

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О. Н. Здрок
« 23 » 2020 г.

Регистрационный № УД- 8789/уч.



Физика лазеров и нелинейная оптика

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направления специальности:

1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность)

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013, учебных планов №G31-162/уч. и №G31и-177/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.Л. Толстик – заведующий кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Самцов М.П. – заведующий лабораторией спектроскопии НИИ ПФП им. А.Н. Севченко, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 20 от 22 июня 2020 г.);

Советом физического факультета (протокол № 12 от 25 июня 2020 г.)

Зав.кафедрой _____ Толстик А.Л.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – дать студентам теоретические основы физики лазерной генерации, ознакомить их с наиболее распространенными лазерными системами, а также дать представление о применениях лазерной техники в научных исследованиях и технологиях; дать студентам теоретические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом, познакомить с различными механизмами оптической нелинейности и нелинейно-оптическими методами преобразования световых полей, управления частотой и волновым фронтом лазерного излучения, а также дать представление о применениях нелинейной оптики в научных исследованиях и технологиях.

Задачи учебной дисциплины:

1. изучение основных физических принципов, лежащих в основе работы лазеров.
2. ознакомление с базовыми схемами реализации различных режимов генерации, с физикой протекающих процессов, методами управления частотой генерации и сферами использования лазеров в науке, производстве, информационных технологиях, медицине и т.д.
3. изучение основных физических принципов, лежащих в основе нелинейной оптики.
4. ознакомление с типами нелинейности в различных средах и нелинейными эффектами, приводящими к преобразованию световых полей, генерации волн на суммарных и разностных частотах, включая параметрическую генерацию света.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: дисциплина «Физика лазеров и нелинейная оптика» дает возможность получить студентам знания, которые должны позволить им грамотно не только выбрать из имеющегося арсенала приборов и средств измерений, необходимые для получения экспериментальных данных при выполнении курсовых и дипломных работ, но и оптимизировать режимы их работы. Кроме того, студенты, после усвоения материала дисциплины, должны уметь критически оценивать результаты экспериментальных спектроскопических исследований, приведенных в различных научных изданиях.

Учебная дисциплина относится **к циклу** дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др: Программа дисциплины основывается на знаниях и представлениях, полученных при изучении дисциплин «Введение в специализацию. Электромагнитная природа света. Экспериментальная спектроскопия», «Атомная, молекулярная спектроскопия и люминесценция».

Сведения, приобретенные в ходе изучения дисциплины, важны для более глубокого и качественного усвоения дисциплин «Когерентная оптика и голография. Современные лазерные технологии» и «Лаборатория специализации «Физика лазеров, нелинейная оптика, когерентная оптика и голография».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физика лазеров и нелинейная оптика» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

Академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- ПК-3. Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.
- ПК-4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации,

системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

– ПК-5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

– ПК-6. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

– ПК-15. Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– основные положения теории лазерной генерации и свойства лазерного излучения;

– основные схемы получения различных динамических режимов генерации;

– методы управления частотой лазерной генерации;

– наиболее распространенные типы лазеров и области использования лазерного излучения;

– понятие нелинейной среды и механизмы оптической нелинейности;

– основные нелинейные явления (генерация второй и более высоких гармоник, самофокусировка, вынужденное комбинационное рассеяние и вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна, обращение волнового фронта и оптическая бистабильность);

– методы преобразования частоты и управления волновым фронтом лазерного излучения;

уметь:

– рассчитать мощность генерации лазера, работающего в непрерывном режиме;

– рассчитать энергию, пиковую мощность и длительность импульса лазера в режиме модуляции добротности;

– рассчитать длительность импульса и расстояние между импульсами лазера в режиме синхронизации мод;

– провести оценку ширины линии генерации лазера с внутрирезонаторными дисперсионными элементами (призма, дифракционная решетка, интерферометр Фабри-Перо);

– рассчитать нелинейное изменение показателя преломления для различных сред и механизмов взаимодействия лазерного излучения с веществом;

– рассчитать эффективность генерации второй и более высоких гармоник;

– рассчитать пороговую мощность и длину самофокусировки;

владеть:

– методами реализации различных динамических режимов генерации;

– методами расчета энергетических и динамических характеристик лазерной генерации;

– методами оценки ширины линии генерации лазера с внутрирезонаторными дисперсионными элементами;

– методами реализации различных нелинейно-оптических процессов;

– методами расчета эффективности нелинейного взаимодействия лазерного излучения со средой;

– методами расчета эффективности параметрического преобразования световых полей.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Физика лазеров и нелинейная оптика» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 128 часов, в том числе 52 аудиторных часов, из них: лекции – 42 часов, управляемая самостоятельная работа – 10 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,5 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Физика лазеров.

Тема 1.1. Введение в физику лазеров.

История создания лазеров. Принцип работы лазера и характеристики лазерного излучения.

Тема 1.2. Понятие активной среды.

Оптическая накачка активной среды. Трех- и четырехуровневые схемы оптической накачки. Усиление в растворах сложных органических соединений (красителей).

Тема 1.3. Способы создания инверсной населенности.

Электрическая, тепловая, химическая, ядерная накачка активной среды.

Тема 1.4. Оптический резонатор и моды резонатора.

Типы резонаторов. Продольные и поперечные моды резонатора. Условие устойчивости резонатора.

Тема 1.5. Стационарный режим работы лазера.

Условия перехода к лазерной генерации. Мощность генерации. Порог генерации. Оптимальная связь резонатора. Спектр генерации.

Тема 1.6. Расчет коэффициента усиления, спектральных и угловых характеристик генерации.

Расчет коэффициента усиления и спектр генерации. Гауссовы пучки и расчет нулевой моды лазерного излучения.

Тема 1.7. Динамические процессы в лазерах.

Нестационарный режим работы лазера. Кинетические уравнения для лазерной генерации.

Тема 1.8. Режим свободной генерации.

Работа лазера в режиме свободной генерации. Пичковая структура излучения.

Тема 1.9. Режим модуляции добротности.

Модуляция добротности оптического резонатора. Метод пассивной модуляции добротности оптического резонатора. Пассивные затворы.

Тема 1.10. Метод активной модуляции добротности оптического резонатора.

Мощность, энергия и длительность импульса генерации лазера при активной модуляции добротности.

Тема 1.11. Режим синхронизации мод.

Методы активной и пассивной синхронизации мод.

Тема 1.12. Перестраиваемые лазеры и способы перестройки частоты генерации.

Перестраиваемые лазеры с использованием дифракционной решетки, призмы, интерферометра Фабри – Перо.

Тема 1.13. Расчет параметров резонатора и характеристик лазерного излучения.

Энергетические, спектральные и когерентные характеристики лазерного излучения.

Тема 1.14. Основные типы лазеров.

Типы лазеров: рубиновый, неодимовый, гелий-неоновый, на красителях, эксимерные, химические, газодинамические, полупроводниковые, на свободных электронах и др.

Тема 1.15. Применения лазеров.

Использование лазерного излучения в науке, технике, производстве, военном деле, медицине.

Раздел 2. Нелинейная оптика.

Тема 2.1. Понятие нелинейной среды.

История возникновения и развития нелинейной оптики. Уравнения Максвелла для светового поля в линейной и нелинейной средах. Классификация нелинейностей. Квадратичная и кубическая нелинейности. Нелинейности высших порядков.

Тема 2.2. Типы нелинейностей.

Тепловая нелинейность. Нелинейность электрооптических кристаллов. Эффект Поккельса. Ориентационный и наведенный эффект Керра. Электрострикция.

Тема 2.3. Резонансная нелинейность.

Нелинейные свойства двухуровневой резонансной среды, насыщение поглощения. Соотношения Крамерса-Кронига и нелинейность показателя преломления резонансной среды.

Тема 2.4. Самовоздействие светового пучка в нелинейной среде.

Самофокусировка, автоколлимация и дефокусировка светового пучка. Расчет пороговой мощности и длины самофокусировки.

Тема 2.5. Генерация второй гармоники.

Эффект генерации второй гармоники. Эффективность преобразования во вторую гармонику, длина когерентного взаимодействия. Условие фазового синхронизма и его выполнение в двулучепреломляющих кристаллах, угловая ширина синхронизма.

Тема 2.6. Генерация волн на суммарной и разностной частоте.

Эффекты сложения и вычитания частот, оптическое выпрямление. Каскадная генерация высших гармоник. Расчет эффективности генерации гармоник лазерного излучения.

Тема 2.7. Параметрическое усиление.

Параметрическое усиление в средах с квадратичной нелинейностью.

Тема 2.8. Параметрический генератор света.

Принцип работы параметрического генератора. Способы перестройки частоты параметрического генератора. Характеристики параметрического генератора.

Тема 2.9. Генерация волн в среде с кубической нелинейностью.

Генерация третьей гармоники. Четырехволновое смешение и генерация волн на суммарной и разностной частоте. Параметрическое усиление и генерация встречных волн при четырехволновом взаимодействии.

Тема 2.10. Вынужденное рассеяние света.

Релеевское и комбинационное рассеяние света атомами и молекулами. Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяния Мандельштама-Бриллюэна.

Тема 2.11. Управление светом с помощью света.

Фазовое сопряжение и обращение волнового фронта. Понятие оптической бистабильности, оптической нутации, самоиндуцированной прозрачности, фотонного эха, сжатых световых состояний.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСП | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Физика лазеров | | | | | | | |
| 1.1 | Введение в физику лазеров | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.2 | Понятие активной среды | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.3 | Способы создания инверсной населенности | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.4 | Оптический резонатор и моды резонатора | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.5 | Стационарный режим работы лазера | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.6 | Расчет коэффициента усиления, спектральных и угловых характеристик генерации | | | | | | 2 | Устный опрос, Контрольная работа |
| 1.7 | Динамические процессы в лазерах | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.8 | Режим свободной генерации | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.9 | Режим модуляции добротности | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.10 | Метод активной модуляции добротности оптического резонатора | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.11 | Режим синхронизации мод | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 1.12 | Перестраиваемые лазеры и способы | 2 | | | | | | Устный опрос, |

| | | | | | | | | |
|--------------|--|-----------|--|--|--|--|-----------|---|
| | перестройки частоты генерации | | | | | | | Учебная дискуссия |
| 1.13 | Расчет параметров резонатора и характеристик лазерного излучения | | | | | | 2 | Устный опрос, Контрольная работа |
| 1.14 | Основные типы лазеров | | | | | | 2 | Устный опрос, Проверка рефератов |
| 1.15 | Применения лазеров | | | | | | 2 | Устный опрос, Проверка рефератов |
| 2 | Нелинейная оптика | | | | | | | |
| 2.1 | Понятие нелинейной среды | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.2 | Типы нелинейностей | 2 | | | | | | Устный опрос, Учебная дискуссия |
| 2.3 | Резонансная нелинейность | 2 | | | | | | Устный опрос, Учебная дискуссия |
| 2.4 | Самовоздействие светового пучка в нелинейной среде | 2 | | | | | | Устный опрос, Учебная дискуссия |
| 2.5 | Генерация второй гармоники | 2 | | | | | | Устный опрос, Учебная дискуссия |
| 2.6 | Генерация волн на суммарной и разностной частоте | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.7 | Параметрическое усиление | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.8 | Параметрический генератор света | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.9 | Генерация волн в среде с кубической нелинейностью | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.10 | Вынужденное рассеяние света | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.11 | Управление светом с помощью света | | | | | | 2 | Устный опрос, Тематические презентации |
| Итого | | 42 | | | | | 10 | Экзамен |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Н. Бломберген. Нелинейная оптика. М.: Мир. 2016.
2. А. Ярив. Квантовая электроника. М.: Мир. 2010.
3. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. М.: Мир. 2011.
4. А. Ярив. Введение в оптическую электронику. М.: Мир. 2013.
5. Н.В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука. 2013, 1988.
6. О. Звелто. Принципы лазеров. М.: Мир. 2016.
7. И.Р. Шен. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука. 2019.
8. Н.Б. Делоне. Нелинейная оптика. М.: Физматлит. 2013.
9. В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит. 2014.
10. А.Л. Толстик, И.Н. Агишев, Е.А. Мельникова. Лазерная физика. Лабораторный практикум. Мн.: БГУ, 2016.
11. С.Н. Курилкина, А.А. Минько. Нелинейная оптика. Мн.: БГУ, 2010.
12. Chapter 1. Лазерная физика; In “Photonics”. Editor: Alexei Tolstik. <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=850>, 2018.
13. Chapter 2. Нелинейная оптика. In “Photonics. Editor: Alexei Tolstik. <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=850>, 2018.
14. A. Tolstik, I. Agishev, D. Gorbach, V. Myshkovets, A. Maksimenka, G. Baevich, A. Melnikova, A. Lyalikov, A. Fedotov, J. Peuteman, M. Tivanov, N. Strekal, G. Vasilyuk, I. Semchenko, S. Khakhomov. Photonics. Editor: A. Tolstik. Riga Technical University. Riga. 2019. 535 p.

Перечень дополнительной литературы

1. В.А. Пилипович, А.А. Ковалев. Оптические квантовые генераторы с просветляющимися фильтрами. Мн.: Наука и техника. 1975.
2. Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. С. Шапиро. М.: Мир. 1981.
3. Л.В. Тарасов. Лазеры и их применение. М.: Радио и связь. 1983.
4. Г.М. Зверев, Ю.Д. Голяев, Е.А. Шалаев, А.А. Шокин. Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом. М.: Радио и связь. 1985.
5. Б.Я. Зельдович, Н.Ф. Пилипецкий, В.В. Шкунов. Обращение волнового фронта. М.: Наука. 1985.
6. Й. Херман, Б. Вильгельми. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М.: Мир. 1986.
7. Б.Ф. Федоров. Лазеры. Основы устройства и применение. М.: ДОСААФ. 1988.
8. Х. Гиббс. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М.: Мир. 1988.

9. Н.Б. Делоне. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: Наука. 1989.
10. С.М. Копылов, Б.Г. Лысой, С.Л. Серегин, О.Б. Чередниченко. Перестраиваемые лазеры на красителях и их применение. М.: Радио и связь. 1991.
11. В.Г. Дмитриев. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта. М.: Физматлит. 2001.
12. А.Л. Толстик. Многоволновые взаимодействия в растворах сложных органических соединений. Мн.: БГУ. 2002.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

1. Устные опросы.
2. Контрольная работа.
3. Тематические презентации.
4. Учебная дискуссия.
5. Проверка рефератов.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика» учебным планом предусмотрен экзамен

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (постановление Министерства Образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете № 189-ОД от 31.03.2020.
3. Критериев оценки знаний и компетенций студентов по 10-бальной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь 21-04-01/105 от 22.12.2003).

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

- Контрольная работа – 30 %;
- Рефераты – 30 %;
- Устные ответы по теме занятия – 10 %;
- Участие в учебной дискуссии – 10 %.
- Тематические презентации – 20 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов Вес оценка по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.6. Расчет коэффициента усиления, спектральных и угловых характеристик генерации. Расчет коэффициента усиления и спектр генерации. Гауссовы пучки и расчет нулевой моды лазерного излучения. (2 ч.)

Форма контроля – контрольная работа.

Тема 1.13. Расчет параметров резонатора и характеристик лазерного излучения. Энергетические, спектральные и когерентные характеристики лазерного излучения. (2 ч.)

Форма контроля – контрольная работа.

Тема 1.14. Основные типы лазеров. Типы лазеров: рубиновый, неодимовый, гелий-неоновый, на красителях, эксимерные, химические, газодинамические, полупроводниковые, на свободных электронах и др. (2 ч.)

Форма контроля – проверка рефератов по теме «Типы лазеров».

Тема 1.15. Применения лазеров. Использование лазерного излучения в науке, технике, производстве, военном деле, медицине. (2 ч.)

Форма контроля – проверка рефератов по теме «Применения лазеров».

Тема 2.11. Управление светом с помощью света. Фазовое сопряжение и обращение волнового фронта. Понятие оптической бистабильности, оптической нутации, самоиндуцированной прозрачности, фотонного эха, сжатых световых состояний. (2 ч.)

Форма контроля – тематические презентации по теме «Управление светом с помощью света».

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса по дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика» используется *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. При представлении тематических презентаций по темам управляемой самостоятельной работы студенты принимают участие в *групповой учебной дискуссии*, анализируют представленную информацию, высказывают свое мнения и предположения о перспективных направлениях развития данных отраслей.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемых тем, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика» следует использовать комплекс учебных и учебно-методических материалов, включающий методические указания к подготовке тематических презентаций и рефератов, материалы текущего контроля и текущей аттестации, вопросы для подготовки к экзамену, перечень кейсов и вводные инструкции к ним, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, дополнительных информационных ресурсов, размещенных на портале eduphys.bsu.by.

Задания УСР по учебной дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика» включают в себя четыре модуля различной сложности в зависимости от уровня подготовки студента:

1. Участие в учебной дискуссии.
2. Выполнение контрольной работы.
3. Подготовка рефератов.
4. Подготовка тематических презентаций и выступление с докладом на тему презентаций.

Темы учебных дискуссий

1. Расчет изменения показателя преломления среды с керровской, электрострикционной и тепловой нелинейностью.
2. Расчет изменения коэффициента поглощения и показателя преломления среды с резонансной нелинейностью.
3. Расчет нелинейных характеристик сложных органических соединений.
4. Расчет пороговой мощности и длины самофокусировки в среде с электрострикционным или керровским механизмом нелинейности.
5. Оценка фокусного расстояния отрицательной линзы, формирующейся в среде с тепловой нелинейностью.
6. Расчет направления синхронизма и угловой ширины синхронизма при генерации второй гармоники для различных типов взаимодействия в положительных и отрицательных двулучепреломляющих кристаллах.
7. Расчет эффективности генерации второй гармоники лазерного излучения в электрооптических кристаллах.
8. Расчет эффективности генерации второй гармоники лазерного излучения при высокой эффективности преобразования.

Примерный перечень вопросов контрольной работы

1. Насыщение коэффициента усиления в однородно и неоднородно уширенной активной среде.
2. Спектр генерации и когерентные свойства излучения конкретных лазерных систем.
3. Гауссовы пучки и расчет расходимости нулевой моды лазерного излучения.
4. Оптимальная связь резонатора и расчет оптимального коэффициента отражения зеркал резонатора.
5. Длительность и пиковая мощность генерации лазера, работающего в режиме активной модуляции добротности.
6. Длительность импульса генерации лазера, работающего в режиме синхронизации мод.
7. Спектральные и когерентные характеристики генерации лазера с дисперсионным резонатором при использовании призмы, дифракционной решётки, интерферометра Фабри-Перо.

Примерный перечень тем рефератов и тематических презентаций

1. Рубиновые лазеры.
2. Неодимовые лазеры.
3. Гелий-неоновые лазеры.
4. Лазеры на иттрий-алюминиевом гранате.
5. Твердотельные лазеры с диодной накачкой.
6. Аргоновые лазеры.
7. Лазеры на углекислом газе.
8. Лазеры на красителях и F-центрах.
9. Полупроводниковые лазеры.
10. Газодинамические лазеры.
11. Химические и эксимерные лазеры.
12. Лазеры на свободных электронах.
13. Лазеры с распределенной обратной связью.
14. Использование лазерного излучения в науке и информационных системах.
15. Использование лазерного излучения в технике, производстве и военном деле.
16. Использование лазерного излучения в медицине.
17. Фазовое сопряжение и обращение волнового фронта.
18. Оптическая бистабильность.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. История создания лазеров. Принцип работы лазера. Основные свойства и характеристики лазерного излучения.

2. Способы накачки активной среды. Оптическая накачка активной среды. Трех- и четырехуровневые схемы накачки.
3. Открытый резонатор. Типы резонаторов. Условие устойчивости резонатора. Продольные и поперечные моды резонатора. Селекция мод лазера.
4. Стационарный режим работы лазера. Мощность генерации. Порог генерации. Оптимальная связь резонатора при стационарной генерации. Спектр генерации.
5. Нестационарный режим работы лазера. Кинетические уравнения для лазерной генерации. Режим свободной генерации. Пичковая структура излучения.
6. Метод модуляции добротности лазерного резонатора. Режим активной модуляции добротности. Мощность, энергия и длительность импульса генерации. Режим пассивной модуляции добротности.
7. Режим синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод.
8. Перестраиваемые лазеры и способы перестройки частоты излучения.
9. Типы лазеров: рубиновые, неодимовые, гелий-неоновые, полупроводниковые, химические, газодинамические, на красителях, на свободных электронах, твердотельные лазеры с диодной накачкой.
10. Применения лазеров в информационных системах, науке, технике и медицине.
11. Понятие нелинейной среды. Уравнения Максвелла для светового поля в нелинейной среде. Нелинейная оптическая восприимчивость. Классификация нелинейностей. Квадратичная и кубическая нелинейности. Нелинейности высших порядков.
12. Тепловая нелинейность. Керровская нелинейность. Ориентационный и электронный эффект Керра. Электрострикция.
13. Нелинейные свойства резонансных сред. Нелинейность поглощения, нелинейность показателя преломления резонансной среды.
14. Волновое уравнение для светового поля в нелинейной среде. Приближение медленно меняющихся амплитуд.
15. Самофокусировка, автоколлимация и дефокусировка светового пучка.
16. Генерация второй гармоники. Условие фазового синхронизма, угловая ширина синхронизма. Генерация второй гармоники при высокой эффективности преобразования.
17. Сложение и вычитание частот в средах с квадратичной нелинейностью, оптическое выпрямление.
18. Параметрическое усиление в средах с квадратичной нелинейностью.
19. Параметрическая генерация. Одно- и двухрезонаторные параметрические генераторы, перестройка частоты генератора.

20. Генерация третьей гармоники в среде с кубической нелинейностью.

21. Четырехволновое смешение и генерация волн на суммарной и разностной частоте.

22. Параметрическое усиление встречных волн в среде с кубической нелинейностью, обращение волнового фронта.

23. Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяния Мандельштама-Бриллюэна.

24. Явление оптической бистабильности.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|--|---|---|---|
| Когерентная оптика и голография. Современные лазерные технологии | Кафедра лазерной физики и спектроскопии | нет | Оставить без изменений (протокол № 20 от 22 июня 2020 г.) |
| Лаборатория специализации «Физика лазеров, нелинейная оптика, когерентная оптика и голография» | Кафедра лазерной физики и спектроскопии | нет | Оставить без изменений (протокол № 20 от 22 июня 2020 г.) |

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

| № п/п | Дополнения и изменения | Основание |
|----------|------------------------|-----------|
| | | |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
