

**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**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ  
А. Е. Бондарь  
«04» 2020 г.

академик РАН



**Рабочая программа дисциплины**

**ВВЕДЕНИЕ В БИОФОТОНИКУ**

Направление подготовки **03.04.02 Физика**  
Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**  
**Курс 1, семестр 1**

Форма обучения  
**Очная**

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	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	16			54				2	
Всего 72 часа / 2 зачетных единицы										
-контактная работа 18 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:  
Канд. физ.-мат. наук

 А.Е. Москаленский

Заведующий кафедрой КБМФ ФФ НГУ  
д.ф.-м.н., проф.

 В.П. Мальцев

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.

 И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

<b>Содержание</b>	
<b>Аннотация</b> .....	3
<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.</b> .....	3
<b>2. Место дисциплины в структуре образовательной программы</b> .....	4
<b>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</b> .....	4
<b>4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.</b> .....	5
<b>5. Перечень учебной литературы</b> .....	7
<b>5.1. Основная литература</b> .....	7
<b>5.2. Дополнительная литература</b> .....	7
<b>6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.</b> ..	7
<b>7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.</b> .....	7
<b>7.1. Современные профессиональные базы данных</b> .....	7
<b>7.2. Информационные справочные системы</b> .....	7
<b>8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.</b> .....	7
<b>9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.</b> .....	7
<b>10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.</b> .....	8
<b>10.1. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине</b> .....	8

## Аннотация

Программа курса «Введение в биофотонику» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная 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 выпускника следующих профессиональных компетенций:

**ПК-1** - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта;

**ПК-2** - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. **Знать:** физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с живыми клетками и тканями, основные явления и методы биофотоники;
2. **Уметь:** исходя из объекта и задач биомедицинских исследований подобрать наиболее подходящие методы биофотоники;
3. **Владеть:** навыками расчёта воздействия оптического излучения на живые ткани в зависимости от режима облучения, длины волны и других параметров.

Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, 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 зачёт.

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

### **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, применяющимися в биологических исследованиях, медицинской диагностике и терапии.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих профессиональных компетенций:

**ПК-1** - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта;

**ПК-2** - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с живыми клетками и тканями, основные явления и методы биофотоники (ПК-2.1);
- **Уметь:** исходя из объекта и задач биомедицинских исследований подобрать наиболее подходящие методы биофотоники (ПК-1.2);
- **Владеть:** навыками расчёта воздействия оптического излучения на живые ткани в зависимости от режима облучения, длины волны и других параметров (ПК-2.3).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Введение в биофотонику» читается в осеннем семестре для студентов 1 курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 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

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (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	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	16			54				2	
Всего 72 часа / 2 зачетных единицы -контактная работа 18 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

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

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 54 часа;
- Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачёт) составляет 18 часов.

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

Дисциплина «Введение в биофотонику» читается на 1 курсе магистратуры физического факультета НГУ в 1 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Взаимодействие излучения с биологическими объектами	1-2	6	2		4			
2	Теория распространения излучения в тканях I	3-4	6	2		4			
3	Теория распространения излучения в тканях II	5-6	6	2		4			
4	Оптические методы в медицинской диагностике I	7-8	6	2		4			
5	Оптические методы в медицинской диагностике II	9-10	6	2		4			
6	Оптические методы терапии I	11-12	6	2		4			
7	Оптические методы терапии II	13-14	6	2		4			
8	Методы биофотоники в научных исследованиях	15-16	6	2		4			
9	Подготовка и обсуждение рефератов на выбранные		22			22			

	обучающимися темы								
14	Дифференцирован- ный зачёт	17	2						2
	<b>Всего</b>		<b>72</b>	<b>16</b>		<b>54</b>			<b>2</b>

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

#### Раздел 1. Взаимодействие света с биологическими тканями (2 часа)

Вводная лекция. Эффекты в тканях в зависимости от интенсивности света и длительности облучения. Рассеяние и поглощение света. Фототермические и фотохимические процессы, лазерная абляция.

#### Раздел 2. Теория распространения излучения в тканях I (2 часа)

Поглощение и рассеяние одиночными клетками. Сложность в переходе от одиночных клеток к тканям. Теоретические модели: радиационный перенос, метод Монте-Карло.

#### Раздел 3. Теория распространения излучения в тканях II (2 часа)

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.

#### Раздел 4. Оптические методы в медицинской диагностике I (2 часа)

Различные уровни диагностики: молекулы, клетки, ткани. Проточная цитометрия. Микроскопия и спектрометрия. Фотон-корреляционная спектроскопия. Оксиметрия. Методы визуализации тканей. Поляризационно-чувствительные методы.

#### Раздел 5. Оптические методы в медицинской диагностике II (2 часа)

Когерентные методы для биомедицинской визуализации и измерений. Оптическая когерентная томография. Лазерные доплеровские системы оценки микроциркуляции крови. Локализация сосудов по спекл-структурам.

#### Раздел 6. Оптические методы терапии I (2 часа)

Основы лазерной хирургии. Микрохирургия глаза. Методы *in vivo* ввода излучения.

#### Раздел 7. Оптические методы терапии II (2 часа)

Применение лазерной абляции и фототермической сшивки тканей. Фотодинамическая терапия онкологических заболеваний.

#### Раздел 8. Методы биофотоники в научных исследованиях (2 часа)

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.**

### **5.1. Основная литература**

### **5.2. Дополнительная литература**

## **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 заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы 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 компетенций ПК-1 и ПК-2.

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.

### Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Введение в биофотонику».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.



				несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

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

#### **Темы рефератов (курсового проекта):**

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

#### **Вопросы к дифференцированному зачету**

*на проверку сформированности компетенции ПК-1*

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 доплеровских систем для оценки микроциркуляции крови.
12. Фотодинамическая терапия онкологических заболеваний.
13. Оптогенетика и фотофармакология.

на проверку сформированности компетенции ПК-2

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. (ПК-1)
- Во сколько раз выше вероятность нелинейных (двухфотонных) процессов при использовании лазера с импульсами длительностью 10 фемтосекунд по сравнению с постоянным той же мощности? (ПК-2)

Форма билета представлена на рисунке.

<i>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</i>	
<i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i>	
<i>Физический факультет</i>	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____</b>	
1. ....	
2. ....	
Составитель _____	/Ф.И.О. преподавателя/
	(подпись)
« ____ » _____ 20 ____ г.	

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

**Лист актуализации фонда оценочных средств  
по дисциплине «Введение в биофотонику»  
по направлению подготовки 03.04.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного