

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований высшего образования по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

I. Структура и процедура проведения оценки знаний на вступительном испытании по специальности

Структура и процедура проведения оценки знаний на вступительном испытании по специальности проходит в форме собеседования в устной форме. Абитуриенту предоставляется 60 минут на подготовку. Собеседование проводится на русском языке, абитуриент отвечает на три вопроса в билете.

Критерии оценивания

Максимально возможная оценка за собеседование – 5 баллов, минимальное количество баллов, необходимое для участия в конкурсе по итогам собеседования - 4 балла. Выставляется усреднённая оценка по ответам на все вопросы экзаменационной комиссии по специальности, указанной в заявлении о поступлении в аспирантуру и соответствующей научной специальности будущей научно-исследовательской работы (диссертации) абитуриента.

Критерии оценивания	Баллы
Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы полные знания	5
Ответ полный, с незначительными замечаниями	4
Ответ неполный, существенные замечания	3
Ответ на поставленный вопрос не дан	2

II. Содержание программа

Введение

Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики.

Биофизика сложных систем и молекулярная биофизика

Понятие о термодинамике. Системы, типы систем (открытые, закрытые, изолированные, стационарные). Энергия. Функция состояния. Термодинамические системы и термодинамические параметры.

Первый закон термодинамики, его математическое выражение. Законы поведения идеального газа при изобарном, изохорном и адиабатическом процессах. Теплоемкость. Закон Гесса, как следствие первого закона термодинамики, использование закона Гесса в биологии.

Второй закон термодинамики. Направление процесса в системе. Самопроизвольные обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона (Клаузиуса, Оствальда, Томпсона), понятие о вечных двигателях первого и второго рода. Принцип Каратеодори и его следствие. Второй закон

термодинамики для обратимых процессов. Нахождение энтропии, ее физический смысл. Второй закон термодинамики для необратимых процессов. Энтропия, работа и количество теплоты в необратимом процессе.

Энергия Гиббса, нахождение полезной работы, совершаемой системой. Энергия Гиббса и энтропия, как критерии самопроизвольного протекания процесса в системе. Энергия Гиббса как характеристическая функция. Связь энергии Гиббса, энтальпии и энтропии. Химический потенциал, его физический смысл и математическое выражение. Химический потенциал, как критерий самопроизвольности протекания процесса в системе (на примере перехода вещества между двумя фазами). Правило фаз Гиббса.

Особенности кинетики реакции, катализируемых ферментами. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен с использованием метода стационарного состояния и равновесного метода. Различия методов. Смысл величин константы Михаэлиса и коэффициента k_2 . Графический анализ кинетики ферментных реакций, уравнение Лайнуивера-Берка. Ингибирование ферментов. Типы ингибирования. Конкурентное ингибирование, его математический и графический анализ. Примеры конкурентного ингибирования в биологических системах. Неконкурентное и смешанное ингибирование: анализ, примеры. Другие типы регуляции скорости ферментной реакции. Аллостерия. Теории аллостерии. рН-регуляция скорости ферментной реакции. Самоторможение субстратом. Модель биологических часов. Основы фармакокинетики: анализ действия лекарственных препаратов. Пространственная организация биополимеров. Электронные свойства биополимеров.

Основы биоинформатики. Биоинформатические базы данных структур и последовательностей биомолекул. Алгоритмы выравнивания последовательностей. Поиск гомологов и предсказание функции белков. Предсказание структуры белков по последовательности. Основы молекулярного моделирования и молекулярной динамики. Докинг лигандов. Понятие о системной биологии и анализе биологических сетей.

Биофизика мембранных процессов

Полупроницаемые мембраны и нейтральные молекулы в растворе. Осмотическое давление. Заряженные молекулы в растворе, равновесие Доннана. Константы равновесия. Активность вещества. Константы равновесия, как критерии протекания биохимической реакции в системе. Нахождение активности растворенного вещества и растворителя (уравнение Гиббса-Дюгема и закон Рауля). Активность и коэффициент активности электролитов. Растворимость макромолекул. Уравнение Дебая-Хюккеля. Произведение растворимости (ПР) макромолекул. Эффекты всаливания и высаливания. Ряды Гофмейстера степени высаливающего действия катионов и анионов. Зависимость константы активности от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Теория переходного состояния при анализе физико-химического смысла энергии активации и энтальпии активации. Анализ ферментной реакции с использованием теории переходного состояния. Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста. Принцип работы ионоселективных мембранных электродов. Нахождение стандартных значений электрохимических потенциалов веществ и их использование для оценки направления протекания реакции, вычисления энтропии и энтальпии реакции, биоэлектрических потенциалов. Мембранная и фазовая теория. Развитие мембранной теории.

Современные представления о механизме генерации мембранного потенциала (потенциала покоя). Роль ионов калия. Гипотеза натриевого насоса.

Транспортная АТФаза. Значение метаболизма для поддержания потенциала покоя. Потенциал действия. Роль ионов натрия в генерации потенциала действия. Кинетика ионных потоков. Метод фиксации напряжения. Распространение потенциала действия в различных возбудимых образованиях. Метаболические процессы, обеспечивающие восстановление ионных и электрических градиентов.

Электропроводность биологических объектов. Пассивные электрические явления. Электрические характеристики биологических тканей и способы их измерения. Прохождение постоянного и переменного тока через биологические ткани. Импеданс: его активная (омическая) и реактивная (емкостная) составляющие. Зависимость электропроводности, емкости и диэлектрической проницаемости от частоты переменного тока. Простейшие эквивалентные схемы биологических объектов. Механизм поляризации в биологических тканях. Виды поляризации. Время релаксации.

Биофизика сократительных систем

Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем. Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

Биофизика рецепции

Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторах. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт. Представления о цитоплазматическом и ядерном транспорте.

Типы рецепции: сенсорная, фоторецепция, механорецепция, электрорецепция, хеморецепция. Представление о структуре рецепторных клеток и механизмах рецепции.

Биофизика фотобиологических процессов

Основы механизма поглощения и излучения квантов света молекулами. Поперечное сечение фотопроцесса, квантовый выход. Электромагнитный спектр.

Механизм элементарных фотопроцессов (фотовосстановление, фотоокисление, фотоизомеризация, фоторазложение). Общие свойства механизма фотобиологических процессов: возбуждение фоторецептора, миграция энергии, первичный фотохимический акт, сопряжение с энзиматическими состояниями, физиологический эффект. Механизмы и способы выявления миграции энергии.

Основные фотобиологические процессы в живых системах: фотосинтез, фототаксис, фототропизмы, фотоморфогенез, зрительный процесс, фотореактивация, фотодинамическое действие.

Методы биофизики

Оптическая спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Спектры поглощения белков и нуклеиновых кислот. Флуоресцентная спектроскопия. Резонансный перенос энергии (FRET). Круговой дихроизм. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов. Рентгеноструктурный анализ и кристаллография биомолекул. Основные принципы ЯМР-спектроскопии. Применение спектроскопии ЯМР в структурно-динамических исследованиях биомолекул. Электронная микроскопия,

криоэлектронная микроскопия и криоэлектронная томография. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Применение спектроскопии ЭПР при исследовании биологических объектов. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, гамма-резонансная спектроскопия. Масс-спектрометрия. Методы ионизации биологических макромолекул. Лазерная десорбция-ионизация из матрицы (MALDI). Ультразвук и применение ультразвука в биомедицине. Позитронно-эмиссионная томография. Действия ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты и системы. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц биологическими объектами.

III. Список рекомендуемой литературы:

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие / Д. В. Сивухин. – 4-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 1: Механика – 2010. – 560 с. – ISBN 5-9221-0225-7.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. – Том 3: Электричество – 2009. – 656 с. – ISBN 978-5-9221-0673-3.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики: учебное пособие: в 3 томах / И. В. Савельев. – 15-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Том 1: Механика. Молекулярная физика – 2019. – 436 с. – ISBN 978-5-8114-3988-1.
4. Савельев, И. В. Курс общей физики: учебное пособие: в 3 томах / И. В. Савельев. – 14-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Том 2: Электричество и магнетизм. Волны.
5. Оптика: Учебное пособие – 2018. – 500 с. – ISBN 978-5-8114-0631-9.
6. Савельев, И.В. Курс общей физики: учебное пособие: в 3 томах / И.В. Савельев. – 12-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Том 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц – 2018. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-0632-6.
7. Волькенштейн, М. В. Биофизика: учебное пособие / М. В. Волькенштейн. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 608 с. – ISBN 978-5-8114-0851-1.
8. Спирин, А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка: учебное пособие / А. С. Спирин. – Москва: Лаборатория знаний, 2019. – 594 с. – ISBN 978-5-00101-623-6.
9. Плутахин, Г. А. Биофизика: учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Г. Кошаев. – 2-е изд., перераб., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 240 с. – ISBN 978-5-8114-1332-4.
10. Уилсон, К. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии: учебное пособие / К. Уилсон, Д. Уолкер; под редакцией А. В. Левашова, В. И. Тишкова; перевод с английского Т. П. Мосоловой, Е. Ю. Бозелек-Решетняк. – 2-е изд. (эл.). – Москва: Лаборатория знаний, 2015. – 855 с. – ISBN 978-5-9963-2877-2.
11. Рубин, А. Б. Биофизика: учебник: в 2 томах / А. Б. Рубин. – Москва: МГУ имени М.В.Ломоносова, [б. г.]. – Том 1: Теоретическая биофизика – 2004. – 448 с. – ISBN 5-211-06109-8.