

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

Возмущение ионосферы мощными радиоволнами

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.09.02 Возмущение ионосферы мощными радиоволнами 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	<p>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</p> <p>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</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</p> <p>Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема</p> <p>Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять	ПК-2.1: Анализирует современное состояние	ПК-2.1: Знать: современное	Задания	

<p>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>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>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 к оценке полученных результатов в области своей</p>		<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
---	--	---	--	--

		<p>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 проектную документацию на выполнение НИР</p>	Задания	<p>Зачёт:</p> <p>Задания</p>

		Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

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

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 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1. Введение.	21	8		8	13
2. Физические процессы, приводящие к возбуждению искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) в верхней ионосфере.	30	8		8	22
3. Экспериментальные исследования и физические модели наблюдаемых свойств ИИТ	32	8		8	24
4. Тепловые нелинейные эффекты в нижней ионосфере.	24	8		8	16
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение.

Структура ионосферы. Нормальные волны в магнитоактивной плазме. Поляризация волн. распространение КВ радиоволн при их падении на ионосферу. Отражение волн. Вертикальное зондирование ионосферы. Линейная трансформация волн, утраивание сигналов. Продольные (квазиэлектро-статические волны. Особенности дисперсионных свойств продольных волн вблизи кратных гиорезонансов и в области двойного резонанса в однородной плазме и неоднородной ионосфере. Физическая природа нелинейных явлений в плазме: тепловая и стрикционная нелинейности. Краткая характеристика существующих установок по экспериментальному исследованию взаимодействия мощных радиоволн с ионосферой.

2. Физические процессы, приводящие к возбуждению искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) в верхней ионосфере.

Общая характеристика искусственной ионосферной турбулентности F-области ионосферы. Стрикционная параметрическая неустойчивость вблизи точки отражения волны накачки. Возбуждение ленгмюровской турбулентности. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки. Образование мелкомасштабных неоднородностей электронной плотности, вытянутых вдоль геомагнитного поля. Самофокусировка мощных радиоволн и крупномасштабные неоднородности. Ускорение электронов продольными волнами. Генерация оптического свечения и ионизация ионосферной плазмы.

3. Экспериментальные исследования и физические модели наблюдаемых свойств ИИТ.

Поведение отраженного от ионосферы сигнала мощной волны: стрикционное самовоздействие, «пички», аномальное ослабление. Ракурсное рассеяние радиоволн. Просвечивание ионосферы радиосигналами ИСЗ. Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ). Спектральный состав ИРИ. Связь ИРИ с ИИТ. Двойная трансформация на неоднородностях как механизм генерации ИРИ. Демонстрация перекачки плазменных волн по спектру с помощью ИРИ. Искусственное оптическое свечение ионосферы. Многочастотное доплеровское зондирование ионосферы. Вытеснение плазмы из областей локализации плазменных волн. Дополнительная ионизация ионосферной плазмы и создание искусственных отражающих слоев.

4. Тепловые нелинейные эффекты в нижней ионосфере.

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

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. Грач С. М., Сергеев Е. Н., Мишин Е. В., Шиндин А. В. Динамические характеристики плазменной турбулентности ионосферы, инициированной воздействием мощного коротковолнового радиоизлучения // УФН, Т. 186, С. 1189–1228 (2016). DOI: 10.3367/UFNr.2016.07.037868
2. Гуревич А. В. Нелинейные явления в ионосфере // УФН, Т. 177, С. 1145–1177 (2007). DOI: 10.3367/UFNr.0177.200711a.1145
3. Митяков Н.А., Грач С.М., Митяков С.Н. Возмущение ионосферы мощными радиоволнами. Итоги науки и техники, Серия: Геомагнетизм и высокие слои атмосферы, М., ВИНТИ, 1989. Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/137/79137/files/Grach_modif2012.pdf

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:

Какое из приведенных выражений соответствует электронной плазменной частоте? Нижнегибридной частоте? Верхнегибридной частоте?

a)
$$\sqrt{\frac{4\pi e^2 N_e}{m_e}},$$

b)
$$\frac{eB}{m_e c},$$

c)
$$\sqrt{4\pi e^2 N_e / m_e + (eB / m_e c)^2},$$

d)
$$\frac{eB}{c(m_e m_i)^{1/2}},$$

e)
$$\sqrt{\frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot \frac{mg^2}{\kappa T}}$$

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

Какая из перечисленных неустойчивостей приводит к возбуждению мелкомасштабных неоднородностей, вытянутых вдоль геомагнитного поля, при воздействии мощных радиоволн на ионосферу?

- a) стрикционная параметрическая - распадная неустойчивость
- b) стрикционная параметрическая неустойчивость - индуцированное рассеяние на ионах
- c) тепловая параметрическая неустойчивость
- d) тепловая самофокусировочная неустойчивость
- e) стрикционная модуляционная неустойчивость

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

Что служит причиной б'ольшей эффективности возбуждения искусственных ионосферных возмущений мощными волнами "обыкновенной поляризации" по сравнению с "необыкновенными" волнами?

- a) Б'ольшая интенсивность этих волн
- b) Эти волны при распространении достигают области существования плазменных волн
- c) В "обыкновенной" волне вектор электрического поля вращается в ту же сторону, что электроны, и поэтому волна сильнее поглощается
- d) Волны обеих поляризаций возбуждают искусственные возмущения в плазме одинаково эффективно
- e) В "необыкновенной" волне вектор электрического поля вращается в ту же сторону, что электроны, и поэтому эта волна сильнее поглощается и не достигает области возбуждения искусственных возмущений

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.

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 отдельным и 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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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
--------	--------------------

зачтено	превосходно	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	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	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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. Нормальные волны в магнитоактивной плазме. Поляризация волн. Распространение КВ радиоволн при их падении на ионосферу.
2. Продольные (квазипотенциальные) волны. Особенности дисперсионных свойств продольных волн вблизи кратных гирорезонансов и в области двойного резонанса в однородной плазме и неоднородной ионосфере.
3. Физическая природа нелинейных явлений: тепловая стрикционная, ионизационная нелинейности.
4. Стрикционная параметрическая неустойчивость вблизи точки отражения волны накачки. Возбуждение ленгмюровской турбулентности.
5. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки. Образование мелкомасштабных неоднородностей электронной плотности, вытянутых вдоль геомагнитного поля.
6. Самофокусировка мощных радиоволн и крупномасштабные неоднородности.

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

1. Ускорение электронов продольными волнами.
2. Искусственное оптическое свечение ионосферы.
3. Подавление фона оптического свечения ионосферы

4. Дополнительная ионизация ионосферной плазмы. Генерация искусственных отражающих слоев.
5. Поведение отраженного от ионосферы сигнала мощной волны: стрикционное самовоздействие, «пички», аномальное ослабление
6. Многочастотное доплеровское зондирование ионосферы. Вытеснение плазмы из областей локализации плазменных волн.
7. Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ). Спектральный состав ИРИ.
8. Связь ИРИ с ИИТ. Двойная трансформация на неоднородностях как механизм генерации ИРИ.
9. Демонстрация перекачки плазменных волн по спектру с помощью ИРИ.
10. Искусственные периодические неоднородности в поле стоячей волны в ионосфере. Диагностика ионосферы с помощью ИПН.
11. Модуляции ионосферных токов мощным радиоизлучением. Эффект Гетманцева.
12. Нарушение ионизационно-рекомбинационного баланса в нижней ионосфере за счет нагрева и образование дефокусирующей линзы.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по ответам на контрольные вопросы.

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

Оценка	Критерии оценивания
	грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Грач Савелий Максимович. Волны в плазме : (вводный курс) : учеб. пособие. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2009. - 113 с. - ISBN 978-5-91326-108-3 : 123.77., 2 экз.
2. Грач Савелий Максимович. Взаимодействие мощных радиоволн с ионосферой : учебное пособие. Ч. 1. Возбуждение плазменной турбулентности в верхней ионосфере / С. М. Грач ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 58 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851219&idb=0>.
3. Гавриленко Владимир Георгиевич. Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме : учебное пособие / В. Г. Гавриленко, В. А. Яшнов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 101 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850217&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 683 с. : с черт. - 3.01., 95 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Волны в магнитоактивной плазме. - Изд. 2-е, перераб. - М. : Наука, 1975. - 255 с. : с черт. - (Современные проблемы физики). - 0.90., 2 экз.
3. Михайловский Анатолий Борисович. Теория плазменных неустойчивостей : [в 2 т.]. Т. 1. Неустойчивости однородной плазмы. - 2-е изд., перераб., доп. - М. : Атомиздат, 1975. - 272 с. : с черт. - 1.78., 16 экз.
4. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.
5. Цытович Вадим Николаевич. Нелинейные эффекты в плазме / АН СССР. - М. : Наука, 1967. - 287 с. : ил. - 0.95., 5 экз.
6. Силин Виктор Павлович. Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму. - М. : Наука, 1973. - 287 с. : ил. - 1.33., 3 экз.
7. Гершман Борис Николаевич. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М. : Наука, 1984. - 392 с. : ил. - 4.60., 27 экз.
8. Электродинамика плазмы / под ред. Ахиезера А. И. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. - 719 с. - 3.05., 9 экз.
9. Александров Андрей Федорович. Основы электродинамики плазмы : [учеб. для физ. специальностей ун-тов] / под ред. А. А. Рухадзе. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988. - 423, [1] с. : граф. - ISBN 5-06-001404-5 (в пер.) : 1.20., 12 экз.
10. Основы физики плазмы : [в 2 т.]. Доп. Т. / под ред. А. А. Галеева, Р Судана . - М. : Энергоатомиздат, 1984. - 239 с. : ил. - (Физика плазмы / под общ. ред. Р. З. Сагдеева, М. Н. Розенблюта). - 3.00., 2 экз.
11. Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. - М. : Янус-К, 1997. - 528 с. - 30.00., 1

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.