

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный универ-  
ситет  
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**

Генерация и распространение СВЧ  
излучения в космических условиях  
*(наименование дисциплины (модуля))*

---

Уровень высшего образования  
магистратура  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 Радиофизика

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы  
Электромагнитные волны в средах

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения  
очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.02 "Генерация и распространение СВЧ излучения в космических условиях" относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 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	
<b>ПК-1:</b> <i>Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i>	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.	<i>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</i> <i>Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</i> <i>Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</i>	Собеседование
	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.	<i>Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</i> <i>Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема</i> <i>Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</i>	Собеседование
<b>ПК-2:</b> <i>Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских</i>	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.	<i>Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</i> <i>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области</i>	Собеседование

работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты		физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и	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.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками со-	Собеседование

опытно-конструкторских разработок		ставления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	
	ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	Собеседование
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

### 3. Структура и содержание дисциплины «Генерация и распространение СВЧ излучения в космических условиях»

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа ( практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>КСР</b>	<b>1</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	<b>-</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе										Самостоятельная работа обучающегося, часы			
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них													
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего				
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное		
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.	7			2								2			5		
2. Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.  Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока. Поляризация излучения. Параметры	5			1								1			4		

Стокса.																		
<b>3. Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде.</b>  Закон Планка, приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная и эффективная температуры. Уравнение переноса излучения. Оптическая толщина. Яркостная температура оптически тонкого и оптически толстого тела. Локальное термодинамическое равновесие. Закон Кирхгофа. Излучение отражающих тел.	5			1								1				4		
<b>2. Внутреннее строение и эволюция звезд.</b> 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	6			2								2				4		

энергии звезд. Протон-протонный и CNO циклы. Эволюция звезд после главной последовательности. Сверхновые, нейтронные звезды и черные дыры. Проблема солнечных нейтрино и нейтринная астрономия.																	
<b>5. Межзвездная среда и звездообразование</b>  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 Стремгрена. 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.	6		2							2			4				

Время свободного падения. Влияние магнитного поля и вращения на сжатие облака. Основные этапы звездообразования.																	
<b>6. Галактики и скопления галактик.</b>  Классификация галактик. Квазары. Скопления галактик. Кривые вращения галактик. Формулы Оорта. Кинематическое расстояние. Спиральная структура галактик. Гравитационные линзы.	6		2							2			4				
<b>7. Механизмы космического радиоизлучения.</b> 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-	2		6							6			14				

<p> 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, <math>\Lambda</math>-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. </p>																			
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>8. Радиоизлучение Луны и планет.</b> 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.	7		1							1		6		
<b>9. Радиоизлучение Солнца и радиозвезд.</b> 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.	7		1							1		6		
<b>10. Радиоизлучение остатков сверхновых и</b>	6		2							2		4		

<p><b>пульсаров.</b>  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.</p>																	
<p><b>11. Радиоизлучение радиогалактик, квазаров и скопленных галактик.</b>  Радиоизлучение нормальных галактик. Излучение радиогалактик и квазаров. Спектры и переменность излучения.  Субмиллиметровые галактики. Эффект Сюняева-Зельдовича. Послесвечение гамма-всплесков.</p>	6		2							2			4				
<p><b>12. Радиоастрономия и космология. Микроволновое фоновое излучение.</b>  Космологический принцип. Метрика Робертсона-Уокера. Космический масштабный фактор. Красное смещение. Зависимость его от расстояния. Закон Хаббла. Расстояния в космологии. Горизонт событий. Средняя плотность ве-</p>	6		2							2			4				

щества во Вселенной. Критическая плотность. Подсчеты радиоисточников в космологии. Модель горячей Вселенной. Микроволновый фон. Спектр и анизотропия микроволнового фона. Уравнение переноса излучения в космологии.																
<b>13. Радиоастрономические приемники.</b> Предел чувствительности радиоастрономических приемников. Радиометрический выигрыш. Шумовая температура приемника и шумовая температура системы. Квантовый предел шумовой температуры усилителя. Основные типы радиоастрономических приемников, их чувствительность.	6		2							2			4			
<b>14. Антенны в радиоастрономии.</b> Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности. Антенна, как фильтр пространственных частот. Коэффициент направленного действия и эффективная площадь. Коэффициент рассеяния. Зависимость парамет-	6		2							2			4			

ров антенн от распределения поля в раскры- ве.																	
<b>15. Основы радиоинтерфе- рометрии.</b> Функция вза- имной коге- рентности. Ее связь с распе- делением ярко- сти по источни- ку. Аддитивный и мультиплика- тивный интер- ферометры. Принцип апер- турного синте- за.	8			4								4			4		
В т.ч.текущий контроль	1			1								1			-		
Промежуточная аттестация - <b>Зачет</b>																	

В рамках лекционных занятий организуются практикумы (семинары), в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

На проведение занятий в форме практической подготовки отводится 4 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
  - аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
  - разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
  - планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
  - формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
  - совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
  - анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
  - подготовка и оформление научных статей;
  - составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
  - участие в научных конференциях, в том числе международных
  - руководство научной работой обучающихся
- компетенций – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лекционного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

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

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачёта по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оце-	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные

	нить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	ния.  Имели место грубые ошибки.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<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>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Видимые и абсолютные звездные величины. Фотометрическое расстояние.	ПК-2
2. Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока.	ПК-2
3. Поляризация излучения. Параметры Стокса.	ПК-2
4. Закон Планка, приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная и эффективная температуры.	ПК-2
5. Уравнение переноса излучения. Оптическая толщина.	ПК-2
6. Закон Кирхгофа. Локальное термодинамическое равновесие.	ПК-2
7. Предел чувствительности радиоастрономических приемников. Радиометрический выигрыш.	ПК-2
8. Основные типы радиоастрономических приемников. Их чувствительность.	ПК-2
9. Коэффициент направленного действия и эффективная площадь антенны. Коэффициент рассеяния.	ПК-2
10. Аддитивный и мультипликативный интерферометры. Принцип апертурного синтеза.	ПК-2
11. Внутреннее строение звезд различных типов. Физические основы внутреннего строения звезд.	ПК-2
12. Гравитационная неустойчивость. Модели звездообразования. Время свободного падения.	ПК-1
13. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.	ПК-1
14. Магнитотормозное излучение.	ПК-1
15. Черенковское излучение. Плазменный механизм радиоизлучения.	ПК-1
16. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии.	ПК-1
17. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация.	ПК-1
18. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии.	ПК-1
19. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см.	ПК-1
20. Рекомбинационные радиолнии.	ПК-1
21. Радиоспектры молекул (колебательно-вращательные, $\Lambda$ -удвоение, инверсионные).	ПК-1
22. Основные характеристики радиоизлучения Луны и планет.	ПК-1
23. Радиоизлучение Солнца.	ПК-1
24. Радиоизлучение остатков сверхновых и пульсаров.	ПК-1
25. Эффект Сюняева-Зельдовича.	ПК-1
26. Модель горячей Вселенной. Микроволновый фон.	ПК-1

### **5.2.2. Типовые задания/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.

### **5.2.3. Типовые задания/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.

### **5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3**

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

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

а) основная литература:

1. Железняков В. В. - Излучение в астрофизической плазме. - М.: Янус-К, 1997. - 528 с.
2. Кисляков А. Г., Разин В. А., Цейтлин Н. М. - Введение в радиоастрономию. Ч. 2., 1996. - 196 с.
3. Краус Д. Д - Радиоастрономия. - М.: Советское радио, 1973. - 456 с.
4. Мартынов Д. Я. - Курс общей астрофизики: [учеб. для ун-тов по специальности "Астрономия"]. - М.: Наука, 1988. - 640 с.
5. Соболев В. В. - Курс теоретической астрофизики: [для вузов по специальности "Астрономия"]. - М.: Наука, 1985. - 502 с.

б) дополнительная литература:

1. Вейнберг С. - Гравитация и космология : Принципы и приложения общей теории относительности. - М.: Мир, 1975. - 696 с.
2. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. - Строение и эволюция Вселенной. - М.: Наука, 1975. - 735 с.
3. Каплан С. А., Пикельнер С. Б. - Физика межзвездной среды. - М.: Наука, 1979. - 591 с.
4. Крюгер А. - Солнечная радиоастрономия и радиофизика: введение. - М.: Мир, 1984. - 469 с.
5. Христиансен У., Хёгбом И - Радиотелескопы. - М.: Мир, 1988. - 303 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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**

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 - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: д.ф.-м.н. Зинченко И.И.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Кудрин А.В.

Заведующий кафедрой: д.т.н., с.н.с. Калинин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.