

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет  
Кафедра биомедицинской физики



Рабочая программа дисциплины

**ВВЕДЕНИЕ В БИОФОТОНИКУ**

направление подготовки: 03.04.01 Прикладные математика и физика  
направленность (профиль): все профили

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах)                 |                      |                      |  | Промежуточная аттестация (в часах)                    |  |       |                          |
|---------|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|
|         |             | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем |       |                          |
|         |             | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия |  |   | Консультации                                   | Зачет | Дифференцированный зачет |
| 1       | 2           | 3  | 4                    | 5                    | 6  | 7   | 8  | 9     | 10                       |
| 1       | 72          | 16   |                      |                      | 54   |   |  |       | 2                        |

Всего 72 часа / 2 зачетные единицы  
-контактная работа 18 часов

Компетенции ПК-1

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2025

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....   | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....   | 3 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу ..... | 3 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....   | 4 |
| 5. Перечень учебной литературы. ....  | 5 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....  | 5 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....   | 5 |
| 7.1. Современные профессиональные базы данных .....   | 6 |
| 7.2. Информационные справочные системы .....  | 6 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....  | 6 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....  | 6 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....  | 6 |
| 10.1. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине .....   | 6 |
| Аннотация.....  | 8 |

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина (курс) «Введение в биофотонику» имеет своей целью знакомство обучающихся с оптическими методами, применяющими в биологических исследованиях, медицинской диагностике и терапии.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)  | Индикаторы  | Результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|---|
| <b>ПК-1</b> Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности | <p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p><b>Знать</b> физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с живыми клетками и тканями, основные явления и методы биофотоники.</p> <p><b>Уметь</b> исходя из объекта и задач биомедицинских исследований подобрать наиболее подходящие методы биофотоники.</p> <p><b>Владеть</b> навыками расчёта воздействия оптического излучения на живые тканях в зависимости от режима облучения, длины волны и других параметров.</p> |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Введение в биофотонику» читается в осеннем семестре для студентов 1 курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки **03.04.01 Прикладные математика и физика**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой биомедицинской физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по электродинамике и оптике. Курс должен предшествовать прохождению производственной практики (НИР) и выполнению квалификационной работы магистра, т.к. дает необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения биофизических исследований, необходимых для проведения экспериментальной работы, связанной с изучением структуры и функций биологических объектов.

## 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – дифференцированный зачет

Таблица 3.1

| № | Вид деятельности                         | Семестр |
|---|--|---------|
|   |  | 1       |
| 1 | Лекции, ч                                | 16      |
| 2 | Практические занятия, ч                  |         |
| 3 | Лабораторные занятия, ч                  |         |
| 4 | Занятия в контактной форме, ч,<br>из них | 18      |
| 5 | из них аудиторных занятий, ч             | 16      |

|    |                              |    |
|----|------------------------------|----|
| 6  | в электронной форме, ч       | -  |
| 7  | консультаций, час.           |    |
| 8  | промежуточная аттестация, ч  | 2  |
| 9  | Самостоятельная работа, час. | 54 |
| 10 | Всего, ч                     | 72 |

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**Программа и основное содержание лекций (16 часов)**

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Наименование темы и её содержание</b>   | <b>Объем,<br/>час</b> |
|------------------|--|-----------------------|
| 1                | <b>Раздел 1. Взаимодействие света с биологическими тканями</b><br>Вводная лекция. Эффекты в тканях в зависимости от интенсивности света и длительности облучения. Рассеяние и поглощение света. Фототермические и фотохимические процессы, лазерная абляция.   | 2                     |
| 2                | <b>Раздел 2. Теория распространения излучения в тканях I</b><br>Поглощение и рассеяние одиночными клетками. Сложность в переходе от одиночных клеток к тканям. Теоретические модели: радиационный перенос, метод Монте-Карло.  | 2                     |
| 3                | <b>Раздел 3. Теория распространения излучения в тканях II</b><br>Дискретные модели тканей. Влияние распределения частиц по размерам и пространственной упаковки. Распространение коротких импульсов в тканях. Распространение поляризованного света. Эффекты когерентности: формирование и интерференция спекл-структур. | 2                     |
| 4                | <b>Раздел 4. Оптические методы в медицинской диагностике I</b><br>Различные уровни диагностики: молекулы, клетки, ткани. Проточная цитометрия. Микроскопия и спектрометрия. Фотон-корреляционная спектроскопия. Оксиметрия. Методы визуализации тканей. Поляризационно-чувствительные методы.                            | 2                     |
| 5                | <b>Раздел 5. Оптические методы в медицинской диагностике II</b><br>Когерентные методы для биомедицинской визуализации и измерений. Оптическая когерентная томография. Лазерные допплеровские системы оценки микроциркуляции крови. Локализация сосудов по спекл-структурам.  | 2                     |
| 6                | <b>Раздел 6. Оптические методы терапии I</b><br>Основы лазерной хирургии. Микрохирургия глаза. Методы <i>in vivo</i> ввода излучения.  | 2                     |
| 7                | <b>Раздел 7. Оптические методы терапии II</b><br>Применение лазерной абляции и фототермической сшивки тканей. Фотодинамическая терапия онкологических заболеваний.   | 2                     |
| 8                | <b>Раздел 8. Методы биофотоники в научных исследованиях</b>  | 2                     |

Взаимодействие света с биомолекулами в клетках. Основные светочувствительные вещества. Стимуляция метаболизма митохондрий. Искусственные светочувствительные молекулы. Оптогенетика и фотофармакология.

### **Самостоятельная работа студентов (54 часа)**

| Перечень занятий на СРС     | Объем, час |
|-----------------------------|------------|
| Подготовка к устным опросам | 32         |
| Подготовка реферата         | 22         |

#### **5. Перечень учебной литературы.**

1. Синицкий, Станислав Леонидович. Электродинамика и оптика [Текст: электронный ресурс] : лекционные демонстрации : [для студентов 2 курса физического факультета НГУ] : в 3 ч. / С.Л. Синицкий, В.А. Селезнев ; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. общей физики, Межфак. лаб. демонстраций и компьютер. сопровождения .— , (Новосибирск : НБ НГУ, 2016).
2. Пригарин, Сергей Михайлович. Основы статистического моделирования переноса поляризованного оптического излучения : учебное пособие : [для студентов старших курсов, изучающих методы Монте-Карло] / С.М. Пригарин ; М-во образования и науки Рос. Фед., Новосиб. гос. ун-т, Мех-мат. фак., Каф. вычисл. математики .— Новосибирск : Редакционно-издательский центр НГУ, 2010, ISBN 978-5-94356-951-7 (16 экз.)
3. В.В. Тучин. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике. Москва, Физматлит, 2013, ISBN 978-5-9221-1422-6 (1 экз.)
4. В.В. Тучин. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Москва, Физматлит, 2010, ISBN 978-5-9221-1278-9 (1 экз.)
5. Оптическая биомедицинская диагностика. / под ред. В. В. Тучина, М. : Физматлит, 2007. Т1- ISBN 978-5-9221-0769-3 (5 экз.), Т2- ISBN 978-5-9221-0777-8 (5 экз.)

#### **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующим учебными материалами:

1. В.В. Тучин. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике. Москва, Физматлит, 2013
2. Yun SH, Kwok SJJ. Light in diagnosis, therapy and surgery. Nat Biomed Eng. 2017; 1.
3. Научный журнал Journal of Biophotonics, <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/18640648>

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- закрытая образовательная группа в социальной сети «VK».

## **7.1. Современные профессиональные базы данных**

Не используются.

## **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины «Введение в биофотонику» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль в ходе семестра: контроль посещаемости, оценка активности на лекциях, самостоятельная работа (реферат).

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области биохимии в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит во время дифференцированного зачёта. Зачёт проводится в конце семестра в устной форме. Студент получает два вопроса, которые подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Ответ оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Код компетенции | Индикатор  | Результат обучения по дисциплине  | Оценочные средства                             |
|-----------------|--|---|--|
| ПК-1            | <b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | <b>Знать</b> физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с живыми клетками и тканями, основные явления и методы биофотоники.   | Подготовка реферата, дифференцированный зачет. |
|                 | <b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.                     | <b>Уметь</b> исходя из объекта и задач биомедицинских исследований подобрать наиболее подходящие методы биофотоники.<br><b>Владеть</b> навыками расчёта воздействия оптического излучения на живые тканих в зависимости от режима облучения, длины волны и других параметров. | Подготовка реферата, дифференцированный зачет. |

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения   | Шкала оценивания |
|--|------------------|
| <p><b>Посещение 80% лекций</b><br/> <b>Дифференцированный зачет:</b><br/> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений,<br/> – точность и корректность применения терминов и понятий,<br/> – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы.<br/> При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> | <i>Отлично</i>   |
| <p><b>Посещение 50% лекций</b><br/> <b>Дифференцированный зачет:</b></p>   | <i>Хорошо</i>    |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.</li> </ul>   |                     |
| <p><b><u>Посещение 30% лекций</u></b></p> <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей,</li> <li>– самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений,</li> <li>– корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul> | Удовлетворительно   |
| <p><b><u>Посещение менее 30% лекций</u></b></p> <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники,</li> <li>– непонимание причинно-следственных связей,</li> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</li> <li>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>   | Неудовлетворительно |

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

#### Темы рефератов (курсового проекта):

1. Оптоакустические методы исследования.
2. Методы диагностики на основе лазерной допплеровской флюметрии.
3. Фотодинамическая терапия рака
4. Свободная тема в области биофотоники, отличная от вышеперечисленных.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Основы взаимодействия излучения с веществом. Связь между электронной структурой молекулы и спектром поглощения.
2. Основы упругого взаимодействия света с частицами. Рэлеевское рассеяние, теория Ми, общие подходы к моделированию. Поглощение и рассеяние одиночными клетками.
3. Понятие однократного и многократного рассеяния света. Примеры биологических образцов, в которых реализуются данные режимы.
4. Сложность в переходе от одиночных клеток к тканям. Теоретические модели: радиационный перенос, метод Монте-Карло.

5. Дискретные модели тканей. Влияние распределения частиц по размерам и пространственной упаковки. Распространение коротких импульсов в тканях.
6. Импульсные и непрерывные источники излучения: понятие о средней мощности и энергии в импульсе.
7. Эффекты взаимодействия излучения с биологическими тканями в зависимости от мощности и режима (непрерывное/импульсное).
8. Основы методов: проточная цитометрия, микроскопия и спектрометрия.
9. Основы методов: фотон-корреляционная спектроскопия, оптическая оксиметрия.
10. Основы оптической когерентной томографии.
11. Основы лазерных допплеровских систем для оценки микроциркуляции крови.
12. Фотодинамическая терапия онкологических заболеваний.
13. Оптофенетика и фотофармакология.

1. Оцените максимальную концентрацию бактерий в суспензии, при которой выполняется приближение однократного рассеяния.
2. Оцените затухание лазерного луча с длиной волны 1.5 мкм при прохождении через слой воды толщиной 10 см.
3. Во сколько раз выше вероятность нелинейных (двухфотонных) процессов при использовании лазера с импульсами длительностью 10 фемтосекунд по сравнению с постоянным той же мощности?
4. Перечислите основные компоненты кожи, поглощающие электромагнитное излучение в видимом и инфракрасном диапазоне.

#### **Пример билета для дифференцированного зачёта**

- Импульсные и непрерывные источники излучения: понятие о средней мощности и энергии в импульсе. Эффекты взаимодействия импульсного излучения с биологическими тканями.
- Во сколько раз выше вероятность нелинейных (двухфотонных) процессов при использовании лазера с импульсами длительностью 10 фемтосекунд по сравнению с постоянным той же мощности?

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС ВО, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Введение в биофотонику»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и №<br>протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись<br>ответственного |
|---|--|---|---------------------------|
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |
|   |  |   |                           |

## Аннотация

к рабочей программе дисциплины курса «Введение в биофотонику»

Направление подготовки: **03.04.01 Прикладные математика и физика**

направленность (профиль): **все профили**

Программа курса «Введение в биофотонику» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.01 Прикладные математика и физика**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ) кафедрой биомедицинской физики в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается магистрантами физического факультета в осеннем семестре.

Дисциплина «Введение в биофотонику» имеет своей непосредственной целью знакомство студентов с основными понятиями, моделями, теоретическими и экспериментальными методами биофотоники.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)  | Индикаторы  | Результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|---|
| <b>ПК-1</b> Способен осваивать и применять специализированные знания в области физико-математических и (или) естественных наук в своей профессиональной деятельности | <p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p><b>Знать</b> физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с живыми клетками и тканями, основные явления и методы биофотоники.</p> <p><b>Уметь</b> исходя из объекта и задач биомедицинских исследований подобрать наиболее подходящие методы биофотоники.</p> <p><b>Владеть</b> навыками расчёта воздействия оптического излучения на живые тканях в зависимости от режима облучения, длины волны и других параметров.</p> |

Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контроль посещаемости, оценка активности на лекциях, самостоятельная работа (реферат).

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **2** зачетные единицы, **72** академических часа.