

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

Оптические информационные системы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Оптические информационные системы 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
<p>ПК-2: Способен к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии</p>	<p>ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, имеет научные знания в теории информационных систем</p> <p>ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности.</p> <p>ПК-2.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий</p>	<p>ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области оптических информационных технологий, включая особенности передачи оптических сигналов в неоднородных средах и оптическую обработку информации. Имеет научные знания в теории информационных систем, использующих оптические технологии для хранения, передачи и обработки данных.</p> <p>ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации для оценки необходимых требований при создании информационных систем с использованием оптических сигналов.</p> <p>ПК-2.3: Имеет практический опыт использования специализированных пакетов моделирования и расчета оптических явлений в области информационных технологий.</p>	Задания	Зачёт: Задания

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Волновые основы оптики	5	2		2	3
Геометрическая и матричная оптика	10	4		4	6
Оптические изображения	8	4		4	4
Элементы Фурье-анализа	9	4		4	5
Оптическая фильтрация и Фурье-оптика	8	4		4	4
Распространение оптических сигналов в диспергирующих средах	8	4		4	4
Рассеяние света	8	4		4	4
Прикладная обработка изображений. LabVIEW Vision Assitant.	6	3		3	3
Моделирование оптических явлений в Zemax OpticStudio.	9	3		3	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	

Итого	72	32	0	33	39
-------	----	----	---	----	----

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Волновые основы оптики.

Волновое уравнение. Комплексные амплитуды. Уравнение Гельмгольца. Сложение когерентных и некогерентных полей. Скалярная теория дифракции. Интегральная теорема Гельмгольца-Кирхгофа. Теории Кирхгофа-Френеля и Рэлея-Зоммерфельда. Принцип Бабинне.

2. Геометрическая и матричная оптика.

Принцип Ферма. Законы отражения и преломления. Формулы Френеля, угол Брюстера и полное внутреннее отражение. Просветляющие и зеркальные покрытия. Оптическая сила сферической поверхности, тонкой линзы, толстой линзы, двух тонких линз. Диоптрические, отражательные и телескопические системы. Матрица преобразования лучей. Физический смысл элементов матрицы, матрицы преломления и переноса. Матрицы многоэлементных оптических систем, формулы построения изображения линзой.

3. Оптические изображения. Оптические среды и поверхности. Предмет, его изображение. Взаимное расположение элементов оптической системы.

4. Элементы Фурье-анализа.

Преобразование Фурье-Бесселя. Угловой спектр плоских волн. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на отверстиях разной конфигурации. Дифракция Френеля на прямоугольной щели. Спираль Френеля. Зонные пластинки. Линза Френеля. Дифракционные решетки. Амплитудная и фазовая модуляция. Пространственное разложение спектра, разрешающая способность решетки. Голография.

5. Оптическая фильтрация и Фурье-оптика.

6. Распространение оптических сигналов в диспергирующих средах.

Групповая и фазовая скорости света. Неэквидистантность частот оптического резонатора, заполненного диспергирующей средой. Искажения импульсов в волоконных световодах.

7. Рассеяние света.

Виды рассеяния. Молекулярное рассеяние, формула Релея, коэффициент рассеяния. Рассеяние в мутных и мелкодисперсных средах. Спектральный состав рассеянного света. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Спектр рассеянного света. Рассеяние Ми. Угловые характеристики рассеянного излучения.

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.

<https://books.ifmo.ru/file/pdf/2763.pdf>

<https://books.ifmo.ru/file/pdf/3093.pdf>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

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

1. Оптимизировать в среде Zemax расположение линз с заданными параметрами в двух линзовой оптической системе.
2. Изотропная среда занимает верхнюю полуплоскость $y > 0$, скорость света в которой выражается формулой $V(x,y)=y$. Найти форму световых лучей в этой среде.
3. Изотропная среда занимает внутренность единичного круга, скорость света в которой выражается формулой $V(x,y)=1-x^2-y^2$. Найти форму световых лучей в этой среде.
4. Каков пространственный спектр светового пучка, даваемого одной щелью? Двумя щелями? N щелями?
5. Чем пространственный спектр прямоугольной сетки похож на пространственный спектр решетки и чем отличается от него?
6. Почему при пропускании через пространственный фильтр двух максимумов распределение интенсивности в изображении становится гармоническим.
7. Почему при выделении дифракционных максимумов, лежащих на прямой, наклоненной под углом 45° к направлению штрихов сетки, изображение представляет собой решетку, штрихи которой ближе в $\sqrt{2}$ раз?
8. Почему контраст изображения падает при уменьшении числа формирующих его гармоник?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не обязательно в полном объеме.
не зачтено	При решении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
Знания	Отсутствие	Уровень	Минимальн	Уровень	Уровень	Уровень	Уровень

	знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	о допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с 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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 1. При каком непрерывном распределении показателя преломления в пространстве луч вышедший из точечного источника снова вернется в него?

Задание 2. Методом матричной оптики найти положение координатных сечений толстой линзы. Дано: толщина линзы L , Показатель преломления тела линзы n , радиусы кривизны преломляющих поверхностей соответственно R_1 и R_2 .

Задание 3. Проекционная оптическая система состоит из двух тонких линз L_1 и L_2 с фокусными расстояниями f_1 и f_2 соответственно. Линзы в ней расположены на расстоянии $f_1 + f_2$ друг от друга. Методом матричной оптики найти положение оптически сопряженных плоскостей в такой проекционной системе и величину поперечного увеличения изображения.

Задание 4. Входной торец градиентного цилиндрического световода освещается плоской волной. Параметры световода: $2d$ -его поперечный размер, при $r < d$ $n(r) = n(0) - (n(0) - n(d))(r/d)^2$. Как зависит расходимость светового пучка на выходе такого оптического канала в зависимости от ее длины ?

Задание 5. Свет от точечного источника с длиной волны при помощи объектива с фокусным расстоянием f и апертурой D вводят в тонкий однородный световод имеющий толщину d и показатель преломления n . На каких расстояниях a и b от объектива следует расположить источник и торец световода чтобы получить наибольшую мощность на выходе волоконного канала ?

Задание 6. Свет от точечного источника с длиной волны при помощи объектива с фокусным расстоянием f и апертурой D вводят в тонкий однородный световод имеющий толщину d и показатель преломления n . Какая апертура объектива (D) достаточна для максимально эффективного ввода света в волоконный канал

Задание 7. На апертуре голограммы точечного объекта убралось N интерференционных полос предметной и опорной волны. Какой размер будет иметь восстановленное изображение если длина волны используемого излучения, угол наклона опорной волны, а расстояние от предмета до плоскости голограммы a ?

Задание 8. Оптический транспарант с комплексным коэффициентом пропускания по амплитуде $T(x)$ и объектив с фокусным расстоянием f и апертурой D последовательно освещаются сферической волной от точечного источника. Доказать, что при произвольном (как до так и после объектива) расположении $T(x)$ между источником и оптически сопряженной ему плоскостью ($a^{-1} + b^{-1} = f^{-1}$) модуль распределения амплитуды световой волны в плоскости изображения источника будет прямо пропорционален модулю Фурье спектра $T(x)$.

Задание 9. Амплитудный коэффициент пропускания цилиндрического объектива с фокусным расстоянием f имеет вид: $M(x) = \exp\{-(x/a)^2\}$. Найти передаточную и частотную характеристику построенной на основе такого объектива проекционной системы имеющей коэффициент увеличения изображения Z .

Задание 10. Гауссов пучок монохроматического излучения с длиной волны λ и исходным поперечным распределением комплексной амплитуды $E(r,0) = E_0 \exp[-(r/a)^2]$ фокусируется тонкой неограниченной по апертуре линзой с фокусным расстоянием f . Найти зависимость положения максимума интенсивности в осевом распределении излучения за линзой от величины светосилы линзы.

Задание 11. Как трансформируется пространственный спектр монохроматического излучения (длина волны λ) точечного источника после прохождения через открытый резонатор состоящий из двух одинаковых, плоских зеркал, имеющих коэффициент пропускания по амплитуде $-T$ и отражения $-R$ ($R \gg T$, $R^2 + T^2 = 1$)? Плоскости зеркал параллельны и расположены на расстоянии h .

Задание 12. Прозрачная стеклянная кювета однородно заполнена одинаковыми шарообразными частицами диаметром d с концентрацией n (например - пыль). Кювету поместили в когерентный Фурье-анализатор. Длина волны используемого в нем монохроматического излучения λ . Какой вид спектра рассеяния будет в выходной плоскости u ? Как трансформируется этот спектр если концентрацию частиц увеличить в два раза?

Задание 13. Плоская полихроматическая волна со спектральной плотностью излучения $S(\lambda)$ проходит через открытый резонатор, состоящий из двух параллельно расположенных на расстоянии $h = c/10$ плоских зеркал с коэффициентом пропускания по интенсивности $\tau = 0,01$. Какой вид будет иметь спектр выходного излучения?

Задание 14. На расстоянии $b = 2f$ перед тонкой апертурно неограниченной линзой с фокусным расстоянием f комплексное распределение амплитуды световой волны $E(x,0) = \exp[-x^2/x_0^2]$. На каком расстоянии за линзой преобразованное ей излучение будет иметь так же плоский волновой фронт, если длина волны излучения λ ?

Задание 15. Какая дифракционная решетка формирует дифракционные максимумы только в положительной области пространственных частот? Найти распределение поля, формируемое

такой дифракционной структурой в дальней зоне дифракции при падении на нее плоской волны.

Задание 16. Прямоугольный световой импульс длительностью t_0 распространяется в среде с квадратичной дисперсией. Как будет трансформироваться форма импульса с течением времени? На каком расстоянии импульс удлинится на порядок, если $d^2k/d^2=b$.

Задание 17. Необходимо проанализировать спектр оптического излучения шириной $=210^{-2}$ и средней длиной волны $=0.5\text{мКм.}$ с точностью $=10^{-5}$. Воспользуемся для этого Фурье-спектрометром. Какая необходима максимальная разница плеч (L) используемого в таком спектрометре интерферометра? Сколько отсчетов на участке изменения L необходимо при этом регистрировать?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не обязательно в полном объеме.
не зачтено	При решении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Борн М. Основы оптики / пер. с англ.: С. Н. Бреуса [и др.] ; под ред. Г. П. Мотулевич. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. - 855 с. - 85.00., 18 экз.
2. Ландсберг Григорий Самуилович. Оптика : Учебное пособие. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2017. - 852 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1742-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741022&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Батомункуев Ю. Ц. Физическая оптика. Распространение световых волн в средах : учебное пособие / Батомункуев Ю. Ц. - Новосибирск : СГУГиТ, 2020. - 84 с. - Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению подготовки 12.03.02 Опотехника (уровень бакалавриата). - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СГУГиТ - Физика. - ISBN 978-5-907052-88-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=733008&idb=0>.
2. Оформление оптического выпуска на основании расчетов в программе ZEMAX / Качурин Ю.Ю., Крюков А.В., Каратеева А.А. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=789531&idb=0>.
3. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision : учебное пособие / Визильтер Ю.В.; Желтов С.Ю.; Князь В.А.; Ходарев А.Н. - Москва : ДМК-пресс, 2023.

- 465 с. - ISBN 978-5-89818-557-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=912799&idb=0>.

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

NI LabVIEW Vision Builder 2023, Ansys Zemax OpticStudio 2023

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Шарков Валерий Валерьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Оболенский Сергей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023г., протокол № 09/23.