

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Физика лазеров**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Фундаментальная физика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования.

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

ИПК 1.2. Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в предметной области.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить теоретические материалы о физических принципах работы лазера, типах и характеристиках лазерных систем, свойствах лазерного излучения, режимах работы лазеров;

– Владеть практическими навыками работы с современной лазерной техникой и юстировке резонаторов, освоить основы измерения параметров лазерного излучения.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Восьмой семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Электричество и магнетизм, Оптика.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

– лекции: 24 ч.

– лабораторные: 48 ч.

– в том числе практическая подготовка: 48 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Лекции:

*Модуль 1 Основы физики лазеров*

Тема 1. Оптическое излучение. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Принцип работы лазера. Энергетическая схема активной среды лазера

Свойства оптического излучения, волновая и квантовая теория света. Процессы поглощения и испускания света, понятие вынужденного испускания. Необходимое и достаточное условие работы лазера, принцип действия лазера. Трех и четырехуровневые энергетические схемы активной среды лазера.

Тема 2. Свойства лазерного излучения

Отличие лазерного излучения от обычного оптического. Основные параметры/характеристики лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, поляризация, расходимость, яркость, мощность, временные характеристики.

*Модуль 2. Строение лазера, основные функциональные элементы*

Тема 3. Функциональная схема лазера. Классификация лазеров

Основные элементы лазера: резонатор, источник накачки, активная среда – их функции и особенности. Основные и дополнительные классификации лазеров по различным параметрам.

Тема 4. Оптический резонатор

Формирование излучения в резонаторе, моды резонатора, потери (виды потерь), добротность, конфигурации резонаторов, понятие устойчивости, оптические элементы резонатора, диэлектрические зеркала, просветляющие покрытия.

Тема 5. Способы накачки

Критерии выбора способа накачки. Виды накачки: Оптическая (некогерентная – ламповая, когерентная – лазерная, электрическая (газовый разряд, инжекция электронов в п/п, электронный пучок в газе), рентгеновская, химическая, газодинамическая, ядерная.

*Модуль 3. Типы лазеров*

Тема 6. Твердотельные лазеры

Матрицы твердотельных лазеров – кристаллы и стекла. Лазеры фиксированных частот – рубиновый, неодимовый, эрбиевый, иттербиевый, тулий-гольмиевый. Перестраиваемые твердотельные лазеры – титан-сапфировый лазер, лазер на александрите и другие твердотельные перестраиваемые лазеры. Волоконные лазеры.

Тема 7. Лазеры на красителях

Схема уровней и фотопроцессы в органических красителях, особенности работы лазеров на красителях, схемы накачки и перестройка длины волны при помощи дисперсионных элементов. Перспективы развития лазеров на красителях.

Тема 8. Полупроводниковые (инжекционные) лазеры

Физика процессов в полупроводниковом лазере, лазеры на гомопереходе, лазеры на гетеропереходах. Конструкция п/п лазера. Лазеры на квантовых ямах, квантовых нитях и квантовых точках. Квантово-каскадные лазеры.

Тема 9. Газовые лазеры

Классификация газовых лазеров, физика процессов в конкретных лазерных средах: Лазеры на нейтральных атомах (He:Ne, пары металлов), Ионные лазеры (Ar, Kr, пары ионов металлов), Молекулярные – колебательно-вращательные (CO, CO<sub>2</sub>, HF), электронно-колебательные (N<sub>2</sub>, эксимерные), вращательные (CH<sub>3</sub>F).

Тема 10. Другие типы лазеров

Лазеры с химической накачкой – HF и DF лазеры, йодный и кислород-йодный лазеры. Создание инверсии населенностей и конструкция. Лазеры с ядерной накачкой. Лазеры на свободных электронах – физические основы генерации синхротронного излучения. Рентгеновские лазеры – фотопроцессы и конструкция.

*Модуль 4. Динамика процессов и режимы работы лазеров*

Тема 11. Непрерывный режим работы лазера

Скоростные уравнения, четырех- и квазитрехуровневая схема, пространственно-независимый и пространственно-зависимый случаи. Распространение излучения в резонаторе, пороговые условия и выходная мощность, КПД. Оптимальная связь на выходе

лазера. Многомодовая генерация для сред с однородным и неоднородным уширением. Селекция мод. Флуктуации интенсивности.

#### Тема 12. Импульсный режим работы лазера

Нестационарный режим работы лазера, релаксационные колебания. Модуляция добротности – активная и пассивная, практические способы модуляции. Модуляция добротности при непрерывной и импульсной накачке. Синхронизация мод: описание в частотном и временном представлении. Амплитудно- и частотно-модулированная синхронизация мод, пассивная и активная синхронизация мод. Практические схемы лазеров с синхронизацией мод.

### 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекций и лабораторных работ, проверки знаний при допуске к лабораторным работам и сдачи отчетов по выполненным лабораторным работам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Дифференцированный зачет проводится в письменной форме по билетам.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22673>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) Методические указания по проведению лабораторных работ - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22673>г.

Перечень лабораторных работ:

Лабораторные работы:

Лабораторная работа № 1 Лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Режим свободной генерации

Лабораторная работа № 2 He-Ne лазер. Пространственно-энергетические, поляризационные характеристики и пространственная когерентность излучения

Лабораторная работа № 3 Исследование характеристик полупроводникового инжекционного лазера на двойном гетеропереходе

Лабораторная работа № 4 Исследование характеристик лазера на красителях с когерентной накачкой

Лабораторная работа № 5 Режим активной модуляции добротности лазерного резонатора

Лабораторная работа № 6 Режим активной модуляции добротности лазерного резонатора

Лабораторная работа № 7 Перестройка длины волны генерации лазера на красителях с когерентной накачкой

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке лекционным занятиям и лабораторным работам;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- обработку результатов практических заданий, выполненных на лабораторных работах и составление отчета
- подготовку к дифференцированному зачету.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

### **а) основная литература:**

- Звелто О., Принципы лазеров / Пер. под науч. ред. Т.А. Шмаонова. 4-ое изд. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 720 с. (Либо 3-е изд., 1990 г.)
- Тарасов Л.В., Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения / М.: Радио и связь, 1981. – 440 с.
- Борейшо А. С., Ивакин С. В. Лазеры: устройство и действие: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2016. — 304 с.
- Ханин Я.И., Основы динамики лазеров / М.: Наука, 1999. 356 с.
- Малышев В.А., Основы квантовой электроники и лазерной техники / М.: Изд-во Высшая школа, 2005. - 543 с.

### **б) дополнительная литература:**

- Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники / 2-е изд., Киев: Высшая школа. 1988. 383 с.
- Тарасов Л.В., Четырнадцать лекций о лазерах / Изд.-во: Либерком, 2011. – 174 с.
- Айхлер Ю., Лазеры. Исполнение, управление, применение / Пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. М.: Изд.-во Техносфера, 2008. – 438 с.
- Пойзнер Б.Н., Физические основы лазерной техники / Учебное пособие, под ред. А.В. Войцеховского. – Томск: Изд.-во: ТГУ, 2006. – 208 с.
- Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике / Учеб. пособие для физ. спец. вузов. – М.: Наука, 1983. – 319 с.

### **в) к лабораторным работам:**

- Гусев В.Г., Пойзнер Б.Н. Лабораторный практикум по физике лазеров // Учебное пособие. – Изд. 2-е. – Томск: Изд.-во ТГУ, 1992. – 239 с.
- Толстик А.Л., Агишев И.Н., Мельникова Е.А. Лазерная физика: лабораторный практикум // Минск: Изд-во БГУ, 2006. – 91 с.
- Светличный В.А. Исследование характеристик лазера на красителях с когерентной накачкой // Методические указания, Томск: Изд-во ТГУ, 2006 – 22 с.

### **г) ресурсы сети Интернет:**

- открытые онлайн-курсы по лазерной физике
- Журнал «Квантовая электроника» – <https://www.quantum-electron.ru>
- Информационный бюллетень лазерной ассоциации «Лазер-информ» <https://bibl.laser.nsc.ru/lazer-inform/>

## **13. Перечень информационных технологий**

### **а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

– Scopus – <https://www.scopus.com/>

– Web of Science – <https://clarivate.com/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Специализированная аудитория (аудитории) для проведения лабораторных работ, оснащенная стендами с соответствующим лазерным и метрологическим оборудованием, оптомеханикой, расходными материалами.

#### **15. Информация о разработчиках**

Светличный Валерий Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедры оптики и спектроскопии физического факультета ТГУ, доцент.