

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)

Термодинамика и статистика

неравновесных систем

(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 «Термодинамика и статистика неравновесных систем» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на 1 году обучения, во 2 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. База для освоения данного курса: Теория вероятностей, Термодинамика и статистическая физика.

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
<p>ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области термодинамического и статистического описания неравновесных систем.</p> <p><i>(базовый этап)</i></p>	<p><i>З1 Знать</i> классические и современные методы исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем.</p> <p><i>З2 Знать</i> методы критического анализа и оценки современных научных достижений в теории волн, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем. Шифр З(ПК-1)-1</p> <p><i>У1 Уметь</i> выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи Шифр У(ПК-1)-1</p> <p><i>У2 Уметь</i> самостоятельно формулировать новые научные задачи в области теории неравновесных макроскопических систем и предполагаемые методы их решения исходя из тенденций развития науки в области теории волн и этапов профессионального роста Шифр У(ПК-1)-2</p> <p><i>У3 Уметь</i> при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений Шифр У(ПК-1)-3</p> <p><i>В1 Владеть</i> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области теории неравновесных макроскопических систем. Шифр В(ПК-1)-1</p> <p><i>В2 Владеть</i> навыками планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований Шифр В(ПК-1)-2</p> <p><i>В3 Владеть</i> навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов</p>

	Шифр В(ПК-1)-3	
<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><i>(базовый этап)</i></p>	<p><i>31 Знать</i> современное состояние теории неравновесных макроскопических систем.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-1</p>	
	<p><i>32 Знать</i> современные подходы к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-2</p>	
	<p><i>33 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 в области теории неравновесных макроскопических систем и оценки полученных результатов.</p> <p>Шифр В(ПК-2)-1</p>	
	<p><i>В2 Владеть</i> современными информационными и коммуникационными технологиями сбора 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 направленности «радиофизика»</p> <p>Шифр В(ПК-2)-3</p>	
	<p>ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики</p> <p><i>(базовый этап)</i></p>	<p><i>31 Знать</i> нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР</p> <p>Шифр З(ПК-3)-1</p>
		<p><i>32 Знать</i> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Шифр З(ПК-3)-2</p>
<p><i>У1 Уметь</i> самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования</p> <p>Шифр У(ПК-3)-1</p>		
<p><i>У2 Уметь</i> оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения</p> <p>Шифр У(ПК-3)-2</p>		
<p><i>У3 Уметь</i> готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по</p>		

	<p>НИР в области радиофизики</p> <p>Шифр У(ПК-3)-3</p> <p><i>У4 Уметь</i> представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</p> <p>Шифр У(ПК-3)-4</p> <p><i>В1 Владеть</i> навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности «радиофизика»</p> <p>Шифр В(ПК-3) -1</p> <p><i>В2 Владеть</i> навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения</p> <p>Шифр В(ПК-3)-2</p>
--	--

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					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
I. Введение							
1. Цели и задачи курса	2	1	-	-	-	1	1
II Классическая кинетика							
2. Цепочка уравнений Боголюбова для неравновесных функций распределения.	2	1	-	-	-	1	1
3. Кинетическое уравнение самосогласованного поля.	2	1	-	-	-	1	1
4. Газокинетическое уравнение Больцмана	4	2	-	-	-	2	2
5. Стационарное решение уравнения Больцмана	4	2				2	2
6. Кинетическая теория волн в плазме.	6	3				3	3
7. Вывод уравнений динамики сплошной среды из кинетического уравнения Больцмана	2	1				1	1

III Основы неравновесной термодинамики.

8. Уравнение непрерывности	2	1	-	-	-	1	1
9. Закон изменения плотности импульса	2	1	-	-	-	1	1
10. Закон изменения плотности энергии.	2	1	-	-	-	1	1
11. Уравнение баланса энтропии.	2	1	-	-	-	1	1
12. Малые отклонения от равновесия	2	1				1	1

IV. Принципы неравновесной статистической термодинамики.

13. Динамические и флуктуационные характеристики неравновесных систем	4	2	-	-	-	2	2
14. Статистический анализ	6	3	-	-	-	3	3
15. Функциональная форма флуктуационно-диссипационной теории							
16. Соотношения симметрии	6	3				3	3
17. Статистическая структура уравнений переноса.	4	2				2	2
18. Теория флуктуаций и нелинейные физические модели	12	6				6	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	Цели и задачи курса	Особенности статистического и термодинамического описания неравновесных макроскопических систем.	Лекция	-
2	Цепочка уравнений Боголюбова для неравновесных функций распределения.	Её вывод и необходимость разрыва.	Лекция	-
3	Кинетическое уравнение самосогласованного поля.	Модель изотропной плазмы. Дебаевское экранирование. Вывод уравнения Власова.	Лекция	-
4	Газокинетическое уравнение Больцмана	Обрыв цепочки Боголюбова при пренебрежении тройными столкновениями атомов нейтрального газа. Вывод интеграла столкновений.	Лекция	-

5	Стационарное решение уравнения Больцмана.	Возрастание энтропии. Средняя длина свободного пробега. Модельный интеграл столкновений.	Лекция	-
6	Кинетическая теория волн в плазме.	Пространственная дисперсия в плазме. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Волны в плазме. Затухание Ландау.	Лекция	
7	Вывод уравнений динамики сплошной среды из кинетического уравнения Больцмана	Уравнения баланса массы, импульса, энергии.	Лекция	
8	Уравнение непрерывности	Уравнение непрерывности многокомпонентной системы. Диффузионный поток.	Лекция	-
9	Закон изменения плотности импульса.	Уравнения для макроскопической скорости вязкой среды.	Лекция	-
10	Закон изменения плотности энергии.	Локальная формулировка первого принципа термодинамики.	Лекция	-
11	Уравнение баланса энтропии.	Второй принцип термодинамики для элемента сплошной среды. Источники производства энтропии	Лекция	-
12	Малые отклонения от равновесия.	Феноменологические уравнения. Симметрия кинетических коэффициентов.	Лекция	-
13	Динамические и флуктуационные характеристики неравновесных	Динамика и флуктуации. Броуновское движение.	Лекция	-

	систем	Пространственно-временная симметрия микродинамики и ее макропроявления.	Лекция	
14	Статистический анализ	Вероятность траекторий. Вариационный статистический аппарат. Полиспектрально-организованные структуры.	Лекция	-
15	Функциональная форма флуктуационно-диссипационной теории	Временная обратимость и причинность. Статистические инварианты и их термодинамические следствия. Флуктуационно-диссипационные теоремы	Лекция	-
16	Соотношения симметрии	Перекрестные физические эффекты. Соотношения Онсагера и их обобщения.	Лекция	
17	Статистическая структура уравнений переноса.	Открытые системы. Формулы Грина-Кубо и их нелинейные обобщения. Электромагнитные шумы. Эффективная температура	Лекция	
18	Теория флуктуаций и нелинейные физические модели	Марковская теория и уравнения Ланжевена. Эволюция основных идей кинетики и статистики от Больцмана до наших дней.	Лекция	

4. Образовательные технологии

Образовательные технологии: лекции.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы обучающихся: изучение рекомендованной литературы (в т.ч. журнальных статей).

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. Цепочка уравнений Боголюбова для функций распределения.
2. Кинетическое уравнение самосогласованного поля Власова.
3. Газокинетическое уравнение Больцмана.
4. Стационарное решение уравнения Больцмана.
5. H-теорема Больцмана. Связь с энтропией.
6. Средняя длина свободного пробега. Модельный интеграл столкновений.
7. Кинетический вывод диэлектрической проницаемости плазмы.
8. Волны в плазме. Затухание Ландау.
9. Вывод уравнений для усредненных сохраняющихся величин из уравнения Больцмана.
10. Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера.
11. Закон изменения энергии идеальной жидкости.
12. Феноменологический закон изменения плотности импульса.
13. Локальная формулировка I принципа термодинамики.
14. Локальная формулировка II принципа термодинамики.
15. Источники производства энтропии. Обобщенные потоки и термодинамические силы.
16. Малые отклонения от равновесия. Феноменологические уравнения. Кинетические коэффициенты.
17. Броуновское движение. Стохастическое уравнение Ланжевена. Проблемы феноменологического подхода.
18. Характеристический функционал. Вероятностный функционал.
19. Кумулянтные функции. Полиспектры флуктуаций.
20. Принцип микроскопической временной обратимости и его статистические следствия для равновесных систем.
21. Статистический инвариант и его термодинамические следствия.

- 22 Соотношения временной асимметрии для характеристического и вероятностного функционалов макропеременных для неравновесных систем и их следствия.
- 23 Физические условия линеаризации систем. Границы области сильной диссипативной нелинейности и неравновесности. Критерий гауссовости флуктуаций.
- 24 «Линейная» флуктуационно-диссипационная теорема (ФДТ). Временная и спектральная формы соотношений. Формула Найквиста для переменных: ток и напряжение. ФДТ в нелинейных системах.
- 25 Статистическая теория линейного отклика. Соотношения взаимности Онсагера-Казимира.
- 26 Флуктуации в линейно-квадратичных и слабонелинейных системах.» Квадратичная» ФДТ.
- 27 Флуктуационная структура нелинейных потоков. Вольт-амперная характеристика и статистика переноса заряда.

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

а) основная литература:

1. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. - Термодинамика, статистическая физика и кинетика: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1972. - 400 с.
2. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 427 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=692 — Загл. с экрана.
3. Гроот С. Р., Мазур П - Неравновесная термодинамика . - М.: Мир, 1964. - 456 с.
4. Странотович Р. Л. - Нелинейная неравновесная термодинамика. - М.: Наука, 1985. - 479 с.

б) дополнительная литература:

1. Ландау, Л.Д. Теретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2002. — 536 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2692> — Загл. с экрана.
2. Климонтович Ю. Л. - Кинетическая теория электромагнитных процессов. - М.: Наука, 1980. - 373 с.
3. Пригожин И. - Введение в термодинамику необратимых процессов. - М.: Изд-во иностр. лит., 1960. - 127 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

[http://e.lanbook.com/;](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 _____ проф. Гавриленко В.Г.

Рецензент _____ проф. Кудрин А.В.

Заведующий кафедрой распротр.
радиоволн и радиоастрономии _____ Гавриленко В.Г.

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
Знать классические и современные методы исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем. Шифр З(ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем.	Общие, но не структурированные знания методов исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем.	Сформированные системные знания методов исследования и анализа термодинамических и статистических характеристик неравновесных макроскопических систем.
Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений в теории волн, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем. Шифр З(ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в теории неравновесных макроскопических систем, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем.	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в теории неравновесных макроскопических систем, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений в теории неравновесных макроскопических систем, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем. распространения	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений в теории неравновесных макроскопических систем, а также методы комбинирования различных подходов при решении исследовательских и практических задач в теории неравновесных макроскопических систем.
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 исследования в соответствии с типом поставленной	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в	Сформированное умения выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи

		задачи	задачи	соответствии с типом поставленной задачи	
Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области теории распространения волн в случайно-неоднородных средах и предполагаемые методы их решения исходя из тенденций развития науки в области теории и этапов профессионального роста Шифр У(ПК-1)-2	Отсутствие умений	Частично освоенное умение формулировать новые научные задачи в области теории неравновесных макроскопических систем.	В целом успешное, но не систематическое использование умения формулировать новые научные задачи в области теории неравновесных макроскопических систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения формулировать новые научные задачи в области теории неравновесных макроскопических систем.	Сформированное умение формулировать новые научные задачи в области теории неравновесных макроскопических систем.
Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений Шифр У(ПК-1)-3	Отсутствие умений	Частично освоенное умение генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но не систематическое использование умения генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Сформированное умение генерировать новые идеи, поддающиеся математической формализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области теории неравновесных макроскопических систем. Шифр В(ПК-1)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области теории неравновесных макроскопических систем.	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 области теории неравновесных макроскопических систем.	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 в области теории неравновесных макроскопических систем.	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области теории неравновесных макроскопических систем.
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

<p>Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов</p> <p>Шифр В(ПК-1)-3</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий анализа в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий анализа в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	Успешное и систематическое применение технологий анализа в области теории неравновесных макроскопических систем; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов
<p>Знать современное состояние теории неравновесных макроскопических систем.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии теории неравновесных макроскопических систем.	Неполные представления о современном состоянии теории неравновесных макроскопических систем.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии теории неравновесных макроскопических систем.	Сформированные систематические представления о современном состоянии теории неравновесных макроскопических систем.
<p>Знать современные подходы к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах.</p> <p>Шифр З(ПК-2)-2</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных подходах к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах, и оценке полученных результатов	Неполные представления о современных подходах к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах, и оценке полученных результатов.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах, и оценке полученных результатов.	Сформированные систематические представления о современных подходах к описанию и моделированию различных явлений в неравновесных макроскопических системах, и оценке полученных результатов.
<p>Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Шифр З(ПК-2)-3</p>	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
<p>Уметь представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях</p>	Отсутствие умений	Фрагментарное использование методов подготовки научных результатов к	В целом успешное, но не систематическое использование методов подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование методов	Сформированное умение использовать методов подготовки научных

Шифр У(ПК-2)-1		публикации в рецензируемых научных изданиях	научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	подготовки научных результатов к публикации в рецензируемых научных изданиях	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 в области теории неравновесных макроскопических системах, и оценки полученных результатов Шифр В(ПК-2)-1	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений в области теории неравновесных макроскопических системах, и оценки полученных результатов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений в области теории неравновесных макроскопических системах, и оценки полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений в области теории неравновесных макроскопических системах, и оценки полученных результатов	Успешное и систематическое применение навыков моделирования (в т.ч. компьютерного) различных явлений в области теории неравновесных макроскопических системах, и оценки полученных результатов
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 направленности Радиофизика	Отсутствие навыков планирования и проведения НИР	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР,	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения

Шифр В(ПК-2)-3		данных	полученных данных	анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
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 в рецензируемых научных изданиях	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях
Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования Шифр У(ПК-3)-1	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
Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения Шифр У(ПК-3)-2	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
Уметь готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области радиофизики Шифр У(ПК-3)-3	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	Сформированное умение готовить предложения по тематике и плану реализации исследовательских проектов; обосновывать предложения с точки зрения реалистичности

				согласно установленным требованиям	сроков, трудозатрат и ресурсной обеспеченности; оформлять проект согласно установленным требованиям
Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу Шифр У(ПК-3)-4	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 составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика Шифр В(ПК-3) -1	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
Владеть навыками представления научных результатов исследования в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях и заявок на изобретения Шифр В(ПК-3)-2	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