

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума ученого совета ННГУ  
протокол от  
«20» апреля 2021 г. № 1

**Рабочая программа дисциплины**

**Численные методы в биофотонике**

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

---

Направление подготовки

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность образовательной программы

**Прикладная математика и информатика (общий профиль)**

Квалификация (степень)

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

---

Нижегород

2018

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД  |
|------------|--|--|
| 1          | Блок 1. Дисциплины (модули)<br>вариативная часть           | Дисциплина Б1.В.ДВ.11.04 «Численные методы в биофотонике» относится к вариативной части ОПОП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика |

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.04 «Численные методы в биофотонике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального блока ОПОП по направлениям подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика». Преподается в 8 семестре, форма отчетности: зачет. Изучение данной дисциплины осуществляется на основе достигнутого уровня формирования компетенций при изучении материалов курсов математического анализа, общей физики, дифференциальных уравнений, и численных методов.

Предметом рассмотрения настоящего курса являются численные методы, применяемые для задач биофотоники – исследования взаимодействия излучения оптического диапазона с биологическими объектами. Курс содержит обширную вводную часть в оптику биотканей и методы теоретического и численного описания распространения света в оптически неоднородных средах.

### Цель освоения дисциплины

Цель состоит в изучении соответствующих вычислительных методов и подходов, часто применяемых в решении прикладных задач биофотоники. Особое внимание уделяется формированию у студентов навыков реализации и применения рассматриваемых методов к исследованию конкретных задач, актуальных для современного развития биофотоники.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций   |
|---|---|
| <i>ПК-1</i><br><b>Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям</b><br><br><i>(завершающий этап)</i> | <b>ЗНАТЬ</b><br><i>З1(ПК-1) Современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.</i><br><br><b>УМЕТЬ</b><br><i>У1(ПК-1) Уметь строить и анализировать математические модели, описывающие распространения излучения в оптически неоднородных средах, создавать расчетные модели и использовать их для решения конкретных прикладных задач, осуществлять визуализацию и анализ полученных результатов и сопоставление их с результатами других исследователей.</i> |

|   |   |
|---|---|
|   | <b>ВЛАДЕТЬ</b><br>В1(ПК-1) Владеть навыками программной реализации численных методов и создания компьютерных моделей.   |
| ПК-5<br>Способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") и в других источниках (завершающий этап) | <b>УМЕТЬ</b><br>У1(ПК-5) Уметь находить необходимую при решении прикладных конкретных задач информацию (в частности, информацию об оптических характеристиках различных объектов) в сети Интернет и из других источников. |

### 3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 31 час составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

20 часов занятия лекционного типа,

10 часов практические занятия,

1 час промежуточной аттестации,

41 час самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине | Всего (часы) | в том числе  |                           |                     |                        |                                      |   |
|--|--------------|--|---------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|---|
|  |              | контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                           |                     |                        | Самостоятельная работа студента часы |   |
|  |              | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа | Лабораторные работы | Всего контактных часов |                                      |   |
| Введение в биофотонику   | 3            | 1  | 1                         |                     |                        | 2                                    | 1 |
| Раздел 1. Оптические методы в ряду методов диагностики   | 12           | 3  | 1                         |                     |                        | 4                                    | 8 |
| Раздел 2. Методы измерения и вычисления оптических характеристик биотканей                                       | 14           | 4  | 2                         |                     |                        | 6                                    | 8 |
| Раздел 3. Методы описания распространения оптического излучения в неоднородных средах                            | 14           | 4  | 2                         |                     |                        | 6                                    | 8 |
| Раздел 4. Оптическая когерентная томография  | 14           | 4  | 2                         |                     |                        | 6                                    | 8 |

|  |    |   |   |  |  |   |   |
|--|----|---|---|--|--|---|---|
| Раздел 5. Методы диффузионной томографии | 14 | 4 | 2 |  |  | 6 | 8 |
| В т.ч. текущий контроль                  | 2  |   |   |  |  |   |   |
| Промежуточная аттестация - Зачет         |    |   |   |  |  |   |   |

**Содержание курса «Численные методы в биофотонике» разбивается на следующие разделы**

**Введение в биофотонику.**

Корпускулярно-волновой дуализм света. Виды взаимодействия оптического излучения с биологическими средами. Оптическая биомедицинская диагностика. Лазерная терапия. Лазерная хирургия.

**Раздел 1. Оптические методы в ряду методов диагностики**

Сравнение методов оптической диагностики с традиционными. Природа рассеяния света в биологических тканях. Уравнения Максвелла. Характеристики излучения. Интерференция. Основные оптические характеристики биотканей.

**Раздел 2. Методы измерения и вычисления оптических характеристик биотканей**

Экспериментальное измерение фазовой функции рассеяния. Типы рассеяния в биотканях. Рэлеевское рассеяние. Рассеяние Ми. Фазовые функции сферических рассеивателей. Геометрический предел. Фазовая функция единичной клетки. Эффективная фазовая функция ансамбля рассеивателей. Фазовая функция Хенъи-Гринштейна. Фактор анизотропии. Оптические характеристики ансамбля рассеивателей. Измерение оптических характеристик. Интегрирующая сфера.

**Раздел 3. Методы описания распространения оптического излучения в неоднородных средах**

Приближение однократного рассеяния. Поточковые модели. Метод «добавления-удвоения». Диффузионное приближение. Метод Монте-Карло.

**Раздел 4. Оптическая когерентная томография.**

Низкая когерентность. Принципиальная схема ОКТ-системы. Теоретическое описание ОКТ-сигнала. Преимущества и недостатки ОКТ. Области применения ОКТ в медицине. Численные методы в ОКТ. Монте-Карло моделирование сигналов ОКТ. Классификация фотонов. Управление оптическими свойствами сред с помощью наночастиц. Контрастирующий эффект. Обработка ОКТ-изображений. Сегментация. Анализ статистики спеклов.

**Раздел 5. Методы диффузионной томографии.**

Оптическая диффузионная томография. Диффузионная флуоресцентная томография. Общая постановка задачи диффузионной томографии. Прямая задача. Обратная задача. Области применения методов диффузионной томографии.

### **Практические занятия**

Практические занятия предназначены для закрепления теоретического материала и получения практических навыков по решению конкретных прикладных задач из области оптической биомедицинской диагностики.

### **Перечень тем практических занятий**

На практических занятиях планируется освоение классических подходов к решению типовых практических задач биофотоники и оптики мутных сред.

#### **Перечень тем практических занятий:**

1. Разработка приложения для генерации случайных начальных координат фотона в осесимметричном пучке с заданным радиальным распределением интенсивности
2. Восстановление спектральных зависимостей оптических характеристик материалов на основании данных спектрофотометрии
3. Поиск оптических характеристик конкретных материалов и расчет оптических свойств наночастиц.
4. Расчет сигналов от различных сред в системах оптической диагностики
5. Расчет эффективности контрастирования изображений наночастицами в системах оптической диагностики

### **4. Образовательные технологии**

В процессе изучения дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, сопровождаемых демонстрациями с помощью мультимедийного проектора. При выполнении практических заданий, при самостоятельной работе и подготовке к зачету студенты имеют доступ к материалам курса.

### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

#### **а. Виды самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студента заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, решении практических заданий, подготовке ответов на вопросы самоконтроля.

Самостоятельная работа под контролем преподавателя направлена на активизацию познавательной деятельности студента и установление «обратной связи» между студентом и преподавателем.

Самостоятельная работа студентов включает:

1. Ознакомление с онлайн-базами показателей преломления различных материалов [refractiveindex.info](http://refractiveindex.info)
2. Ознакомление с программными реализациями решения задачи теории Ми: MieTab, Mie Calculator
3. Оформление отчета о проделанной работе в виде, близком к формату научного сообщения.

#### **в. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**

1. Программный комплекс MieTab (<http://amiller.nmsu.edu/mtdnload.html>)
2. Интернет-ресурс Mie Calculator ([http://omlc.org/calc/mie\\_calc.html](http://omlc.org/calc/mie_calc.html))
3. Интернет-ресурс Refractive index database (<http://refractiveindex.info/>)

#### **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:**

- 6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

##### *Оценка уровня формирования компетенции ПК- 1*

| Индикаторы компетенции   | Критерии оценивания (дескрипторы)   | Шкала оценивания   |
|--|---|--|
| <p><b>ЗНАТЬ</b><br/> <i>З1(ПК-1) Современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.</i></p> | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие умений и навыков, предусмотренных компетенцией.   | Плохой уровень формирования компетенции.<br><br>«Плохо»  |
|  | Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие умений и навыков, предусмотренных данной компетенцией   | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.<br><br>«неудовлетворительно»  |
|  | <p><b>УМЕТЬ</b><br/> <i>У1(ПК-1) Уметь строить и анализировать математические модели, описывающие распространения излучения в оптически неоднородных средах, создавать расчетные модели и использовать их для решения конкретных прикладных задач, осуществлять визуализацию и анализ полученных результатов и сопоставление их с результатами других исследователей.</i></p> <p><b>ВЛАДЕТЬ</b><br/> <i>В1(ПК-1) Владеть навыками программной реализации численных методов и создания компьютерных моделей.</i></p> | <p><b>Знать</b> современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.<br/> <b>Уметь</b> У1 с погрешностями.<br/> <b>Владеть</b> некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | .  |   |
|  | <p><b>Знать</b> современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.</p> <p><b>Уметь</b> У1 с незначительными погрешностями. <b>Владеть</b> основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях</p>       | <p>Хороший уровень формирования компетенции.</p> <p>«Хорошо»</p>            |
|  | <p><b>Знать</b> современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.</p> <p><b>Уметь</b> У1 с незначительными погрешностями. <b>Владеть</b> всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях</p> | <p>Очень хороший уровень формирования компетенции</p> <p>«Очень хорошо»</p> |
|  | <p><b>Знать</b> современное состояние исследований в области биофотоники, принципы методов оптической биомедицинской диагностики, и подходы к решению основных классов задач.</p> <p><b>Уметь</b> У1 в полном объеме. <b>Владеть</b> всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>                          | <p>Отличный уровень формирования компетенции</p> <p>«Отлично»</p>           |
|  | <p><b>Знать</b> основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. <b>Уметь</b> У1 в полном объеме. Свободно <b>Владеть</b> всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.</p>  | <p>Превосходный уровень формирования компетенции</p> <p>«Превосходно»</p>   |

*Оценка уровня формирования компетенции ПК- 5*

| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы)                       | Шкала оценивания |
|------------------------|---|------------------|
| <b>УМЕТЬ</b>           | Полное отсутствие способностей находить необходимую при | Плохой уровень   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p><i>У1(ПК-5) Уметь находить необходимую при решении прикладных конкретных задач информацию (в частности, информацию об оптических характеристиках различных объектов) в сети Интернет и из других источников.</i></p> | решении прикладных конкретных задач информацию (в частности, информацию об оптических характеристиках различных объектов) в сети Интернет и из других источников.  | формирования компетенции.<br>«Плохо»  |
|   | Отсутствие способностей находить необходимую при решении прикладных конкретных задач информацию (в частности, информацию об оптических характеристиках различных объектов) в сети Интернет и из других источников. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.<br>«неудовлетворительно» |
|   | <b>Уметь</b> У1 с погрешностями.   | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.<br>«Удовлетворительно»     |
|   | <b>Уметь</b> У1 с незначительными погрешностями.   | Хороший уровень формирования компетенции.<br>«Хорошо»                           |
|   | <b>Уметь</b> У1 с незначительными погрешностями.   | Очень хороший уровень формирования компетенции<br>«Очень хорошо»                |
|   | <b>Уметь</b> У1 в полном объеме.   | Отличный уровень формирования компетенции<br>«Отлично»                          |
|   | <b>Уметь</b> У1 в полном объеме.   | Превосходный уровень формирования компетенции<br>«Превосходно»                  |

### Карта компетенций для оценивания умений и навыков

| Индикаторы компетенции         | Критерии оценивания (дескрипторы) |                                   |  |  |                                      |                                   |                                       |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|                                | «плохо»                           | «неудовлетворительно»             | «удовлетворительно»                              | «хорошо»                                     | «очень хорошо»                       | «отлично»                         | «превосходно»                         |
| Умения<br>У1(ПК1),<br>У1(ПК5), | отсутствие способности решения    | наличие грубых ошибок при решении | способность решения основных стандартных задач с | способность решения всех стандартных задач с | способность решения всех стандартных | Способность решения стандартных и | способность решения стандартных задач |

|                |   |  |   |  |   |  |  |
|----------------|---|--|---|--|---|--|--|
|                | стандартных задач                                       | стандартных задач  | негрубыми ошибками                      | незначительными погрешностями  | ых задач без ошибок и погрешностей  | некоторых нестандартных задач                                      | и широкого круга нестандартных задач   |
| Навыки В1(ПК1) | полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией | отсутствии ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией | наличие минимального количества навыков | наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях | наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях |

## 6.2. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Численные методы в биофотонике» используется балльная система оценки учебной работы студентов. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»), согласно степени сформированности компетенций.

| Индикаторы компетенции | ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ   |  |   |   |   |  |  |
|------------------------|---|--|---|---|---|--|--|
|                        | плохо   | неудовлетворительно  | удовлетворительно   | хорошо  | очень хорошо  | отлично  | превосходно  |
|                        | Не зачтено  |  |   | Зачтено   |   |  |  |
| <b>Полнота знаний</b>  | 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. |

|  |   |  |  |   |  |   |  |
|--|---|--|--|---|--|---|--|
| <b>Наличие умений</b>                    | Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа   | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>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 отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.    | Продемонстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов                                      |
| <b>Наличие навыков (владение опытом)</b> | Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>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  |
| <b>Мотивация(личностное отношение)</b>   | Полное отсутствие учебной активности и мотивации  | Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют | Учебная активность и мотивация низкие, слабо выражены, стремление решать задачи качественно                                  | Учебная активность и мотивация проявляются на среднем уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества           | Учебная активность и мотивация проявляются на уровне выше среднего, демонстрируется готовность выполнять большинство поставленных задач на высоком уровне качества | Учебная активность и мотивация проявляются на высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять все поставленные задачи на высоком уровне качества | Учебная активность и мотивация проявляются на очень высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять нестандартные дополнительные задачи на высоком уровне |

|  |  |   |   |   |   |   | качества  |
|--|--|---|---|---|---|---|---|
| <b>Характеристика сформированности компетенции</b> | Компетенция в не сформирована. отсутствуют знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение | Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение | Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач. | Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям, но есть недочеты. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам. | Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач. | Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач. | Сформированность компетенции превышает стандартные требования. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для применения творческого подхода к решению сложных практических (профессиональных) задач. |
| <b>Уровень сформированности компетенций</b>        | Нулевой  | Низкий  | Ниже среднего   | Средний   | Выше среднего   | Высокий   | Очень высокий   |

### 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические задания, включающих постановку индивидуальной сложной учебной задачи из области биофотоники и коллективного обсуждения основных подходов к решению таких задач.

### Критерии оценивания при промежуточной аттестации в форме зачета

|            |  |
|------------|--|
| Зачтено    | Знание основных понятий и определений оптики, биофотоники, а также способов описания и моделирования распространения излучения в оптически неоднородных средах. Знание основных методов оптической биомедицинской диагностики, принципов их функционирования и численных методов, используемых для их разработки и интерпретации данных. Практические задания выполнены в полном объеме. |
| Не зачтено | Отсутствие теоретических знаний по данной дисциплине. Практические задания не выполнены.   |

### Критерии оценок за выполнение практического задания (каждое задание оценивается в 1 балл)

|   |      |                     |            |
|---|------|---------------------|------------|
| Практическое задание выполнено в полном объеме, отчет правильно и аккуратно оформлен            | 1    | Превосходно         | Зачтено    |
|   |      | Отлично             |            |
| Практическое задание выполнено в полном объеме, но отчет не аккуратно оформлен                  | 0,75 | Очень хорошо        |            |
|   |      | Хорошо              |            |
| Практическое задание выполнено в полном объеме, но не достаточно самостоятельно, отчет оформлен | 0,5  | Удовлетворительно   |            |
| Практическое задание не выполнено   | 0    | Неудовлетворительно | Не зачтено |
|   |      | Плохо               |            |

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

### Список вопросов к зачету для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ПК1) формирования ПК-1.

1. Предмет биофотоники. Виды взаимодействия оптического излучения с биологическими средами.
2. Природа рассеяния света в биологических тканях.
3. Уравнения Максвелла. Характеристики излучения. Интерференция.
4. Основные оптические характеристики биотканей.
5. Типы рассеяния в биотканях. Рэлеевское рассеяние. Рассеяние Ми. Геометрический предел.
6. Измерение оптических характеристик. Интегрирующая сфера.
7. Приближение однократного рассеяния.
8. Поточные модели.
9. Метод «добавления-удвоения».
10. Диффузионное приближение.
11. Метод Монте-Карло.
12. Оптическая когерентная томография. Принцип работы.

13. Теоретическое описание ОКТ-сигнала.
14. Преимущества и недостатки ОКТ.
15. Области применения ОКТ в медицине.
16. Монте-Карло моделирование сигналов ОКТ. Классификация фотонов.
17. Управление оптическими свойствами сред с помощью наночастиц. Контрастирующий эффект.
18. Обработка ОКТ-изображений. Сегментация. Анализ статистики спеклов.
19. Оптическая диффузионная томография.
20. Диффузионная флуоресцентная томография.
21. Общая постановка задачи диффузионной томографии. Прямая задача. Обратная задача.
22. Области применения методов диффузионной томографии.

**Образец практических заданий для оценивания результатов обучения в виде умений У1(ПК1), У1(ПК5), В1(ПК1) формирования ПК-1, ПК-5.**

**Задание 1**

Разработать приложение, генерирующее случайные начальные координаты фотона в осесимметричном пучке, радиальное распределение интенсивности которого описывается следующей функцией:

$$p(r) = \frac{1}{a^2} \sin\left(\pi \left(\frac{r}{a}\right)^2\right)$$
$$r \in [0, a]$$

Входные параметры приложения: количество фотонов  $N$ , радиус пучка  $a$

Выходные параметры:

- распределение  $N$  случайных положений фотона в плоскости XY начала пучка,
- осевое сечение плотности распределения точек в сравнении с аналитической кривой.

**Задание 2.**

Разработать приложение, генерирующее случайные начальные координаты фотона в осесимметричном пучке, радиальное распределение интенсивности которого описывается следующей функцией:

$$p(r) = \frac{1}{a^2} \cos\left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{r}{a}\right)^2\right)$$
$$r \in [0, a]$$

Входные параметры приложения: количество фотонов  $N$ , радиус пучка  $a$

Выходные параметры:

- распределение  $N$  случайных положений фотона в плоскости XY начала пучка,

- осевое сечение плотности распределения точек в сравнении с аналитической кривой.

### Образец практических заданий для оценивания результатов обучения в виде умений У1(ПК1), У1(ПК5) и владений В1(ПК1), формирования ПК-1, ПК-5.

#### Задание 1.

Рассчитать концентрацию сферических наночастиц золота (Au) диаметром 100 нм, необходимую для получения 3хкратной разницы ОКТ-сигнала на глубине зеркала для биоткани мозга мыши (принять  $n=1.33$ ) для ОКТ-системы с центральной длиной волны 900 нм. Принять коэффициент отражения зеркала  $R=1$ . Рассчитать значения соответствующих регистрируемых сигналов в дБ.



Справочник по показателям преломления: [refractiveindex.info](http://refractiveindex.info)

Пакеты для решения с помощью теории Ми: MieTab, Mie Calculator

#### 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

#### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Тучин, В.В. Оптическая биомедицинская диагностика, Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2006. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2387#authors>
2. Тучин, В.В. Оптическая биомедицинская диагностика, Том 2. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2007. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2388#authors>
3. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2010. — 499 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2350#authors>

б) дополнительная литература

1. Буре, В.М. Теория вероятностей и математическая статистика. [Электронный ресурс] / В.М. Буре, Е.М. Парилина. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 416 с. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/10249?category\\_pk=913#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/10249?category_pk=913#book_name)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- Программный комплекс MieTab (<http://amiller.nmsu.edu/mtdnload.html>) (в свободном доступе). лицензия GNU General Public License version 2.0 (GPLv2)
4. Интернет-ресурс Mie Calculator ([http://omlc.org/calc/mie\\_calc.html](http://omlc.org/calc/mie_calc.html))
  5. Интернет-ресурс Refractive index database (<http://refractiveindex.info/>)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Наличие рекомендованной литературы.

Компьютеры с установленным лицензионным и свободно распространяемым ПО и доступом к требуемым интернет-ресурсам:

- операционная система семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке Microsoft Imagine;
- программный комплекс MieTab, бесплатное ПО – свободная лицензии GNU: <http://amiller.nmsu.edu/mtdnload.html>;
- Интернет-ресурс Mie Calculator, URL: [http://omlc.org/calc/mie\\_calc.html](http://omlc.org/calc/mie_calc.html) – доступ свободный;
- интернет-ресурс Refractive index database, URL: <http://refractiveindex.info/>– доступ свободный.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор:

доцент каф. прикладной

математики, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Кириллин М.Ю.

Рецензент: \_\_\_\_\_

И.о. зав. каф. прикладной математики

\_\_\_\_\_ Иванченко М.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 24.02.2021 года, протокол № 5.