

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины
Электродинамика квазиоптических систем

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Общая и прикладная физика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01.01 Электродинамика квазиоптических систем 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 самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Демонстрация способности самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1: Знать основные явления и эффекты при распространении квазиоптических пучков Уметь пользоваться основными подходами для расчета квазиоптических систем. Владеть навыками решения заданий, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Знать основные явления и эффекты при распространении квазиоптических пучков Уметь свободно применять полученные знания по дисциплине для решения научно-инновационных задач, связанных с работой квазиоптических систем. Владеть способностью применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

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	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация	36 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 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Введение в электродинамику квазиоптических систем	8	2	2	4	4
Гауссовы волновые пучки	8	2	2	4	4
Фазовые корректоры. Синтез волновых пучков	8	2	2	4	4
Квазиоптические системы на основе эффекта Тальбота	8	2	2	4	4
Открытые резонаторы	9	2	2	4	5
Квазиоптические интерферометры	9	2	2	4	5
Квазиоптические линии передачи	10	2	2	4	6
Преобразователи волноводных волн	10	2	2	4	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	16	16	34	38

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение в электродинамику квазиоптических систем

Гауссовы волновые пучки

Фазовые корректоры. Синтез волновых пучков

Квазиоптические системы на основе эффекта Тальбота

Открытые резонаторы
Квазиоптические интерферометры
Квазиоптические линии передачи
Преобразователи волноводных волн

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.

а) основная литература:

- 1) Л.А. Вайнштейн. Открытые резонаторы и открытые волноводы. М., Сов.Радио, 1966. - 475 с. -14 экз.
- 2) Х. Хаус. Волны и поля в оптоэлектронике. М.Мир, 1988. -240 с. -15 экз.
- 3) Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн [Электронный ресурс] / Барыбин А.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107402.html>

б) дополнительная литература:

- 1) Б.З. Каценеленбаум. Теория нерегулярных волноводов с медленно-меняющимися параметрами. М., АН СССР, 1961, 216 с. -4 экз.
- 2) Б.З. Каценеленбаум. Высокочастотная электродинамика. М.Наука, 1966. -430 с. -3 экз.
- 3) Р.Б. Ваганов, Р.Ф. Матвеев, В.В. Мериакри. Многоволновые волноводы со случайными неоднородностями. М.:Советское радио, 1971, 232 с. -3 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>

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 - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- 1) Параксиальное приближение в дифракции. Параболическое уравнение.
- 2) Законы сохранения при распространении волновых пучков.
- 3) Интеграл Гюйгенса-Кирхгофа. Дифракция на элементарных объектах.

- 4) Основные свойства Эрмит- и Лагерр-Гаусовых волновых пучков.
- 5) Вихри в параксиальных волновых пучках.
- 6) Методы синтеза фазовых корректоров.
- 7) Восстановление фазового фронта пучка по амплитудным измерениям.
- 8) Эффект Тальбота для параксиальных волновых пучков
- 9) Применение открытых резонаторов в оптике, СВЧ электронике, антенной технике.
- 10) Подходы к описанию открытых резонаторов
- 11) Двухзеркальный резонатор. Собственные колебания и частоты.
- 12) Селекция колебаний в квазиоптических резонаторах.
- 13) Резонатор Фабри-Перо.
- 14) Интерферометр Майкельсона.
- 15) Фильтр на резонансе вспомогательной волны.
- 16) Резонатор с бегущей волной.
- 17) Сверхразмерные гладкие и гофрированные волноводы.
- 18) Линзовые и зеркальные линии.
- 19) Диэлектрический волновод. Металлический стержень как волноведущая структура.
- 20) Основные компоненты линий передачи.
- 21) Парциальные и нормальные волны многомодовых волноводов.
- 22) Методы анализа и синтеза волноводных преобразователей.
- 23) Концепция Бриллюэна. Квазиоптические преобразователи высших волноводных мод в собственные волны открытых линий передачи

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

- 1) Параксиальное приближение в дифракции. Параболическое уравнение.
- 2) Законы сохранения при распространении волновых пучков.
- 3) Интеграл Гюйгенса-Кирхгофа. Дифракция на элементарных объектах.
- 4) Основные свойства Эрмит- и Лагерр-Гаусовых волновых пучков.

- 5) Вихри в параксиальных волновых пучках.
- 6) Методы синтеза фазовых корректоров.
- 7) Восстановление фазового фронта пучка по амплитудным измерениям.
- 8) Эффект Тальбота для параксиальных волновых пучков
- 9) Применение открытых резонаторов в оптике, СВЧ электронике, антенной технике.
- 10) Подходы к описанию открытых резонаторов
- 11) Двухзеркальный резонатор. Собственные колебания и частоты.
- 12) Селекция колебаний в квазиоптических резонаторах.
- 13) Резонатор Фабри-Перо.
- 14) Интерферометр Майкельсона.
- 15) Фильтр на резонансе вспомогательной волны.
- 16) Резонатор с бегущей волной.
- 17) Сверхразмерные гладкие и гофрированные волноводы.
- 18) Линзовые и зеркальные линии.
- 19) Диэлектрический волновод. Металлический стержень как волноведущая структура.
- 20) Основные компоненты линий передачи.
- 21) Парциальные и нормальные волны многомодовых волноводов.
- 22) Методы анализа и синтеза волноводных преобразователей.
- 23) Концепция Бриллюэна. Квазиоптические преобразователи высших волноводных мод в собственные волны открытых линий передачи

Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в

Оценка	Критерии оценивания
	полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	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.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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
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) Параксиальное приближение в дифракции. Параболическое уравнение.
- 2) Законы сохранения при распространении волновых пучков.
- 3) Интеграл Гюйгенса-Кирхгофа. Дифракция на элементарных объектах.
- 4) Основные свойства Эрмит- и Лагерр-Гаусовых волновых пучков.
- 5) Вихри в параксиальных волновых пучках.
- 6) Методы синтеза фазовых корректоров.
- 7) Восстановление фазового фронта пучка по амплитудным измерениям.
- 8) Эффект Тальбота для параксиальных волновых пучков
- 9) Применение открытых резонаторов в оптике, СВЧ электронике, антенной технике.
- 10) Подходы к описанию открытых резонаторов
- 11) Двухзеркальный резонатор. Собственные колебания и частоты.
- 12) Селекция колебаний в квазиоптических резонаторах.
- 13) Резонатор Фабри-Перо.
- 14) Интерферометр Майкельсона.
- 15) Фильтр на резонансе вспомогательной волны.
- 16) Резонатор с бегущей волной.
- 17) Сверхразмерные гладкие и гофрированные волноводы.
- 18) Линзовые и зеркальные линии.
- 19) Диэлектрический волновод. Металлический стержень как волноведущая структура.

- 20) Основные компоненты линий передачи.
- 21) Парциальные и нормальные волны многомодовых волноводов.
- 22) Методы анализа и синтеза волноводных преобразователей.
- 23) Концепция Бриллюэна. Квазиоптические преобразователи высших волноводных мод в собственные волны открытых линий передачи

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

- 1) Параксиальное приближение в дифракции. Параболическое уравнение.
- 2) Законы сохранения при распространении волновых пучков.
- 3) Интеграл Гюйгенса-Кирхгофа. Дифракция на элементарных объектах.
- 4) Основные свойства Эрмит- и Лагерр-Гаусовых волновых пучков.
- 5) Вихри в параксиальных волновых пучках.
- 6) Методы синтеза фазовых корректоров.
- 7) Восстановление фазового фронта пучка по амплитудным измерениям.
- 8) Эффект Тальбота для параксиальных волновых пучков
- 9) Применение открытых резонаторов в оптике, СВЧ электронике, антенной технике.
- 10) Подходы к описанию открытых резонаторов
- 11) Двухзеркальный резонатор. Собственные колебания и частоты.
- 12) Селекция колебаний в квазиоптических резонаторах.
- 13) Резонатор Фабри-Перо.
- 14) Интерферометр Майкельсона.
- 15) Фильтр на резонансе вспомогательной волны.
- 16) Резонатор с бегущей волной.
- 17) Сверхразмерные гладкие и гофрированные волноводы.
- 18) Линзовые и зеркальные линии.
- 19) Диэлектрический волновод. Металлический стержень как волноведущая структура.
- 20) Основные компоненты линий передачи.

- 21) Парциальные и нормальные волны многомодовых волноводов.
- 22) Методы анализа и синтеза волноводных преобразователей.
- 23) Концепция Бриллюэна. Квазиоптические преобразователи высших волноводных мод в собственные волны открытых линий передачи

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	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.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от

Оценка	Критерии оценивания
	ответа.

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

Основная литература:

1. Вайнштейн Лев Альбертович. Открытые резонаторы и открытые волноводы. - М. : Советское радио, 1966. - 475 с. : ил. - 2.26., 4 экз.
2. Хаус Херманн А. Волны и поля в оптоэлектронике : пер. с англ. / под ред. К. Ф. Шипилова. - М. : Мир, 1988. - 430 с. - 4.40., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Каценеленбаум Борис Захарович. Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами / АН СССР, Ин-т радиотехники и электроники. - М. : Изд-во АН СССР, 1961. - 216 с. : черт. - 0.96., 2 экз.
2. Каценеленбаум Борис Захарович. Высокочастотная электродинамика. Основы математического аппарата. - М. : Наука, 1966. - 240 с. : черт. - 0.57., 100 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Песков Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Викторov Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.