

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением
ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерное моделирование оптических процессов
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Квантовая радиофизика и лазерная физика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02, <i>компьютерное моделирование оптических процессов</i> относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 <i>радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

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**	
ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	Знание основ компьютерного моделирования оптических процессов Умение и навыки разработки программ компьютерного моделирования оптических процессов Опыт использования программ для решения научно-исследовательских задач из области оптики	<i>Задача</i>

ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, 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 квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники</p>	<p>Знание основных возможностей современного оборудования для решения научных задач в области оптики, а также новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Умение и навыки использования современного компьютеров, а также новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Готовность самостоятельно ставить и решать научные задачи в области оптики</p>	<i>Задача</i>
--	--	--	---------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	75
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (часы)					Самостоятельная работа обучающегося (часы)
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение в дисциплину. Обзор практических приложений и различных численных ошибок.	2	2				2	0
2. Построение алгоритмов моделирования в одномерном случае. Выбор сетки. Выбор начальных и граничных условий. Сходимость. Выбор пространственного и временного шагов. Численная дисперсия. Основы написания программ моделирования.	18	6				6	12
3. Моделирование поглощающих и дисперсионных сред. Безотражательные граничные условия в одномерном случае.	14	4				4	10
4. Разделение областей моделирования на область полного и рассеянного полей в одномерном случае. Получение частотных характеристик в одномерном случае.	14	4				4	10
5. Моделирование в двумерном случае. Дискретизация. Алгоритм. Построение сетки. Выбор граничных и начальных условий. Сходимость алгоритма, разделение областей. Написание программ для двумерного случая.	24	6				6	18
6. Поглощающие слои в двумерном случае..	12	4				4	8
7. Разделение областей моделирования в двумерном случае. Задание падающих волн.	4	2				2	2
8. Решение задач рассеяния в двумерном случае.	19	4				4	15
Текущий контроль	1	1				1	
Промежуточная аттестация (балльная)-рейтинговая							

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных 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

Помимо ознакомления с рекомендованной литературой в процессе обучения самостоятельная работа обучающегося предполагает проработку контрольных вопросов. Текущий контроль успеваемости проводится во время занятий семинарского типа и научно-практических занятий.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок.	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 несущественным 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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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
зачтено	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»
не зачтено	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»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Типовые задания для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Формулировка задания	Оцениваемая компетенция
1	Разработать программу одномерного моделирования и найти ответы на следующие вопросы (с демонстрацией результатов в виде графиков). Что будет происходить, если в качестве начального	ПК-1

	условия для полей задать электрическое поле в виде импульса в момент $t=0$, но использовать нулевое значение магнитного поля при $t=-\Delta t/2$? Объяснить результат.	
2	Что будет, если использовать для области моделирования граничные условия $H=0$? Объяснить результат.	ПК-1
3	Запустить два импульса (ширина $\tau=5$ фс, расстояние в начальный момент 50 микрон), распространяющиеся навстречу друг другу. Что происходит при их прохождении через друг друга?	ПК-1
4	Создать монохроматическую волну в резонаторе с граничными условиями $E=0$. Достаточно взять несколько пространственных периодов. Убедиться, что происходят периодические колебания во времени при выборе временного шага с $\xi < 1$. Найти, как будет расти поле при $\xi=1.01$, сравнить коэффициент роста во времени с аналитическим значением, которое получается из дисперсионного анализа для дискретной среды.	ПК-1
5	Используя метод КРВО рассчитать распространение импульса и получить его значительное искажение на больших расстояниях. Теперь, представляя такой же импульс аналитически как суперпозицию плоских волн, рассчитать, используя преобразование Фурье, как он будет распространяться в пространстве с дисперсией, полученной для дискретной среды. Сравнить распределения поля импульса после прохождения одного и того же расстояния, используя эти два метода. Получить полное совпадение результатов.	ПК-1
6	Используя программу одномерного моделирования и методы нахождения частотных характеристик, решить следующую задачу. Создать в вакууме начальный импульс с длиной волны $\lambda_0=600$ нм и длительностью $\tau=5$ фс. Найти численно и построить коэффициент отражения от полупространства с $\epsilon=2$ в области частот, задаваемой начальным импульсом. Сравнить с аналитической зависимостью.	ПК-1
7	Создать в вакууме начальный импульс с длиной волны $\lambda_0=600$ нм и длительностью $\tau=5$ фс. найти численно и построить коэффициент отражения от полупространства с $\epsilon=2$ при наличии поглощения с $\sigma=2\omega_0$, где $\omega_0=2\pi c/\lambda_0$. Сравнить с аналитической зависимостью.	ПК-2
8	Создать в вакууме начальный импульс с длиной волны $\lambda_0=600$ нм и длительностью $\tau=5$ фс. На границе области моделирования создать поглощающий слой, в котором создаются электрические и магнитные токи. Поглощение считать однородным во всем слое. Для нескольких значений параметра $\eta=2\pi\sigma\Delta t$ найти и построить зависимость коэффициента отражения от толщины слоя (количества ячеек). Отражение можно оценивать используя максимальное значение отраженного импульса. Сделать выводы об оптимальном (максимально уменьшающем отражение) выборе параметра η и толщины слоя.	ПК-2

9	Промоделировать распространение импульса (с длиной волны $\lambda_0=600$ нм и длительностью $\tau=5$ фс) в свободном пространстве, используя методику разделения области моделирования на область полного поля и область рассеянного поля. Продемонстрировать правильность работы алгоритма, построив распределения полей в различные моменты времени: при входе в область полного поля и при выходе из нее.	ПК-2
10	Рассчитать численно на основе метода КРБО частотную зависимость коэффициента отражения и коэффициента прохождения, если имеется слой с проницаемостью $\epsilon=4$ и толщиной $L=1500$ нм. Сравнить результаты с аналитическими.	ПК-2

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Учебно-методическое пособие: А. В. Маслов "Решение электродинамических задач методом конечных разностей во временной области http://www.unn.ru/books/met_files/fdtd_maslov.pdf

б) Дополнительная литература:

1. Джексон Д., "Классическая электродинамика", М. Мир. 1965 г., 702 с. – 24 экз.
2. Ландау Л., Лифшиц Е. М., "Электродинамика сплошных сред", М. Физматлит, 2016 г. 656 с. - <http://znanium.com/catalog/document?id=369179>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проекторами), служащими для представления информации большой аудитории.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918.

Автор (ы) к.ф.-м.н.доцент А.В. Маслов

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор М.И. Бакунов

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.