

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

БИОФОТОНИКА: ЛАЗЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БИОТКАНЯМИ (BIOPHOTONICS:
LASER INTERACTION WITH BIOLOGICAL TISSUES)

Направление подготовки [1] 03.04.02 Физика
(специальность)

| Семестр | Трудоемкость, кредит. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки/ В | СРС, час. | KCP, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---------|-----------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 2 | 3 | 108 | 15 | 30 | 4 | 23 | 0 | Э | |
| Итого | 3 | 108 | 15 | 30 | 4 | 0 | 23 | 0 | |

АННОТАЦИЯ

Данная учебная дисциплина посвящена изучению процессов взаимодействия различных типов оптического излучения с биологическими тканями, в том числе флуоресценции и фотодинамических процессов, а также возможностей их применения в клинической практике.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения данной учебной дисциплины является изучение процессов взаимодействия различных типов оптического излучения с биологическими тканями. Для осуществления данной цели предложены следующие задачи:

1. изучение режимов взаимодействия лазерного излучения с биологическими тканями, такими как фотохимические реакции, нагрев и коагуляция;
2. получение информации о процессах распространения света в биологических тканях, в том числе таких теоретических приближениях, как закон Бугера-Ламберта-Бера, диффузационное приближение теории переноса излучения, двухпотоковая модель Кубелки-Мунка;
3. изучение процессов флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии;
4. исследование возможностей флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии, а также их совместного применения для клинического применения, в том числе для интраоперационной навигации, фототерапии злокачественных новообразований различных локализаций, фототерапии инфекционных процессов и вирусных заболеваний.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина "Биофotonika: взаимодействие лазеров с биотканями" является логическим продолжением дисциплины "Медицинская нанофotonika", которую студенты изучают в первом семестре магистерской программы. Данная дисциплина необходима для успешного прохождения курсов "Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия" и "Лазерные технологии и оборудование для терапии".

Программа данной дисциплины может быть использована как в составе магистерской программы по направлению "Биомедицинская фотоника", так и в рамках курсов повышения квалификации медицинских физиков, инженеров медицинского оборудования и специалистов в области медицинских приложений нанотехнологий.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--|---|
| УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и | З-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия |

| | |
|---|---|
| профессионального взаимодействия | У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий |
| УК-5 [1] – Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия | З-УК-5 [1] – Знать: закономерности и особенности социально-исторического развития различных культур; особенности межкультурного разнообразия общества; правила и технологии эффективного межкультурного взаимодействия У-УК-5 [1] – Уметь: понимать и толерантно воспринимать межкультурное разнообразие общества; анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия В-УК-5 [1] – Владеть: методами и навыками эффективного межкультурного взаимодействия |

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| научно-исследовательский | | | |
|--|--|--|--|
| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
| Проводить научные исследования в области взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями, в том числе, содержащими фотосенсибилизаторы | Биологические ткани, в том числе, содержащие фотосенсибилизаторы | ПК-5.5 [1] - Способен рассчитывать распространение света в биологических тканях с применением специализированных компьютерных программ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-5.5[1] - Знать закономерности распространения света в рассеивающих и поглощающих средах; уравнения Максвелла; решение Ми для уравнений Максвелла при рассеянии света на сферических частицах; приближение Рэлея для описания рассеяния; решение уравнений Максвелла для рассеяния на цилиндрических |

частицах;
оптические спектры
поглощения
биологических
молекул; тепловые
эффекты
оптического
излучения, закон
диффузии излучения
и тепла; механизм
возникновения
флуоресценции;
механизмы
физиологического
действия
фотодинамической
терапии; механизмы
физиологического
действия
гипертермии;
У-ПК-5.5[1] - уметь
рассчитывать
распространение
света в
биологических
тканях с помощью
численных и
аналитических
методов; учитывать
влияние поглощения,
многократного
рассеяния и
геометрии измерения
на результаты
измерения
оптических спектров
и изображений;
осуществлять
математическое
планирование
фотодинамического
воздействия;
восстанавливать
информацию об
оптических
свойствах
биологических
тканей по
результатам
спектроскопических
измерений;
В-ПК-5.5[1] -

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | владеть навыком моделирования распространения света в биологических тканях численными и аналитическими методами |
|--|--|--|--|---|

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|-------|--|--------|--|---|----------------------------------|---|--|
| | <i>2 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Основы флуоресценции и фотодинамических процессов | 1-8 | 8/15/2 | КСт-8 (9), ЛР-2 (8), ЛР-4 (8) | 25 | КСт-8 | З-ПК-5.5, У-ПК-5.5, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4 |
| 2 | Возможности клинического применения флуоресценции и фотодинамических процессов | 9-15 | 7/15/2 | КСт-15 (9), ЛР-10 (8), ЛР-13 (8) | 25 | КСт-15 | В-ПК-5.5, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4, З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5 |
| | <i>Итого за 2 Семестр</i> | | 15/30/4 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 2 Семестр | | | | 50 | Э | З-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4, З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5 |

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| ЛР | Лабораторная работа |

| | |
|-----|--------------|
| КСт | Круглый стол |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|-------------|---|--|----------------|------------|
| | <i>2 Семестр</i> | 15 | 30 | 4 |
| 1-8 | Основы флуоресценции и фотодинамических процессов | 8 | 15 | 2 |
| 1 - 2 | Режимы взаимодействия лазерного излучения с биологическими тканями Биологические ткани являются сильнорассеивающими многослойными средами, что влияет на взаимодействие лазерного излучения с ними. Изучение материала представленного раздела позволит узнать о различных режимах взаимодействия лазерного излучения с биологическими тканями, такими как фотохимические реакции, нагрев и коагуляция. | Всего аудиторных часов 3 Онлайн 0 | 5 1 0 | |
| 3 - 5 | Описание распространения света в биологических тканях Существует несколько теоритических приближений, позволяющих описать распространение света в биологических тканях, такие как закон Бугера-Ламберта-Бера, диффузационное приближение теории переноса излучения, двухпотоковая модель Кубелки-Мунка. Данная тема подразумевает изучение данных теорий и их сопоставление с результатами экспериментальных измерений. | Всего аудиторных часов 3 Онлайн 0 | 5 1 0 | |
| 6 - 7 | Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия глазами клинициста В данном разделе студенты смогут узнать об особенностях проведения флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии со стороны медицинских работников, в том числе хирургов. | Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0 | 5 0 0 | 0 |
| 9-15 | Возможности клинического применения флуоресценции и фотодинамических процессов | 7 | 15 | 2 |
| 8 - 9 | Интраоперационная флуоресцентная навигация Изучение данной темы позволит узнать о возможностях флуоресцентной диагностики для интраоперационной навигации, таких как определение границ опухоли и нахождение метастатических образований. | Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0 | 5 0 0 | 0 |
| 10 - 12 | Фототерапистика злокачественных новообразований Одним из наиболее распространенных направлений применения флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии является их применение у пациентов со злокачественными новообразованиями. Данный раздел подразумевает изучение основ применения исследуемых методов для данных задач и их совмещения для совместного проведения диагностики и терапии, а также особенностей процедуры для различных | Всего аудиторных часов 3 Онлайн 0 | 5 0 0 | 1 |

| | | | | |
|---------|---|------------------------|---|---|
| | локализаций. | | | |
| 13 - 15 | Фототерапия инфекционных процессов и вирусных заболеваний В данной теме студентам будет предоставлена информация о возможностях применения флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии для лечения инфекционных и вирусных заболеваний. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 5 | 1 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели | Темы занятий / Содержание |
|--------|---|
| | <i>2 Семестр</i> |
| | Измерение спектров диффузного отражения оптических фантомов на основе эритроцитарной массы и интраплипид 1) Изготовить несколько рядов оптических фантомов с фиксированной концентрацией рассеивающей среды, но с вариацией концентраций гемоглобина, чтобы в итоге получилась матрица спектральных характеристик для различных соотношений рассеивающей среды и гемоглобина. 2) Провести калибровку спектрометра, зарегистрировать референсный спектр. 3) Осуществить регистрацию спектров диффузного отражения от изготовленных фантомов на разных расстояниях от поверхности и под разными углами. 4) Провести обработку полученных спектров и сравнить полученные значения сатурации кислородом. 5) Подготовить отчет и осуществить защиту лабораторной работы. |
| | Сопоставление результатов измерений при регистрации спектров диффузного отражения и пропускания 1) Изготовить несколько рядов оптических фантомов с фиксированной концентрацией рассеивающей среды, но с вариацией концентраций гемоглобина, чтобы в итоге получилась матрица спектральных характеристик для различных соотношений рассеивающей среды и гемоглобина. 2) Провести калибровку спектрометра, зарегистрировать референсный спектр. 3) Осуществить регистрацию спектров диффузного отражения и пропускания. 4) Определить значения сатурации кислородом, провести сравнение полученных результатов. 5) Подготовить отчет и осуществить защиту лабораторной работы. |
| | Измерение спектров флуоресценции 1) Изготовить ряд оптических фантомов на основе интраплипida с различной концентрацией фотосенсибилизатора. 2) Провести калибровку спектрометра. |

| | |
|--|--|
| | <p>3) Провести регистрацию спектров флуоресценции от изготовленных фантомов на разных расстояниях от поверхности и под разными углами.</p> <p>4) Провести обработку полученных спектральных данных.</p> <p>5) Подготовить отчет и осуществить защиту лабораторной работы.</p> |
| | <p>Имитация процесса фотодинамической терапии</p> <p>1) Изготовить оптический фантом из эритроцитарной массы, интрапирида и фотосенсибилизатора.</p> <p>2) Провести калибровку спектрометра.</p> <p>3) Провести регистрацию спектров флуоресценции и диффузного отражения.</p> <p>4) Осуществить лазерное облучение фантома, соответствующее флуоресцентному воздействию.</p> <p>5) Провести повторную регистрацию спектров флуоресценции и диффузного отражения. Убедиться, что произошел фотобличинг.</p> <p>6) Обработать полученные данные, в том числе определить уровень сатурации.</p> <p>7) Подготовить отчет и осуществить защиту лабораторной работы.</p> |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках данного курса предлагается использовать такие образовательные технологии, как информационно - коммуникационная технология во время предметных занятий, технология критического мышления и проектная технология при подготовке материала для представления во время проведения круглого стола, игровые технологии во время проведения части лабораторных работ.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-5.5 | З-ПК-5.5 | Э, КСт-8, ЛР-2 |
| | У-ПК-5.5 | Э, КСт-8, ЛР-4 |
| | В-ПК-5.5 | Э, КСт-15, ЛР-10, ЛР-13 |
| УК-4 | З-УК-4 | Э, КСт-8, КСт-15, ЛР-13 |
| | У-УК-4 | Э, КСт-8, КСт-15, ЛР-13 |
| | В-УК-4 | Э, КСт-8, КСт-15, ЛР-13 |
| УК-5 | З-УК-5 | Э, КСт-15 |
| | У-УК-5 | Э, КСт-15 |
| | В-УК-5 | Э, КСт-15 |

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100 | 5 – «отлично» | A | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89 | 4 – «хорошо» | B | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 75-84 | | C | |
| 70-74 | | D | |
| 65-69 | | E | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | 3 – «удовлетворительно» | | |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо выполнить и защитить четыре лабораторных работы, представить предварительно подготовленные материалы на аттестационных занятиях в формате круглого стола и сдать материал курса во время экзаменационного мероприятия.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1 раздел курса "Основы флуоресценции и фотодинамических процессов" включает 8 лекций, 15 практических занятий и 2 лабораторные работы.

2 раздел курса "Возможности клинического применения флуоресценции и фотодинамических процессов" включает 7 лекций, 15 практических занятий и 2 лабораторные работы.

Автор(ы):

Лощенов Виктор Борисович, д.ф.-м.н., профессор