

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

Рабочая программа дисциплины

Сверхразмерные электродинамические системы

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направление подготовки / специальность

Физическая электроника

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина «Сверхразмерные электродинамические системы» Б1.В.ДВ.02.02 относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 «Радиофизика», 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**	
<i>ПК-1.</i> Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области микро- и нанoeлектроники, мощной электроники при решении задач своей профессиональной деятельности.	<p><i>ПК-1.1.</i> Применяет принципы сбора и анализа информации, методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.</p> <p><i>ПК-1.2.</i></p> <p>Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников.</p> <p><i>ПК-1.3.</i> Владеет современными информационными и коммуникационными технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления</p>	<p><i>Знать</i> основные типы замедляющих систем для черенковских приборов СВЧ диапазона.</p> <p><i>Уметь</i> рассчитывать фазовые и групповые скорости пространственных гармоник замедляющих систем.</p> <p><i>Владеть</i> современными методами расчета дисперсионных характеристик замедляющих систем.</p>	<i>собеседование</i>

	полученных результатов исследования.		
--	---	--	--

<p><i>ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области микро- и, наноэлектроники, мощной электроники и оформлять их результаты.</i></p>	<p><i>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области микро- и, наноэлектроники, мощной электроники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</i></p> <p><i>ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.</i></p> <p><i>ПК-2.3. Применяет навыки планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по отдельным разделам тем в области микро- и, наноэлектроники, мощной электроники.</i></p> <p><i>ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области микро- и, наноэлектроники, мощной электроники.</i></p>	<p><i>Знать теорию возбуждения электромагнитных волн в волноводе заданными источниками.</i></p> <p><i>Уметь находить сопротивление связи различных мод в круглых и прямоугольных волноводах.</i></p> <p><i>Владеть методами анализа спектра мод в прямоугольных и круглых волноводах в заданной полосе частот.</i></p>	<p><i>собеседование</i></p>
<p><i>ПК-3. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских</i></p>	<p><i>ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</i></p> <p><i>ПК-3.2. Представляет</i></p>	<p><i>Знать современное состояние исследований в выбранной области Радиофизики</i></p> <p><i>Уметь кратко и доходчиво излагать и обосновывать необходимость проведения исследований по выбранной теме</i></p>	<p><i>собеседование</i></p>

разработок.	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу. ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно- исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	исследования. <i>Владеть</i> навыками составления и оформления презентации, описывающих основные, наиболее важные, результаты выполненной работы.	
-------------	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72 часа
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32 часа
самостоятельная работа	39 часов
КСР	1 час
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	зачет

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе												Самостоятельная работа обучающегося, часы				
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них																
	Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего							
Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
1 Введение. Уравнения Максвелла.	8			4											4			4		

Теория регулярных волноводов и резонаторов.																				
2. Метод связанных волн.	9			4											4			5		
3. Теория периодических резонаторов в случае слабой продольной неоднородности.	9			4											4			5		
4. Метод поперечных сечений при отсутствии критических сечений.	9			4											4			5		
5. Метод поперечных сечений при наличии критических сечений.	9			4											4			5		
6. Метод плоских поперечных сечений для сверхразмерных электродинамических систем.	9			4											4			5		
7. Применение метода плоских поперечных сечений для расчета нерегулярных сверхразмерных электродинамических систем.	9			4											4			5		
8. Метод плоских поперечных сечений для многосвязных областей.	9			4											4			5		
Промежуточная аттестация: зачет																				
Итого	72			32											32			39		

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы 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 теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие	При решении	Продемонстр	Продемонстр	Продемонстри	Продемонстр	Продемонстр

	минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	ированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	рованы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	ированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	ированы 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
зачтено	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
	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

Вопросы	Код формируемой компетенции
Понятие ТЕ, ТМ, гибридных волн. Линейная, эллиптическая поляризация волн.	ПК-1
Уравнения для мембранных функций.	ПК-1
Дисперсионные соотношения для волн в линиях передачи.	ПК-1
Понятие фазовой и групповой скорости волн.	ПК-1
Структуры симметричных волн цилиндрического волновода.	ПК-1
Моды шепчущей галереи.	ПК-1
Низшая мода прямоугольного волновода.	ПК-1
Структура гибридной моды HE ₁₁ .	ПК-1
Поверхностные заряды и токи на стенках линии передачи.	ПК-1
Потери в стенках линии передачи.	ПК-1
Концепция Бриллюэна.	ПК-2
Формула пересчета импедансов. Согласование линий передачи.	ПК-2
Электромагнитные колебания в полых резонаторах.	ПК-2
Затухание собственных колебаний в резонаторах	ПК-2
Граничное условие Леонтовича.	ПК-2
Возбуждение электромагнитных волн в волноводах заданными источниками	ПК-2
Лемма Лоренца.	ПК-2
Возбуждение резонаторов. Уравнения возбуждения.	ПК-2
Дифракционная и омическая добротности.	ПК-2
Селекция мод в резонаторах гиротронного типа.	ПК-2
Селекция колебаний по продольному индексу в гиротронных резонаторах	ПК-2
Электродинамические свойства резонаторов эллиптического сечения	ПК-2
Метод плоских поперечных сечений.	ПК-3
Полуволновый отражатель, основанный на возбуждении квазикритической волны в области сверхразмерного участка	ПК-3
Связанные резонаторы с трансформацией мод.	ПК-3
Связанные коаксиальный и цилиндрический резонаторы.	ПК-3
Определение матрицы рассеяния.	ПК-3
Методы определения собственных мод высокодобротных резонаторов	ПК-3
Теорема Флоке.	ПК-3
Брэгговские отражатели и резонаторы на основе металлических структур.	ПК-3
Моды ТЕ и ТМ планарного диэлектрического волновода.	ПК-3
Гибридные волноводные моды.	ПК-3
Брэгговские структуры на основе диэлектрических волноводов.	ПК-3
Метод связанных волн.	ПК-3

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1.

1. Указать при каких условиях справедлива теорема Флоке.

2. Написать систему уравнений для описания структуры моды в круглом волноводе, запитываемом гармоническим сигналом.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2.

1. Найти групповую скорость волны в замедляющей системе по заданной дисперсионной характеристике.
2. Найти фазовую скорость волны в замедляющей системе по заданной дисперсионной характеристике.
3. Оценить диффракционные потери в круглом резонаторе, если известен тип распространяющейся волны.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3.

1. Оценить омические потери в круглом резонаторе, если известен тип распространяющейся волны.
2. Оценить диффракционные потери в прямоугольном резонаторе, если известен тип распространяющейся волны.
3. Оценить омические потери в прямоугольном резонаторе, если известен тип распространяющейся волны.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Каценеленбаум Б. З. Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами.— М.: Изд. АН СССР, 1961.
2. Цимринг Ш.Е. Введение в высокочастотную вакуумную электронику и физику электронных пучков. – Нижний Новгород.: Изд. Институт прикладной физики РАН, 2012.
3. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. - М.: Изд. АСТ, 1988.
4. Цимринг Ш. Е., Павельев В. Г.— Радиотехника и электроника, 1982, 27, 6, с. 1099.
5. Малыгин С. А., Павельев В. Г., Цимринг Ш. Е. Известия Высших учебных заведений. Радиофизика. 1983. Том XXVI, 9, С. 1126.
6. Manuilov V. N. and Pavel'ev V. G. International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 1997. Vol. 18, No. 12, p.2335.
7. Manuilov V. N., Starov V. G., and Pavel'ev V. G. International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 1997. Vol. 18, No. 12, p.2323.
8. Ваганов Р. Б., Матвеев Р. Ф., Мериакри В. В. Многоволновые волноводы со случайными нерегулярностями.— М.: Сов. радио, 1972.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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 ННГУ по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика».

Авторы: профессор кафедры квантовой радиофизики и электроники Мануилов В.Н.;
доцент кафедры квантовой радиофизики и электроники Заславский В.Ю.

и.о. заведующего кафедрой Маругин А.В.

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