

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 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

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 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<br>(код, содержание компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Наименование оценочного средства   |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации     |
| <p><i>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</i></p> | <p><i>ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, имеет научные знания в теории информационных систем</i></p> <p><i>ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности.</i></p> <p><i>ПК-2.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий</i></p> | <p><i>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.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p><i>ПК-2.3: Имеет практический опыт использования специализированных пакетов моделирования и расчета оптических явлений в области информационных технологий.</i></p> | <p><i>Задания</i></p>              | <p><i>Зачёт:<br/>Задания</i></p> |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

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

#### 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<br>Ф<br>0                                                 | 0<br>Ф<br>0  | 0<br>Ф<br>0                                                                | 0<br>Ф<br>0                                                                | 0<br>Ф<br>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  $45^\circ$  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 | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отделенным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы 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                                      | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 | <b>превосходно</b>       | 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 |
|         | <b>отлично</b>           | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».                                                                                                                            |
|         | <b>очень хорошо</b>      | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»                                                                                                                        |
|         | <b>хорошо</b>            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».                                                                                                                             |
|         | <b>удовлетворительно</b> | 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.** Гаусов пучок монохроматического излучения с длиной волны  $\lambda$  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  $\lambda$ ) 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  $\lambda$ . 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  $S(\omega)$  проходит через открытый резонатор, состоящий из двух параллельно расположенных на расстоянии  $h = c/10\omega$  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  $\lambda$ ?

**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  $d^2k/d^2b=b$ .

**Задание 17.** Необходимо проанализировать спектр оптического излучения шириной  $\Delta\lambda=210^{-2}$  и средней длиной волны  $\lambda=0.5\text{мкм}$ . с точностью  $\Delta\lambda/\lambda=10^{-5}$ . 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 28.11.2024, протокол № 06/24.