

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы  
Электромагнитные волны в средах

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме 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	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

<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>Задания</p>	<p>Зачёт: Контрольные вопросы</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>	Задания	<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>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</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>39</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. Введение.	4	2		2	2
2. Метод возмущений в слоисто-неоднородной изотропной плазме.	4	2		2	2
3. Метод геометрической оптики (МГО) для нормального падения волн на слоисто-неоднородную изотропную плазму.	4	2		2	2
4. Строгие решения волнового уравнения для нормального падения плоской монохроматической волны на слоисто-неоднородную среду.	8	4		4	4
5. Наклонное падение волн на слоисто-неоднородную изотропную плазму.	8	2		2	6
6. Распространение электромагнитных волн в слоисто-неоднородной магнитоактивной плазме (нормальное падение).	4	2		2	2

7. Метод геометрической оптики для скалярных волновых полей в трехмерно-неоднородной изотропной среде.	8	2		2	6
8. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной изотропной плазме.	4	2		2	2
9. Волны в плоско-слоистой магнитоактивной плазме.	4	2		2	2
10. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной магнитоактивной плазме.	4	2		2	2
11. Линейная трансформация нормальных волн в неоднородной плазме.	4	2		2	2
12. Импульсное зондирование ионосферы.	4	2		2	2
13. Распространение низкочастотных электромагнитных волн в магнитосферной плазме.	6	2		2	4
14. Распространение электростатических волн в неоднородной плазме	5	4		4	1
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Введение.

Основные параметры плазмы. Характерные масштабы неоднородности плазмы (ионосферная плазма, плазма солнечной короны, межзвездная среда).

#### 2. Метод возмущений (борновское приближение) в слоисто-неоднородной изотропной плазме.

Система уравнений последовательных приближений.

Выражения для коэффициентов отражения и прохождения плоской волны при наличии слабой локальной неоднородности в среде

#### 3. Метод геометрической оптики (МГО) для нормального падения волн на слоисто-неоднородную изотропную плазму.

Формулы для фазы и амплитуды волны.

Пределы применимости МГО.

#### 4. Строгие решения волнового уравнения для нормального падения плоской монохроматической волны на слоисто-неоднородную среду.

Линейный слой. Функции Эйри. Переход к приближению геометрической оптики.

Обзор известных строгих решений.

#### 5. Наклонное падение волн на слоисто-неоднородную изотропную плазму.

Распространение ТЕ-волн. Фаза и амплитуда волны. Переход от волнового описания к лучевому. Закон Снеллиуса. Распространение ТМ-волн. Особенности поля волны в области плазменного резонанса.

Взаимодействие электромагнитных и плазменных волн.

#### 6. Распространение электромагнитных волн в слоисто-неоднородной магнитоактивной плазме (нормальное падение).

Фаза, поляризация и амплитуда нормальных волн. Пределы применимости МГО. Области нарушения приближения геометрической оптики в слоисто-неоднородной магнитоактивной плазме. Линейное взаимодействие нормальных волн. Предельная поляризация. Эффект утраивания отраженных сигналов.

7. Метод геометрической оптики для скалярных волновых полей в трехмерно-неоднородной изотропной среде.

Система уравнений последовательных приближений. Уравнение эйконала. Лучи. Уравнение переноса. Закон сохранения энергии в лучевой трубке. Амплитуда волны в нулевом приближении геометрической оптики. Каустики. Волны в слоистых средах.

8. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной изотропной плазме.

Уравнения Максвелла для монохроматических волн. Дебаевское разложение. Уравнение эйконала. Лучевые траектории. Уравнение переноса. Закон сохранения потока энергии в лучевой трубке. Изменение поляризации вдоль луча.

9. Волны в плоско-слоистой магнитоактивной плазме.

Квартика Букера.

Особенности лучевых траекторий радиоволн в ионосферной плазме.

10. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной магнитоактивной плазме.

Исходные уравнения. Уравнения последовательных приближений.

Уравнение эйконала. Лучевые траектории.

Методы решения уравнений для лучей.

Векторы поляризации нормальных волн.

Уравнение переноса для амплитуд нормальных волн. Закон сохранения потока энергии в лучевой трубке.

11. Линейная трансформация нормальных волн в неоднородной плазме.

Метод фазовых интегралов.

12. Импульсное зондирование ионосферы.

Вертикальное зондирование. Ионосферная станция. Ионограммы. Определение профиля электронной концентрации в ионосфере по ионограммам.

Наклонное зондирование. Закон секанса. Теорема Брайта и Тьюва. Теорема Мартина.

13. Распространение низкочастотных электромагнитных волн в магнитосферной плазме.

Свистящие атмосферерики (свисты). Лучевые траектории. Дисперсия свистов. Диагностика околоземной плазмы с помощью свистов.

14. Распространение электростатических волн в неоднородной плазме.

Лучевые траектории ленгмюровских волн в слоисто-неоднородной плазме. Зондирование ионосферы сверху. Плазменные резонансы.

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. Бреховских Леонид Максимович. Волны в слоистых средах / АН СССР, Акуст. ин-т. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Наука, 1973. - 343 с. - 34.00.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 683 с. : с черт. - 3.01.
3. Гершман Борис Николаевич. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М. : Наука, 1984. - 392 с. : ил. - 4.60.
4. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30.

## **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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Какое из приведённых выражений для электрического поля волны в неоднородной плазме, распространяющейся в  $+z$  направлении, правильно?

a)  $E = \frac{C}{\sqrt{\epsilon(z)}} \exp\left\{\int_{z_0}^z ik_0 \sqrt{\epsilon(z)} dz\right\}$

b)  $E = \frac{C}{\sqrt[4]{\epsilon(z)}} \exp\left\{\int_{z_0}^z ik_0 \sqrt{\epsilon(z)} dz\right\}$

c)  $E = C \exp\{ik_0 \sqrt{\epsilon} z\}$

d)  $E = \frac{C}{\sqrt[4]{\epsilon(z)}} \exp\left\{\int k_0 \sqrt{\epsilon(z)} dz\right\}$

e)  $E = \frac{C}{\sqrt[4]{\mu(z)}} \exp\left\{\int_{z_0}^z ik_0 \sqrt{\mu(z)} dz\right\}$

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



2. Выбрать правильное выражение для вертикальной (вдоль оси  $z$ ) компоненты волнового вектора электромагнитной волны  $k_z$  при ее падении на нижнюю границу плоскостной ионосферы под углом  $\theta_0$  ( $\omega_{pe}$  - плазменная частота,  $f$  — частота волны):

a)  $k_z = k_0 \sqrt{1 - \frac{\omega_{pe}^2(z)}{\omega^2} - \sin^2 \theta_0}$

b)  $k_z = k_0 \sqrt{1 - \frac{e^2 N(z)}{\pi m f^2} - \frac{k_x^2}{k_0^2}}$

c)  $k_z = k_0 \sqrt{1 - \frac{e^2 N(z)}{\pi m f^2} - \frac{k_x^2}{k_0^2}}$

d)  $k_z = k_0 \sqrt{1 - \frac{\omega_{pe}^2(z)}{\omega^2} - \sin^2 \theta}$

e)  $k_z = k_0 \cos \theta_0$

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

3. Пусть  $f_n$  — частота волны, отражающаяся от ионосферы при вертикальном падении на высоте  $h_n$ . При каком значении частоты  $f_i$  электромагнитная волна, падающая на плоскостную ионосферу под углом  $\theta_0$ , отражается на той же высоте?

a)  $f_i = f_n \cos \theta_0$

b)  $f_i = f_n \tan \theta_0$

c)  $f_i = f_n$

d)  $f_i = f_n \sec \theta_0$

e)  $f_i = f_n \sin \theta_0$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы 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 (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

## Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

<b>зачтено</b>	<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»
<b>не зачтено</b>	<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. Метод возмущений для слоисто-неоднородной изотропной среды.
2. Метод геометрической оптики для нормального падения электромагнитной волны на слоисто-неоднородную изотропную среду.
3. Строгое решение уравнения Гельмгольца для нормального падения плоской волны на среду с линейной зависимостью диэлектрической проницаемости от координаты.

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

1. Метод геометрической оптики для скалярных волновых полей в трехмерно-неоднородной изотропной среде. Каустики.
2. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной изотропной плазме. Дебаевское разложение. Уравнение эйконала. Лучевые траектории.
3. Распространение электромагнитных волн в трехмерно-неоднородной изотропной плазме. Уравнение переноса. Закон сохранения потока энергии в лучевой трубке.

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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

Оформить отчет по ответам на контрольные вопросы.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Бреховских Леонид Максимович. Волны в слоистых средах / АН СССР, Акуст. ин-т. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Наука, 1973. - 343 с. - 34.00., 25 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 683 с. : с черт. - 3.01., 95 экз.
3. Гершман Борис Николаевич. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М. : Наука, 1984. - 392 с. : ил. - 4.60., 27 экз.
4. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере / пер. с англ. И. В. Ковалевского и А. П. Кропоткина ; под ред. А. А. Корчака . - М.: Мир, 1973. - 502 с. : ил. - 50.00., 3 экз.
2. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.
3. Железняков Владимир Васильевич. Электромагнитные волны в космической плазме : Генерация и распространение. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. - 432 с. - 2.66., 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): Грач Савелий Максимович, доктор физико-математических наук, профессор.

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

Заведующий кафедрой: Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 6/24.