

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
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

«Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»

(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

Биоинформатика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

магистр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «**Математические модели волновых явлений в нелинейных средах**» находится в разделе **Дисциплин по выбору** вариативной части профессионального цикла магистерского образования на радиофизическом факультете ННГУ по направлению подготовки **02.04.02 – «Фундаментальная информатика и информационные технологии»** (уровень магистратуры) на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 1-м семестре..

Изучение дисциплины магистрантами базируется на знаниях и умениях, которые должны иметь выпускники бакалавриата радиофизического факультета, получившие хорошую аттестацию на экзаменах по общим курсам физики, классической электродинамики, математического анализа, дифференциальных уравнений, аналитической геометрии и высшей алгебры, векторного и тензорного анализа.

Цели и задачи дисциплины обусловлены необходимостью:

а) дать выпускникам **магистерской программы «Биоинформатика»** научно обоснованные представления о широком круге нелинейных явлений в химии, электродинамике, гидродинамике и некоторых других областях науки и техники;

б) научить **магистров** по направлению подготовки **02.04.02** современным методам отыскания базисных (точных) решений нелинейных уравнений в частных производных, с помощью которых описываются разнообразные нелинейные эффекты и физические процессы.

Содержание дисциплины направлено на усвоение магистрантами совокупности основных физических принципов, закономерностей и методов исследования, составляющих фундамент современной нелинейной физики.

В результате освоения дисциплины магистранты должны овладеть:

- знанием физической природы нелинейно-оптических свойств различных сред, находящихся под воздействием мощного лазерного излучения; и основных принципов и законов взаимодействия волн разных частот в таких средах;
- умением применять основные уравнения (законы) нелинейной оптики для решения конкретных физических задач;
- основами современного математического аппарата отыскания базисных (многосолитонных) решений широкого класса нелинейных уравнений в частных производных (метод обратной задачи рассеяния, преобразования Бэклунда, Миуры и Хопфа-Хироты), описывающих многие нелинейные явления в электродинамике (ферритов, диэлектриков, полупроводников, резонансных сред, плазмы), гидродинамике, химии и других областях науки и техники;
- умением видеть на основе колебательно-волновой аналогии общие свойства в нелинейных явлениях, происходящих в различных распределённых системах и средах, а также использовать для их описания соответствующий апробированный математический аппарат.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-4 – Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углуб-	31. Знать фундаментальные причины и научно обоснованные представления о широком круге нелинейных явлений в электродинамике резонансных сред, диэлектриков, ферритов и плазмы, а также в некоторых других разделах радиофизики и областях физики, которые необходимы для решения научно-исследовательских задач в соответствии со своим профилем подготовки. У1. Уметь объяснять физическую природу нелинейных эффектов при проведении научно-исследовательских работ, опираясь на знание фундаментальных причин и научно-обоснованных представлений о нелинейных явлениях в кон-

лять своё научное мировоззрение	сервативных средах с квадратичной и кубической нелинейностями, резонансных средах и средах с наличием комбинационного рассеяния и рассеяния Мандельштама-Бриллюэна. Н1. Навык использования углублённых теоретических и практических технологий решения нелинейных уравнений в частных производных, а также фундаментальных концепций и методологий создания математических моделей описания волновых процессов в нелинейных средах при проведении научно-исследовательских работ
ПК-2 – Способность использовать углублённые теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных и профессиональных стандартов в области информационных технологий.	З1. Знать современные теоретические и практические достижения в области информационных технологий и прикладной математики, которые использовались для решения нелинейных уравнений в частных производных в рамках математического моделирования волновых уравнений в нелинейных средах. У1. Уметь использовать углублённые теоретические и практические знания технологий решения нелинейных уравнений в частных производных, а также фундаментальные концепции и методологии создания математических моделей описания волновых процессов в нелинейных средах для решения задач в области информационных технологий при проведении научно-исследовательских работ в сфере своей профессиональной деятельности.

3. Структура и содержание дисциплины

«Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»

3.1. Объем дисциплины составляет **3** зачетных единицы или всего **108** академических часов, из которых **33** часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (**32** часа лекций и **1** час мероприятий промежуточной аттестации - зачет) и **75** часов отводится на самостоятельную работу магистранта

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов (тем) дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе		
		Контактная работа во взаимодействии с преподавателем, часы		Самостоятельная работа обучающегося, часы
		лекции	Всего	
	108	32	32	76
Введение	6	2	2	4
Часть 1. Нелинейная оптика				

Трехчастотные взаимодействия в квадратичной среде	12	3	3	9
Четырехчастотные взаимодействия в кубичной среде	6	2	2	4
Взаимодействие волн при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) лазерного излучения	9	2	2	7
Взаимодействие волн лазерного излучения и звука при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ)	9	2	2	7
Пучки в нелинейной оптике	9	2	2	7
Обращение волнового фронта (ОВФ) при отражении лазерного излучения от нелинейной среды.	6	2	2	4
Двухмерные лазерные пучки в активной резонансной среде с линейной диссипацией энергии	3	1	1	2
Часть 2. Солитоны – новое понятие в прикладных науках				
Солитонное решение уравнения Кортевега и де Вриза (КДВ)	6	2	2	4
Солитонное решение уравнения Синус-Гордон (СГ).	3	1	1	2
Солитонное решение нелинейного уравнения Шредингера (НУШ).	6	2	2	4
Самоиндуцированная прозрачность двухуровневой поглощающей среды.	6	2	2	4
Стационарные световые импульсы в усиливающей резонансной среде при наличии линейного поглощения.	6	2	2	4
Решение нелинейных уравнений методом обратной задачи рассеяния (ОЗР).	9	3	3	6
Решение нелинейных уравнений с помощью автопреобразования Бэклунда.	9	3	3	6
Обзор новых методов отыскания точных решений нелинейных уравнений.	3	1	1	2
Промежуточная аттестация – зачёт				

3.2.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение

Основные свойства линейных и нелинейных сред. Диспергирующие и поглощающие среды. Физическая природа нелинейности, дисперсии и поглощения в электродинамике. Соотношения Крамерса-Кронига. Закономерности образования гармоник в нелинейной среде с дисперсией.

ЧАСТЬ 1. НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

Тема 2. Трехчастотные взаимодействия в квадратичной среде

Условия трехчастотного взаимодействия волн в квадратичной среде. Дисперсия и синхронизм. Описание трехволновых взаимодействий. Законы сохранения в среде без потерь. Соотношения Менли-Роу. Генерация второй гармоники. Взаимодействие волн в непоглощающей среде при точном синхронизме. Учет расстройки синхронизма. Влияние линейных потерь. Параметрические процессы в квадратичной среде. Параметрическое преобразование частоты вниз при высокочастотной накачке. Эффективность преобразования частоты вверх и вниз.

Тема 3. Четырехчастотные взаимодействия в кубичной среде

Условия четырехчастотного взаимодействия. Основные уравнения четырехволнового взаимодействия. Первые интегралы уравнений в отсутствие диссипации (соотношения Менли-Роу). Генерация третьей гармоники в непоглощающей среде. Влияние эффекта Керра на коэффициент преобразования в третью гармонику.

Тема 4. Взаимодействие волн при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) лазерного излучения

Физическая природа ВКР. Стоксово излучение. Основные уравнения процесса ВКР. Порог генерации. Законы сохранения в отсутствие диссипации. Вынужденное комбинационное рассеяние вперед. Преобразование энергии накачки в волну стоксова излучения при ВКР назад. Антистоксово излучение.

Тема 5. Взаимодействие волн лазерного излучения и звука при вынужденном рассеянии

Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ)

Физическая природа ВРМБ. Основные уравнения ВРМБ. Усиление стоксова излучения – трех-частотное взаимодействие. Порог возбуждения. Законы сохранения в непоглощающей среде. Стоксово рассеяние вперед. Усиление стоксова излучения назад при ВРМБ. Основные уравнения. Законы сохранения. Расчет излучаемой мощности. Приближение заданного поля накачки.

Тема 6. Пучки в нелинейной оптике

Преобразование частот в волновых пучках в квадратичной среде. Основные уравнения. Параметрическое приближение. Взаимодействие двух усиливаемых пучков при постоянной высокочастотной накачке. Уравнения одноволнового приближения. Дифракция усиливаемых волн и эффект аномальной фокусировки. Параметрическая диффузия.

Тема 7. Обращение волнового фронта (ОВФ) при отражении лазерного излучения от нелинейной среды

ОВФ при четырехволновом взаимодействии (ЧВ) в кубичной среде. ОВФ при ВКР. ОВФ при ВРМБ.

Тема 8. Двухмерные лазерные пучки в активной резонансной среде с линейной диссипацией энергии

Стационарные электромагнитные пучки в активной двухуровневой среде. Условия канализации светового пучка в резонансной среде с неоднородным распределением инверсии и неоднородным линейным поглощением. Свойства нелинейного волновода в однородно уширенной резонансной среде с однородным распределением инверсии и неоднородным линейным поглощением.

ЧАСТЬ 2. СОЛИТОНЫ – НОВОЕ ПОНЯТИЕ В ПРИКЛАДНЫХ НАУКАХ

Тема 9. Солитонное решение уравнения Кортевега и де Вриза (КДВ)

Использование уравнения КДВ в физике. Основные свойства уравнения КДВ. Стационарные решения уравнения КДВ – кноидальные волны. Фазовая плоскость стационарных волн. Однопараметрическое семейство солитонных решений уравнения КДВ и его свойства: амплитуда, скорость распространения и пространственный масштаб уединённой волны.

Тема 10. Солитонное решение уравнения Синус-Гордон (СГ)

Применение уравнения СГ в физике. Основные свойства уравнения СГ. Солитонное решение уравнения СГ и его основные свойства. Стационарные решения уравнения СГ – осциллирующие и спиральные волны. Фазовая плоскость стационарных волн.

Тема 11. Солитонное решение нелинейного уравнения Шредингера (НУШ)

Использование НУШ в физике. Основные свойства НУШ. Солитонное решение НУШ и его основные свойства. Стационарное решение НУШ. Фазовая плоскость стационарных волн.

Тема 12. Самоиндуцированная прозрачность двухуровневой поглощающей среды

Основные уравнения электромагнитного излучения в резонансной среде. Уравнения для медленных амплитуд коротких импульсов поля, поляризации и разности населённости уровней рабочего перехода резонансной (двухуровневой) среды. Основные свойства укороченных уравнений и их солитонное решение для поля на резонансной частоте. Свойства солитонного решения: амплитуда, скорость и длительность стационарного 2π -импульса.

Тема 13. Стационарные световые импульсы в усиливающей резонансной среде при наличии линейного поглощения

Уравнения баланса для медленных амплитуд короткого импульса поля и разности населённости в активной двухуровневой среде. Солитонное решение уравнений баланса и его основные свой-

ства: энергия, форма и скорость стационарного импульса.

Тема 14. Решение нелинейных уравнений методом обратной задачи рассеяния (ОЗР)

Решение стационарного уравнения Шредингера и определение спектральных данных его потенциала. Обратная спектральная задача – восстановление потенциала с помощью решения уравнения Гельфанда-Левитана-Марченко (ГМЛ). Постановка ОЗР на примере уравнения КДВ. Эволюция спектральных данных во времени. Примеры расчетов коэффициентов рассеяния и их эволюционных изменений. Примеры решений уравнений ГМЛ и нахождения многосолитонных решений уравнения КДВ. Понятие об LA-паре линейных операторов. Альтернативная версия ОЗР. LA-пары операторов уравнений КДВ и НУШ.

Тема 15. Решение нелинейных уравнений с помощью автопреобразования Бэклунда

Преобразования Беклунда. Автопреобразование Бэклунда (АПБ) и постановка задачи об отыскании иерархической системы решений нелинейного уравнения. Диаграмма Лэмба. АПБ уравнения СГ и его многосолитонные решения. АПБ уравнения КДВ.

Тема 16. Обзор новых методов отыскания точных решений нелинейных уравнений

Преобразование Хопфа-Хироты. Преобразование Миуры и законы сохранения. Метод вариации параметров стационарных волн.

3.3. Список вопросов для контроля текущей успеваемости

Написать необходимые выражения и объяснить содержание следующих *понятий*:

1. *Нелинейность среды*. Сравнение свойств линейных нелинейных сред.
2. *Дисперсия* и *диссипация* среды. Влияние дисперсии и диссипации на распространение волн.
3. Природа *дисперсии* и *диссипации* среды в электродинамике. Соотношения Крамерса-Кронига.
4. Условия образования частотных гармоник в нелинейной диспергирующей среде.
5. *Квадратичная среда*. Условия и типы трехчастотного взаимодействия.
6. Законы сохранения в непоглощающей *квадратичной среде*.
7. Влияние *синхронизма* и граничных условий на процесс образования второй гармоники в *квадратичной среде* по двухволновой схеме $1^0 + 1^0 = 2^0$.
8. Параметрическое приближение трёхволнового взаимодействия при *низкочастотной накачке* в *квадратичной среде* (общая характеристика процесса).
9. Параметрическое приближение трёхволнового взаимодействия при *высокочастотной накачке* в *квадратичной среде* (общая характеристика процесса).
10. *Кубичная среда*. Условия и разновидности четырехчастотного взаимодействия.
11. Законы сохранения в непоглощающей *кубичной среде*.
12. Влияние *эффекта Керра* и *синхронизма* на эффективность процесса образования третьей гармоники в *кубичной среде*.
13. Природа *комбинационного рассеяния* и *вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР)* лазерного излучения.
14. Законы сохранения при *ВКР* лазерного излучения.
15. Сравнительная характеристика процессов образования *стоксова* излучения *вперёд* и *назад* при *ВКР* поля лазерной генерации.
16. Условия эффективной генерации *антистоксова* излучения при *ВКР* лазерного излучения.
17. Природа *рассеяния Мандельштама-Бриллюэна* и *вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ)*.
18. Законы сохранения при *ВРМБ* лазерного излучения и *гиперзвука*.
19. Сравнительная характеристика процессов образования *стоксова* излучения *вперёд* и *назад* при *ВРМБ* поля лазерной генерации и *гиперзвука* (при условии *синхронизма*).
20. *Обращение волнового фронта (ОВФ)* при четырехволновом взаимодействии (ЧВ) в нели-

нейной кубической среде.

21. Основные свойства *солитонного* решения *уравнения КдВ*.

22. Основные свойства *солитонного* решения *уравнения Синус-Гордона*.

23. Основные свойства *солитонного* решения *нелинейного уравнения Шрёдингера*.

24. *Самоиндуцированная прозрачность (СИ)* резонансной поглощающей среды (условия реализации *СИ*, основные параметры *солитонного* импульса и процесса его распространения).

25. Стационарный короткий импульс солитонного типа в активной резонансной среде (условия реализации, основные параметры *солитонного* импульса и процесса его распространения).

26. *Метод обратной задачи рассеяния (ОЗР)* – новый метод отыскания точных решений нелинейных уравнений в частных производных.

27. *Автопреобразование Бэклунда (АПБ)* – новый метод отыскания точных решений нелинейных уравнений в частных производных.

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций, используемые на занятиях лекционного типа: лекции с проблемным изложением учебного материала.

Еженедельно текст прочитанной лекции и соответствующие вопросы для контроля текущей успеваемости из списка 3.3 рассылаются по электронной почте обучающимся для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы и создания личного портфолио по дисциплине **«Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»**, а также с целью формирования компетенций **ОПК-4** (*способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение*).

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы магистрантов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма выборочной проверки (в соответствии со **списком вопросов 3.3**) состояния отдельных частей индивидуального **портфолио** обучающегося не менее двух раз в течение семестра.

3. Трансляции по электронной почте на адреса всех магистрантов, изучающих дисциплину **«Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»**, ответа преподавателя на индивидуальный вопрос (по программе дисциплины) одного из обучающихся.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Дисциплина **«Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»** вносит определённый доленой вклад в *формирование компетенции ОПК-4 и ПК-2* выпускников Образовательной Программы, которое предусмотрено магистерской программой **«Биоинформатика»** в рамках утверждённого рабочего учебного плана подготовки магистра по направлению **02.04.02 – «Фундаментальная информатика и информационные технологии»** на 2022- 2022 учебный год. Содержание компетенции **ОПК-4** и **ПК-2** с указанием результатов обучения (знаний, умений), характеризующих этапы её формирования, представлено в разделе **2** настоящей РПД.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведено в **Приложении 1**, которое является неотъемлемой частью РПД..

6.2. Для оценки результатов освоения магистрантами содержания дисциплины применяется в соответствии с учебным планом подготовки магистра одна из традиционных форм аттестации зачёт. Используются *методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенций и знаний*, представленные в работах [6-7] списка основной литературы.

Зачтено	Отличная, хорошая или удовлетворительная подготовка. Обучаемый на удовлетворительно или лучше отвечает на вопросы программы–минимум и основные вопросы билета, а также на большинство дополнительных вопросов.
Не зачтено	Обучаемый показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий, допускает значительные ошибки при ответах на большинство дополнительных вопросов. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.

Для определения качества самостоятельной работы магистрантов и аттестации текущей успеваемости по результатам выборочных проверок их **портфолио** в течение семестра используется традиционная шкала оценок: *отлично; хорошо; удовлетворительно и не удовлетворительно*.

Отлично	Подготовка высокого уровня с незначительными погрешностями
Хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных ошибок
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям
Не удовлетворительно	Подготовка, совершенно недостаточная для понимания и изложения сути задачи (проблемы)

6.3. Для оценивания результатов обучения в виде *знаний и умений* используется **индивидуальное собеседование** по двум или трём вопросам билета, в каждом из которых магистранту предлагается изложить часть одного из разделов **содержания дисциплины 3.2.2**.

Описание **показателей и критериев оценивания компетенций** на различных этапах их формирования приведено в **Приложении 1**, которое является неотъемлемой частью РПД .

6.4. Контрольные задания для оценки результатов обучения и для итогового контроля сформированности компетенции задаются во время **индивидуального собеседования на зачёте** по дисциплине. Типовые контрольные задания представляют собой большой набор возможных вопросов, связанных с наличием (или отсутствием) некоторых ограничений и пределов применимости, а также изменением условий существования (осуществления) того или иного эффекта (или решения определённой задачи) в излагаемой магистрантом части одного из разделов **содержания дисциплины**.

6.5. Методическими материалами, определяющими процедуры оценивания, являются некоторые разделы Федеральных Государственных Образовательных Стандартов и приказов Министерства образования и науки Российской Федерации по вопросам высшего профессионального образования в России. Используются также *методические материалы, определяющие процедуры оценивания*, из работ [6-7] списка основной литературы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Математические модели волновых явлений в нелинейных средах»

а) Основная литература:

1. Martin Wegener. *Extreme Nonlinear Optics*. Springer, 2007, 225 p.
2. Manthos G. Papadopoulos, Andrzej J. Sadlej, Jerzy Leszczynsky. *Non-Linear Optical Prop-*

erties of Matter. Springer, 2008, 681 p.

3. E. Hanamura, Y. Kawabe, A. Yamanake. *Quantum Nonlinear Optics*. Springer, 2007, 240 p.

4. Boris A. Malomed. *Soliton Management in Periodic Systems*. Springer, 2008, 188 p.

5. Nail Akhmediev, Adrian Ankiewicz. *Dissipative Solitons*. Springer, 2007, 484 p.

6. Петрова И.Э., Орлов А.В. *Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.*

7. *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, 2022 [Электронный ресурс]. URL: http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf. Рег. номер 1496.17.04 (дата обращения 29.05.2022).

б) Дополнительная литература:

1. Anjan Biswas, Daniela Milovic, Matthew Edwards. *Mathematical Theory of Dispersion-Managed Optical Solitons*. Springer, 2010, 170 p.

2. Ralf Menzel. *Photonics*. Springer, 2007, 1042 p.

3. Jürgen Eichler, Hans Joachim Eichler. *Laser*. Springer, 2008, 475 p.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Имеются Интернет-ресурсы по всем разделам содержания дисциплины.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудиторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным Образовательным Стандартом Высшего Профессионального Образования по направлению подготовки **02.04.02 – «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**, квалификация **магистр**.

Автор _____

Миловский Н.Д.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой, профессор _____ Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 14.11.22, протокол № 08/22.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Дисциплина «Математические модели волновых явлений в нелинейных средах» вносит определённый долевой вклад в *формирование компетенций* ОПК-4 и ПК-2 магистерской программы «Биоинформатика» в рамках утверждённого рабочего учебного плана подготовки магистра по направлению 02.04.02 – «Фундаментальная информатика и информационные технологии» на 2022- 2022 учебный год. Содержание компетенций ОПК-4 и ПК-2 с указанием результатов обучения (знаний, умений), характеризующих этапы её формирования, представлено в разделе 2 настоящей РПД.

В настоящем Приложении 1 представлены шифры планируемых результатов обучения и критерии их оценивания.

ОПК-4 – Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	не зачтено	зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
Мотивация (личностное отношение)	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Минимально допустимый и выше