

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

Теория излучения волн

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.02.02 Теория излучения волн 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>	Задания	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>
ПК-2: Способен выполнять теоретические и	ПК-2.001: Анализирует современное состояние исследований в области	ПК-2.001: Знать: современное состояние исследований,	Задания	Экзамен:

<p>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>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>		<p>Задачи</p> <p>Контрольные вопросы</p>
---	---	--	--	--

		<p>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</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-3.001: 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>	Задания	<p>Экзамен:</p> <p>Задания</p>

--	--	--	--	--

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
1. Введение	4	2		2	2
2. Электромагнитные поля и излучение волн при движении точечного электрического заряда в вакууме	11	6		6	5
3. Излучение Вавилова - Черенкова	11	6		6	5
4. Тормозное излучение электромагнитных волн при соударениях заряженных частиц	7	4		4	3
5. Магнитотормозное излучение электромагнитных волн при движении электрона в постоянном магнитном поле	8	4		4	4
6. Генерация и поглощение электромагнитных волн в плазме	8	4		4	4
7. Основы теории излучения волн в жидкостях и газах	8	4		4	4
8. Излучение сейсмических волн при землетрясениях	4	2		2	2
Аттестация	45				
КСР	2			2	

Итого	108	32	0	34	29
-------	-----	----	---	----	----

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение.

Физические поля и колебательно-волновые процессы. Поля и волны в механике жидкостей и газов: звуковые волны, внутренние гравитационные и поверхностные волны. Поля и волны в упругих твердых телах. Электромагнитные поля в вакууме и в средах.

Уравнения для перечисленных полей с источниками, порождающими поля и возмущения этих полей. Связь теории излучения волн с механизмами действия источников.

Раздел 2. Электромагнитные поля и излучение волн при движении точечного электрического заряда в вакууме

Электромагнитные поля (ЭМ-поля) при прямолинейном и равномерном движении точечного электрического заряда в вакууме. Преобразования Лоренца для потенциалов ЭМ поля. Функции Грина для потенциалов ЭМ-поля в вакууме. Потенциалы Лиенара - Вихерта и их применения: дипольное и квадрупольное излучение, сила реакции излучения - уравнение Абрагама - Лоренца, естественная ширина спектральных линий атомов и молекул.

Раздел 3. Излучение Вавилова-Черенкова

История обнаружения и интерпретации электромагнитного излучения Вавилова - Черенкова - работы С.И.Вавилова, П.А.Черенкова, И.Е.Тамма, И.М.Франка и В.Л.Гинзбурга. Простая кинематическая модель излучения конической волны при движении источника со скоростью больше фазовой скорости волн.

Математическая теория эффекта Вавилова - Черенкова. Интегральная форма решения задачи об ЭМ полях при прямолинейном и равномерном движении точечного электрического заряда в однородной изотропной среде с учетом временной дисперсии. Анализ полюсов подинтегральных выражений для потенциалов ЭМ-поля. Мощность излучения волн. Черенковское излучение в прозрачной среде с дисперсией. Проблема прохождения заряженных частиц через вещество. Ионизационные и поляризационные потери.

Раздел 4. Тормозное излучение электромагнитных волн при соударениях заряженных частиц.

Нерелятивистское движение электрона в кулоновском поле тяжелого иона. Дипольное приближение в теории излучения. Вывод и обсуждение формул для излучаемой мощности. Излучательная способность нерелятивистской изотропной плазмы при тормозном излучении.

Раздел 5. Магнитотормозное излучение э.м. волн при движении электрона в постоянном магнитном поле. Некоторые сведения из истории разработки теории магнитотормозного излучения (МТИ) электрических зарядов: синхротронное и циклотронное излучение в лабораторных ускорителях. Постановка задачи о МТИ электрона, движущегося по винтовой линии в вакууме при наличии постоянного и однородного внешнего магнитного поля. Точные решения указанной задачи об ЭМ полях. Распределение энергии по спектру (для циклотронного и синхротронного излучения). Диаграммы направленности излучаемой мощности. Полная излучаемая мощность. Поляризация магнитотормозного излучения. Магнитодрейфовое излучение.

Раздел 6. Генерация и поглощение электромагнитных волн в плазме.

Уравнение переноса излучения. Поглощение электромагнитных волн в изотропной плазме. Поглощение электромагнитных волн в магнитоактивной плазме.

Раздел 7. Основы теории излучения волн в жидкостях и газах

Акустические монополи и диполи. Резонансный поршневой излучатель звука. Излучение волн Маха при движении хорошо обтекаемых тел со сверхзвуковыми скоростями.

Раздел 8. Излучение сейсмических волн при землетрясениях.

Основные уравнения линейной сейсмодинамики. Сейсмические волны в упругом полупространстве со свободной границей: волны сжатия, сдвиговые волны, волны Рэлея и Лява. Механизмы взрывов в упругом теле. Импульсное излучение сейсмических волн. Сейсмографы и типичная сейсмограмма. Шкала магнитуд Рихтера.

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. Петров Е.Ю. Излучение электромагнитных волн движущимися заряженными частицами:

Учебное пособие. — Нижний Новгород: Издательство

Нижегородского государственного университета, 2019. — 88 с.

2. Басс Ф. Г., Яковенко В. М. Теория излучения заряда, проходящего через электрически неоднородную среду// Успехи физических наук. 1965. Т. 86, № 2. С. 189–230.

3. Гинзбург В. Л., Цытович В. Н. Некоторые вопросы теории переходного излучения и переходного рассеяния// Успехи физических наук. 1978. Т. 126, № 4. С. 553–608.

4. Гинзбург В. Л. Излучение равномерно движущихся источников (эффект Вавилова-Черенкова, переходное излучение и некоторые другие явления)// Успехи физических наук. 1996. Т. 166, № 10. С. 1033–1042.

5. Весницкий А. И., Метрикин А. В. Переходное излучение в механике// Успехи физических наук. 1996. Т. 166, № 10. С. 1043–1068.

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. Записать выражение для силы Лоренца, действующей на заряд в однородном магнитном поле.

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

1. Электрон движется в вакууме с постоянной скоростью вдоль оси x . Записать выражение для плотности электрического тока.

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

1. Электрон совершает малые гармонические колебания вдоль некоторого направления.
Нарисовать диаграмму направленности излучения электромагнитных волн.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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 (индикатор 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несуществ	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			не в полном объеме	в полном объеме, но некоторые с недочетами	некоторые с недочетами	енными недочетам и, выполнены все задания в полном объеме	
<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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1

Получить условие, определяющее направление излучения Вавилова-Черенкова, из рассмотрения интерференции отдельных волн, испускаемых частицей в разных точках её траектории.

Задача 2

Черенковское излучение частицы можно рассматривать как следствие резонанса между собственными колебаниями среды и вынуждающей силой, связанной с движущейся частицей. Получить условие возникновения эффекта Вавилова-Черенкова из сравнения частот собственных колебаний среды и вынуждающей силы.

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

Задача 1

Заряд e движется с малой скоростью V и ускорением a в ограниченной области. Найти приближенные выражения для компонент электромагнитного поля частицы в точках, расстояние до которых частицы велико по сравнению с размерами области движения заряда. Определить положение границы квазистационарной и волновой зон.

Задача 2

Какое время прожил бы Резерфордский атом водорода, если бы электрон в атоме двигался и излучал как классическая частица? Считать, что электрон, теряя энергию, движется к протону по пологой спирали, так что в каждый момент времени он излучает как заряд на круговой орбите (радиус орбиты медленно меняется со временем). Начальный радиус атома 5×10^{-9} см.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

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»

Оценка	Критерии оценивания
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»

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

1. Общие сведения об излучении Вавилова- Черенкова. Кинематические представления об этом излучении.
2. Дисперсионные свойства среды с неполярными молекулами.
3. Мощность черенковского излучения и сила торможения электрического заряда в среде с неполярными молекулами.

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

1. Уравнения математической физики с источниками (уравнение теории потенциала, уравнение теплопроводности и уравнение струны).
2. Система уравнений механики сплошной среды с источниками.
3. Уравнения Максвелла со сторонними токами и зарядами. Распределение плотностей тока и заряда для точечного монохроматического диполя.

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

Оценка	Критерии оценивания
	«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»

5.3.5 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»

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

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. / под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 8-е, стер. - М. : Физматлит, 2006-. Теоретическая физика. Т. 2 : Теория поля. - М., 2006. - Изд. 8-е, стер. - 536 с. - ISBN 5-9221-0056-4 (т. 2) : 323.84., 1 экз.
2. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред / под ред. Л. П. Питаевского. - 4-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2003. - 656 с. - ISBN 5-9221-0123-4 (т. 8). - ISBN 5-9221-0053-X : 256.00., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Гинзбург Виталий Лазаревич. Теоретическая физика и астрофизика : доп. гл. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1987. - 486, [1] с. : ил. - 5.50., 1 экз.
2. 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.
3. Джексон Джон. Классическая электродинамика / пер. с англ. Г. В. Воскресенского и Л. С. Соловьева ; под ред. Э. Л. Бурштейна. - М. : Мир, 1965. - 702 с. : черт. - 2.95., 23 экз.
4. Исакович Михаил Александрович. Общая акустика : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1973. - 495 с. : с граф. - 1.23., 6 экз.
5. Лайтхилл Джеймс. Волны в жидкостях / пер. с англ. под ред. П. П. Корявова, П. И. Чушкина. - М. : Мир, 1981. - 598 с. : ил. - 5.40., 4 экз.
6. 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.
7. Уизем Д. Линейные и нелинейные волны / пер. с англ. В. В. Жаринова ; под ред. А. Б. Шабата. - М. : Мир, 1977. - 622 с. : ил. - 3.38., 3 экз.
8. Батыгин В. В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности / Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. - 4-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 480 с. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-0921-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799674&idb=0>.

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): Петров Евгений Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

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.