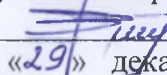


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)


«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН,
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко
«29» декабря 2021 г.



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по основной образовательной программе аспирантуры по научной специальности
Биофизика

**Группа научных специальностей 1.5. – «Биологические науки»,
научная специальность 1.5.2. «Биофизика»**

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)
ИАПУ ДВО РАН

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 № 951.

Программа кандидатского экзамена обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября

Заведующий кафедрой МК ПКВК: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составители: д-р физ.-мат. наук, профессор А.И. Абакумов

АННОТАЦИЯ

Программа кандидатского экзамена по научной специальности «Биофизика» предназначена для обучающихся по образовательной программе высшего образования - программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по группе научных специальностей 1.5. – «Биологические науки» и научной специальности 1.5.2 – «Биофизика».

Программа составлена на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.5 – «Биологические науки» и научной специальности 1.5.2 – «Биофизика», учебного плана подготовки аспирантов по научной специальности «Биофизика», Типовой программы кандидатского экзамена по специальности, утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 и рабочей программы учебной дисциплины «Теоретическая биофизика» в рамках основной образовательной программы аспирантуры по группе специальностей 1.5 – «Биологические науки», научной специальности 1.5.2 - «Биофизика», разработанной в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

В основу настоящей программы положены теоретическая и математическая биофизика (кинетика биологических процессов, математическое моделирование микробиологических структур, популяций и сообществ), управление в биологических системах, биофизика в биологии и экологии.

Кандидатский экзамен проводится в форме устного опроса.

Программа кандидатского экзамена включает в себя:

- аннотацию;
- содержание кандидатского экзамена;
- вопросы к кандидатскому экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

I. СОДЕРЖАНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

МОДУЛЬ 1. БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предмет биофизики, ее место в естествознании. Взаимосвязь физических, физико-химических и биологических процессов в живых организмах. Разделы и методы биофизики.

Раздел 1. Биофизические процессы

Колебательные процессы в биологии, значение их теоретического исследования. Понятие автоколебательного режима динамической модели. Предельные циклы. Примеры автоколебательных моделей.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности механизма ферментативных процессов.

Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Общие принципы регулирования и анализа более сложных ферментативных реакций. Множественность стационарных состояний биологических систем. Модели триггерного

типа. Управляющие параметры. Параметрическое и силовое переключение триггера. Примеры моделей триггерных систем.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Теория абсолютных скоростей реакций и активированного комплекса.

Раздел 2. Биофизические структуры

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Структурная организация мембран. Липиды. Характеристика мембранных белков. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах.

Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Зоны дисперсии электрических параметров биологических объектов.

Проблема транспорта веществ через биомембраны. Проницаемость биомембран. Движущие силы процесса переноса вещества через мембрану. Электрохимический потенциал. Активный и пассивный транспорт. Уравнения диффузии, константа проницаемости.

Причины возникновения биопотенциалов. Потенциал покоя и его связь с распределением ионов. Роль натрия и калия в генерации потенциала действия в нервах и мышцах. Роль кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменения потоков ионов при возбуждении. Связь биоэлектрических явлений с метаболизмом и распространением возбуждения.

Кабельная теория проведения возбуждения. Математические модели. Физико-химические изменения в нервах при проведении возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.

Биофизика сократительных систем. Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах.

Раздел 3. Фотосинтез

Спектр действия, поглощение и миграция энергии в фотосинтетической единице. Механизмы разделения зарядов в реакционном центре. Генерация потенциалов. Роль, мембранных структур.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электронтранспортных цепях фотосинтеза. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотофосфорилирования.

Энергетический и квантовый выход. Молекулярные механизмы других фотобиологических процессов: зрение; фототропизм; фотопериодизм; фототаксис; абиогенный синтез веществ; фотодинамическое действие; фотореактивация; действие ультрафиолета на белки и нуклеиновые кислоты; бактерицидное действие.

Молекулярная биофизика. Общие понятия стабильности конфигурации молекул, энергия связи. Макромолекула как основа организации биоструктур. Своеобразие макромолекул как физического объекта.

МОДУЛЬ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОФИЗИКЕ

Раздел 1. Математическое моделирование

Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.

Понятие математической модели. Задачи и возможности математического моделирования в биологии. Понятие адекватности модели реальному объекту. Принципы построения математических моделей биологических систем. Линейные и нелинейные процессы.

Математические модели биологических и экологических систем. Принципы и этапы моделирования. Моделирование динамических систем. Точечные и распределенные модели.

Раздел 2. Динамические системы

Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие фазовой плоскости.

Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний.

Быстрые, медленные переменные. Временная иерархия и принцип узкого места. Его проявление в стационарной кинетике биологических процессов. Понятие о методе квазистационарных концентраций.

Модели на основе систем дифференциальных уравнений. Качественное исследование свойств решений, Фазовое пространство, фазовый портрет.

Раздел 3. Моделирование биофизических процессов

Активные химические и биологические среды. Модель Тьюринга. Распространение возмущений в активных химических и биологических средах.

Пространственно-неоднородные стационарные состояния — диссипативные структуры. Устойчивые и неустойчивые структуры в биологическом морфогенезе. Модели дифференцировки тканей. Базовые модели в математическом моделировании биологических процессов.

Термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам. Классификация термодинамических систем. Первый закон термодинамики и его применение к биологическим системам. Второй закон термодинамики в биологии. Понятие термодинамического равновесия. Изменение энтропии в открытых системах. Теорема Пригожина. Осуществление принципа Ле-Шателье в стационарных состояниях.

Связь энтропии и информации в биологических системах. Понятия количества и ценности информации. Условия запасаения, хранения и переработки информации в макромолекулярных системах.

II. ВОПРОСЫ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Предмет биофизики, ее место в естествознании. Взаимосвязь физических, физико-химических и биологических процессов в живых организмах. Разделы и методы биофизики.
2. Колебательные процессы в биологии, значение их теоретического исследования.
3. Кинетика ферментативных реакций. Особенности механизма ферментативных процессов.

4. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Общие принципы регулирования и анализа более сложных ферментативных реакций.
5. Множественность стационарных состояний биологических систем. Модели триггерного типа. Управляющие параметры. Параметрическое и силовое переключение триггера. Примеры моделей триггерных систем.
6. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Теория абсолютных скоростей реакций и активированного комплекса. Ограничения применимости этих представлений в биоструктурах.
7. Общая характеристика реакций в биологических системах. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.
8. Понятие математической модели. Задачи и возможности математического моделирования в биологии. Понятие адекватности модели реальному объекту. Принципы построения математических моделей биологических систем. Линейные и нелинейные процессы.
9. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие фазовой плоскости.
10. Стационарные состояния биологических систем. Устойчивость стационарных состояний.
11. Быстрые, медленные переменные. Временная иерархия и принцип узкого места. Его проявление в стационарной кинетике биологических процессов.
12. Понятие автоколебательного режима динамической модели. Предельные циклы. Примеры автоколебательных моделей.
13. Математические модели биологических и экологических систем. Принципы и этапы моделирования. Моделирование динамических систем. Точечные и распределенные модели.
14. Модели на основе систем дифференциальных уравнений. Качественное исследование свойств решений, Фазовое пространство, фазовый портрет.
15. Активные химические и биологические среды. Модель Тьюринга. Распространение возмущений в активных химических и биологических средах.
16. Пространственно-неоднородные стационарные состояния — диссипативные структуры. Устойчивые и неустойчивые структуры в биологическом морфогенезе. Базовые модели в математическом моделировании биологических процессов.
17. Термодинамика необратимых процессов и ее применение к биологическим системам. Классификация термодинамических систем.
18. Первый закон термодинамики и его применение к биологическим системам. Второй закон термодинамики в биологии. Понятие термодинамического равновесия.
19. Изменение энтропии в открытых системах. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Стационарное состояние и условие минимума скорости прироста энтропии.
20. Теорема Пригожина. Осуществление принципа Ле-Шателье в стационарных состояниях.
21. Границы применимости линейной термодинамики в биологии. Критерий «удаленности» сложных биологических процессов и их отдельных стадий от термодинамического равновесия.

22. Связь энтропии и информации в биологических системах. Понятия количества и ценности информации. Условия запасаения, хранения и переработки информации в макромолекулярных системах.
23. Молекулярная биофизика. Общие понятия стабильности конфигурации молекул, энергия связи.
24. Макромолекула как основа организации биоструктур. Своеобразие макромолекул как физического объекта.
25. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Структурная организация мембран. Липиды. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах.
26. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Зоны дисперсии электрических параметров биологических объектов.
27. Проблема транспорта веществ через биомембраны. Проницаемость биомембран. Движущие силы процесса переноса вещества через мембрану. Уравнения диффузии, константа проницаемости.
28. Потенциал действия. Роль натрия и калия в генерации потенциала действия в нервах и мышцах. Роль кальция и хлора в генерации потенциала действия у других объектов. Функциональное значение потенциала действия.
29. Связь биоэлектрических явлений с метаболизмом и распространением возбуждения.
30. Кабельная теория проведения возбуждения. Физико-химические изменения в нервах при проведении возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.
31. Биофизика рецепции. Сенсорная рецепция. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.
32. Фотосинтез. Спектр действия, поглощение и миграция энергии в фотосинтетической единице. Механизмы разделения зарядов в реакционном центре. Генерация потенциалов. Роль, мембранных структур.
33. Энергетический и квантовый выход. Молекулярные механизмы других фотобиологических процессов.

III. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Волькенштейн М.В. Биофизика / М.В. Волькенштейн. - СПб.: Лань, 2012. - 608 с. Дифференциальные уравнения и их приложение в биологии: учебное пособие / Г. Г. Крашенинникова; [отв. ред. К. А. Логун]. - Магадан: Кордис, 2008. - 155 с.
2. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х томах / А.Б. Рубин. - М.: МГУ, 2004. - 917 с.
3. Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика / М.Б. Джаксон. - М.: Бином, 2015. - 551 с.
4. Манташьян П.Н. Биофизика органов чувств / П.Н. Манташьян. - М.: Ленанд, 2017. - 160 с.
5. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения. Уч. для вузов. / Ю.Б. Кудряшов, А.Б. Рубин. - М.: Физматлит, 2014. - 216 с.
6. Плутахин, Г.А. Биофизика: Учебное пособие / Г.А. Плутахин, А.Г. Кощаев. - СПб.: Лань, 2012. - 240 с.

7. Самойлов В.О. Медицинская биофизика / В.О. Самойлов. - СПб.: СпецЛит, 2013. - 591 с.
8. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.) Издательство РХД, 2011 г. 560 стр.
9. Тарасевич, Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование: Вводный курс / Ю.Ю. Тарасевич. - М.: КД Либроком, 2013.
10. Зайдель А.Н. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учебное пособие / А.Н. Зайдель. - СПб.: Лань, 2016. - 304 с.
11. Математические модели в биологии. Учебное пособие / Т.Ю. Плюснина и др. - Москва: Огни, 2014. - 136 с.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Рубин А.Б. Биофизика: В 2 т. М.: Высшая школа, 2000. Код доступа: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/>
2. Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М.: Наука, 1985. 182 с.
3. Динамическая теория биологических популяций. Под ред. Полуэктова Р.А. М.: Наука, 1974. 456 с.
4. Свирижев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука. 1978. – 352 с.
5. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., 1984. Код доступа: http://www.newlibrary.ru/author/romanovskii_yu_m___stepanova_n_v___chernavskii_d_s_.html
6. Murray J.D. Mathematical Biology. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002, 576 p. Код доступа: <http://www.ift.unesp.br/users/mmenezes/mathbio.pdf>
7. Жижин Г.В. Саморегулируемые волны химических реакций и биологических популяций. Санкт-Петербург: Наука, 2004.- 163 с. Код доступа: <http://lib.mexmat.ru/books/48580>
8. Биофизика / П.Г. Костюк и др. Киев: Выща школа, 1988.