

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)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____

Матросов В.В.

« _____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Взаимодействие высокочастотных
электромагнитных волн с
магнитоактивной столкновительной
плазмой (ионосферой)**

(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)

Нижний Новгород

2021 г.

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

Дисциплина «Взаимодействие высокочастотных электромагнитных волн с магнитоактивной столкновительной плазмой (ионосферой)» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на первом году обучения, в 1 семестре.

Изучение дисциплины базируется на дисциплинах основной образовательной программы бакалавра по направлению подготовки Радиофизика и магистерской программы «Электромагнитные волны в средах» по направлению подготовки Радиофизика

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. База для освоения данного курса: Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Методы математической физики, Электродинамика, Теория колебаний, Физика волновых процессов, Статистическая радиофизика, Электромагнитные волны в плазме, Нелинейные эффекты в плазме.

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
ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области теории распространения волн (базовый этап)	31 Знать экспериментальные методы исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой. Шифр З(ПК-1)-1
	32 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы. Шифр З(ПК-1)-2
	У1 Уметь выбирать и применять адекватные экспериментальные методы и методы анализа полученных экспериментальных данных в соответствии с типом поставленной задачи. Шифр У(ПК-1)-1
	У2 Уметь самостоятельно формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения исходя из тенденций развития науки в этой области и этапов профессионального роста. Шифр У(ПК-1)-2
	У3 Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений. Шифр У(ПК-1)-3

	<p><i>В1 Владеть</i> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.</p> <p>Шифр В(ПК-1)-1</p> <p><i>В2 Владеть</i> навыками планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.</p> <p>Шифр В(ПК-1)-2</p> <p><i>В3 Владеть</i> навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента.</p> <p>Шифр В(ПК-1)-3</p>
<p>ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>(базовый этап)</p>	<p><i>З1 Знать</i> современное состояние теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-1</p> <p><i>З2 Знать</i> современные подходы к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-2</p> <p><i>З3 Знать</i> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-3</p> <p><i>У1 Уметь</i> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Шифр У(ПК-2)-1</p> <p><i>У2 Уметь</i> представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p>Шифр У(ПК-2)-2</p> <p><i>В1 Владеть</i> навыками моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным радиоизлучением области ионосферы.</p> <p>Шифр В(ПК-2)-1</p> <p><i>В2 Владеть</i> современными информационными и коммуникационными технологиями получения теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования.</p> <p>Шифр В(ПК-2)-2</p> <p><i>В3 Владеть</i> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направлению Радиофизика</p> <p>Шифр В(ПК-2)-3</p>
ПК-3 Способность к	<p><i>З1 Знать</i> нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР</p>

внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики (базовый этап)	Шифр З(ПК-3)-1 <i>З2 Знать</i> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Шифр З(ПК-3)-2 <i>У1 Уметь</i> самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования Шифр У(ПК-3)-1 <i>У2 Уметь</i> оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения Шифр У(ПК-3)-2 <i>У3 Уметь</i> готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области радиофизики Шифр У(ПК-3)-3 <i>У4 Уметь</i> представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Шифр У(ПК-3)-4 <i>В1 Владеть</i> навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика Шифр В(ПК-3) -1 <i>В2 Владеть</i> навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения Шифр В(ПК-3)-2
---	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (34 часа занятия лекционного типа, 2 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	
I. Введение							
1. Задачи, возникающие при распространении в ионосфере мощных радиоволн. Краткая характеристика существующих установок по экспериментальному исследованию взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой.	2	1	-	-	-	1	1
2. Физическая природа нелинейных явлений в плазме	2	1	-	-	-	1	1
3. Структура ионосферы. Нормальные волны в магнитоактивной плазме.	4	2	-	-	-	2	2
II Искусственная ионосферная турбулентность верхней ионосферы							
4. Общая характеристика искусственной ионосферной турбулентности F-области ионосферы.	2	1		-	-	1	1
5. Стрикционная параметрическая неустойчивость вблизи точки отражения волны накачки.	6	3	-	-	-	3	3
6. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки.	8	4	-	-	-	4	4
7. Ускорение электронов продольными волнами.	4	2	-	-	-	2	2
8. Физические процессы, влияющие на оптическое свечение ночной ионосферы и на ионизацию нейтральной компоненты при возднйствии мощными радиоволнами.	4	2	-	-	-	2	2
III. Экспериментальные исследования искусственных ионосферных возмущений.							
9. Радиозондирование и радиопросвечивание возмущенной области ионосферы	8	4	-	-	-	4	4
10. Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ).	12	6	-	-	-	6	6
11. Искусственное оптическое свечение и дополнительная ионизация ионосферной плазмы.	8	4				4	4
12. Тепловые нелинейные эффекты в нижней ионосфере.	8	4				4	4
Аттестация по дисциплине - зачет	2	2	-	-	-	2	-
Итого	72	36		-	-	36	36

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Задачи, возникающие при распространении в ионосфере мощных радиоволн. Краткая характеристика существующих установок по экспериментальному исследованию взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой.	История вопроса. Краткая характеристика нагревных станций «Сура», EISCAT, HAARP, SPEAR. эффективная мощность, частотный диапазон, диагностические возможности. Географическое положение.	Лекция	-
2	Физическая природа нелинейных явлений в ионосферной плазме	Тепловая и стрикционная нелинейности. Силе Миллера.	Лекция	-
3	Структура ионосферы. Нормальные волны в магнитоактивной плазме.	Структура ионосферы. Нормальные волны в магнитоактивной плазме. Поляризация нормальных волн. Распространение КВ радиоволн при их падении на ионосферу. Вертикальное зондирование ионосферы. Линейная трансформация волн, утрата сигналов. Продольные (квазипотенциальные) волны, их особенности вблизи кратных гиорезонансов и в области двойного резонанса.	Лекция	-
4	Общая характеристика искусственной ионосферной турбулентности F-области ионосферы.	Различные стадии воздействия. Стрикционная и тепловая параметрические неустойчивости. .	Лекция	-
5	Стрикционная параметрическая неустойчивость. вблизи точки отражения волны накачки.	Структура поля волны накачки в области отражения. Порог неустойчивости. Индуцированное рассеяние на ионах, модуляционная неустойчивость. Свойства ленгмюровской турбулентности.	Лекция	-
6	Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки.	Возбуждение верхне- гибридных волн и мелкомасштабных неоднородностей электронной плотности, вытянутых вдоль геомагнитного поля. Стационарные свойства верхнегибридной турбулентности.	Лекция	-
7	Ускорение электронов продольными волнами.	Особенности квазилинейного приближения в рассмотрении взаимодействия волн и частиц в ионосфере. Влияние магнитного поля.	Лекция	-
8	Физические процессы, влияющие на оптическое свечение ночной ионосферы и	Усиление оптического свечения при столкновениях ускоренных электронов с нейтральными атомами. Подавление	Лекция	-

	на ионизацию нейтральной компоненты при воздействии мощными радиоволнами.	свечения в результате влияния нагрева электронов на процесс рекомбинации. Длины волн наблюдаемого оптического свечения. Ионизация электронным ударом.		
9	Радиозондирование возмущенной области ионосферы	Поведение отраженного от ионосферы сигнала мощной волны: стрикционное самовоздействие, «пички», аномальное ослабление. Ракурсное рассеяние радиоволн. Просвечивание ионосферы радиосигналами ИСЗ. Многочастотное доплеровское зондирование ионосферы.	Лекция	-
10	Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ).	Спектральный состав ИРИ. Связь ИРИ с ИИТ. Двойная трансформация на неоднородностях как механизм генерации ИРИ. Диагностические возможности ИРИ. Демонстрация перекачки плазменных волн по спектру с помощью ИРИ.	Лекция	-
11	Искусственное оптическое свечение и дополнительная ионизация ионосферной плазмы.	Методы и результаты исследований свойств возмущенной области с помощью оптического свечения. Эффект магнитного зенита, его особенности на различных экспериментальных установках. Слой искусственной ионизации в ионосфере (обнаружение, свойства при различных частотах воздействия).	Лекция	-
12.	Тепловые нелинейные эффекты в нижней ионосфере.	Искусственные периодические неоднородности в поле стоячей волны в ионосфере. Диагностика ионосферы с помощью ИПН. Модуляции ионосферных токов мощным радиоизлучением. Эффект Гетманцева. Нарушение ионизационно-рекомбинационного баланса в нижней ионосфере за счет нагрева и образование дефокусирующей линзы.	Лекция	

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Взаимодействие мощных радиоволн с ионосферой» являются лекции и самостоятельная работа аспиранта. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов лекций. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-

методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

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 приведен в приложении 1.

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

Форма аттестации: зачет.

Процедура аттестации: собеседование, в ходе которого обучающийся дает развернутый ответ на вопрос по теме курса и представляет решение одной из задач из предложенного заранее списка задач.

Оценка «Не зачтено» ставится при отсутствии ответа на вопрос, грубых ошибках при ответе (непонимании сути вопроса), отсутствии решения задачи, неумении использовать указания преподавателя для получения решения, грубых ошибках в решении. В остальных случаях ставится оценка «Зачтено».

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

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. Нормальные волны в магнитоактивной плазме. Поляризация волн. Распространение КВ радиоволн при их падении на ионосферу.
2. Продольные (квазипотенциальные) волны. Особенности дисперсионных свойств продольных волн вблизи кратных гирорезонансов и в области двойного резонанса в однородной плазме и неоднородной ионосфере.
3. Физическая природа нелинейных явлений: тепловая стрикционная, ионизационная нелинейности.
4. Стрикционная параметрическая неустойчивость вблизи точки отражения волны накачки. Возбуждение ленгмюровской турбулентности.
5. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки. Образование мелкомасштабных неоднородностей электронной плотности, вытянутых вдоль геомагнитного поля.
6. Самофокусировка мощных радиоволн и крупномасштабные неоднородности.
7. Ускорение электронов продольными волнами.
8. Генерация искусственного оптического свечения и дополнительная ионизация ионосферной плазмы.
9. Поведение отраженного от ионосферы сигнала мощной волны: стрикционное самовоздействие, «пички», аномальное ослабление.
10. Многочастотное доплеровское зондирование ионосферы. Вытеснение плазмы из областей локализации плазменных волн.
11. Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ). Спектральный состав ИРИ.
12. Связь ИРИ с ИИТ. Двойная трансформация на неоднородностях как механизм генерации ИРИ.
13. Демонстрация перекачки плазменных волн по спектру с помощью ИРИ.

14. Искусственные периодические неоднородности в поле стоячей волны в ионосфере. Диагностика ионосферы с помощью ИПН.
15. Модуляции ионосферных токов мощным радиоизлучением. Эффект Гетманцева.
16. Нарушение ионизационно-рекомбинационного баланса в нижней ионосфере за счет нагрева и образование дефокусирующей линзы.

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-1, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 8, 10, 15.

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-2, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1-7, 9, 11-14.

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-3, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 14, 16.

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

а) основная литература:

1. Грач С.М. Волны в плазме (вводный курс). Учебное пособие. Новгород, ННГУ, 2009. 113 с. Режим доступа: <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/45.pdf>
2. Грач С.М. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМОЩНЫХ РАДИОВОЛН С ИОНОСФЕРОЙ. Часть 1. Возбуждение плазменной турбулентности в верхней ионосфере. Учебное пособие. Н. Новгород, ННГУ, 2012. 58 с. Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/resources.html, Grach_modif2012.pdf](http://www.unn.ru/books/resources.html,Grach_modif2012.pdf)
3. Гавриленко В.Г., Яшнов В.А. Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме. Учебное пособие. Новгород, ННГУ. 101 с. Режим доступа: <http://www.unn.ru/books/resources.html> Gavrilenko.pdf

б) дополнительная литература:

1. Гинзбург В. Л. - Распространение электромагнитных волн в плазме. - М.: Наука, 1967. - 683 с.
2. Гинзбург В. Л., Рухадзе А. А. - Волны в магнитоактивной плазме. - М.: Наука, 1975. - 255 с.
3. Михайловский А. Б. - Теория плазменных неустойчивостей: [в 2 т.]. Т. 1. - М.: Атомиздат, 1975. - 272 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;
<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 _____ С.М. Грач

Рецензент _____

Заведующий кафедрой _____ В.Г. Гавриленко

Программа рекомендована на заседании кафедры распространения радиоволн и радиоастрономии 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 теории распространения волн					
Знать экспериментальные методы исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой. Шифр З(ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания экспериментальных методов исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	Общие, но не структурированные знания методов экспериментальных исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания экспериментальных методов исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой	Сформированные системные знания экспериментальных методов исследований и взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой x
Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы. Шифр З(ПК-1)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы.	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы.	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в области исследований взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой Земли, методы одновременного (комплексного) использования различных диагностических средств для исследования явлений, происходящих в возмущенной области ионосферы.
Уметь выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи Шифр У(ПК-1)-1	Отсутствие умений	Частично освоенное умение выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использования умения выбирать и применять аналитические, аналитико-	Сформированное умения выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с

		исследования в соответствии с типом поставленной задачи	е методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи	численные, экспериментальны с методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи	типом поставленной задачи
<p>Уметь самостоятельно формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения исходя из тенденций развития науки в этой области и этапов профессионального роста</p> <p>Шифр У(ПК-1)-2</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения	В целом успешное, но не систематическое использование умения формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения	Сформированное умение формулировать новые научные (экспериментальные и теоретические) задачи в области исследований взаимодействия мощных радиоволн различных диапазонов с ионосферой и магнитосферой Земли и предполагаемые методы их решения
<p>Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> <p>Шифр У(ПК-1)-3</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение генерировать новые идеи, поддающиеся экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но не систематическое использование умения генерировать экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения генерировать новые идеи, поддающиеся экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Сформированное умение генерировать новые идеи, поддающиеся экспериментальной проверке и теоретической (математической) формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
<p>Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических

Шифр В(ПК-1)-1		взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	и практических задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	исследовательских и практических задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.
Владеть навыками планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований Шифр В(ПК-1)-2	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований
Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента. Шифр В(ПК-1)-3	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение отдельными навыками решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента.	В целом успешное, но не систематическое владение отдельными навыками решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение отдельными навыками решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента.	Успешное и систематическое владение отдельными навыками решения новых задач в области взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с ионосферой, навыками использования современных средств вычислительной техники для регистрации и анализа полученных данных эксперимента.

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

Знать современное состояние теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой. Шифр З(ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	Неполные представления о современном состоянии теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о современном состоянии теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с плазмой.	Сформированные систематические представления о современном состоянии теории распространения электромагнитных волн в ионосфере и магнитосфере, теории нелинейного взаимодействия мощного высокочастотного электромагнитного излучения с магнитоактивной плазмой.
--	-------------------	--	---	--	---

Знать современные подходы к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов. Шифр З(ПК-2)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных подходах к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов	Неполные представления о современных к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов	Сформированные систематические представления о современных подходах к описанию и моделированию различных происходящих в ионосфере и магнитосфере под действием мощных радиоволн, и оценке полученных результатов
Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Шифр З(ПК-2)-3	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Неполные представления о требованиях к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о требованиях к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированные систематические представления о требованиях к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях
Уметь представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях Шифр У(ПК-2)-1	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	Сформированное умение использовать методов подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях
Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Шифр У(ПК-2)-2	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
Владеть навыками моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков моделирования (в т.ч.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение	Успешное и систематическое применение навыков моделирования (в

радиоизлучением области ионосферы. Шифр В(ПК-2)-1		компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным радиоизлучением области ионосферы.	моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным радиоизлучением области ионосферы.	навыков (в т.ч. компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным радиоизлучением области ионосферы.	т.ч. компьютерного) различных явлений, происходящих в возмущенной мощным радиоизлучением области ионосферы.
Владеть современными информационными и коммуникационными технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования Шифр В(ПК-2)-2	Отсутствие навыков сбора и анализа данных	Фрагментарное применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования	В целом успешное, но не систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования	Успешное и систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования
Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направлению Радиофизика Шифр В(ПК-2)-3	Отсутствие навыков планирования и проведения НИР	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики					
Знать нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР Шифр З(ПК-3)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Неполные представления о нормативных документах для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР	Сформированные систематические знания нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР
Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Шифр З(ПК-3)-2	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию правил оформления рукописей публикации 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 однократного опыта публикаций	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях

				в рецензируемых научных изданиях	
<p>Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования</p> <p>Шифр У(ПК-3)-1</p>	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
<p>Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения</p> <p>Шифр У(ПК-3)-2</p>	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
<p>Уметь готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области радиофизики</p> <p>Шифр У(ПК-3)-3</p>	Отсутствие умений	Умение готовить отдельные материалы для заявки на получение научных грантов по поручению научного руководителя	В целом успешное, но не систематическое использование умения готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов, а также оформлять проект согласно установленным требованиям	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям
<p>Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</p> <p>Шифр У(ПК-3)-4</p>	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
<p>Владеть навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p> <p>Шифр В(ПК-3) -1</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	Успешное и систематическое применение навыков составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика
<p>Владеть навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения</p> <p>Шифр В(ПК-3)-2</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения	Сформированное владение навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения