

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета МГУ,
профессор, д.ф.-м.н.



/ В.В. Белокуров /

« 29 » марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Биофизика

Biophysics

Программа (программы) подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Биофизика
(103-01-00-152-фмн)

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом по МГУ от 24 ноября 2021 года № 1216 «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова».

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины: Биофизика.

Цель изучения дисциплины – расширение и углубление знаний о современном состоянии и тенденциях развития в области физики живых систем – фундаментальной и прикладной биофизики, а также связанных с нею мультидисциплинарностью биомеханики, биоинженерии, молекулярной биологии, нанобиотехнологий, медицинской биофизики.

2. Уровень высшего образования - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Научная специальность: 1.5.2 Биофизика, область науки: естественные науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам - Дисциплина, совпадающая с наименованием научной специальности.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего **108** часов, из которых **54** часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (**36** часов занятия лекционного типа, **18** часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **54** часа составляет самостоятельная работа учащегося.*

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Необходимы знания высшей математики и общей физики в объеме курсов, преподаваемых на физических специальностях классических университетов, полученных на предыдущих уровнях высшего образования.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
<p>Тема 1. Живые системы: химический состав и физические особенности Биофизика как теоретическая и системная биология. Проявление «биологической целесообразности» в гармоническом сочетании химического состава живых систем и физических закономерностей, обеспечивших формирование необходимых структурных и функциональных свойств биомолекул. Пространственная размерность как физическая первооснова функциональных градаций</p>	8	4 ак.ч.					4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4

клеточных структур. Биологические и физические критерии живого.										
Тема 2. Физическо-химические характеристики биологических структур Физико-химические характеристики биологических структур, тканей и сред. Вода и межмолекулярные взаимодействия. Первичные, вторичные, третичные и четвертичные структуры белков и нуклеиновых кислот. Статистическое описание и квантовомеханические явления в биологических системах.	8	4 ак.ч.				2 ак.ч.	4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4
Тема 3 Биофизика клетки Биофизика клетки. Биофизические механизмы морфогенеза. Пространственно-временная иерархия биологических систем. Совокупность физических, химических и биологических критериев живого.	8	2 ак.ч.				2 ак.ч.	4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4
Тема 4. Самоорганизация, симметрия, активные среды Упорядоченность биологических структур, энтропия и информация. Открытые системы, неравновесная термодинамика в биологии, стационарные	10	4 ак.ч.				2 ак.ч.	6	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4

состояния, нелинейность живых систем, диссипативные структуры. Синергетика. Активные среды. Колебательные и автоволновые процессы в биологических системах как физическая основа пространственно-временной самоорганизации. Симметрия и асимметрия.										
Тема 5. Молекулярные машины Молекулярные машины как фундаментальный физический критерий перехода от неживой к живой материи. Физическое определение «машины». Тепловой шум. Сопряжение преобразования энергии, вещества и информации в биологических молекулярных машинах как их характерная особенность. Концепция «фермент - молекулярная машина». Типы биологических машин в иерархии живых систем от макромолекулярных до биосферных масштабов.	8	2 ак.ч.				2 ак.ч.	4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4
Тема 6. Биомеханика Биомеханика как компонент системной биофизики. Классификация конструкций живых систем, связей и типов движений на молекулярном, клеточном и организменном	8	2 ак.ч.				2 ак.ч.	4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4

уровнях. Механика биологических жидкостей и жидкокристаллических структур.										
Тема 7. Механохимические процессы Механохимические процессы. Мышечные и немышечные формы подвижности. Структура сократительных систем. Термодинамика и кинетика механохимического преобразования. Механорецепция.	8	2 ак.ч.				2 ак.ч.	4	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4
Тема 8. Физико-химические предпосылки происхождения жизни на Земле Физико-химические предпосылки происхождения жизни на Земле. Сопряженное возникновение ионной клеточной и хиральной молекулярной асимметрий – стартовые этапы биопоэза. Роль неравновесной границы Океан-атмосфера в происхождении предшественников живых клеток. Молекулярные и макроскопические биологические машины как физическая основа биопоэза. Эйгеновские циклы. Переход от физико-химических стадий эволюции биосферы к биологическим.	6	2 ак.ч.				2 ак.ч.	4		2 ак.ч.	2
Тема 9. Биофизические аспекты	4	2 ак.ч.					2	2 ак.ч.		2

<p>эволюции Биофизические подходы к проблеме биологической эволюции: движущие силы и физико-химические механизмы. Термодинамические и кинетические аспекты. Эволюция как системный синергетический процесс. Биофизические критерии эволюции (энергетические, энтропийные, кинетические, информационные). Геном и биоценоз как субъекты биологической эволюции. Естественный и искусственный отбор. Физико-химические факторы эволюции. Биосфера Земли как цельный организм. Биофизические аспекты устойчивого развития ноосферы. Жизнь как космическое явление: биофизические, космологические и философские подходы.</p>										
<p>Тема 10. Биофизика мембран Биофизика мембран. Ленгмюровские монослои. Структура и физико-химические свойства биологических и искусственных мембран. Явления переноса, активный и пассивный транспорт ионов, сопряженный транспорт веществ. Насосы, каналы, переносчики. Осмотические и электрические</p>	10	4 ак.ч.				2 ак.ч.	6	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4

явления, форма клетки, динамика мембран. Возбудимость как автоволновой процесс в активной среде, распространение нервного импульса, синаптическая передача.										
Тема 11. Преобразование энергии в клетках Физические основы преобразования и аккумуляции энергии в биологических системах. Биологическое окисление, дыхательная цепь, митохондрии, перенос электронов, механизмы энергетического сопряжения в биомембранах. Фотобиологические процессы. Оптические свойства биомолекул. Структурная организация фотосинтетического аппарата фотосинтезирующих бактерий, высших растений и водорослей. Первичные процессы фотосинтеза, миграция энергии, фотосистемы 1 и 2. Фоторецепция.	6	2 ак.ч.					2	2 ак.ч.	2 ак.ч.	4
Тема 12. Биофизика рецепции Биофизика и физиология рецепции. Слух, зрение, обоняние. Биологические часы, физиологические ритмы, хронобиология.	4	2 ак.ч.					2	2 ак.ч.		2

Тема 13. Биоинженерия и нанобиотехнологии Биоинженерия – инновационно ориентированная ветвь биофизики, медицинской физики и молекулярной биологии, наука о фундаментальных принципах конструирования наноразмерных объектов, искусственных клеточных и биомиметических структур, создаваемых с целью их исследовательского а также прикладного использования в медицине и народном хозяйстве. Важным направлением биоинженерии является создание, разработка и совершенствование исследовательских, диагностических и терапевтических методов, устройств и приборов, связанных с различными направлениями физико-химической биологии, фармакологии и медицины, разработка методов адресной доставки лекарств. Разработка методов криоконсервации клеток, органов и тканей.	14	4 ак.ч.				2 ак.ч.	6	4 ак.ч.	4 ак.ч.	8
Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену	6						2			4

Итого	108	36				18	54	26	24	54
--------------	------------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

8. Образовательные технологии

Используемые формы и методы обучения: лекции и семинарские занятия, самостоятельная работа аспирантов.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель использует как классические формы и методы обучения (лекции и семинарские занятия), так и активные методы обучения.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует при необходимости аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. В.А.Твердислов, А.Э.Сидорова, Л.В.Яковенко Биофизическая экология УРСС, 2012. 544 с.
2. Т.Уэй Физические основы молекулярной биологии: Учебное пособие / под ред.
3. Л.В.Яковенко. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010
4. Клетки /под ред. Б.Льюина и др. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011
5. Л.А.Блюменфельд Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики.М.:Едиториал
6. УРСС, 2002.160 с.
7. А.Б.Рубин Биофизика, в 2-х томах, М., 2002-2006
8. И.Пригожин, Д.Кондепуди Современная термодинамика. От тепловых двигателей до
9. диссипативных структур М «МИР» 2002.
10. Дж.Г.Николлс, А.Р.Мартин, Б.Дж.Валлас, П.А.Фукс От нейрона к мозгу М., УРСС, 2003
11. В.А.Твердислов, А.Н.Тихонов, Л.В.Яковенко Физические механизмы функционирования
12. биологических мембран, Изд. МГУ, М., 1987. 187 с.
13. С.Э.Шноль Физико-химические факторы биологической эволюции, "Наука", М., 1979
14. А.В.Финкельштейн, О.Б.Птицын Физика белка. М.:КДУ, 2005.- 456 с.

Дополнительная литература

1. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Пер. с англ. 3-е издание. – М.: Эдиториал, 2001. 310 с.
2. Г.Хакен Тайны природы, Синергетика: учение о взаимодействии. Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 320 с.
3. Мюррей Дж. Математическая биология. Том 1. Введение. М. Ижевск: НИЦ
4. «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009. 776 с.

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости), интернет-ресурсы:

1. <http://biophys.phys.msu.ru>
2. <http://biophys.phys.msu.ru/images/MFK-Biophys/Lectures-BIOPHYSICS-VATverdislov-2022-comp.pdf>

11. Язык преподавания – русский.

12. Преподаватели:

Профессор, доктор физико-математических наук Твердислов Всеволод Александрович, e-mail: tverdislov@mail.ru.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы домашних заданий:

Пример тестовых заданий для промежуточной аттестации: Физические основы самоорганизации в активных средах:

- (а) распределенный или сосредоточенный ресурс свободной энергии;
- (б) линейные или нелинейные связи между соседними элементами активной среды;
- (в) точечный и распределенный режимы возбудимости в активной среде;
- (г) автоволновой режим самоорганизации, хаотизация;
- (д) примеры самоорганизации в активных средах неживой и живой природы;
- (е) уравнения модели Бонхёффера — ван дер Поля, Д. Нагумо.

Вопросы для промежуточной аттестации :

1. Биологические и физические критерии Живого
2. Происхождение живых систем
3. Биофизические механизмы эволюции биосферы, критерии прогрессивности и устойчивости
4. Размеры и размерности живого. Иерархичность.
5. Идеи симметрии в теоретической биологии
6. Хиральность как первооснова молекулярно-биологических иерархий
7. Биофизические мотивы типизации биомолекул
8. Биофизика - термодинамика и информатика
9. Биофизика и электромагнетизм
10. Биофизика и квантовая механика
11. Биофизика и динамика макромолекул
12. Биофизика и радиация
13. Биофизические проблемы морфогенеза
14. Биофизика рецепции
15. Физическая оптика биологических объектов (все диапазоны)
16. Биомеханика живого. Все уровни
17. Активные среды, автоволновая самоорганизация
18. Целесообразность и механизмы возбудимости
19. Механизмы биологической подвижности
20. Жидкокристаллические структуры в живых системах
21. Молекулярные машины и макромашины в биологической иерархии, КПД
22. Таблица Менделеева в геосфере и биосфере. Изотопия.
23. Экология как биофизика макросистем
24. Дуализм биосферы – продуценты и редуценты. Устойчивость.
25. Вода
26. Физические принципы организации и функционирования генома
27. Ферментативный катализ
28. Принципы и механизмы регуляции биологических процессов. Биофизическая кибернетика
29. Временная организация биохимических и физиологических процессов. Биологические часы

30. Фотофизические и фотохимические биологические процессы
31. Принципы и механизмы преобразования информации в биологических процессах.
Биофизика когнитивных процессов
32. Математические модели: сообщества, биотические отношения, возбудимые среды, явления переноса

**Методические материалы
для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проходит по билетам, включающим 3 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

Шкала оценивания знаний, умений и навыков

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний основных законов биофизики	В целом успешные, но не систематические знания основных законов биофизики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных законов биофизики	Успешные и систематические знания основных законов биофизики
Умения	Отсутствие умения применять знания основных законов биофизики для решения научных задач	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания основных законов биофизики для решения научных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания основных законов биофизики для решения научных задач	Успешное и систематическое умение применять знания основных законов биофизики для решения научных задач
Навыки	Отсутствие/фрагментарное владение навыками решения научных задач в области биофизики	В целом успешное, но не систематическое владение навыками решения научных задач в области биофизики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения научных задач в области биофизики	Успешное и систематическое владение навыками решения научных задач в области биофизики