----------------------------------|---|--|---|
| Основная литература | | | |
| 1. | Основные положения квантовой электродинамики. \И.И.Худяков\ Учебное пособие. Электронный ресурс. Донецк. Донецкий национальный университет.2018.-121с. | | + |
| 2. | Полуклассическая теория лазера. \И.И.Худяков\, Учебное пособие. Электронный ресурс. Донецк. Донецкий национальный университет.2017.-100с. | | + |
| Дополнительная литература | | | |
| 1 | подготовки "Радиотехника Штыков, В. В. Квантовая радиофизика : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению " специальности 210301 "Радиофизика и электроника" / В. В. Штыков. - Москва : Академия, 2009. - 335 с. | 20 | - |
| 2 | Вайнберг, С. Квантовая теория поля [Текст] : пер. с англ. Т. 2 : Современные приложения / С. Вайнберг ; под ред. В. Ч. Жуковского. - Москва : Физматлит, 2004. - 527 с | 10 | - |
| 3 | Вайнберг, С. Квантовая теория поля. Т. 1 : Общая теория / С. Вайнберг ; Пер. с англ. Я. А. Уржумова и др. ; Под ред. В. Ч. Жуковского. - М. : Физматлит, 2003. - 648 с. | 8 | - |
| 4 | Клаудер, Д.Р. Основы квантовой оптики : пер. с англ. / Д. Р. Клаудер, Э. К. Сударшан ; пер. Б. Я. Зельдовича [и др.] ; под ред. [и с предисл.] С. А. Ахманова. - Москва : Мир, 1970. - 428 с. | 2 | - |
| 5 | Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника : Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. - 573 с. | 5 | - |

16. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

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

17. 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, R Studio, Python, Eclipse, Free Pascal, Tries Mode, Prolog, Антивирус Касперского, Linux Fedora, Libre Office, Adobe Acrobat Reader, xPDF, Blender, КОМПАС-3D LT, Paint.NET, Gimp.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При реализации программы дисциплины могут использоваться следующие виды электронного взаимодействия преподаватель-студент:

- размещение учебных материалов в облачных хранилищах преподавателей для использования студентами при подготовке к занятиям;
- рассылка по электронной почте материалов и заданий для выполнения, проверка выполненных заданий;
- поддержка странички преподавателя и групп преподаватель-студенты в социальных сетях для обеспечения текущего контроля работы студентов

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных с изменениями (без изменений) на 2020-2021 год. Протокол заседания кафедры № ____ от ____.

Зав. кафедрой РФ и ИКТ

В. В. Данилов

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных с изменениями (без изменений) на 2021-2022 год. Протокол заседания кафедры № ____ от ____.

Зав. кафедрой РФ и ИКТ

В. В. Данилов