

Рабочая программа дисциплины

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

2. Лекторы

- 2.1. д.ф.-м.н, профессор, академик РАН, Председатель Совета РФФИ, директор Института проблем лазерно-информационных технологий РАН, заведующий кафедрой медицинской физики физического факультета МГУ Панченко Владислав Яковлевич;
- 2.2. д.ф.-м.н, профессор, Чувилин Дмитрий Юрьевич, кафедра медицинской физики физического факультета МГУ, директор Центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт»;
- 2.3. д.ф.-м.н, профессор, Пирогов Юрий Андреевич, физический факультет МГУ;
- 2.4. д.ф.-м.н, профессор, Пантелеев Михаил Александрович, кафедра медицинской физики физического факультета МГУ;
- 2.5. д.ф.-м.н, профессор, заведующий лаборатории Соболь Эмиль Наумович, лаборатория биофотоники ИПЛИТ РАН;
- 2.6. д.ф.-м.н, доцент, Шкуринов Александр Павлович, кафедра общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ;
- 2.7. к.т.н., заместитель директора по отделению Ульянов Валерий Андреевич, отделение перспективных лазерных технологий ИПЛИТ РАН;
- 2.8. д.б.н., доцент, Гапочка Михаил Германович, кафедра фотоники и микроволн физического факультета МГУ;
- 2.9. к.ф.-м.н., н.с., Гидимчук Никита Борисович, кафедра биофизики физического факультета МГУ;
- 2.10. к.ф.м.н., доцент, Ларичев Андрей Викторович, кафедра медицинской физики физического факультета МГУ;
- 2.11. к.ф.м.н., доцент, Ирошников Никита Георгиевич, кафедра медицинской физики физического факультета МГУ;
- 2.12. к.ф.м.н., доцент, Бутылин Андрей Александрович, кафедра медицинской физики физического факультета МГУ;
- 2.13. к.ф.м.н., ст.н.с., Берловская Елена Евгеньевна (ответственный лектор), кафедра медицинской физики физического факультета МГУ, e-mail: ber@hotmail.ru.

3. Аннотация дисциплины.

В лекционном курсе рассматриваются основные направления развития современного медицинского оборудования и биомедицинских технологий. В рамках курса студенты знакомятся с новыми подходами и направлениями развития современного медицинского оборудования, основными блоками, математическими методами обработки и восстановления изображений, а также с открывающимися принципиально новыми возможностями в рамках современного развития технологий МРТ, ПЭТ томографов и мн. др. Основное внимание уделяется современному оборудованию, используемому в диагностических целях; физическим основам современных медицинских приборов, их устройству и принципам действия, а также знакомству с современными биомедицинскими технологиями, включая новые/разрабатываемые методы диагностики канце-

рогенеза, с акцентом на раннюю диагностику; физическим методам лечения онкологических и других заболеваний; применению неионизирующих излучений в медицине; основам прототипирования; нанотехнологиям и пр. Массовое применение нанотехнологий, включая целевую доставку лекарств, требует более пристального внимания к устройству и регуляции системы свертывания крови, гомеостаза.

4. Цели освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины является овладение современными профессиональными знаниями в области медицинских технологий.

5. Задачи дисциплины.

Основной задачей дисциплины является формирование у студентов адекватных представлений о современных медицинских технологиях.

6. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать физические принципы работы МРТ сканеров в комбинации с опцией ЯМР спектроскопических измерений; ПЭТ сканеров, в комбинации с опцией КТ; основы лазерной реваскуляризации миокарда, лазерной коррекции зрения, роговицы, хрящевой ткани; основы лазерной стероидографии и создания новых материалов для имплантологии; устройство и регуляцию системы свертывания крови и др.

7. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр			Всего
	5			
Общая трудоёмкость, акад. Часов	30			30
Аудиторная работа:	30			30
Лекции, акад. часов	30			30
Семинары, акад. часов				
Лабораторные работы, акад. часов				
Самостоятельная работа, акад. часов	30			30
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	Зачет			Зачет

N	Тема	Ак. ч.	Лекции
1	<p>ЛАЗЕРНО - ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ БИОМОДЕЛИРОВАНИЯ Технология дистанционного изготовления биомodelей по томографическим данным обследования пациентов. Лазерная стереолитография. Послойное изготовление трехмерного объекта. Лазерные стереолитографы. Свойства фотополимеризующейся композиции (ФПК) на основе акрилатов. Изготовление имплантов и их применение в челюстно-лицевой хирургии, хирургии позвоночника, сердечно-сосудистой системы. Дентальная имплантология.</p> <p>ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ БИОМАТЕРИАЛОВ. Селективное лазерное спекание и синтез полимерных матриц для тканевой инженерии. СКФ синтез биоактивных полимерных частиц и композитов. Поверхностно-Селективное Лазерное Спекание. Биорезорбируемые биомodelи. Управление и контроль кинетики выхода биоактивных соединений из полимерных матриц. Изготовление биоактивных биорезорбируемых полимерных имплантатов заданного размера, формы и морфологии, не имеющих следов органических растворителей с помощью сверхкритического диоксида углерода.</p>	2	1
2	<p>ЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ. РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИЯ МИОКАРДА. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация. Операция на работающем сердце без использования аппарата искусственного кровообращения. Перфорация в режиме мощного одиночного лазерного импульса. Синхронизация лазерного импульса с ЭКГ пациента. Динамика изменения канала в миокарде после лазерного воздействия (ткани животных in vivo, CO2 лазер). Типичное расположение лазерных каналов на поверхности миокарда. Параметры перфорации миокарда импульсом CO2 лазера. Интенсивное формирование сети капилляров вокруг канала лазерного воздействия в результате «древовидного» теплового повреждение миокарда. Эффекты, сопровождающие формирование глубоких лазерных каналов в биотканях. Эффективность лазерной реваскуляризации. Кардиохирургические CO2 лазеры серии «Перфокор» разработки ИПЛИТ РАН. Принцип организации обратной связи интеллектуальной хирургической установки на основе CO2 лазера.</p> <p>ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ. Испарение новообразований и диагностика в реальном времени. Метод автодинного детектирования (прием на резонатор лазера) обратно рассеянного излучения. Идентификация типа испаряемой биоткани; звуковая индикация при переходе границы испаряемой биоткани; управление параметрами лазерного излучением в зависимости от особенностей операции; протоколирование лазерной операции в реальном масштабе времени.</p>	2	1
3	<p>ЛАЗЕРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ХРЯЩЕВЫЕ ТКАНИ Хрящевая ткань, свойства, особенности. Лазерная коррекция формы перегородки носа. Особенности лазерной процедуры. Контроль степени теплового воздействия по температуре поверхности перегородки. Лазерная реконструкция межпозвонковых дисков. Лазерная регенерация хрящевой ткани. Особенности процедуры лазерной регенерации хрящевой ткани. Контроль степени теплового воздействия по светорассеянию. Особенности лазерной процедуры в офтальмологии. Перспективы развития технологий.</p>	2	1
4	<p>ОПТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИИ. Лазерная персонализированная коррекция зрения на основе данных aberromетрии. Расчет профиля персонализированной абляции. Aberromетр (МГУ-ИПЛИТ). Эксимерный лазер. Рефракционная хирургия. Развитие персонализированной коррекции с использованием фемтосекундного лазера FLOKS для интрастромальной обработки роговицы.</p>	2	1
5	<p>АДАПТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ Цифровая фундус-камера с адаптивной оптической системой и aberromетром реального времени. Диагностические возможности. Офтальмологические адаптивные системы для ретиноскопии. Сравнение традиционной фундус-камеры и камеры с адаптивной оптической системой.</p>	2	1

6	ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. Электромагнитные поля и живая природа. Естественные и искусственные источники электромагнитных полей. Реакция биологических систем разного уровня организации на воздействие электромагнитных полей. Организмы – как биосенсоры и биоиндикаторы воздействия ЭМП. Биологические ритмы и их связь с земными и космическими явлениями. Электромагнитные поля как важнейший фактор существования живых систем на Земле.	2	1
7	ТГц В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ Терагерцовое излучение. Воздействие на белки крови. Перспективы создания 3D-сканеров для визуализации поражений кожи. Терагерцовое зондирование ткани роговицы. ТГц мониторинг гидратации.	2	1
8	СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МРТ Магнитно-резонансная томография (МРТ) и ее место в биомедицинских исследованиях. Физические основы магнитного резонанса. Продольная (спин-решеточная) и поперечная (спин-спиновая) релаксация. Принципы формирования МРТ изображений. Принципы медицинской МРТ диагностики. Выявление слабых морфологических изменений живой ткани. Методы подавления фоновых МРТ сигналов нормальных тканей. МРТ в сильных и слабых магнитных полях. Низкопольные МРТ сканеры высокого разрешения на постоянных магнитах. ЯМР спектроскопия и ее сочетание с функциями магнитно-резонансной томографии. Локальные измерения метаболического портрета живой ткани, температуры внутренних органов, неинвазивная биопсия in vivo. Молекулярная визуализация. Целевая доставка фармпрепаратов в область патологии. Биомаркеры и парамагнитные визуализаторы. Нанокapsулированные препараты, наблюдение их эффектов при онкологии и ишемии головного мозга. Контроль доставки лекарственных нанобиоконтейнеров и экстракции препарата на мишени под действием физических полей. Магнитная гипертермия. Мультиядерная МРТ.	2	1
9	Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Принцип работы. Основные узлы и элементы прибора. Циклотрон и производство короткоживущих радиоизотопов. УКЖР. Биохимическая станция получения меченых соединений. Радиофармпрепараты. Кинетическое сканирование. Интеграция ПЭТ и КТ. Диагностические возможности ПЭТ томографии.	2	1
10	ФИЗИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ДИАГНОСТИКЕ. БИОЧИПЫ. Новые подходы в диагностике. Биочипы. Технология биочипов. Белки-«ловушки».	2	1
11	ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ПИНЦЕТА Исследование заболеваний, связанных с дисфункцией моторных белков.	2	1
12	НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ. Основные принципы нанотехнологий. Нанобиотехнология, наноинженерия. Механизмы транспортировки наночастиц с лекарственными препаратами непосредственно в раковые клетки, возможные побочные действия на организм человека, а также реальное применение нанотехнологий в российском здравоохранении.	2	1
13	ЦЕЛЕВАЯ ДОСТАВКА ЛЕКАРСТВ. Направленный транспорт лекарств в очаг развития патологического процесса. Пассивный направленный транспорт и специфическая липосомы и фуллерены в качестве контейнеров для доставки препаратов. Биосовместимые наноматериалы.	2	1
14	ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ И ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА. Фотофизические механизмы фотодинамического эффекта. Фотосенсибилизаторы. Аппаратура. Возможности и недостатки метода. Направления развития. Проблемы световой дозиметрии.	2	1
15	ПРОБЛЕМЫ СВЕРТЫВАНИЯ КРОВИ Свертывание крови как сложный каскад биохимических реакций с многочисленными обратными связями, работающий в гетерогенных, пространственно-неоднородных условиях. Устройство и регуляция системы свертывания. Критическое значение системы свертывания крови для всех разделов медицины.	2	1

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина по выбору.
2. Модуль учебного плана «Общая физика».
3. Изложение опирается на знания, полученные студентами ранее на общеобразовательных курсах в МГУ:

10. Образовательные технологии

Основное изложение материала ведётся традиционным способом в виде лекций с проекторной демонстрацией иллюстративного и содержательного материала. Знакомство с практической реализацией презентационного материала возможна организация экскурсий в ИПЛИТ РАН, АО «Медицина» и Курчатовский институт. Для слушателей, желающих ознакомиться с практической реализацией МРТ и ЯМР спектроскопических исследований, могут быть организованы экскурсии в лаборатории магнитной томографии и спектроскопии МГУ.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

10. Оценочные средства для контроля успеваемости и аттестации

1. Примеры контрольных и экзаменационных вопросов

1. Задачи трансмиокардиальной лазерной ревазуляризации.
2. Динамика изменения канала в миокарде после лазерного воздействия. Эффективность лазерной ревазуляризации.
3. Принцип организации обратной связи интеллектуальной хирургической установки на основе CO₂ лазера.
4. Лазерное испарение новообразований и диагностика в реальном времени.
5. Метод автодинного детектирования обратно рассеянного излучения. Идентификация типа испаряемой биоткани.
6. Лазерная стероидография.
7. Технология дистанционного изготовления биомоделей. Изготовление имплантов и их применение в хирургии.
8. Селективное лазерное спекание и синтез полимерных матриц для тканевой инженерии. Поверхностно-Селективное Лазерное Спекание. Биорезорбируемые биомодели.
9. Изготовление биоактивных биорезорбируемых полимерных имплантатов с помощью сверхкритического диоксида углерода.
10. Хрящевая ткань, свойства, особенности. Особенности лазерной процедуры коррекции формы хрящевой ткани.
11. Лазерная регенерация хрящевой ткани. Контроль степени теплового воздействия по светорассеянию.
12. Особенности лазерной процедуры в офтальмологии. Перспективы развития технологий.
13. Лазерная персонализированная коррекция зрения на основе данных aberromетрии.
14. Aberromетр (МГУ-ИПЛИТ).
15. Рефракционная хирургия.
16. Офтальмологические адаптивные системы для ретиноскопии.
17. Цифровая фундус-камера с адаптивной оптической системой и aberromетром реального времени. Диагностические возможности.
18. Воздействие электромагнитного излучения на биологические системы. Организмы – как биосенсоры и биоиндикаторы воздействия ЭМП.
19. Естественные и искусственные источники электромагнитных полей. Биологические ритмы и их связь с земными и космическими явлениями.
20. Терагерцовое излучение. Воздействие на биологические системы.
21. Терагерцовое зондирование ткани роговицы.
22. ТГц мониторинг гидратации. Перспективы ТГц-3D-сканеров для визуализации поражений кожи.
23. Магнитно-резонансная томография (МРТ) и ее место в биомедицинских исследованиях.

24. Физические основы магнитного резонанса.
25. Продольная (спин-решеточная) и поперечная (спин-спиновая) релаксация.
26. Принципы формирования МРТ изображений.
27. Основные узлы и блоки томографа.
28. Принципы медицинской МРТ диагностики.
29. Методы подавления фоновых МРТ сигналов нормальных тканей.
30. Низкопольные МРТ сканеры высокого разрешения на постоянных магнитах.
31. ЯМР спектроскопия и ее сочетание с функциями магнитно-резонансной томографии.
32. Локальная ЯМР спектроскопия для измерения метаболического портрета живой ткани, температуры внутренних органов, неинвазивная биопсия *in vivo*.
33. Целевая доставка фармпрепаратов в область патологии.
34. Биомаркеры и парамагнитные визуализаторы. Нанокapsулированные препараты, МРТ наблюдение их эффектов при онкологии и ишемии головного мозга.
35. МРТ контроль доставки лекарственных нанобиоконтейнеров и экстракции препарата на мишени под действием физических полей.
36. Магнитная гипертермия.
37. Современное состояние ЯМР устройств и перспективы их развития. Мультиядерная МРТ.
38. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Кинетическое сканирование. Диагностические возможности ПЭТ томографии.
39. Циклотрон и получение короткоживущих радиоизотопов. Биохимическая станция получения меченых соединений. Радиофармпрепараты.
40. Технология лазерного пинцета в исследованиях заболеваний, связанных с дисфункцией моторных белков.
41. Новые подходы в диагностике. Биочипы. Технология биочипов. Белки-«ловушки».
42. Основные принципы нанотехнологий. Нанобиотехнология, наноинженерия.
43. Применение нанотехнологий в российском здравоохранении.
44. Механизмы транспортировки наночастиц с лекарственными препаратами непосредственно в раковые клетки. Побочные действия на организм человека.
45. Направленный транспорт лекарств в очаг развития патологического процесса. Пассивный направленный транспорт и специфическая доставка («узнавание» патологической ткани).
46. Фосфолипидные частицы, липосомы и фуллерены в качестве контейнеров для доставки препаратов.
47. Биосовместимые наноматериалы.
48. Фотофизические механизмы фотодинамического эффекта.
49. Фотосенсибилизаторы.
50. Аппаратура для целей ФДД и ФДТ.
51. Возможности и недостатки метода ФДД. Направления развития.
52. Проблемы световой дозиметрии.
53. Свертывание крови как сложный каскад биохимических реакций.
54. Устройство и регуляция системы свертывания. Критическое значение системы свертывания крови для всех разделов медицины.

11, Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. А.К.Дмитриев, А.Н.Коновалов, В.Я.Панченко, В.А.Ульянов, Г.А.Варев, А.В.Гейниц, О.В.Маторин, И.В.Решетов, Г.С. Самошенков. Новые подходы к прецизионному и малотравматичному испарению биотканей на основе интеллектуальных лазерных хирургических систем. Лазерная медицина, 2013, т. 17, вып. 1, с. 4-10.
2. В.Я.Панченко, И.И.Беришвили, В.В.Васильцов, В.А.Ульянов. Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация – новый высокотехнологичный метод лечения ишемической болезни сердца. *Перспективные материалы*, 2013, , вып.14, с. 173-178.
3. А.И.Неворотин. Введение в лазерную хирургию, Изд – во «СпецЛит», 2000, 176 с.

4. Ринк П.А. Магнитный резонанс в медицине // под ред. В.Е.Синицына. М., ГЭОТАР-МЕД, 2003, 247 с.
5. Анисимов Н.В., Батова С.С., Пирогов Ю.А. Магнитно-резонансная томография: управление контрастом и междисциплинарные приложения / Под ред. Ю.А.Пирогова. – М.: МАКС Пресс, 2013, 243 с.
6. Юдина А.Ю., Богданов А.А. (мл.), Пирогов Ю.А. Магнитно-резонансная томография в изучении ангиогенеза и его молекулярных маркеров / Под ред. Ю.А.Пирогова. – М.: Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, 2008, 144 с.
7. Аганов А.В. Введение в магнитно-резонансную томографию // Учебное пособие для студентов-физиков. – Казань: Изд-во Казанского госуниверситета, 2014, 67 с.
8. «Медицинская радиология», Л.Д.Линденбратен, Ф.М.Лясс.
9. Д. Хьюбел Глаз, мозг, зрение М:Мир, 2003 г.
10. Основы оптики. Борн М., Вольф Э., изд. 2-е. Перевод с английского. «Наука», 1973. 713 с.
11. Jason Porter, Hope M. Queener, Julianna E. Lin, Karen Thorn, Abdul Awwal Adaptive Optics for Vision Science. Principles, Practices, Design, and Applications.// A Wiley-Interscience publication, 2006, С. 3-68
12. Тамарова Р.М. Оптические приборы для исследования глаза. - М.: Медицина, 1982.
13. Офтальмология, под редакцией Е. И. Сидоренко, ГЭОТАР-Медиа, 2007
14. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика Учебник. 2-е изд. - М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. - 656 с.
15. Родионов С.А. Основы оптики. Конспект лекций.– СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2000. - 167 с
16. М. М. Nazarov, А. Р. Shkurinov, Е .А. Kuleshov, V. V. Tuchin, “Terahertz time-domain spectroscopy of biological tissues”, Quantum Electronics, vol. 38, pp. 647-654 (2008)
17. Рябых Т.П. и др. ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОММЕРЧЕСКОЙ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СУСПЕНЗИОННЫХ МИКРОЧИПОВ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА БЕЛКОВЫХ ОПУХОЛЕВЫХ МАРКЕРОВ. Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН, т. 22, №2, 2011 http://ронц.рф/attachments/article/1735/vestnik_2_2011.pdf#page=58
18. Michael Hartmann et al. Protein microarrays for diagnostic assays - Analytical and Bioanalytical Chemistry, March 2009, Volume 393, Issue 5, pp 1407-1416 <http://link.springer.com/article/10.1007/s00216-008-2379-z/fulltext.html> (на англ. языке)).
19. Шишкин А.В. и др. - Иммунологические чипы для параллельного определения поверхностных антигенов и морфологического исследования клеток. - Биологические мембраны, 2008, т.25, №4, с.277-284. http://www.fazly.ru/files/fazly_articles/shishkin_VM%28ii%29%28rus%29_2008.pdf
20. Мирзабеков А.Д. Биочипы в биологии и медицине XXI века. Вестник Российской академии наук, т.73, №5, стр. 412-421. http://www.bio.su/dig_008_002.php

Дополнительная литература

1. Hornak J. The Basics of MRI // www.cis.rit.edu/htbooks/mri/
2. В.Ларичев, П.В.Иванов, Н.Г.Ирошников, В.И.Шмальгаузен, Л.Дж.Оттен, Адаптивная система для регистрации изображения глазного дна, Квантовая электроника, 32, №10 (2002)
3. A.V.Larichev, P.V.Ivanov, I.G.Irochnikov, V.I.Shmal'gauzen, Measurement of eye aberrations in a speckle field, Quantum Electronics, 31 (2001) 1108

4. N. G. Iroshnikov, A. V. Larichev, Adaptive optics in ophthalmology, Proc. SPIE Vol. 6284, 62840B. Sep 2006 Bishop, C. Neural Networks for Pattern Recognition. New York, NY: Oxford University Press, 1996. ISBN: 9780198538646.
5. Goncharov A.S., Iroshnikov N.G., Larichev Andrey V., Retinal Imaging: Adaptive Optics, in Handbook of Coherent-Domain Optical Methods Biomedical Diagnostics, Tuchin, Valery V. (Ed.), 2013, Springer Science + Business (New York, NY, United States), pp 397-434.

Учебно-методические пособия:

1. Электронный конспект лекций (PDF-файлы)
2. PowerPoint-презентации лекционного материала.

Интернет ресурсы:

1. <http://www.optics.ru>
2. <http://www.ntv.ru/novosti/146123>
3. <http://media.msu.ru/?cat=280>

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Лекции читаются в аудитории физического факультета, оснащенной широкоформатной классной доской и экраном с мультимедийным проектором.