



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра теоретической физики**

**Кафедра общей и космической физики**



**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета  
факультета

/ Н.М. Буднев

«14» апреля 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Наименование дисциплины (модуля):** ФТД.02 Дополнительные разделы оптики

**Направление подготовки:** 03.03.02 Физика

**Направленность (профиль) подготовки:** Фундаментальная физика и физика Космоса

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**

общей и космической физики

**Протокол №** 8

от «24» марта 2025 г.

**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2025 г.

## Содержание

стр.

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины (модуля)
  - 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)
  - 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)
  - 5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий
  - 5.4. Перечень лекционных занятий
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):
  - а) основная литература;
  - б) дополнительная литература;
  - в) программное обеспечение;
  - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
10. Образовательные технологии
11. Оценочные средства.

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Дисциплина «Дополнительные главы оптики» является факультативной и не входит в базовую часть учебного плана. Содержание дисциплины является логическим продолжением и расширением дисциплины «Колебания и волны. Оптика» и служит основой для освоения дисциплин, связанных с расчетом и эксплуатацией современных оптических элементов, систем и устройств на их основе. Основное внимание в программе дисциплины уделяется вопросам применения когерентной оптики и лазерной физики, а именно методам записи и обработки оптической информации. Дисциплина изучается в 8 семестре четвёртого курса и ее **главной целью** является обеспечение студентов предметными знаниями, умениями и навыками в области математических и естественнонаучных сфер знаний, связанных с одним из основных направлений современной когерентной оптики и лазерной физики – Фурье-оптики и оптической обработки информации.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Курс "Дополнительные главы оптики" является одним из основных в современной подготовке бакалавров по направлению "Физика".

**Курс базируется на следующих дисциплинах**

1. Колебания и волны. Оптика
2. Электричество и магнетизм.
3. Электродинамика
4. Математический анализ.
5. Теория функций комплексного переменного

**Курс является основой для дальнейшего изучения следующих курсов:** Методы физического эксперимента, Экспериментальные методы в гелиофизике, Физика атомного ядра и элементарных частиц.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных (ОПК):

- Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности; (ОПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- физические основы современной Фурье-оптики и оптической обработки информации и голографии;

*уметь:*

- понимать, излагать и критически анализировать основные положения теории оптических систем, базирующихся на Фурье преобразованиях световых полей и голографических методах записи информации;

*владеть:*

- методами Фурье-оптики для теоретического анализа дифракционного распространения оптических полей и их преобразования оптическими системами,
- методами записи и восстановления голограмм.

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часов, в том числе 69 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 24 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№	Наименование тем	Всего	Виды подготовки		Самостоятельная работа	
			Из них на практическую подготовку	Практические занятия	Самост. работа студентов	Консультации
1.	<b>Одномерные и двухмерные преобразования Фурье</b>	8,6	4	8	0,5	0,1
2.	<b>Спектральные разложения в оптике.</b>	8,6	4	8	0,5	0,1
3.	<b>Преобразование Фурье в дифракционных задачах.</b>	8,6	4	8	0,5	0,1
4.	<b>Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами</b>	6,6	3	6	0,5	0,1
5.	<b>Физические основы оптической голографии.</b>	6,6	3	6	0,5	0,1
6.	<b>Типы оптических голограмм</b>	6,1	3	6		0,1
7.	<b>Применение методов голографии</b>	6,6	3	6	0,5	0,1
8.	<b>Подготовка к зачету</b>	0,3				0,3
9.	<b>КОНТРОЛЬ</b>	8				
10.	<b>КСР</b>	12				
	<b>Всего</b>	72	24	48	3	1

##### 4.3. Содержание учебного материала

Основные разделы дисциплины:

**Тема 1. Одномерные и двухмерные преобразования Фурье.** Свойства и теоремы Фурье преобразования. Используемые в оптике функции и их Фурье образы.

**Тема 2. Спектральные разложения в оптике.** Спектральные амплитуды. Фурье-анализ и Фурье-синтез в оптике. Комплексная запись интеграла Фурье. Спектры модулированных волн, импульсных последовательностей и уединенных импульсов. Спектральная плотность мощности. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра.

**Тема 3. Преобразование Фурье в дифракционных задачах.** Пространственно-модулированная волна, спектр пространственных частот, разложение пучка по плоским волнам, угловой спектр. Дифракция света на двумерных объектах, физика дифракции на щели, дифракция плоской волны на прямоугольном отверстии. Дифракция Гауссова пучка. Дифракция Фраунгофера на круглой апертуре. Разрешающая способность оптических приборов

**Тема 4. Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами.** Роль дифракции в приборах, формирующих изображение: линзе, телескопе, микроскопе. Функция пропускания линзы, свойство линзы выполнять преобразование Фурье. Частотный анализ изображающих оптических систем. Пространственная фильтрация и оптическая обработка информации.

**Тема 5. Физические основы оптической голографии.** Уравнение голограммы, оператор Габора. Схема записи голограмм. Схема восстановления объектного волнового поля с голограммы. Свойства голограмм.

**Тема 6. Типы оптических голограмм.** Голограммы Френеля. Голограммы Фурье. Голография сфокусированного изображения. Голограммы Денисюка. Радужные голограммы.

**Тема 7. Применение методов голографии.** Цифровая оптическая голография. Голографическая интерферометрия.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	<b>Одномерные и двумерные преобразования Фурье.</b> Свойства и теоремы Фурье-преобразования.	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
2.	I	Используемые в оптике функции и их Фурье образы.	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
3.	II	<b>Спектральные разложения в оптике.</b> Спектральные амплитуды. Фурье-анализ и Фурье-синтез в оптике. Комплексная запись интеграла Фурье.	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
4.	II	Спектры модулированных волн, импульсных последовательностей и уединенных импульсов. Спектральная плотность мощности. Соотношение между дли-	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)

		тельностью импульса и шириной спектра			
5.	III	<b>Преобразование Фурье в дифракционных задачах.</b> Пространственно-модулированная волна, спектр пространственных частот, разложение пучка по плоским волнам, угловой спектр.	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
6.	III	Дифракция света на двумерных объектах, физика дифракции на щели, дифракция плоской волны на прямоугольном отверстии.	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
7.	III	Дифракция Гауссова пучка. Дифракция Фраунгофера на круглой апертуре. Разрешающая способность оптических приборов	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
8.	IV	Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами. Роль дифракции в приборах, формирующих изображение: линзе, телескопе, микроскопе.	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
9.	IV	Функция пропускания линзы, свойство линзы выполнять преобразование Фурье. Частотный анализ изображающих оптических систем. Пространственная фильтрация и оптическая обработка информации.	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
10.	IV	Пространственная фильтрация и оптическая обработка информации. Экспериментальное задание «Эксперимент Аббе-Портера»	2	Качественные экспериментальные задания для самостоятельного разбора	(ОПК-1)
11.	V	<b>Физические основы оптической голографии.</b> Уравнение голограммы, оператор Габора.	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
12.	V	Схема записи голограмм. Схема восстановления объектного волнового поля с голограммы.	4	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
13.	V	Свойства голограмм. Голограмма плоских волн. Голограмма точки.	2	Домашние задачи и задания	(ОПК-1)
14.	VI	Типы голограмм. Голограммы	2	Реферат	(ОПК-1)

		Френеля. Фурье голограммы. Схема Лейта-Упатниекса.			
15. .	VI	Типы голограмм. Голограммы во встречных пучках. Голограммы Денисюка. Голограммы сфокусированных изображений. Экспериментальное задание «Получение голограмм Денисюка№	2	Реферат	(ОПК-1)
16.	VI	Типы голограмм. Голограммы Френеля. Фурье голограммы	2	Реферат	(ОПК-1)
17.	VII	<b>Применение методов голографии.</b> Цифровая оптическая голография.	2	Вопросы к зачету	(ОПК-1)
18.	VII	<b>Применение методов голографии.</b> Голографическая интерферометрия.	2	Вопросы к зачету	(ОПК-1)
	<b>Всего</b>		<b>48</b>		

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	ИДК
1.	Одномерные и двухмерные преобразования Фурье	Решение задач	Примеры 2.1-2.5	Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах Учебное пособие	ИДК ОПК1.1
2.	Спектральные разложения в оптике.	Решение задач	Задачи 2.1-2.6	Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах Учебное пособие	ИДК ОПК1.1
3.	Преобразование Фурье в дифракционных задачах.	Решение задач	Примеры 4.9-4.11. Задачи 4.23-4.29	Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах Учебное пособие	ИДК ОПК1.1
4.	Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами	Решение задач	Задачи 5.3.1-5.3.5	Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах Учебное пособие	ИДК ОПК1.1
5.	Физические основы оптической голографии.	Решение задач	Задачи 5.3.6-5.3.9	Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах Учебное пособие	ИДК ОПК1.1
6.	Типы оптических голограмм	Написание реферата	Приготовить реферат по типам голо-	Перечень тем	ИДК ОПК1.1

			грамм		
7.	Применение методов голографии	Составить таблицу «Типы голограмм и их применение»	Таблица	Интернет источники. <a href="http://books.ifmo.ru/file/pdf/431.pdf">http://books.ifmo.ru/file/pdf/431.pdf</a>	ИДК ОПК1.1
	Подготовка к зачету				ИДК ОПК1.1

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов по данному курсу является внеаудиторной.

- Подготовка к беглому опросу, проводимому в начале лекции.
- Самостоятельное решение домашних задач практически по каждой теме курса.
- При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы используется учебное пособие Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах. РИО ИГУ. Иркутск, 2012г.
- Рабочая программа курса предусматривает реферативную работу по теме «Типы голограмм»

Темы рефератов:

- Голограмма Френеля. Запись, восстановление, свойства;
- Голограмма Денисюка. Запись, восстановление, свойства;
- Фурье голограмма. Запись, восстановление, свойства;
- Голограмма сфокусированных изображений. Запись, восстановление, свойства;
- Динамическая голография;
- Голографическая интерферометрия;
- Принципы записи цветных голограмм;
- Цифровая голография

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусматриваются.

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) перечень литературы

#### *основная литература*

1. Чумак В.В. Волновая оптика в примерах и задачах [Текст] : учеб.пособие : в 2 ч. / В. В. Чумак ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012 - . - 20 см. - ISBN 978-5-9624-0579-7. – (84экз)
2. Дубнищев Ю.Н. Теория и преобразование сигналов в оптических системах : учеб. пособие / Ю. Н. Дубнищев . - 4-е издание, исправленное. - Санкт-Петербург : Изд-во "Лань", 2016. - 368 с - (Оптика). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0319-6
3. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика [Электронный ресурс] : [учебник] / В. А. Алешкевич. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 336 с. ; есть. - (Университетский курс общей физики). - Доступ в ЭБС "ЛАНЬ". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-1245-1

#### *дополнительная литература*

1. Ахманов С.А. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах Изд. 2. [Электронный ресурс] / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 428 с. : ил. - Доступ в ЭБС "ЛАНЬ". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-1204-8
2. Ахманов С.А. Физическая оптика [Текст] : учебник / С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - 2-е изд. - М. : Изд-во МГУ ; М. : Наука, 2004. - 654 с. : ил ; 24 см. - (Классический университетский учебник). - Библиогр. в конце лекций. - ISBN 5-211-04858-х. - ISBN 5-02-033596-х. – (3экз)

### б) периодические издания

- нет.

### в) список авторских методических разработок

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

#### **Оборудование**

- Мультимедийный проектор, ноутбук
- Набор для демонстраций: полупроводниковый лазер, набор дифракционных решеток, щелей.
- Комплект компьютерных презентаций по всем разделам курса авт. Чумак В.В.
- Голографическая установка лаб. 209

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде, используются стандартные средства Windows и MS Office:

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующие программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

## **VII. Образовательные технологии**

Курс имеет электронную версию для презентации.

Лекционные занятия проводятся с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

*Входной контроль не проводится.*

*Типы контроля успешности освоения программы студентом :*

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация;

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация (зачет) - это оценка совокупности знаний, умений, навыков по дисциплине в целом или по ее разделам.

#### Формы промежуточного и итогового контроля

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на опросах в начале лекции, выполнение домашних работ, защита реферата.

#### Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

В процессе контроля проверяется сформированность следующих общекультурных и профессиональных компетенций - (ОПК-1).

#### Вопросы к зачету

1. **Одномерные и двумерные преобразования Фурье.** Свойства и теоремы Фурье-преобразования.
2. Используемые в оптике функции и их Фурье образы.
  - Расчет спектра П-образного импульса
  - Спектр «цуга»
  - Импульс квазимонохроматической волны
  - Импульс бигармонической волны
  - Импульс волны, имеющей N-эквидистантных компонент
3. **Спектральные разложения в оптике.** Спектральные амплитуды. Фурье-анализ и Фурье-синтез в оптике. Комплексная запись интеграла Фурье.
4. Спектры модулированных волн, импульсных последовательностей и уединенных импульсов. Спектральная плотность мощности. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра
5. **Преобразование Фурье в дифракционных задачах.** Пространственно-модулированная волна, спектр пространственных частот, разложение пучка по плоским волнам, угловой спектр.
6. Дифракция света на двумерных объектах, физика дифракции на щели, дифракция плоской волны на прямоугольном отверстии.
7. Дифракция Гауссова пучка. Дифракция Фраунгофера на круглой апертуре. Разрешающая способность оптических приборов
8. Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами. Роль дифракции в приборах, формирующих изображение: линзе, телескопе, микроскопе.
9. Функция пропускания линзы, свойство линзы выполнять преобразование Фурье. Частотный анализ изображающих оптических систем. Пространственная фильтрация и оптическая обработка информации.
10. Пространственная фильтрация и оптическая обработка информации. Эксперимент Аббе-Портера

11. **Физические основы оптической голографии.** Уравнение голограммы, оператор Габора.
12. Схема записи голограмм. Схема восстановления объектного волнового поля с голограммы.
13. Свойства голограмм. Голограмма плоских волн. Голограмма точки.
14. Типы голограмм. Голограммы во встречных пучках. Голограммы Денисюка. Голограммы сфокусированных изображений.
15. Цифровая оптическая голография.
16. Голографическая интерферометрия.

**Виды контроля и аттестации приведены в таблице**

• **Программа оценивания контролируемой компетенции:**

	Тема или раздел дисциплины <sup>1</sup>	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС <sup>2</sup>	
					ТК <sup>3</sup>	ПА <sup>4</sup>
<b>I.</b>	Одномерные и двухмерные преобразования Фурье	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
<b>II.</b>	Спектральные разложения в оптике.	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
<b>III.</b>	Преобразование Фурье в дифракционных задачах.	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
<b>IV.</b>	Дифракционная теория формирования изображений линзовыми системами	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
<b>V.</b>	Физические основы оптической голографии.	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
<b>VI</b>	Типы оптических голограмм	ОПК-1	Защита реферата	1 / 2 балла за задачу	Темы рефератов	Вопросы к зачету
<b>VII</b>	Применение методов голографии	ОПК-1	Баллы за выполненное задание Базовый/ Повышенный уровень	1 / 2 балла за задачу	Домашние задачи и задания	Вопросы к зачету
	<b>Все разделы</b>	ОПК-1	Реферат	30 баллов	Защита реферата	

<sup>1</sup> Раздел, тема дисциплины указываются в соответствии с рабочей программой дисциплины (модуля)

<sup>2</sup> ОС – оценочное средство

<sup>3</sup> ТК – текущий контроль

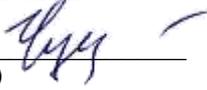
4 ПА – промежуточная аттестация

**Критерии оценки:**

Для получения зачета необходимо набрать не менее 75 баллов, в том числе за защиту реферата не менее 25 баллов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

**Разработчики:**

  
\_\_\_\_\_ доцент  
(подпись)

Чумак В.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
« 24 » марта 2025 г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**