

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра лазерных систем

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**Физические основы квантовой электроники**

Образовательная программа: 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии, профиль:  
Лазерные системы и квантовые технологии

Курс: 3, семестр : 6

Физико-технический факультет,

|    |                                                                                                      | Семестр    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 6          |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 3          |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 108        |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 45         |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 0          |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36         |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 0          |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 0          |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2          |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 7          |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 63         |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | 3          |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

ФГОС введен в действие приказом №953 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 07.10.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЛС, протокол заседания кафедры №\_\_\_\_\_ от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.ф.-м.н. Титов Е. А.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.ф.-м.н. Корель И. И.

Ответственный за образовательную программу:

декан Корель И. И.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.4 способность к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем; в части следующих результатов обучения:</b> |
| 32. знать основы физики лазеров и лазерной техники                                                                                                      |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                  | Формы организации занятий                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Физические основы квантовой электроники</b>                                                                                                                   |                                                 |
| <b>ПК.4.32 знать основы физики лазеров и лазерной техники</b>                                                                                                    |                                                 |
| 1. об описании электромагнитного поля с помощью волнового уравнения в параксиальном приближении и об интегральном методе Френеля-Киргофа                         | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 2. решение волнового уравнения в параксиальном приближении для гауссова пучка основной моды                                                                      | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 3. параметризация гауссова пучка основной моды с помощью комплексного параметра $q$ , какими действительными параметрами описывается гауссов пучок основной моды | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 5. что такое матричный метод в оптике и АВСД-теорема для описания преобразования гауссовых пучков линейными оптическими элементами                               | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 6. решение задачи о резонаторе с плоскопараллельными зеркалами и почему эта задача не сводится к задаче о резонаторе со сферическими зеркалами                   | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 7. как описать потери в резонаторах                                                                                                                              | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |
| 8. делать оценки, решать простые задачи, работать со справочной и текущей литературой в процессе выполнения НИР в Институте лазерной физики СО РАН               | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы практических занятий                                                                                            | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                    |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Достижения и проблемы современной прикладной физики</b>                                    |                      |      |                               |                      |
| 1. Новейшие достижения современной прикладной физики.                                                                | 0                    | 2    | 1                             | Обсуждение темы      |
| 2. Состояние, проблемы, перспективы развития и использование достижений физики в различных областях науки и техники. | 0                    | 2    | 1                             | Обсуждение темы      |
| 3. Лазерная физика как одна из передовых и важнейших, перспективных частей современной прикладной физики.            | 0                    | 4    | 1                             | Обсуждение темы      |
| <b>Дидактическая единица: Теория гауссовых пучков</b>                                                                |                      |      |                               |                      |
| 4. Волновое уравнение для напряженности электромагнитного поля в параксиальном приближении.                          | 0                    | 2    | 2                             | Обсуждение темы      |

|                                                                  |   |   |      |                 |
|------------------------------------------------------------------|---|---|------|-----------------|
| 5. Решение волнового уравнения - гауссов пучок основной моды.    | 0 | 2 | 2    | Обсуждение темы |
| 6. Гауссовы пучки высших типов (мод). Каустики гауссовых пучков. | 0 | 2 | 3    | Обсуждение темы |
| 7. Преобразование гауссовых пучков.                              | 0 | 2 | 3, 5 | Обсуждение темы |
| 8. Понятие о матричном методе. АБСД - теорема                    | 0 | 4 | 5    | Обсуждение темы |
| <b>Дидактическая единица: Оптические резонаторы</b>              |   |   |      |                 |
| 9. Резонаторы со сферическими зеркалами.                         | 0 | 2 |      | Обсуждение темы |
| 10. Согласование гауссова пучка с резонатором.                   | 0 | 2 | 7    | Обсуждение темы |
| 11. Резонаторы с плоскопараллельными зеркалами.                  | 0 | 2 | 6    | Обсуждение темы |
| 12. Потери в резонаторах.                                        | 0 | 2 | 7    | Обсуждение темы |
| 13. Неустойчивые резонаторы.                                     | 0 | 2 | 7, 8 | Обсуждение темы |
| 14. Интегральное уравнение для резонаторов.                      | 0 | 2 | 8    | Обсуждение темы |
| 15. Понятие эквивалентных резонаторов.                           | 0 | 2 | 7    | Обсуждение темы |
| 16. Классификация резонаторов на основе интегрального уравнения  | 0 | 2 | 8    | Обсуждение темы |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Контрольные работы          | 5, 6, 7, 8                    | 10                 | 1                    |
| Решение задач: Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах : [учебное пособие] / Л. В. Тарасов. - Москва, 2011. - 174 с. : ил.. - Загл. 1-го изд.: Лазеры и их применение. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы                       |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | РГЗ                         | 1, 2, 3                       | 20                 | 2                    |
| Реферат: Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах : [учебное пособие] / Л. В. Тарасов. - Москва, 2011. - 174 с. : ил.. - Загл. 1-го изд.: Лазеры и их применение. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы                             |                             |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Подготовка к занятиям       | 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8           | 20                 | 2                    |
| Повторение теоретического материала: Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах : [учебное пособие] / Л. В. Тарасов. - Москва, 2011. - 174 с. : ил.. - Загл. 1-го изд.: Лазеры и их применение. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы |                             |                               |                    |                      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Подготовка к аттестации     | 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8           | 13                 | 2                    |
| Повторение теоретического материала: Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах : [учебное пособие] / Л. В. Тарасов. - Москва, 2011. - 174 с. : ил.. - Загл. 1-го изд.: Лазеры и их применение. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы |                             |                               |                    |                      |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность     | Информационно-коммуникационные технологии |
|------------------|-------------------------------------------|
| Информирование   | e-mail; Портал НГТУ                       |
| Консультирование | e-mail                                    |
| Контроль         | e-mail                                    |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся  | Мин. балл | Максимальный балл |
|--------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                          |           |                   |
| <i>Практические занятия:</i>               | 10        | 20                |
| <i>Контрольные работы:</i>                 | 10        | 20                |
| <i>РГЗ:</i>                                | 20        | 40                |
| <i>Зачет:</i>                              | 10        | 20                |
| Контролирующие материалы - список вопросов |           |                   |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                | Формы контроля |            |       |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------|------------|-------|
|                       |                                                    | Контр. раб.    | Защита РГЗ | Зачет |
| ПК.4                  | зн. знать основы физики лазеров и лазерной техники | +              | +          | +     |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Бакланов Е. В. Основы лазерной физики : [учебник] / Е. В. Бакланов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2011. - 130 с. : ил., - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000154906](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154906)
2. Садовой Г. С. Микроволновая и квантовая электроника : учебное пособие / Г. С. Садовой ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 155, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000125829](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000125829)

3. Орликов Л.Н. Технология приборов оптической электроники и фотоники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 87 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13992.html>
4. Харанжевский Е. В. Физика лазеров, лазерные технологии и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество : учебное пособие по курсу "Физика лазеров и лазерные технологии" / Е. В. Харанжевский, М. Д. Кривилёв ; Удмурт. гос. ун-т. - Ижевск, 2011. - 187 с. : ил., схемы, граф.
5. Быков В. П. Лазерные резонаторы / В. П. Быков, О. О. Силичев. - М., 2004. - 319 с., [1] л. вкл.

#### *Дополнительная литература*

1. Дудкин В. И. Квантовая электроника. Приборы и их применение : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки 140400 - "Техническая физика"] / В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов. - М., 2006. - 432 с. : ил.
2. Малышев В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники : [учебное пособие для вузов по специальности "Электронные приборы и устройства" направления "Электроника и микроэлектроника"] / В. А. Малышев. - Москва, 2005. - 542, [1] с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

### **8. Методическое и программное обеспечение**

#### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. - СПб. [и др.], 2011. - 313 с. : граф., схемы
2. Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах : [учебное пособие] / Л. В. Тарасов. - Москва, 2011. - 174 с. : ил. - Загл. 1-го изд.: Лазеры и их применение.

#### *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

### **9. Материально-техническое обеспечение**

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение                                                                                     |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Демонстрация наглядного материала в соответствии с тематикой и структурой практических занятий |

## Вопросы для текущего контроля

- 1). В чем состоит физический смысл параксиального приближения для волнового уравнения электромагнитного поля.
- 2). Опишите как используя дифракционный интеграл Френеля-Киргофа вывести интегральное уравнение для оптического резонатора.
- 3). Какие два действительные параметры (или один комплексный) характеризуют гауссов пучок основной моды, каков их физический смысл.
- 4). Что характеризует каустика гауссовых пучков высших мод.
- 5). В чем состоит идея матричного метода в оптике. Можно ли использовать матричный метод для описания преобразования гауссовых пучков.
- 6). Как связаны между собой гауссовы пучки и моды резонаторов со сферическими зеркалами.
- 7). Какие виды потерей существуют в оптических резонаторах. Как можно сравнить потери разных видов между собой.
- 8). Дайте определение стационарного состояния в квантовой механике. Что такое полный набор стационарных состояний, разложение произвольного состояния по полному набору, физический смысл коэффициентов разложения.
- 9). Понятие матрицы плотности, физический смысл диагональных и недиагональных элементов.
- 10). Что такое эффект насыщения. Понятие параметра насыщения.
- 11). Какие виды уширения линии вы знаете, понятие однородного и неоднородного уширений.
- 12). Что такое дырка Беннета.
- 13). Что такое провал Лэмба.
- 14). Почему для лазера с нелинейной поглощающей ячейкой вместо провала возникает пик в мощности излучения.
- 15). Нарисовать схему энергетических уровней атома  $Na(Li, K, Rb, Cs)$  с соответствующим обозначением электронных конфигураций и электронных термов основного и возбужденных состояний. Продемонстрировать на схеме несколько разрешенных оптических переходов, включая резонансный дуплет, и грамотно записать их.
- 16). Продемонстрировать дуплетно-триплетную структуру спектра атома гелия.
- 17). В чем состоит отличие термов для конфигураций  $npn'r$  и  $pnpr$ ?