

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ



Директор филиала МГУ в г. Сарове
член-корреспондент РАН В.В.Воеводин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Основы биофотоники

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Лазерная нелинейная оптика и фотоника

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Авторы–составители:

К.ф.-м.н., доцент Приезжев Александр Васильевич, кафедра общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Основы биофотоники

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки: 03.04.02 Физика (магистратура)

4. Аннотация:

Курс «Лазерная биофотоника» является профильной дисциплиной магистерской программы «Нелинейная оптика и лазерная физика». Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов в области физики взаимодействия лазерного излучения с биологическими объектами разных уровней организации: молекул, клеток и тканей. В курсе рассматриваются физические явления лежащие в основе взаимодействия лазерного излучения с биообъектами: упругое: квазиупругое и неупругое рассеяние, флуоресценция, распространение лазерного излучения в биологических тканях, методы оптической визуализации структуры и неоднородностей: лазерная микроскопия сверхразрешения, оптическая когерентная томография, диффузионная томография, оптоакустическая томография и ангиография, методы оптической биосенсорики, лазерные пинцеты.

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа, 2 часа коллоквиумов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Дисциплина читается в 3 семестре и относится к вариативной части программы (курс по выбору)

5. Формируемые компетенции и входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

НАЗВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ:

СПК-1 Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики.

СПК-2 Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области лазерной физики и нелинейной оптики.

СПК-3 Способность организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для того чтобы формирование данных компетенций было возможно, обучающийся, приступивший к освоению образовательной программы, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные методы научно-исследовательской деятельности.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от

источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.

- **ВЛАДЕТЬ:** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

Для освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые в рамках дисциплин общей физики «Оптика», «Электромагнетизм» и теоретической физики «Электродинамика». Желательно предварительное освоение материала вариативной части программы бакалавриата: дисциплин профиля «Основы лазерной биофотоники» и «Численные методы в физике».

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости и коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
1. Введение Основные определения. Фундаментальные и прикладные аспекты биофотоники. Основные принципы фотобиологии. Специфика применения лазеров в биомедицине. Краткий исторический обзор исследований по лазерной биофотонике.	2	1			1	1 час Знакомство с обзорами по теме биофотоники.		1
2. Физические основы взаимодействия	37	8	6	2 часа	16	1 час Вывод формулы для		21

<p>лазерного излучения с биообъектами.</p> <p>§1. Эффекты, возникающие при взаимодействии лазерного излучения с биотканями.</p> <p>§2. Упругое рассеяние света растворами биомолекул.</p> <p>Коэффициент рассеяния. Формула Рэлея. Зависимость от относительного размера, длины волны света, анизотропии и концентрации (взаимодействия) частиц.</p> <p>Вириальные коэффициенты. Влияние поляризации зондирующего пучка на характер рассеяния.</p> <p>§3. Упругое рассеяние света одиночными микрочастицами. Влияние относительного показателя преломления, размера, формы, структуры и ориентации частицы на</p>			<p>Коллоквиум по теме «Методы рассеяния лазерного излучения и их биомедицинские применения».</p>		<p>коэффициента рассеяния лазерного излучения малыми частицами.</p> <p>2 час Построение фазовых функций рассеяния света сферическими микрочастицами для разных параметров размера и поляризации зондирующего пучка.</p> <p>4 часа Повторение лекционного материала по теме «Упругое рассеяние лазерного излучения микрочастицами».</p> <p>2 час Построение «банановых траекторий» для различных расстояний от источника по приёмника фотонов при зондировании ткани типа кожи.</p> <p>2 часа Сравнение особенностей применения и</p>		
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>фазовую функцию рассеяния. Зависимость фазовой функции рассеяния от поляризации лазерного излучения. Численные методы расчета фазовых функций. Примеры упругого рассеяния света эритроцитами.</p> <p>§4. Упругое рассеяние света системами (суспензиями) микрочастиц и биотканями.</p> <p>Однократное и многократное, одночастичное и многочастичное рассеяние. Модель биоткани как системы невзаимодействующих поглощающих и рассеивающих частиц. Рассеяние непрерывного, амплитудно-модулированного и импульсного излучения. Баллистические, змеевидные и диффузные фотоны. Диффузное рассеяние и волны</p>						<p>информативности сигналов монодинных и гетеродинных спектрометров (по работе [1]).</p> <p>2 часа Сравнение особенностей применения и информативности сигналов различных схем лазерных доплеровских анемометров и флоуметров (по работе [1]).</p> <p>8 часов Подготовка к коллоквиуму.</p>		
--	--	--	--	--	--	---	--	--

<p>фотонной плотности. Коэффициенты рассеяния, поглощения и анизотропии рассеяния биоткани.</p> <p>§5. Квазиупругое рассеяние света растворами биомолекул и суспензиями клеток крови. Монодинный и гетеродинный методы регистрации. Принципы самобиений и оптического смешения частот. Энергетическое и корреляционное представление сигналов. Доплеровские спектрометры и флоуметры.</p> <p>§6. Неупругое (рамановское) рассеяние света клетками и тканями. История открытия. Структура рамановских спектров. Закономерности расположения линий и их интенсивностей. Привязка линий к</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>типам внутримолекулярных колебаний. Особенности рамановских спектров белков и нуклеиновых кислот. Поляризационные свойства линий. Рамановское картирование живых клеток и тканей.</p> <p>§7. Лазерно-индуцированная флуоресценция. Соотношения спектров поглощения и флуоресценции. Времена жизни флуоресценции и связь с энергетическими линиями. Многофотонная флуоресценция.</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>3. Лазерный биоимаджинг</p> <p>§8. Основные принципы и методы биоимаджинга</p> <p>Современная лазерная микроскопия. Понятие сверхразрешения. Оптическая когерентная томография. Диффузионная томография. Оптоакустическая томография и ангиография.</p> <p>§9. Примеры биомедицинских приложений лазерного биоимаджинга. Визуализация опухолей и других новообразований в тканях, в том числе с использованием эндоскопии. Визуализация кровоизлияний в мозге. Визуализация изменений в тканях глаза. Визуализация изменений кровеносных сосудов.</p>	12	3	3		6	<p>2 часа Знакомство с принципом сверхразрешения в лазерной микроскопии (по оригинальной работе [17]).</p> <p>2 часа Знакомство с различными схемами оптических когерентных томографов (по работе [14]).</p> <p>2 часа Сравнение разрешающей способности и глубины зондирования разных оптических томографов (по оригинальной работе [7]).</p>		6
<p>4. Оптические биосенсоры</p> <p>§10. Принципы</p>	13	3	4		7	<p>2 час Анализ и сравнение различных</p>		6

<p>работы оптических биосенсоров. Два основных компонента оптических биосенсоров. Преимущества оптических биосенсоров. Элементы системы биораспознавания . Оптические проявления биосенсорики. Биосенсоры, основанные на использовании волоконных световодов, планарных волноводов, поверхностных волн. Интерферометрические биосенсоры.</p> <p>§11. Оптические проявления биосенсорики. Биосенсоры, основанные на использовании волоконных световодов, планарных волноводов, поверхностных волн. Интерферометрические биосенсоры.</p> <p>§12. Перспективные направления развития биосенсорики.</p>						<p>систем биораспознавания в биосенсорах [по материалам лекции]</p> <p>2 час Характеристики волоконно-оптических биосенсоров. Оценка возможности многоразового использования биосенсоров [по материалам лекции].</p> <p>2 часа Повторение лекционного материала по теме «Оптические биосенсоры».</p>		
---	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>Многоаналитное детектирование. Новые молекулы для биораспознавания. Использование микрофлюидики. In vivo биосенсорика. Распознавание образов и автоматизация. Новые применения.</p>							
<p>5. Лазерные пинцеты.</p> <p>§13. Принципы работы. Разновидности лазерных пучков, применяемых для создания оптических ловушек. Методы построения многоканальных ловушек. Влияние лазерного захвата на жизнедеятельность живых клеток.</p> <p>§13. Измерение сверхмалых сил без механического воздействия на частицу. Калибровка лазерных пинцетов. Примеры оптического захвата и манипуляции живыми клетками и измерения сил их взаимодействия.</p>	8	3	3		6	2 часа Обоснование выбора длины волны, мощности, модовой структуры и поляризации лазерного излучения, а также числовой апертуры и увеличения объектива лазерного пинцета для захвата и манипуляции красными клетками крови. [по материалам лекции]	2

Промежуточная аттестация - экзамен								
Итого	72	1 8	1 6	2	36			36

* Текущий контроль успеваемости в рамках занятий семинарского типа реализуется в форме обсуждения.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

8.1 Основная и дополнительная литература доступная студентам через Интернет или по запросу лектору.

8.2 Электронные презентации основных тем дисциплины доступны по запросу лектору.

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Физические основы взаимодействия лазерного излучения с биообъектами.
2. Принципы применения лазеров в биомедицине.
3. Примеры применения современной лазерных технологий в биомедицине.
4. Нелинейнооптические процессы при взаимодействии лазерного излучения с биотканями.
5. Основные принципы фотобиологии.
6. Принципы, методы и приложения биоимаджинга.
7. Принципы, методы и приложения оптических биосенсоров.
8. Лазерные методы измерения и их биомедицинские применения.
9. Цитометрия *in vitro* и *in vivo*, включая проточную цитометрию.
10. Светотерапия: фотодинамическая терапия.
11. Лазерный биоинжиниринг биотканей.
12. Принципы работы и биомедицинские приложения лазерных пинцетов и лазерных ножниц.
13. Нанотехнология для биофотоники: бионанофотоника.

Типовые вопросы к зачету:

1. Основные принципы фотобиологии.
2. Специфика применения лазеров в биомедицине.
3. Эффекты, возникающие при взаимодействии лазерного излучения с биотканями.
4. Упругое рассеяние света растворами биомолекул.
5. Упругое рассеяние света одиночными микрочастицами.
6. Упругое рассеяние света системами (суспензиями) микрочастиц и биотканями.

7. Рассеяние непрерывного, амплитудно-модулированного и импульсного излучения.
8. Диффузное рассеяние и волны фотонной плотности.
9. Квазиупругое рассеяние света растворами биомолекул и суспензиями клеток крови.
10. Неупругое (рамановское) рассеяние света клетками и тканями.
11. Особенности рамановских спектров белков и нуклеиновых кислот.
12. Рамановское картирование живых клеток и тканей.
13. Соотношения спектров поглощения и флуоресценции.
14. Времена жизни флуоресценции и связь с энергетическими линиями.
15. Многофотонная флуоресценция.
16. Основные принципы и методы лазерного биоимиджинга.
17. Понятие сверхразрешения лазерной микроскопии.
18. Оптическая когерентная томография.
19. Диффузная томография.
20. Оптоакустическая томография и ангиография.
21. Принципы работы оптических биосенсоров.
22. Принципы работы лазерные пинцетов.
23. Разновидности лазерных пучков, применяемых для создания оптических ловушек.
24. Методы построения многоканальных ловушек.
25. Влияние лазерного захвата на жизнедеятельность живых клеток.
26. Измерение сверхмалых сил без механического воздействия на частицу.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

ВЛАДЕТЬ: профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-1).

ВЛАДЕТЬ: навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).

ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-3).

УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (СПК-1).

УМЕТЬ: осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).

УМЕТЬ: организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (СПК-3).

ЗНАТЬ: методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-1).

ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (СПК-3).

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-1).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области лазерной физики и нелинейной оптики
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа,	Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации

информации в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).		информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	систематизации научной информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	обобщения и систематизации научной информации в области лазерной физики и нелинейной оптики	научной информации в области лазерной физики и нелинейной оптики
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-3).	Отсутствие навыков в	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики
<i>УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной	Отсутствия умения	Фрагментарное проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области лазерной	В целом успешное, но не систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследова-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать альтернативные варианты	Успешное и систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области

<p>оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (СПК-1).</p>		<p>физики и нелинейной оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>решения в области лазерной физики и нелинейной оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>исследования в области лазерной физики и нелинейной оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>лазерной физики и нелинейной оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>
<p><i>УМЕТЬ:</i> осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).</p>	<p>Отсутствия умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области лазерной физики и нелинейной оптики</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (СПК-3)</p>	<p>Отсутст вие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>Успешное и систематическое проявление организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>
<p><i>ЗНАТЬ:</i> методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области лазерной физики и нелинейной</p>	<p>Отсутст вие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области лазерной физики и</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области лазерной</p>

оптики (СПК-1)		нелинейной оптики	лазерной физики и нелинейной оптики	задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	физики и нелинейной оптики
<i>ЗНАТЬ:</i> способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики (СПК-2).	Отсутст вие знаний	Фрагментарное проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики	Успешное и систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области лазерной физики и нелинейной оптики
<i>ЗНАТЬ:</i> методы организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	Отсутст вие знаний	Фрагментарное проявление знаний методов организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы решения задач с помощью	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы	Успешное и систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области лазерной физики и нелинейной оптики, включая способы решения задач с помощью современной

(СПК-3)		оборудования	современной аппаратуры и оборудования	решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	аппаратуры и оборудования
---------	--	--------------	---------------------------------------	---	---------------------------

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. А.В. Приезжев, В.В. Тучин, Л.П. Шубочкин. «Лазерная диагностика в биологии и медицине» – М.: Наука, 1989.
2. В.В. Тучин. «Лазерная и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях» - Изд. первое - Саратов: Изд-во саратовского университета, 1998; Изд. второе (исправленное и дополненное) - М.: Физматлит, 2010.
3. «Оптическая биомедицинская диагностика. Т.1 и 2.». Перевод с англ. Под ред. В.В. Тучин. М.: Физматлит, 2007.
4. В.В. Тучин. «Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике» - М. Физматлит, 2012.
5. В.Н. Лопатин, А.В. Приезжев, А.Д. Апонасенко, и др. «Методы светорассеяния в анализе водных дисперсных биологических сред». - М.: Физматлит, 2004.

Дополнительная литература

6. P.N. Prasad. Introduction to Biophotonics. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA – 2003.
7. Д.А. Зимняков, В.В. Тучин. «Оптическая томография биотканей (обзор)». Квант. электроника, **32**(10), с.849-867 (2002). Мир, 1986.
8. П. Кэри. «Применение спектроскопии КР и РКР в биологии» - М.: Мир, 1985.
9. Дж. Лакович. «Основы флуоресцентной диагностики» - М.: Мир, 1986.
10. Ю.А. Владимиров, А.Я. Потапенко. «Физико-химические основы фотобиологических процессов» - М.: Высшая школа, 1989.
11. Ю.А. Владимиров, Е.В. Проскурнина. «Лекции по медицинской физике» -М.: Изд-во МГУ, 2007.
12. А.Б. Рубин. «Биофизика. Кн.2: Биофизика клеточных процессов» - М.: Высшая школа, 1980.
13. Н.Д. Гладкова. Оптическая когерентная томография в ряду методов медицинской визуализации. Нижний Новгород, Изд-во ИПФ РАН, 2005.
14. Т.Й. Кару. Клеточные механизмы низкоинтенсивной лазерной терапии. Усп.совр. биол. № 1, с. 110-128 (2001).
15. Н.Г. Хлебцов. Оптика и биофотоника наночастиц с плазмонным резонансом. Квантовая электроника **38**(6), с. 504–529 (2008).
16. В.О. Leung, К.С. Chou. Review of super-resolution fluorescence microscopy for biology. Applied Spectroscopy **65**(9), 967-980 (2011).

10. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

Нет

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины необходимо посещение интерактивных занятий (лекций и семинаров) и регулярная самостоятельная работа в течение семестра. Для большей части тем курса имеются электронные презентации. Рекомендуется перед лекцией скачать соответствующую презентацию и иметь ее на интерактивном занятии на ноутбуке или планшете в режиме off-line или в распечатанном виде, используя как основу конспекта для собственных пометок и комментариев.

12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

При реализации учебной работы в рамках дисциплины «Лазерная биофотоника» используются средства дистанционного сопровождения учебного процесса в форме сайтов с материалами лекций и семинарских занятий. Курс имеет электронные версии (презентации) лекций. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

13. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика». Любая аудитория, оснащенная проекционным оборудованием с возможностью подключения к ноутбуку, экраном, и учебной доской.