

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

«Физика лазеров»

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»

Профиль подготовки
«Радиофизика и электроника»

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика лазеров» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла образовательной программы по направлению бакалавриата 03.03.03 «Радиофизика», профиль подготовки «Радиофизика и электроника», преподается в 8 семестре. Она базируется на знаниях студентов, приобретенных в курсах общей физики, математического анализа, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, классической (теоретической) механики и квантовой механики.

Целью освоения дисциплины является формирование у студента современного представления о физике лазеров, режимах генерации, методах управления пространственными, временными характеристиками лазерного излучения. Рассматриваются основные элементы оптических квантовых генераторов: активная среда, системы накачки, оптический резонатор.

Законы, модели и уравнения, рассмотренные в курсе, используются в лабораторном практикуме.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физика лазеров», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Знание основных принципов решения профессиональных задач в области физики лазеров Умение и навыки использования информационных технологий в области физики лазеров в профессиональной деятельности Владение опытом использования	Задача, собеседование

		информационно - коммуникационных технологий при решении научно-исследовательских задач	
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</p> <p>ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.</p>	<p>Знание методов приобретения новых научных и профессиональных знаний на основе современных образовательных и информационных технологий в области физики лазеров</p> <p>Умение приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области физики лазеров</p> <p>Опыт приобретения новых научных и профессиональных знаний на основе современных образовательных и информационных технологий в области физики лазеров</p>	Задача, собеседование

3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Физика лазеров». Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа - занятия семинарского типа, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа Консультации	Всего	
Введение. Лазерная среда			1		1	2
Оптическая накачка			1		1	2
Усиление и эффекты насыщения			1		1	2
Атомарные лазеры и ионные лазеры			1		1	2
Молекулярные лазеры			2		2	4
Лазеры на молекулах органических красителей . Методы перестройки частоты генерации			2		2	5
Твердотельные лазеры			3		3	7
Активная среда в резонаторе			2		2	4
Гауссовы пучки. Условие устойчивости открытых резонаторов			2		2	4
Тепловая линза активной среды			1		1	2
Неустойчивые резонаторы			1		1	2

Ширина линии генерации			1		1	2
Временные характеристики генерации. Нестационарный режим генерации. Управление добротностью резонатора. Синхронизация продольных мод резонатора.			2		2	5
Элементная база оптических квантовых генераторов			2		2	6
Промежуточная аттестация (зачёт)						

3. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используется основная образовательная технология: проблемный метод изложения материала с наглядной демонстрацией изучаемых систем с помощью мультимедийных средств обучения. Лекционный материал дополняется наглядной демонстрацией элементной базы оптических квантовых генераторов и оборудованием научно-исследовательских лабораторий кафедры.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- подготовка к аттестации

Текущий контроль усвоения моделей и понятий проводится путем проведения тестовых опросов непосредственно в процессе изложения материала

Примеры тестовых контрольных вопросов:

1. Инверсия-необходимое условие усиления. Показатель усиления. Сечение перехода. Квантовый выход.
2. Полный и дифференциальный коэффициенты полезного действия.
3. Двухуровневая схема накачки. 3-х и 4-х уровневые схемы накачки.
4. Зависимость начального коэффициента усиления от скорости накачки. Роль метастабильности верхнего уровня лазерного перехода в создании начального усиления. Влияние насыщения на величину усиления.
5. Электронный удар 1-го и 2-го рода. He-Ne лазер. Ионные лазеры .
6. Электроионизационный лазер.
7. Тепловая накачка. Молекулярные лазеры.
8. Лазеры, перестраиваемые по частоте.

9. Стационарный режим генерации. Условие порога генерации.
10. Оптимальная связь резонатора с внешней средой.
11. Продольные моды резонатора. Резонансные частоты. Добротность резонатора. Формирование спектра выходного излучения лазера.
12. Поперечные моды резонатора. Одномодовый режим генерации.
13. Избирательность заселения фотонных состояний. Лазер без резонатора.
14. Пространственная неоднородность активной среды.
15. Однородное и неоднородное уширение линии рабочего перехода.
16. Влияние матрицы лазерной среды на спектр усиления.
17. Пространственное существование мод. Межмодовая конкуренция. Эффект затягивания частот.
18. Причины нестационарного режима генерации. Режим свободной генерации. Скоростные уравнения Статца-Де Марса.
19. Режим генерации гигантских импульсов. Активная модуляция добротности резонатора. Пассивная модуляция добротности резонатора.
20. Режим синхронизации продольных мод резонатора.
21. Режим разгрузки резонатора. Отрицательная обратная связь.
22. Элементная база оптических квантовых генераторов.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-2

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
31 Знание методов приобретения новых научных и профессиональных знаний на основе современных образовательных и информационных	Отсутствие знания методов	Наличие грубых ошибок в методах	Знание основных методов с рядом негрубых ошибок	Знание основных методов с рядом заметных погрешностей	Знание основных методов с незначительными погрешностями	Знание основных методов	Всестороннее знание способов, методов и приемов саморазвития при изучении физики лазеров

ых технологий в области физики лазеров							
У1 Умение приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области физики лазеров	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения применять способы, методы саморазвития при изучении физики лазеров	Минимально допустимый уровень умения применять способы, методы саморазвития при изучении физики лазеров	Сформированное в целом умение применять способы, методы саморазвития при изучении физики лазеров	Умение применять методы саморазвития при изучении физики лазеров	Умение применять на практике способы, методы саморазвития при изучении физики лазеров	Всестороннее умение применять способы, методы саморазвития при изучении физики лазеров и использовать их в профессиональной деятельности
В1 Опыт приобретения новых научных и профессиональных знаний на основе современных образовательных и информационных технологий в области физики лазеров	Полное отсутствие навыков	Фрагментарные навыки использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров	Наличие минимальных навыков использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров	Посредственное владение навыками использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров	Достаточное владение навыками использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров	Хорошее владение навыками использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров	Всестороннее владение навыками использования творческого потенциала, полученного при изучении физики лазеров при решении профессиональных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	21 – 50 %	51 – 70%	71-80%	81 – 90%	91 – 99%	100%

ПК-1

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
З-2 Знание основных принципов решения профессиональных задач в области физики лазеров	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительно материала без ошибок и погрешностей
У-2 Умение и навыки использования информационных	Полное отсутствие требуемых умений	Фрагментарные умения использования информационных	Умение использования информационных	Достаточный уровень умений использования	Достаточный уровень умений использования	Умение и навыки использования	Всестороннее умение и навыки использования

х технологий в области физики лазеров в профессиональной деятельности		ых технологий в области физики лазеров методов в профессиональной деятельности	технологий в области физики лазеров	информационных технологий в области физики лазеров	информационных технологий в области методов физики лазеров	информационных технологий в области методов физики лазеров в профессиональной деятельности	информационных технологий в области физики лазеров в профессиональной деятельности
В-2 Владение опытом использования информационно-коммуникационных технологий при решении научно-исследовательских задач	Полное отсутствие навыков использования	Фрагментарные навыки использования информационных технологий в области физики лазеров	Наличие минимальных навыков использования информационных технологий в области физики лазеров профессиональной деятельности	Посредственное владение навыками использования информационных технологий в области физики лазеров профессиональной деятельности	Достаточное владение навыками использования информационных технологий в области физики лазеров при решении профессиональных задач	Хорошее владение навыками использования информационных технологий в области физики лазеров в профессиональной деятельности и при решении радиофизических задач	Всестороннее владение навыками использования информационных технологий в области физики лазеров в профессиональной деятельности

5.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачёта, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способность студентов использовать полученные знания для постановки и решения

конкретных научных задач

- готовность и умение использования новейших достижений в области физики лазеров при решении задач радиофизики.

Зачёт проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) или решении задачи (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Результатом проверки усвоения студентом материала и правильности решения задачи является выставление студенту положительной оценки. При отсутствии соответствующего уровня знаний и навыков студент не аттестовывается.

5.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются: индивидуальное собеседование, тестовые контрольные вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений используется индивидуальное собеседование, тестовые вопросы и задачи.

Для оценивания результатов обучения в виде владений используются: индивидуальное собеседование, тестовые контрольные задачи.

5.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Сформулировать условия осуществления инверсии населённостей на рабочем переходе.
2. Зависимость начального коэффициента усиления от скорости накачки.
3. Насыщение усиления в непрерывном и импульсном режимах генерации.
4. Декремент затухания и инкремент усиления.
5. Самоограниченный переход. Лазер на парах меди. Лазер на кристаллах, легированных ионами Er^{3+} .
6. Тепловая накачка в газодинамических лазерах.
7. Селективные резонаторы. Дисперсионные, дифракционные, интерференционные селекторы.
8. Межионный перенос энергии с участием фононов матрицы.
9. Открытые оптические резонаторы, их роль в формировании лазерного излучения.
10. Режим модуляции вредных потерь. Активная модуляция добротности резонатора.
11. Продольная и поперечная схемы накачки.
12. Электрооптические затворы.

Для оценки сформированности компетенции **ПК-1** используются также контрольные задания, примеры которых приведены в пункте 5.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
«Физика лазеров»**

а) основная литература:

1. Карлов Н.В. *Лекции по квантовой электронике* - М.: «Наука», 1988, 324с.

б) дополнительная литература:

1. Звелто О. «Принципы лазеров» СПб.: М.: Краснодар: «Лань», 2008г. – 720с.
2. В.И.Дудкин, Л.Н.Пахомов «Квантовая электроника. Приборы и их применения» // Техносфера, 2006. – 432с.
3. Савикин А.П., Егоров А.С. Перестраиваемые лазеры на халькогенидах, легированных ионами группы железа: Учебно-методическое пособие. // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 55с. (Фонд электронных ресурсов ННГУ, № 815.14.04)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО для магистратуры по направлению 03.03.03 «Радиофизика»

Автор _____ доцент Савикин А.П.

Рецензент _____ Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой _____ профессор Бельков С.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.