

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

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

БИОФОТОНИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	2	72	8	22	0		42	0	3
Итого	2	72	8	22	0	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Биофотоника» являются приобретение студентами знаний о строении живой природы и её эволюционном развитии на молекулярно-клеточном, организменном и популяционном уровнях; получение ясного представления о фундаментальных механизмах взаимодействия ответственных биополимеров и биотканей с оптическим излучением и о процессах деструктивного и стимулирующего действия оптического облучения; формирование высокой культуры в части гигиены, укрепления здоровья, техники безопасности и социальной значимости своей будущей профессии.

Логически и содержательно данный курс является частью специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика, как специалиста в области современных методов и средств взаимодействия света с живой материей. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по предшествующим университетским курсам физики и химии.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Биофотоника» являются приобретение студентами знаний о строении живой природы и её эволюционном развитии на молекулярно-клеточном, организменном и популяционном уровнях; получение ясного представления о фундаментальных механизмах взаимодействия ответственных биополимеров и биотканей с оптическим излучением и о процессах деструктивного и стимулирующего действия оптического облучения; формирование высокой культуры в части гигиены, укрепления здоровья, техники безопасности и социальной значимости своей будущей профессии.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Логически и содержательно данный курс является частью специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика, как специалиста в области современных методов и средств взаимодействия света с живой материей. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по предшествующим университетским курсам физики и химии.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		стандарт-ПС, анализ опыта)	
научно-исследовательский			
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений	ПК-1.3 [1] - способен применять знания основ лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-1.3[1] - Знать: основы лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физические эффекты при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физические основы взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципы и методы когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации ; У-ПК-1.3[1] - Уметь: применять знания основ лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно-

обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями			оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий ; В-ПК-1.3[1] - Владеть: навыками решения задач, связанных с разработкой лазерных систем и инновационных лазерных технологий
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений	ПК-1.4 [1] - способен ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-1.4[1] - Знать: основные методы экспериментальных исследований с применением лазеров, методы сбора и обработки данных; У-ПК-1.4[1] - Уметь: ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных; В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области лазерной физики и лазерных технологий, применения современных средств измерений

информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями			
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов	ПК-1 [1] - способен выбирать оптимальный метод и разрабатывать программы экспериментальных исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; проводить оптические, фотометрические и электрические измерения с выбором необходимых технических средств и обработкой полученных результатов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	3-ПК-1[1] - Знать: основные методы исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; источники и приёмники оптического излучения; элементную базу лазерной техники; области применения лазерной техники и лазерных технологий; ; У-ПК-1[1] - Уметь: выбирать необходимые технические средства для проведения оптических, фотометрических и электрических измерений; обрабатывать полученные экспериментальные результаты ;

сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями	исследования; методы лазерно-физических измерений		В-ПК-1[1] - Владеть: навыками проведения оптических, фотометрических и электрических измерений, обработки экспериментальных данных
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических	Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения	ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные блоки, узлы и элементы приборов и систем лазерной техники; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования приборов и систем

принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.			лазерной техники ; В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники.
--	--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (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	1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	2	9-15	4/10/0		25	КИ-15	3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4,

							3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		8/22/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – 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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	8	22	0
1-8	1	4	12	0
1	Тема 1 Введение Живая и неживая природа. Эволюция и строение Вселенной. Возникновение жизни на Земле. Нуклеосинтез. Развитие науки о живом	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Тема 2 Организация живой материи Химический состав. Биологические молекулы. Структура и связи в биополимерах. Физика белков и нуклеиновых кислот. Изомеры и асимметрия биополимеров. Источники биополя	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 3 Клетки и биоткани Строение клетки. Биологическая мембрана. Органеллы и их функции. Транспорт веществ. Биоэнергетика. Фагоцитоз. Вирусы. Виды клеток и биотканей. Строение кожи и твёрдых биотканей. Кровь, ее состав и функции	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 4 Развитие жизни на Земле	Всего аудиторных часов		

	Солнце как источник жизни. Пищевые цепи. Механизмы размножения и роста. Митоз и мейоз. Смерть клетки. Механизмы старения организма. Наследственность и эволюция.	1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	2	4	10	0
9	Тема 5 Биологические явления с позиции физики Упорядоченность и энтропия. Устойчивость, мутации и квантовая механика. Демографические проблемы на пороге 3-го тысячелетия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 12	Тема 6 Оптика биотканей Молекулярные спектры. Мультиплетность. Орбитали. Длинноволновая граница спектра поглощения. Прохождение оптического излучения через биоткань. Пигменты. Спектры отражения, поглощения и люминесценции биотканей.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Тема 7 Взаимодействие лазерного излучения с биотканями Фотобиологические процессы. Действие излучения на НК и белки. Анаэробные фотосенсибилизированные реакции. Образование и роль синглетного кислорода. Деструкция биотканей. Клеточный некроз, коагуляция, испарение, абляция, оптический пробой. Важна ли когерентность	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 8 Зрение Строение глаз человека и животных. Физические характеристики глаза. Бинокулярное зрение. Цветное зрение. Эффект Пуркине. Биофизический механизм зрения	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		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

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для углубления материала курса и расширения кругозора студентам демонстрируются компьютерные презентации и видеофильмы из специально созданной электронной библиотеки и фильмотеки по темам курса. Традиционно организуются обзорные лекции ведущих специалистов страны по актуальным проблемам биофотоники.

Учитывая почти полное отсутствие монографий и, конечно, учебников по биофотонике, а также бурное развитие этого раздела науки и практической деятельности, разрабатываются и

издаются в НИЯУ МИФИ необходимые учебные пособия, подкрепляющие читаемый курс. Готовится к изданию в НИЯУ МИФИ монография «Биофотоника».

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети факультета и кафедры и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры дисплейного класса (в стандартной комплектации).

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-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
ПК-1.3	З-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15
ПК-1.4	З-ПК-1.4	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.4	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.4	З, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-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 и прочно 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»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	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:

1. ЭИ D39 Laser Spectroscopy : Vol. 1 Basic Principles, Demtroder, Wolfgang. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. ЭИ T90 Tissue optics : light scattering methods and instruments for medical diagnosis, Tuchin, V. V. , : SPIE, 2006
3. ЭИ Ш 94 Введение в биофизику для электро- и радиоинженеров : учебное пособие, Штыков В. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Т 92 Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях : , Тучин В. В., Москва: Физматлит, 2010
5. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Ивакин С. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. 57 Г65 Рамановская спектроскопия каротиноидов : учебное пособие, Ладеманн Ю., Гончуков С.А., Дарвин М.Е., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 57 Г65 Введение в физику живой материи : , Гончуков С.А., М.: МИФИ, 1997
2. 61 О-62 Оптическая биомедицинская диагностика Т.1 , , : Физматлит, 2007

3. 61 О-62 Оптическая биомедицинская диагностика Т.2 , , : Физматлит, 2007
4. 57 В57 Физико-химические основы фотобиологических процессов : учебник для вузов, Потапенко А.Я., Владимиров Ю.А., Москва: Дрофа, 2006
5. 535 Г65 Флюоресцентная диагностика в стоматологии : учебное пособие, Сухинина А.В., Гончуков С.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Основное требование к студентам заключается в регулярном посещении лекций, в рамках которых дается как классический материал, так и освещаются новые аспекты биофотоники. Это является особенно важным из-за нехватки монографий и, конечно, учебников, отражающих основные положения и достижения в области этой бурно развивающейся области науки и практической деятельности. Студенты имеют возможность получения у преподавателя консультаций и литературных ссылок для более детального изучения интересующей их проблемы.

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используется: выполнение самостоятельной работы студентов на 8 неделе. На 15-ой неделе студенты пишут реферат по заданной теме. В конце освоения дисциплины студент сдает экзамен, где ему предлагается предварительный тест.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При освоении курса студентам необходимо получить ясное представление о строении живой материи на молекулярно-клеточном, организменном и популяционном уровнях, а также об её эволюционном развитии. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по предшествующим университетским курсам физики и химии. При изложении данного курса особое внимание должно быть уделено механизмам взаимодействия ответственных биополимеров и биотканей с оптическим излучением, процессам его деструктивного и неинвазивного действия.

Следует также обратить внимание на вопросы, недостаточно еще освещенные в имеющихся монографиях:

1. Стволовые клетки. Перспективы и проблемы их практического использования.
2. Генная модификация продуктов и возникающие с этим вопросы.
3. Теоретические воззрения об эволюционном развитии живого.
4. Демографические проблемы на пороге третьего тысячелетия.
5. Механизмы смерти клеток.
6. Роль когерентности при действии на живой организм.

Для закрепления пройденного материала студентам демонстрируются наглядные пособия и компьютерные презентации, которые могут быть переданы временно замещающему преподавателю. При демонстрации наглядных пособий и презентаций необходимы комментарии, поэтому замещающему преподавателю надо заранее подготовиться к просмотру.

Главное требование к студентам заключается в регулярном посещении лекций, в рамках которых дается как классический материал, так и освещаются новые аспекты биофизики. Это является особенно важным из-за нехватки монографий, отражающих последние достижения в области бурно развивающейся медицинской физики.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- 1) Знать: основы строения живой материи, механизмы воздействия оптического излучения на биологические ткани и ответственные биополимеры.
- 2) Уметь: классифицировать результат действия оптического облучения биоткани по виду воздействия, рассчитать поглощение, отражение и рассеяние энергии света в биологических объектах.
- 3) Владеть: знаниями об основных фотобиологических процессах, о механизмах взаимодействия живой материи с оптическим излучением на организменном, клеточном и молекулярном уровне.

Автор(ы):

Гончуков Сергей Александрович, д.ф.-м.н.,
профессор

Рецензент(ы):

д. ф.-м. н., доцент Кузнецов А.П.