

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

УТВЕРЖДЕНО
приказом ФИЦ КазНЦ РАН
от 01.03.2019 № 8-А

Разработано и рекомендовано к
утверждению Ученым советом
КИББ ФИЦ КазНЦ РАН
14 января 2019 г., протокол №1

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«БИОФИЗИКА»

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки

06.06.01 БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Направленность подготовки:

03.01.02 – Биофизика

Квалификация выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Содержание дисциплины
5. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации, критерии оценки.
6. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
7. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

1. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СПОСОБ И ФОРМЫ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ, ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия - 1 зачетная единицы труда (36 часов), самостоятельная работа – 9 зачетных единиц труда (324 часа), всего – 10 зачетных единиц труда (360 часов).

Форма проведения аудиторных занятий – лекции и консультации.

В рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

Формой текущего контроля является зачет.

Формой промежуточной аттестации является кандидатский экзамен.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения дисциплины выпускник должен обладать следующими компетенциями:

2.1 Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

2.2 Обще-профессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным

образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

2.3 Профессиональные компетенции:

- способность собирать и анализировать мировые научные знания в области биофизики, формулировать направления самостоятельных исследований (ПК-1);
- владение основами современных методов исследований в биофизике (ПК-2);
- способность к научным исследованиям в области молекулярной биофизики, биофизики клетки, биофизики сложных систем (ПК-3).

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Биофизика» является обязательной и включена в Блок № 1 программы аспирантуры, относящийся к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки. Обучение проводится на втором курсе.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов «Молекулярная биология», «Физическая химия», «Молекулярная физика», «Методы биофизики» в рамках магистерской программы образования или специалитета. Аспирант должен обладать навыками самостоятельного освоения изучаемого материала. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине.

В результате освоения дисциплины аспирант должен получить дополнительные знания, умения и навыки. Аспирант должен:

Знать:

- основные направления развития биофизики;
 - особенности строения и функционирования биологических макромолекул;
 - основные методические подходы к изучению структуры, динамики и активности белков: методы ЭПР, ЯМР, ИК-, КД-, УФ- и флуоресцентной спектроскопии, молекулярной динамики;
 - сферы применения биотехнологии в народном хозяйстве и медицине;
 - правила техники безопасности при проведении экспериментальных работ в лабораторных условиях.
- ***Уметь:***
- критически анализировать и оценивать основные концепции и генерировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных дисциплинах;

- обсуждать полученные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории;
- ориентироваться в специальной научной и методической литературе по профилю подготовки и смежным вопросам;
- проводить биофизические эксперименты

Владеть:

- навыками анализа методологических проблем при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем;
- навыками использования теоретических знаний для объяснения особенностей действия физических факторов на живые организмы
- технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований;
- теоретическими знаниями об особенностях строения живых систем на молекулярном и клеточном уровнях организации живой материи и функциях их отдельных элементов;
- - навыками практической работы в биофизической лаборатории: приготовление образцов, проведение экспериментов, анализ полученных данных.
- системным пониманием актуальных проблем методологического арсенала биологических наук;
- системным пониманием перспектив развития и социального значения избранной профессиональной области.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а Лекционный материал 1 зет (36 часов)

№ п/п	Содержание излагаемого материала
1	Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики. Задачи биофизики в практике народного хозяйства.

2	Особенности механизмов ферментативных реакций. Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.
3	Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
4	Применение линейной термодинамики в биологии. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика. Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия. Связь энтропии и информации в биологических системах.
5	Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров. Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот.
6	Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула- клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров.
7	Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок.
8	Электронная корреляция в атомах и молекулах. Её проявления в свойствах молекул. Метод конфигурационного взаимодействия.
9	Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Различные методы выделения атомов в молекулах. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул. Индексы реакционной способности. Теория граничных орбиталей.
10	Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность.
11	Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма- резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний.

12	Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, π -электроны, энергия делокализации. Принцип Франка-Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.
13	Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран.
14	Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны. Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия.
15	Общие закономерности взаимодействия лигандов с рецепторами. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток. проблема вкусовых рецепторных белков.
16	Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемптосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе.

б Самостоятельная работа 9 зет (324 часа)

№ п/п	Содержание материала
1	Основы классической теории химического строения. Основные положения классической теории химического строения. Структурная формула и граф молекулы. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул.
2	Задачи математического моделирования в биологии. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы.
3	Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний. Модели триггерного типа. Силовое и параметрическое переключение триггера. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость.
4	Электрические и магнитные свойства. Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные

	методы исследования строения молекул. Химический сдвиг.
5	Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.
6	Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.
7	Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой.
8	Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.
9	Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.
10	Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Колебания с большой амплитудой. Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.
11	Межмолекулярные взаимодействия. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.
12	Поверхность конденсированных фаз. Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

5. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

5.1. Текущий контроль: текущий контроль освоения дисциплины проводится регулярно, начиная со второй недели обучения, в форме контроля посещаемости, устного опроса по изучаемой теме. Формой итогового контроля по дисциплине является зачет. Зачет проводится по вопросам.

Вопросы к итоговому контролю

1. Кинетика простейших ферментативных реакций.
2. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
3. Первый и второй законы термодинамики в биологии.
4. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
5. Применение линейной термодинамики в биологии.
6. Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия.
7. Пространственная конфигурация биополимеров.
8. Переходы глобула - клубок.
9. Типы взаимодействий в белковых макромолекулах.
10. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах.
11. Представления о зарядах на атомах и порядках связей.
12. Индексы реакционной способности.
13. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, π -электроны, энергия делокализации.
14. Характеристика мембранных белков.
15. Характеристика мембранных липидов.
16. Транспорт неэлектролитов.
17. Проницаемость мембран для воды.
18. Общие закономерности взаимодействия лигандов с рецепторами.
19. Взаимодействие квантов с молекулами.
20. Основы классической теории химического строения.
21. Колебательные процессы в биологии.
22. Дипольный момент и поляризуемость молекул.
23. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Химический сдвиг.
24. Оптические спектры молекул. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.
25. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах.
26. Водородная связь.
27. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

5.2. Критерии оценки итогового контроля:

«зачтено»	Вопрос раскрыт полностью или по существу, приведены конкретные примеры
«не зачтено»	Вопрос не раскрыт или раскрыт частично, не хватает ключевых примеров

При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации

5.3. Промежуточная аттестация: кандидатский экзамен по утвержденной программе

Кандидатский экзамен по Биофизике проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

5.4. Критерии оценки промежуточной аттестации

Отлично	<ul style="list-style-type: none"> – Все вопросы раскрыты полностью; – Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание; – Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала; – Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами; – Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом; – Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.
Хорошо	<ul style="list-style-type: none"> – Вопросы раскрыты по существу; – Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание; – Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала; – Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами; – В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом; – Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.

Удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> – Вопросы раскрыты, но не полностью; – Слабое понимание связи теории и практики; – Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач; – Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом; – Дополнительные вопросы вызывают затруднение.
Неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> – Большая часть вопросов не раскрыта; – Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач; – Нет ответов на дополнительные вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Основная литература

1. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уолтер П. Молекулярная биология клетки. В 3 томах. М., Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2013.
2. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уолтер П. "Основы молекулярной биологии клетки" из-во Лаборатория знаний, 2018. ISBN 978-5-00101-087-6.
3. Волькенштейн М.В. Биофизика, гл.4,6. М: Наука, 1981.
4. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия, т. 1, гл. 2,5; т.3, гл. 17,20,21. М: Мир, 1982.
5. Ленинджер А. Основы биохимии, в 3-х тт., гл. 4-8, 23,29. М: Мир, 1985.
6. Матвеев А.М. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1987.
7. Огурцов А.Н. Биологические мембраны. НТУ «ХПИ», 2012.
8. Рубин А.Б. Биофизика. т. 1, гл. 7-14. М: Книжный дом "Университет", 1999.
9. Фершт Э. Структура и механизм действия ферментов, гл. 1,8-12. М: Мир, 1980.
10. Финкельштейн А. В., Птицын О. Б. Физика белка. М: Книжный дом "Университет", 2002, 2005.

11. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. Общая цитология. М., 2004.
12. Шульц Г.Е., Ширмер Р.Х. Принципы структурной организации белков. М: Мир, 1982.
13. Эмануэль Н.М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики. 4-е изд. — М: Высшая Школа, 1984.

6.2. Дополнительная литература

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.
2. Полинг Л. Общая химия, гл. 1-6, 9-13, 16, 24. М: Мир, 1974.
3. Савельев Н.В. Курс общей физики. Т.1. Механика и молекулярная физика М.: Наука, 1977, Т.3, Молекулярная физика, 2002.
4. Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т.2, М.: Наука, 1975, Физматлит МФТИ, 2003.
5. Степанов В.М. Молекулярная биология. Структура и функции белков. М.: Изд-во Московского университета: Наука, 2005.

6.3. Электронные ресурсы

1. <http://humbio.ru>. (База знаний по биологии человека).
2. <http://www.biophys.msu.ru/library/rubin/>
3. <http://www.biophys.msu.ru/library/lectures/>

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные, семинарские занятия и консультации, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче кандидатских экзаменов проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки и/или конференц-залы), оборудованных мебелью (столы, стулья), классной доской (меловой), компьютером, проектором для демонстрации презентаций, компьютерами с доступом к электронным библиотечно-информационным ресурсам.