

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Генерация и распространение СВЧ излучения в космических условиях

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы  
Электромагнитные волны в средах

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.02 Генерация и распространение СВЧ излучения в космических условиях относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований  ПК-1.2: Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

<p>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы</p>	<p>Тест</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>
--	--	---	-------------	--

		<p>к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать</p>	Тест	<p>Зачёт:</p> <p>Задания</p>

		проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Основные сведения о строении Вселенной.	7	2		2	5
2. Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.	5	1		1	4
3. Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде.	5	1		1	4
4. Внутреннее строение и эволюция звезд.	6	2		2	4
5. Межзвездная среда и звездообразование.	6	2		2	4
6. Галактики и скопления галактик.	6	2		2	4

7. Механизмы космического радиоизлучения.	20	6		6	14
8. Радиоизлучение Луны и планет.	7	1		1	6
9. Радиоизлучение Солнца и радиозвезд.	7	1		1	6
10. Радиоизлучение остатков сверхновых и пульсаров.	6	2		2	4
11. Радиоизлучение радиогалактик, квазаров и скоплений галактик.	6	2		2	4
12. Радиоастрономия и космология. Микроволновое фоновое излучение.	6	2		2	4
13. Радиоастрономические приемники.	6	2		2	4
14. Антенны в радиоастрономии.	6	2		2	4
15. Основы радиоинтерферометрии.	8	4		4	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Основные сведения о строении Вселенной.

Общие сведения о строении Солнечной системы, Галактики и Метагалактики. Характерные масштабы и времена в астрофизике. Системы координат в астрономии. Местная система отсчета. Видимые и абсолютные звездные величины. Показатель цвета. Фотометрический метод определения расстояний.

#### 2. Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.

Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока. Поляризация излучения. Параметры Стокса.

#### 3. Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде.

Закон Планка, приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная и эффективная температуры. Уравнение переноса излучения. Оптическая толща. Яркостная температура оптически тонкого и оптически толстого тела. Локальное термодинамическое равновесие. Закон Кирхгофа. Излучение отражающих тел.

#### 4. Внутреннее строение и эволюция звезд.

Классификация нормальных звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Внутреннее строение звезд различных типов. Физические основы внутреннего строения звезд. Политропная модель. Тепловое равновесие звезд. Теория белых карликов. Чандрасекаровский предел массы. Перенос энергии в звездах. Соотношение масса-светимость. Зависимость времени эволюции звезды от массы. Ядерные источники энергии звезд. Протон-протонный и CNO циклы. Эволюция звезд после главной последовательности. Сверхновые, нейтронные звезды и черные дыры. Проблема солнечных нейтрино и нейтринная астрономия.

#### 5. Межзвездная среда и звездообразование.

Состав МЗС. Двухфазная модель МЗС. Основные компоненты МЗС. Космические лучи. Механизмы ускорения КЛ. Межзвездные магнитные поля. Вмороженность магнитного поля. Межзвездная пыль. Свойства пылинок. Ориентация несферических пылинок. Области ионизованного водорода. Зоны Стремгrena. Ультракомпактные зоны H II. Молекулярные облака. Межзвездная химия. Крупномасштабная структура МЗС. Межзвездная газодинамика. Теорема вириала. Ударные волны в МЗС. Основные неустойчивости межзвездного газа. Гравитационная неустойчивость. Модели звездообразования. Время свободного падения. Влияние магнитного поля и вращения на сжатие облака.

Основные этапы звездообразования.

6. Галактики и скопления галактик.

Классификация галактик. Квазары. Скопления галактик. Кривые вращения галактик. Формулы Оорта. Кинематическое расстояние. Спиральная структура галактик. Гравитационные линзы.

7. Механизмы космического радиоизлучения.

Классификация механизмов космического радиоизлучения. Излучение от неподвижного и движущегося источников. «Сверхсветовые» скорости. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии. Черенковское излучение. Магнитотормозное излучение. Плазменный механизм радиоизлучения. Обратное комптоновское рассеяние. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии. Уравнение баланса населенностей. Методы расчета населенностей. Критическая плотность. Уширение линий в астрофизических условиях. Профили линий. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см. Рекомбинационные радиолнии. Спектры молекул (колебательно-вращательные,  $\Lambda$ -удвоение, инверсионные). Определение физических параметров источников (температуры, массы, плотности) по их излучению в линиях молекул. Влияние особенностей кинематики источников на профили молекулярных линий. Космические мазеры. Ненасыщенный и насыщенный мазер. Механизмы накачки мазеров. Основные виды космических мазеров. Мегамазеры. Излучение пыли.

8. Радиоизлучение Луны и планет.

Основные характеристики радиоизлучения Луны в зависимости от частоты. Методы оценки параметров лунного грунта по данным радионаблюдений. Основные характеристики излучения планет земного типа. Равновесная температура планет. Особенности радиоизлучения планет-гигантов. Радиоизлучение Юпитера. Радиолокационные исследования тел Солнечной системы.

9. Радиоизлучение Солнца и радиозвезд.

Основные виды солнечного радиоизлучения. Строение хромосферы и короны Солнца. Радиоизлучение спокойного Солнца (спектр, распределение яркости, механизм генерации). Медленно меняющаяся (S) компонента. Спорадическое радиоизлучение Солнца (вспышки). Динамические спектры. Основные виды радиоизлучения звезд.

10. Радиоизлучение остатков сверхновых и пульсаров.

Радиоизлучение остатков сверхновых (ОСН). Типы ОСН. Эволюция плотности потока ОСН. Крабовидная туманность, как пример ОСН. Основные свойства пульсаров. Изменение периода со временем. Возраст пульсаров. Модели пульсаров.

11. Радиоизлучение радиогалактик, квазаров и скоплений галактик.

Радиоизлучение нормальных галактик. Излучение радиогалактик и квазаров. Спектры и переменность излучения. Субмиллиметровые галактики. Эффект Сюняева-Зельдовича. Послесвечение гамма-всплесков.

12. Радиоастрономия и космология. Микроволновое фоновое излучение.

Космологический принцип. Метрика Робертсона-Уокера. Космический масштабный фактор. Красное смещение. Зависимость его от расстояния. Закон Хаббла. Расстояния в космологии. Горизонт событий. Средняя плотность вещества во Вселенной. Критическая плотность. Подсчеты радиоисточников в космологии. Модель горячей Вселенной. Микроволновый фон. Спектр и анизотропия микроволнового фона. Уравнение переноса излучения в космологии.

### 13. Радиоастрономические приемники.

Предел чувствительности радиоастрономических приемников. Радиометрический выигрыш. Шумовая температура приемника и шумовая температура системы. Квантовый предел шумовой температуры усилителя. Основные типы радиоастрономических приемников, их чувствительность.

### 14. Антенны в радиоастрономии.

Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности. Антенна, как фильтр пространственных частот. Коэффициент направленного действия и эффективная площадь. Коэффициент рассеяния. Зависимость параметров антенн от распределения поля в раскрыве.

### 15. Основы радиоинтерферометрии.

Функция взаимной когерентности. Ее связь с распределением яркости по источнику. Аддитивный и мультипликативный интерферометры. Принцип апертурного синтеза.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

## **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. - М. : Янус-К, 1997. - 528 с. - 30.00.
2. Кисляков Альберт Григорьевич. Введение в радиоастрономию : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника" : в 2 ч. Ч. 2. Техника радиоастрономии / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Физматлит, 1996. - 196 с. - ISBN 5-230-03872-1 : 12000.00.
3. Краус Джон Д. Радиоастрономия / пер. с англ. В. Т. Федорова ; под ред. В. В. Федорова. - М. : Советское радио, 1973. - 456 с. : ил. - 2.41.
4. Мартынов Дмитрий Яковлевич. Курс общей астрофизики : [учеб. для ун-тов по специальности "Астрономия"]. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 640 с. : ил. - ISBN 5-02-013875-4 (в пер.) : 1.80.
5. Соболев Виктор Викторович. Курс теоретической астрофизики : [для вузов по специальности "Астрономия"]. - 3-е изд., перераб. - М. : Наука, 1985. - 502 с. : ил. - 1404.00.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

##### **1. Мера эмиссии равна**

- а. Интегралу от квадрата электронной концентрации вдоль луча зрения



- b. Интегралу от электронной концентрации вдоль луча зрения
- c. Интегралу от произведения электронной концентрации на напряженность магнитного поля вдоль луча зрения

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Плотность потока радиоизлучения источника равна

- a. Интегралу от яркостной температуры по частоте
- b. Интегралу от поверхностной яркости по телесному углу
- c. Интегралу от яркостной температуры по телесному углу

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Мера дисперсии равна

- a. Интегралу от квадрата электронной концентрации вдоль луча зрения
- b. Интегралу от электронной концентрации вдоль луча зрения
- c. Интегралу от произведения электронной концентрации на напряженность магнитного поля вдоль луча зрения

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	--------------	---

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Гравитационная неустойчивость. Модели звездообразования. Время свободного падения.
2. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.
3. Магнитотормозное излучение.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Видимые и абсолютные звездные величины. Фотометрическое расстояние.
2. Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока.
3. Поляризация излучения. Параметры Стокса.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

#### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

Задача 1.

Оценить оптическую толщину источника излучения в спектральных линиях двух изотопов молекулы, если известно, что отношение интенсивностей линий изотопов равно 5, а отношение их содержаний равно 50. Температуры возбуждения переходов можно считать одинаковыми, а разницей в коэффициентах вероятностей переходов пренебречь.

#### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

Задача 1.

Рассчитать плотность потока радиоизлучения Юпитера на волне 3 мм. Радиус Юпитера 70000 км, радиус орбиты 5 а.е., поверхностная яркость 180 К.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. - М. : Янус-К, 1997. - 528 с. - 30.00., 1 экз.
2. Кисляков Альберт Григорьевич. Введение в радиоастрономию : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника" : в 2 ч. Ч. 2. Техника радиоастрономии / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Физматлит, 1996. - 196 с. - ISBN 5-230-03872-1 : 12000.00., 15 экз.
3. Краус Джон Д. Радиоастрономия / пер. с англ. В. Т. Федорова ; под ред. В. В. Федорова. - М. :

Советское радио, 1973. - 456 с. : ил. - 2.41., 4 экз.

4. Мартынов Дмитрий Яковлевич. Курс общей астрофизики : [учеб. для ун-тов по специальности "Астрономия"]. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 640 с. : ил. - ISBN 5-02-013875-4 (в пер.) : 1.80., 4 экз.

5. Соболев Виктор Викторович. Курс теоретической астрофизики : [для вузов по специальности "Астрономия"]. - 3-е изд., перераб. - М. : Наука, 1985. - 502 с. : ил. - 1404.00., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Вейнберг Стивен. Гравитация и космология : Принципы и приложения общей теории относительности / пер. с англ. В. М. Дубовика и Э. А. Тагирова ; под ред. Я. А. Смородинского . - М. : Мир, 1975. - 696 с. : ил. - 4.32., 3 экз.

2. Зельдович Яков Борисович. Строение и эволюция Вселенной. - М. : Наука, 1975. - 735 с. : граф. - 3.27., 2 экз.

3. Каплан Самуил Аронович. Физика межзвездной среды / [предисл. С. А. Каплана]. - М. : Наука, 1979. - 591 с. - 3.50., 2 экз.

4. Крюгер Альбрехт. Солнечная радиоастрономия и радиофизика : введение / пер. с англ. В. Д. Новикова; под ред. В. В. Зайцева. - М. : Мир, 1984. - 469 с. : ил. - Пер. изд.: Introduction to solar radio astronomy and radio physics / By A. Kruger (Dordrecht etc.). - 4.50., 2 экз.

5. Христиансен У. Радиотелескопы / пер. с англ. Р. Д. Дагкесаманского, Ю. П. Ильясова ; под ред. А. А. Пистолькорса. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1988. - 303 с. : ил. - ISBN 5-03-001376-8 (в пер.) : 3.00., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);

2. Acrobat Professional 11.0 (номера лицензий: 65195558, 6 шт.)

3. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>; <http://www.biblioclub.ru>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Зинченко Игорь Иванович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Рецензент(ы): Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.