

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Моделирование высокочастотных и
оптических разрядов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Автоматизация научных исследований

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина *Б1.В.ДВ.04.01 Моделирование высокочастотных и оптических разрядов* относится к части ООП направления подготовки *02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии*, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

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**	
<p><i>ПК-1</i></p> <p><i>Способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области информатики и информационных технологий (ФИИТ) и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности.</i></p>	<p><i>ПК-1.1 Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</i></p>	<p><i>Знание основ теории высокочастотных и оптических разрядов;</i> <i>Знание основных принципов моделирования высокочастотных и оптических разрядов.</i></p>	<p><i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i></p>
	<p><i>ПК-1.2 Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.</i></p>	<p><i>Умение использовать углубленные теоретические и практические знания в области высокочастотных и оптических разрядов.</i></p>	<p><i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i></p>
	<p><i>ПК-1.3 Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений</i></p>	<p><i>Умение проводить самостоятельные научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты.</i></p>	<p><i>Собеседование, разноуровневые задачи и задания</i></p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	65
КСР	47
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	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	Всего		
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
1. Введение. Объемные элементарные процессы Объемные элементарные процессы, определяющие кинетику ионизации в газовом разряде (электронный удар, сечения ионизации, диссоциативное и трехчастичное прилипание, электрон-ионная рекомбинация, разрушение отрицательных ионов).	5	1			1	4
2. Процессы переноса в газоразрядной плазме	7	2			2	5

Свободная и амбиполярная диффузия; термодиффузия; теплопроводность, проводимость.						
3. Уравнения баланса частиц и энергии 3.1. Уравнения баланса частиц и энергии в газовом разряде; их стационарные и простейшие динамические решения. 3.2. Процессы нагрева электронной компоненты в разряде.	7	2			2	5
4. Пробой газа в статических, высокочастотных и оптических полях 4.1. Пороги пробоя, зависимость скорости лавинообразного процесса от давления газа, частоты и амплитуды электрического поля. Влияние плазмы разряда на величину и структуру поля. 4.2. Основные механизмы насыщения лавины при пробое. Многофотонная и туннельная ионизация.	9	2			2	7
5. Электродинамика разряда в волновых электромагнитных пучках Роль процессов рефракции и поглощения волны. Волна пробоя в волновом пучке. Предельные значения электронной концентрации. Разряд вблизи одиночного электрода.	13	4			4	9
6. Основные типы ионизационно-полевых неустойчивостей разряда 6.1. Вынужденное ионизационное рассеяние. 6.2. Мелкомасштабная плазменно-резонансная неустойчивость. Ионизационно-полевая неустойчивость пространственно-ограниченного разряда. Ионизационно-перегревная неустойчивость в поле электромагнитной волны.	15	6			6	9
7. Механизмы преобразования спектров электромагнитного излучения при пробое Частотно-модовая конверсия электромагнитных волн в процессе пробоя. Резонансное и ударное возбуждение плазменных колебаний и их излучение.	13	5			5	8
8. Использование оптических разрядов для генерации электромагнитного излучения в труднодоступных частотных диапазонах 8.1. Генерация терагерцового излучения при оптическом пробое газа: схемы с внешними статическими полями и схемы самоиндуцированной генерации ионизирующими полями. 8.2. Генерация вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения при оптическом пробое газа.	13	4			4	9

9. Численные методы моделирования плазменно-полевых структур в высокочастотных и оптических разрядах на высокопроизводительных вычислительных системах 9.1. Методы решения нестационарного уравнения Шредингера для описания процессов ионизации в интенсивных электромагнитных полях. 9.2. Псевдоспектральный метод, быстрое преобразование Фурье, дискретное преобразование Ханкеля. Методы решения системы уравнений Максвелла-Шредингера на многопроцессорных вычислительных системах. Модели пониженной размерности. Алгоритмы распараллеливания.	15	6			6	9
Итого	97	32			32	65

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.
3. Подготовка к проведению семинаров по современным проблемам радиофизики в форме внеаудиторной работы с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

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

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретическо	Уровень знаний ниже минимальны	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	го материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	х требований. Имели место грубые ошибки.	знаний. Допущено много негрубых ошибок.	соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	соответствующем программе подготовки, без ошибок.	превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»

	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. Уравнение баланса частиц в разряде.	ПК-1
2. Уравнение баланса энергии в разряде.	ПК-1
3. Вероятности многофотонной и туннельной ионизации.	ПК-1
4. Величина пробойного поля при заданных параметрах газа и разрядного промежутка.	ПК-1
5. Инкремент плазменно-резонансной неустойчивости однородного разряда.	ПК-1
6. Ионизационно-полевая неустойчивость пространственно-ограниченного разряда.	ПК-1
7. Ионизационно-перегревная неустойчивость.	ПК-1
8. Дисперсионное уравнение для волн в плазменном слое.	ПК-1
9. Резонансное и ударное возбуждение плазменных колебаний.	ПК-1
10. Механизмы генерации терагерцового излучения при оптическом пробое газа.	ПК-1
11. Механизмы генерации вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения при оптическом пробое газа.	ПК-1
12. Псевдоспектральный метод численного решения нестационарного уравнения Шредингера.	ПК-1
13. Быстрое преобразование Фурье.	ПК-1
14. Дискретное преобразование Ханкеля.	ПК-1
15. Квантовомеханические модели пониженной размерности.	ПК-1
16. Алгоритмы распараллеливания при численном решении системы уравнений Максвелла-Шредингера на многопроцессорных вычислительных системах.	ПК-1

5.2.2. Проведение семинаров

Для стимулирования самостоятельной работы обучающихся предусмотрено проведение интерактивных форм занятий в виде семинаров по современным проблемам радиофизики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Райзер Ю. П. - Физика газового разряда. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 736 с.
2. Делоне, Н.Б. Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением. [Электронный ресурс] / Н.Б. Делоне, В.П. Крайнов. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59287> — Загл. с экрана.
3. Юнаковский А. Д. - Начала вычислительных методов для физиков. - Н. Новгород: ИПФ РАН, 2007. - 220 с.
4. Петрова И.Э., Орлов А.В. *Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.*
5. *Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенции/*. Составители: Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З. и др. Учебно-методическое пособие. Н. Новгород: ННГУ, 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf. Рег. номер 1496.17.04 (дата обращения 29.05.2017).

б) дополнительная литература:

1. Введенский Н. В., Рябикин М. Ю., Силаев А. А. Квантовомеханические модели пониженной размерности для численных исследований ионизационных явлений в интенсивных электромагнитных полях: Учебно-методическое пособие. — Н.Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. — 33 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: экран, проектор, ноутбук, колонки.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (утвержден Приказом Минобрнауки России 23.08.2017 N 811).

Автор Введенский Н.В.

Рецензент Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой Кудрин А.В.

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