

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

Нелинейные эффекты в 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

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Нелинейные эффекты в 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	<p>ПК-1.001: 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-1.002: 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-1.001: 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</p> <p>ПК-1.002: 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</p>	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять теоретические и	ПК-2.001: Анализирует современное состояние исследований в области	ПК-2.001: Знать: современное состояние исследований,	Тест	Экзамен:

экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.002: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.003: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.004: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности; Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики; Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.002:</p> <p>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</p> <p>ПК-2.003:</p> <p>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</p> <p>ПК-2.004:</p> <p>Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности; Уметь: анализировать полученные данные, формулировать</p>	Контрольные вопросы
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------

		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		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	<p>ПК-3.001: 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-3.002: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.003: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.001:</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-3.002:</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-3.003:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР;</p> <p>Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР;</p> <p>Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР.</p>	Тест	Экзамен: Задания

--	--	--	--	--

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	2
самостоятельная работа	29
Промежуточная аттестация	45
	Экзамен

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
I. Введение. 1. Основные свойства плазмы. Нормальные волны в плазме.	7	4		4	3
I. Введение. 2. Физическая природа нелинейных явлений в плазме	4	2		2	2
I. Введение. 3. Основные типы тепловых нелинейных явлений. Классификация нелинейных явлений по виду взаимодействий.	4	2		2	2
II. Некоторые неустойчивости плазмы. 4. Классификация неустойчивостей в плазме..	2	1		1	1
II. Некоторые неустойчивости плазмы. 5. Пучковая неустойчивость в изотропной плазме.	4	2		2	2
II. Некоторые неустойчивости плазмы. 6. Параметрические неустойчивости	4	2		2	2
II. Некоторые неустойчивости плазмы. 7. Стрикционные параметрические неустойчивости	6	4		4	2
II. Некоторые неустойчивости плазмы. 8. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки.	4	2		2	2

III. Взаимодействие волн и частиц в плазме. 9. Уравнение переноса в плазме: вывод с учетом нелинейности.	3	1		1	2
III. Взаимодействие волн и частиц в плазме. 10. 3-х волновое взаимодействие	7	4		4	3
III. Взаимодействие волн и частиц в плазме. 11. Индуцированное рассеяние волн на частицах	4	2		2	2
IV. Сильная турбулентность. Динамическое описание нелинейных явлений. 12. Приближения слабой и сильной турбулентности. Усредненное описание плазмы.	4	2		2	2
IV. Сильная турбулентность. 13. Режимы сильной турбулентности	4	2		2	2
IV. Сильная турбулентность. 14. Параболическое уравнение. Неустойчивости самосжатия и самофокусировки.	4	2		2	2
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные свойства плазмы. Нормальные волны в плазме.

Квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные явления в плазме. Линейное дисперсионное уравнение электромагнитных волн в магнитоактивной плазме. Квазиэлектростатические волны.

2. Физическая природа нелинейных явлений в ионосферной плазме.

Тепловая и стрикционная нелинейности. Характерное плазменное поле для тепловой нелинейности. Сила Миллера. Усредненный высокочастотный потенциал.

3. Основные типы тепловых нелинейных явлений. Классификация нелинейных явлений по виду взаимодействий.

Тепловое самовоздействие мощной электромагнитной волны (самопоглощение, просветление).

Кроссмодуляция волн, нарушение ионизационно-рекомбинационного баланса за счет температурной зависимости коэффициента рекомбинации.

Взаимодействие волна-частица, волна-волна, волна-частица-волна.

4. Классификация неустойчивостей в плазме.

Магнитогидродинамические, дрейфовые, кинетические, параметрические неустойчивости. Абсолютная и когерентная неустойчивости.

5. Пучковая неустойчивость в изотропной плазме.

Дисперсионное уравнение плазмы с пучком. Гидродинамическая и кинетическая неустойчивости.

Неустойчивость Бунемана. Квазилинейное приближение, стабилизация пучковой неустойчивости.

6. Параметрические неустойчивости.

Вывод дисперсионного уравнения параметрической неустойчивости.

7. Стрикционные параметрические неустойчивости.

Распадная неустойчивость. Индуцированное рассеяние волны накачки. Модуляционная неустойчивость. Большие превышения над порогом неустойчивости.

8. Тепловая параметрическая неустойчивость в области верхнего гибридного резонанса волны накачки.

Амбиполярная диффузия и термодиффузия в магнитном поле. Порог и инкремент неустойчивости в однородной и неоднородной плазме.

9. Уравнение переноса в плазме: вывод с учетом нелинейности.

Трехиндексный и четырехиндексный тензоры для описания нелинейных эффектов. Вывод уравнения переноса в плазме: вывод с учетом нелинейности.

10. 3-х волновое взаимодействие.

Вывод дисперсионного уравнения на основе уравнения переноса. Нелинейная стадия 3-волнового распадного взаимодействия. Приближение случайных фаз. Квантовый подход.

11. Индуцированное рассеяние волн на частицах.

Сценарий развития нелинейной стадии. Квантовый подход.

12. Приближения слабой и сильной турбулентности. Усредненное описание плазмы.

Критерии выполнимости приближений слабой и сильной турбулентности. Вывод укороченного уравнения для описания плазмы в приближении сильной турбулентности.

13. Режимы сильной турбулентности.

Ленгмюровские солитоны огибающей. Ленгмюровский коллапс.

14. Параболическое уравнение. Неустойчивости самосжатия и самофокусировки.

Вывод параболического уравнения для электромагнитной волны. Неустойчивости самосжатия и самофокусировки. Критерий Лайтхилла.

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. Гинзбург В. Л. - Распространение электромагнитных волн в плазме. - М.: Наука, 1967. - 683 с.

2. Михайловский А. Б. - Теория плазменных неустойчивостей: [в 2 т.]. Т. 1. - М.: Атомиздат, 1975. - 272 с.

3. Кадомцев Б. Б. - Коллективные явления в плазме. - М.: Наука, 1988. - 304 с.

4. Цытович В. Н. - Нелинейные эффекты в плазме. - М.: Наука, 1967. - 287 с.

5. Силин В. П. - Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму. - М.: Наука, 1973. - 287 с.

6. Гершман Б. Н., Ерухимов Л. М., Яшин Ю. Я. - Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М.: Наука, 1984. - 392 с.

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-3:

3.

$$\frac{W_{\omega_0}}{\omega_0} + \frac{W_{\omega_1}}{\omega_1} = \text{const},$$

$$\frac{W_{\omega_0}}{\omega_0} + \frac{W_{\omega_2}}{\omega_2} = \text{const}.$$

Какому из законов сохранения при трёхволновом взаимодействии соответствуют данные равенства (W_{ω_i} — спектральная плотность энергии волны, ω_i — частоты волны накачки ($i = 0$) и возбуждающихся в результате неустойчивости волн ($i > 0$)?

- a) Закону сохранения энергии.
- b) Закону сохранения импульса.
- c) Закону сохранения момента импульса.
- d) Закону сохранения числа квантов.
- e) Закону сохранения числа частиц.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Выберите правильное выражение для силы Миллера в изотропной плазме (ω — частота волны, e и m_e — заряд и масса электрона, E — напряжённость электрического поля).

a)

$$F_M = -\frac{e^2}{4m_e^2} \nabla |E(\mathbf{r})|^2$$

b)

$$F_M = -\frac{e^2}{4m_e^2 \omega^2} \nabla |E(\mathbf{r})|^2$$

c)

$$F_M = -\frac{1}{4m_e^2 \omega^2} \nabla |E(\mathbf{r})|^2$$

d)

$$\Phi_M = -\frac{e^2}{4m_e^2 \omega^2} |E(\mathbf{r})|^2$$

e)

$$F_M = -\frac{e}{4m_e^2 \omega^2} \nabla |E(\mathbf{r})|^2$$

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

2. Какие дисперсионное уравнение и условия синхронизма соответствуют параметрической распадной неустойчивости? (N, T — концентрация и температура плазмы, ω_i — частоты волны накачки ($i = 0$) и возбуждающихся в результате неустойчивости волн ($i > 0$), γ и γ_i — инкремент неустойчивости и декременты затухания возбуждающихся волн, $\alpha \sim 1$ — безразмерный коэффициент, A, B и C — коэффициенты, имеющие размерность частоты, V_{T1} — тепловая скорость ионов.)

а)

$$(\gamma + \gamma_1)(\gamma + \gamma_2) = \gamma_{\text{nonlin}}^2 = A \frac{|E_0|^2}{4\pi N T};$$

$$\omega_0 = \omega_1 + \omega_2, \quad k_0 = k_1 + k_2;$$

б)

$$(\gamma + \gamma_1) = \gamma_{\text{nonlin},1} = B \left(\frac{\omega_0 - \omega_1}{\kappa V_{T1}} \right) \frac{|E_0|^2}{4\pi N T};$$

$$\omega_0 = \omega_1 + \alpha \kappa V_{T1}, \quad k_0 = k_1 + \kappa;$$

в)

$$(\gamma - \gamma_1)(\gamma - \gamma_2) = \gamma_{\text{nonlin}}^2 = A^2 \frac{|E_0|^2}{4\pi N T};$$

$$\omega_0 = \omega_1 + \omega_2, \quad k_0 = k_1 + k_2;$$

г)

$$(\gamma + \gamma_1) = \gamma_{\text{nonlin},1} = B \frac{|E_0|^2}{4\pi N T};$$

$$\omega_0 = \omega_1, \quad k_0 = k_1 \pm \kappa;$$

е)

$$(\gamma + \gamma_1)(\gamma + \gamma_2) = \gamma_{\text{nonlin}}^2 = A^2 \frac{|E_0|^2}{4\pi N T};$$

$$\omega_0 = \omega_1 + \omega_2, \quad k_0 = k_1 + k_2;$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	превышающе м 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	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 отдельными 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	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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения экзаменационного задания.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	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»
хорошо	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»
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Пучковая неустойчивость в плазме.
2. Квазилинейная теория плазмы. Стабилизация пучковой неустойчивости.
3. Параметрическая неустойчивость. Вывод дисперсионного уравнения.

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

1. Основные свойства плазмы: квазинейтральность, дебаевское экранирование, коллективные явления.
2. Нормальные волны в плазме.
3. Физическая природа нелинейных явлений: тепловая стрикционная, ионизационная нелинейности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	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»
хорошо	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»
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная 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. 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.
3. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.
4. Цытович Вадим Николаевич. Нелинейные эффекты в плазме / АН СССР. - М. : Наука, 1967. - 287 с. : ил. - 0.95., 5 экз.
5. Силин Виктор Павлович. Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму. - М. : Наука, 1973. - 287 с. : ил. - 1.33., 3 экз.
6. Гершман Борис Николаевич. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. - М. : Наука, 1984. - 392 с. : ил. - 4.60., 27 экз.

Дополнительная литература:

1. Электродинамика плазмы / под ред. Ахиезера А. И. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. - 719 с. - 3.05., 9 экз.
2. 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.
3. 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.

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 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 18.12.2023, протокол № 09/23.