

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

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____

Матросов В.В.

« ____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Излучение и распространение
электромагнитных волн в
магнитоактивной плазме**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Аспирантура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.06.01 «Физика и астрономия»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**Исследователь. Преподаватель-
исследователь**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2021 г.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Излучение и распространение электромагнитных волн в магнитоактивной плазме» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на 2 году обучения, в четвертом семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в результате освоения дисциплины «Электродинамика» базовой части профессионального цикла бакалавриата по тому же направлению подготовки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1</i> Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики (базовый этап)	<i>З(ПК-1)-1</i> Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>У(ПК-1)-1</i> Уметь определять наиболее актуальные направления исследований; <i>У(ПК-1)-2</i> Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста; <i>У(ПК-1)-3</i> Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений; <i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; <i>В(ПК-1)-3</i> Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
<i>ПК-2</i> Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской	<i>З(ПК-2)-1</i> Знать современное состояние науки в области радиофизики; <i>З(ПК-2)-2</i> Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов; <i>У(ПК-2)-2</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; <i>В(ПК-2)-1</i> Владеть навыками моделирования различных явлений в

работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта (базовый этап)	области радиофизики и оценки полученных результатов; <i>В(ПК-2)-3</i> Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика».
<i>ПК-3</i> Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики (базовый этап)	<i>З(ПК-3)-2</i> Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях; <i>У(ПК-3)-1</i> Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования; <i>У(ПК-3)-2</i> Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения; <i>У(ПК-3)-4</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 4 часа мероприятия по аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение	3	1	-	-	-	1	2
2. Основы электродинамики	7	3	-	-	-	3	4

магнитоактивной плазмы							
3. Распространение плоских электромагнитных волн в магнитоактивной плазме	18	10	-	-	-	10	8
4. Элементы теории распространения волновых пучков в магнитоактивной плазме	8	4	-	-	-	4	4
5. Распространение электромагнитных волн при наличии направляющих систем с магнитоактивным плазменным заполнением	12	6	-	-	-	6	6
6. Излучение электромагнитных волн заданными источниками в однородной магнитоактивной плазме	10	4	-	-	-	4	6
7. Излучение электромагнитных волн заданными источниками при наличии направляющих систем с магнитоактивным плазменным заполнением	10	4	-	-	-	4	6
Аттестация по дисциплине – зачет	4	4	-	-	-	4	-
Итого	72	36	-	-	-	36	36

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение	Предмет и задачи курса. Анизотропия и гиротропия. Примеры анизотропных и гиротропных сред. Магнитоактивные среды.	Лекции	-
2	Основы электродинамики магнитоактивной плазмы	2.1. Уравнения электромагнитного поля и граничные условия. 2.2. Материальные уравнения электромагнитного поля в магнитоактивных средах. Тензоры комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной проводимости газовой и твердотельной плазмы в постоянном магнитном поле. 2.3. Энергия электромагнитного поля,	Лекции	-

		<p>мощность джоулевых потерь, вектор плотности потока энергии в магнитоактивной плазме.</p> <p>2.4. Лемма Лоренца и теорема взаимности в случае анизотропной среды. Транспонированное соотношение взаимности в магнитоактивной плазме.</p>		
3	Распространение плоских электромагнитных волн в магнитоактивной плазме	<p>3.1. Плоские волны в магнитоактивной плазме. Дисперсионное уравнение для плоских волн. Нормальные волны. Поверхности волновых векторов и лучевые поверхности. Взаимная ориентация волнового и лучевого векторов.</p> <p>3.2. Основные особенности распространения нормальных волн в магнитоактивной плазме.</p> <p>а) Показатели преломления и поляризация нормальных волн при распространении вдоль и поперек внешнего магнитного поля. Эффекты Фарадея и Коттона–Мутона.</p> <p>б) Показатели преломления и поляризация нормальных волн при распространении под произвольным углом к внешнему магнитному полю. Частоты отсечки и резонансные частоты.</p> <p>в) Примеры поверхностей волновых векторов и лучевых поверхностей для различных частотных интервалов. Конус Стори. Коническая рефракция.</p> <p>3.3. Особенности распространения электромагнитных волн в магнитоактивной плазме в важных частных случаях.</p> <p>а) Потенциальные (электростатические) волны и условия их существования. Резонансный конус.</p> <p>б) «Спиральные» волны (свистовое</p>	Лекции	-

		<p>приближение). Свистовые волны в газовой плазме. Геликоны в плазме металлов и полупроводников.</p> <p>в) Низкочастотные волны. Альфвеновские и магнитозвуковые волны в газовой и твердотельной плазме. Переход к магнитогидродинамическому приближению.</p> <p>Магнитогидродинамические волны.</p>		
4	Элементы теории распространения волновых пучков в магнитоактивной плазме	Угловой спектр плоских волн в магнитоактивной плазме. Квазиоптическое приближение. Распространение волновых пучков в особых направлениях, отвечающих конусу Стоуна и конической рефракции.	Лекции	-
5	Распространение электромагнитных волн при наличии направляющих систем с магнитоактивным плазменным заполнением	<p>5.1. Обзор важных для приложений случаев распространения электромагнитных волн в присутствии направляющих систем с магнитоактивным плазменным заполнением.</p> <p>5.2. Обзор приближенных методов анализа замагниченных плазменных направляющих систем.</p> <p>5.3. Примеры строго решаемых задач (волны, направляемые однородным плоским плазменным слоем и однородным цилиндрическим плазменным столбом во внешнем магнитном поле).</p>	Лекции	-
6	Излучение электромагнитных волн заданными источниками в однородной магнитоактивной плазме	<p>6.1. Представление поля заданных источников в виде интеграла Фурье и в виде разложения по системе собственных волн с непрерывным пространственным спектром.</p> <p>6.2. Вычисление поля в дальней зоне. Диаграмма направленности излучения по мощности. Полная мощность излучения и ее распределение по пространственному спектру возбуждаемых квазиплоских волн.</p> <p>6.3. Примеры расчета характеристик излучения простейших источников</p>	Лекции	-

		(электрического диполя и круговой рамки с током) в магнитоактивной плазме.		
7	Излучение электромагнитных волн заданными источниками при наличии направляющих систем с магнитоактивным плазменным заполнением	<p>7.1. Обзор методов отыскания полей заданных источников при наличии плазменных направляющих систем во внешнем магнитном поле. Представление поля в виде разложения в интеграл Фурье по продольному волновому числу.</p> <p>7.2. Спектральное представление поля. Постановка задачи о собственных волнах открытой направляющей системы в магнитоактивной плазме. Волны дискретной и непрерывной частей пространственного спектра. Расчет коэффициентов возбуждения собственных волн.</p> <p>7.3. Примеры строго решаемых задач излучения заданных источников при наличии замагниченных плазменных волноводов.</p>	Лекции	-

4. Образовательные технологии

Еженедельно текст каждой прочитанной лекции вместе с соответствующими контрольными вопросами из списка пункта 5 предлагаются студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы, формирования компетенций ПК-1 (Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики) и ПК-2 (Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта).

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы обучающегося:

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде семинаров по современным проблемам радиофизики, проводимым на кафедре факультативно.

Типовые контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Анизотропия и гиротропия. Физические причины возникновения анизотропии и гиротропии.
2. Материальные уравнения для анизотропных диспергирующих сред. Временная и пространственная дисперсия. Тензоры комплексной проводимости и комплексной диэлектрической проницаемости.
3. Плоские волны в анизотропных средах. Дисперсионное уравнение для плоских волн. Поверхность показателя преломления. Лучевой вектор. Лучевая поверхность.
4. Теорема о взаимной ориентации волнового и лучевого векторов в среде при отсутствии пространственной дисперсии.
5. Диэлектрическая проницаемость кристаллов. Диэлектрическая проницаемость изотропных тел в постоянном электрическом поле.
6. Дисперсионное уравнение для плоских волн в кристаллических средах (уравнение Френеля). Показатели преломления и поляризация нормальных волн.
7. Оптические свойства одноосных и двухосных кристаллов. Коническая рефракция.
8. Среда со слабой пространственной дисперсией. Разложение тензора диэлектрической проницаемости по степеням волнового числа. Естественная оптическая активность и условия ее существования. Хиральные среды.
9. Волны в изотропной оптически активной среде (дисперсионное уравнение, показатели преломления, поляризация). Двойное круговое преломление нормальных волн.
10. Магнитоактивные среды. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости газовой плазмы в постоянном магнитном поле.
11. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости твердотельной плазмы в постоянном магнитном поле.
12. Плоские волны в магнитоактивных средах. Дисперсионное уравнение для плоских волн. Обыкновенная и необыкновенная волны.
13. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении вдоль внешнего магнитного поля. Эффект Фарадея. Резонансные частоты.
14. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении поперек внешнего магнитного поля. Гибридные резонансы.
15. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении под произвольным углом к внешнему магнитному полю. Поверхности показателя преломления (примеры).
16. Условия существования потенциальных волн в гирозлектрических и гиромагнитных средах. Потенциальные волны в магнитоактивных средах. Возбуждение потенциальных волн заданными источниками.
17. «Спиральные волны» в магнитоактивных средах (свистовое приближение). Квазипродольное приближение для показателя преломления. Конус Стори.
18. Геликоны в замагниченной плазме металлов и полупроводников (продольное распространение).

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. 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 приведено в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, незачет. Для оценивания результатов обучения в виде знаний, умений и владений процедура аттестации включает в себя: тестирование на основе программы курса и контрольных вопросов (п.6.3) и практические контрольные задания с дальнейшим собеседованием. Проведение итогового контроля сформированности компетенции происходит при текущем контроле самостоятельной работы обучающегося, а также во время устного ответа в ходе зачета.

Критерии оценок:

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
Не зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

1. Анизотропия и гиротропия. Физические причины возникновения анизотропии и гиротропии.

2. Материальные уравнения для анизотропных диспергирующих сред. Временная и пространственная дисперсия. Тензоры комплексной проводимости и комплексной диэлектрической проницаемости.

3. Плоские волны в анизотропных средах. Дисперсионное уравнение для плоских волн. Поверхность показателя преломления. Лучевой вектор. Лучевая поверхность.

4. Теорема о взаимной ориентации волнового и лучевого векторов в среде при отсутствии пространственной дисперсии.

5. Диэлектрическая проницаемость кристаллов. Диэлектрическая проницаемость изотропных тел в постоянном электрическом поле.

6. Дисперсионное уравнение для плоских волн в кристаллических средах (уравнение Френеля). Показатели преломления и поляризация нормальных волн.

7. Оптические свойства одноосных и двухосных кристаллов. Коническая рефракция.

8. Среда со слабой пространственной дисперсией. Разложение тензора диэлектрической проницаемости по степеням волнового числа. Естественная оптическая активность и условия ее существования. Хиральные среды.

9. Волны в изотропной оптически активной среде (дисперсионное уравнение, показатели преломления, поляризация). Двойное круговое преломление нормальных волн.

10. Магнитоактивные среды. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости газовой плазмы в постоянном магнитном поле.

11. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости твердотельной плазмы в постоянном магнитном поле.

12. Плоские волны в магнитоактивных средах. Дисперсионное уравнение для плоских волн. Обыкновенная и необыкновенная волны.

13. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении вдоль внешнего магнитного поля. Эффект Фарадея. Резонансные частоты.

14. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении поперек внешнего магнитного поля. Гибридные резонансы.

15. Показатели преломления и поляризации нормальных волн в магнитоактивной плазме при распространении под произвольным углом к внешнему магнитному полю. Поверхности показателя преломления (примеры).

16. Условия существования потенциальных волн в гироэлектрических и гиромангнитных средах. Потенциальные волны в магнитоактивных средах. Возбуждение потенциальных волн заданными источниками.

17. «Спиральные волны» в магнитоактивных средах (свистовое приближение). Квазипродольное приближение для показателя преломления. Конус Стори.

18. Геликоны в замагниченной плазме металлов и полупроводников (продольное распространение).

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-1, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 17, 18.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-2, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1-14.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-3, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 15, 16.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.8 Электродинамика сплошных сред. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2005. — 656 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2234> — Загл. с экрана.

2. Теория волн: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]./Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П., [и др. - М.: Наука, 1990. - 432 с.

3. Александров А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А. - Основы электродинамики плазмы: [учеб. для физ. специальностей ун-тов]. - М.: Высшая школа, 1988. - 423 с.

б) дополнительная литература:

1. Грач С.М., Каменецкая Г.Х. Волны в плазме (вводный курс). Часть 1.: Учебное пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. 84 с.
2. Еськин В.А. Электромагнитные волны в замагниченных плазменных волноводах: Учебное пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2012. 108 с.
3. Агранович В. М., Гинзбург В. Л - Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. - М.: Наука, 1979. - 432 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

[http://e.lanbook.com/;](http://e.lanbook.com/)

[http://www.biblioclub.ru.](http://www.biblioclub.ru)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор _____ А.В. Кудрин

Рецензент _____ В.Г. Гавриленко

Заведующий кафедрой электродинамики _____ А.В. Кудрин

Программа рекомендована на заседании кафедры электродинамики от _____ года, протокол № _____.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № _____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики					
3(ПК-1)-1 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать современные методы анализа, а также методы постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Отсутствие знаний современных методов анализа, а также методов постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Фрагментарные знания современных методов анализа, а также методов постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Общие, но не структурированные знания современных методов анализа, а также методов постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов анализа, а также методов постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Сформированные системные знания современных методов анализа, а также методов постановки новых задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.
У(ПК-1)-1 Уметь определять наиболее актуальные направления исследований.	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее актуальные направления исследований.	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь определять наиболее актуальные направления исследований в области электродинамики	Не умеет и не готов определять наиболее актуальные направления исследований в области электродинамики	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований в области электродинамики	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований в	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее актуальные направления	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований в области электродинамики анизотропных и

анизотропных и гиротропных сред.	ки анизотропных и гиротропных сред.	анизотропных и гиротропных сред.	области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	исследований в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	гиротропных сред.
<i>У(ПК-1)-2</i> Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста.	Не умеет и не готов формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста.	Имея базовые представления о тенденциях развития науки в области радиофизики и этапах профессионального роста, не способен сформулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения.	При формулировке новых научных задач в области радиофизики не учитывает тенденции развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностные особенности.	Формулирует новые научные задачи в области радиофизики, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности.	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь самостоятельно формулировать новые задачи в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и предполагаемые методы их решения, исходя из знаний современных научных достижений.	Не умеет и не готов формулировать новые задачи в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и предполагаемые методы их решения, исходя из знаний современных научных достижений.	Имея базовые представления о современных научных достижениях в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред, не способен сформулировать новые научные задачи в данной области и предполагаемые методы их решения.	При формулировке новых научных задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред не учитывает тенденции развития науки в данной области.	Формулирует новые научные задачи в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред, исходя из тенденций развития науки в данной области, но не полностью учитывает возможные этапы решения задачи.	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в данной области.
<i>У(ПК-1)-3</i> Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь анализировать особенности распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью	Не умеет и не готов анализировать особенности распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач анализировать особенности распространения электромагнитных	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач анализировать	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач анализировать особенности	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач анализировать особенности распространения электромагнитных

и магнитоактивных средах.	естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	особенности распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.
<i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть основами электродинамического подхода к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.	Не владеет основами электродинамического подхода к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.	Фрагментарное применение основных электродинамических подходов к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.	В целом успешное, но не систематическое применение основных электродинамических подходов к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных электродинамических подходов к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.	Успешное и систематическое применение основных электродинамических подходов к анализу направляющих систем с анизотропным заполнением.
<i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования профессиональной деятельности.	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть методами планирования при решении практической задачи.	Не владеет навыками планирования при решении практической задачи.	Фрагментарное применение методов планирования при решении практической задачи.	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования при решении практической задачи.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования при решении практической задачи.	Успешное и систематическое применение методов планирования при решении практической задачи.
<i>В(ПК-1)-3</i> Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа радиофизических задач, отдельными навыками	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического

решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.		использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Не владеет современными средствами вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Фрагментарное владение отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Успешное и систематическое владение навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.

ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

3(ПК-2)-1 Знать современное состояние науки в области радиофизики.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиофизики.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать современное состояние науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Отсутствие знаний о современном состоянии науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Неполные представления о современном состоянии науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.
3(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать современные подходы к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.	Отсутствие представлений о современных подходах к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.	Фрагментарные представления о современных подходах к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.	Сформированные систематические представления о современных подходах к исследованию распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах, а также оценке полученных результатов.
<i>У(ПК-2)-2</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь представлять результаты решения практических задач научному сообществу.	Не умеет и не готов представлять полученные результаты научному сообществу.	Умение представлять полученные результаты узкому кругу специалистов.	В целом успешное, но не последовательное представление полученных результатов научному сообществу.	Успешное умение представлять полученные результаты научному сообществу.	Сформированное умение представлять полученные результаты научному сообществу, определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
<i>В(ПК-2)-1</i> Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и	Успешное и систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных

В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть навыками моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	Не владеет и не готов применять навыки моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	Фрагментарное применение навыков моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	полученных результатов. В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	оценки полученных результатов. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.	результатов. Успешное и систематическое применение навыков моделирования основных особенностей распространения электромагнитных волн в кристаллах, средах с естественной оптической активностью и магнитоактивных средах.
В(ПК-2)-3 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика» В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть методами планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов и формулировки выводов.	Отсутствие навыков. Не владеет и не готов планировать и проводить научное исследование в рамках практической задачи.	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных. Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных. В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов, формулировка выводов.	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР. Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов и формулировки выводов.
ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики					
3(ПК-3)-2 Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Общие представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых

В результате освоения дисциплины обучающийся должен ознакомиться с публикациями в рецензируемых научных изданиях в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и иметь представление о структуре, содержании и оформлении данных публикаций.	Отсутствие знаний публикаций по теме дисциплины.	Фрагментарные знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Общие знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	научных изданиях. Сформированные знания публикаций по теме дисциплины, представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.
<i>У(ПК-3)-1</i> Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	Отсутствие умений.	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	Не умеет и не готов интерпретировать результаты.	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.
<i>У(ПК-3)-2</i> Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Отсутствие умений.	Фрагментарное использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Сформированное умение оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь оценивать границы применимости	Не умеет и не готов оценивать границы применимости	Фрагментарное умение оценивать границы применимости полученных	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование	Сформированное умение оценивать границы применимости результатов,

результатов, полученных при решении задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред, и возможности их внедрения.	полученных результатов в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и возможности их внедрения.	результатов в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред.	границы применимости полученных результатов в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и возможности их внедрения.	умения оценивать границы применимости полученных результатов в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред и возможности их внедрения.	полученных при решении задач в области электродинамики анизотропных и гиротропных сред, и возможности их внедрения.
<i>У(ПК-3)-4</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь представлять результаты решения практических задач научному сообществу.	Не умеет и не готов представлять полученные результаты научному сообществу.	Умение представлять полученные результаты узкому кругу специалистов.	В целом успешное, но не последовательное представление полученных результатов научному сообществу.	Успешное умение представлять полученные результаты научному сообществу.	Сформированное умение представлять полученные результаты научному сообществу, определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.