

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуц/

«30» октября 2023 года

**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания для поступающих в аспирантуру**

**1.5 Биологические науки**

*шифр и наименование группы научных специальностей*

**1.5.2 Биофизика**

*шифр и наименование научной специальности*

Красноярск 2023

Данная программа базируется на следующих дисциплинах: общая биофизика; молекулярная биофизика; биофизика клеточных и мембранных процессов; биофизика фотобиологических процессов; радиационная биофизика.

#### Вопросы для вступительного испытания:

1. Объект и метод биофизики. Понятие объекта и метода в методологии естественных наук. Место биофизики в системе биологических и физических наук.
2. Моделирование в биофизике. Понятие о моделях в методологии естественных наук. Теоретические и экспериментальные модели. Особенности биофизических моделей.
3. Экстремальные принципы в биологии. Физическая каузальность и биологический финализм. Принципы максимальной простоты, оптимальной конструкции, адекватной конструкции.
4. Атрибуты живого с эволюционных позиций и с точки зрения ключевых свойств. Необходимость расширения понятийной и терминологической базы физики для объяснения жизни.
5. Ключевые проблемы абиогенного возникновения жизни и возможные подходы для их снятия. Эксперименты Миллера-Юри. Невозможность самосборки простейшей живой клетки. Парадокс Кастлера. Необходимые условия для возникновения и эволюции живого. Возможные предшественники живой клетки и химическая эволюция.
6. Классическая термодинамика. Значение термодинамики для биологии и биофизики. Температура как функция состояния (нулевое начало). Закон сохранения энергии (первое начало). Энтропия и энергия (второе начало). Тепловая теорема Нернста (третье начало). Основное соотношение термодинамики (соотношение Гиббса).
7. Термодинамические потенциалы. Свободная энергия. Энтальпия. Термодинамический потенциал Гельмгольца. Термодинамический потенциал Гиббса. Вычисление энтропии.
8. Химический потенциал. Понятие химического потенциала. Химический потенциал как критерий химического равновесия. Сопоставление с критериями механического и теплового равновесия.
9. Электрохимический потенциал. Определение электрохимического потенциала. Концентрационные элементы. Мембранный потенциал в живых клетках.
10. Фазы и фазовые переходы в биологических системах. Вывод правила фаз Гиббса. Биологические мембраны как многокомпонентные системы. Биологический смысл многокомпонентности в свете правила фаз Гиббса. Взаимосвязь между функцией мембраны и фазовым состоянием мембраны.
11. Химические реакции и константы равновесия. Константы равновесия. Активность как термодинамическая концентрация. Вывод уравнения

- Гиббса-Дюгема. Самопроизвольное протекание химических реакций. Вывод критерия самопроизвольности химических реакций.
12. Теория переходного состояния и скорости химических реакций. Температурная зависимость индивидуальных констант скоростей реакции. Теория переходного состояния и скорости химических реакций. Денатурация белков.
  13. Стационарная ферментативная кинетика. Кинетическая схема Михаэлиса-Ментен и условие стационарности. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен по Лайнуиверу-Берку.
  14. Основные механизмы изменения активности ферментов. Ингибиторы ферментов. Основные типы обратимого ингибирования активности ферментов. pH-регуляция скоростей ферментативных реакций. Аллостерическая регуляция активности ферментов. Кооперативные эффекты в ферментативных реакциях.
  15. Нестационарная ферментативная кинетика. Релаксационные методы исследования ферментативных реакций. Основные экспериментальные способы измерения характеристик нестационарных ферментативных процессов.
  16. Второе начало термодинамики и развитие биологических систем. Энтропия и биологические системы. Химическое сродство. Функция диссипации. Производство энтропии в биологических системах.
  17. Теория Онзагера. Соотношение взаимности. Сопряжение химических процессов с механохимическими процессами и активным переносом через мембраны.
  18. Стационарные состояния в неравновесных системах. Возрастание энтропии в стационарных состояниях. Теорема Пригожина о минимальном производстве энтропии. Устойчивость стационарных состояний.
  19. Биологические молекулы и их окружение. Основные меж- и внутримолекулярные силы, обеспечивающие формирование и поддержание структуры биомолекул и их комплексов. Пространственная организация биополимеров.
  20. Структура и функция белков. Классификация структур белков. Принципы структурной организации белков. Переходы спираль-клубок. Кооперативные переходы в белковых молекулах. Формирование пространственной организации белков. Проблема предсказания пространственной структуры белков по первичной структуре.
  21. Ферменты. Каталитический и субстрат-связывающий центры. Механизмы ферментативного катализа.
  22. Концепция "фермент-машина" по Д.С.Чернавскому. Анализ представлений о механизме ферментативного катализа. Механические аналогии в структуре белковой молекулы. Применимость концепции «фермент-машина».

23. Биологические мембраны как составная часть клеточной оболочки. Амфифильные вещества и образование мембранных структур. Молекулярная организация биологических мембран. Фазовые переходы в мембранах. Особенности структуры мембранных белков. Проблема локализации и необходимой ориентации белков в мембранах.
24. Пассивный транспорт веществ через мембрану. Диффузия. Облегченная диффузия. Транспорт ионов. Ионное равновесие на границе раздела фаз. Уравнения электродиффузии Нернста-Планка и их решение.
25. Активный транспорт. Молекулярное строение каналов. Каналы и транспорт ионов через них. Электронейтральный и электрогенный транспорт ионов. Калий-натриевый насос. Транспорт протонов. Активный транспорт нейтральных молекул.
26. Транспорт ионов в возбудимых мембранах и распространение нервного импульса. Потенциал действия и потенциал покоя. Генерация импульса. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Ионные токи в модели Ходжкина-Хаксли. Распространение нервного импульса.
27. Трансформация энергии в биомембранах. АТФ как универсальный химический переносчик энергии для сопряжения химических реакций друг с другом и другими клеточными процессами. Электрон-транспортные цепи. Механизмы генерации электрохимического потенциала.
28. Биологические механохимические машины. Ферменты. АТФ-синтаза. Бактериальный мотор. Броуновская "трещотка". Мышцы. Механохимическая машина Качальского и Оплатки.
29. Управление и информация в биологических системах. Необходимость введения понятий "управление" и "информация" для описания специфики биологических систем.
30. Способность к молекулярной рецепции – необходимое условие функционирования биологических систем. Молекулярная рецепция в функционировании ферментов. Каскады ферментативных реакций.
31. Принципы соорганизации процессов в клетке. Механизмы координации внутриорганизменных химических и физиологических процессов.
32. Гомеостаз. Отрицательные и положительные обратные связи в организме. Элементы теории управления.
33. Моделирование полиферментных клеточных систем. Модель энергетического метаболизма клетки. Режимы работы системы энергетического метаболизма.

## Литература

### Основная:

1. Рубин А.Б. Биофизика: в 3-томах. Т.1. Теоретическая биофизика / А. Б. Рубин ; М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013 - 462 с.
2. Рубин А.Б. Биофизика: в 3-томах. Т.2. Биофизика клеточных процессов. Биофизика мембранных процессов / А. Б. Рубин ; М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013 - 384 с.
3. Матурана У., Древо познания: биологические корни человеческого понимания. [монография] / У. Матурана, Ф. Варела; М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2019.-320 с.
4. Финкельштейн, А. В. Физика белковых молекул / А. В. Финкельштейн. - Москва ; Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2014. - 423 с.
5. Блюменфельд Л. А. Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики: [монография]/Л. А. Блюменфельд. - Изд. 2-е. - Москва : Едиториал УРСС, 2010. - 158 с.
6. Сердюк, И. Методы в молекулярной биофизике. Структура. Функция. Динамика : учебное пособие : [в 2 томах]. - Москва : Книжный дом "Университет" - Том 2. - 2010. - 733 с.
7. Твердислов В. А. Биофизическая экология : [монография] / В. А. Твердислов, А. Э. Сидорова, Л. В. Яковенко ; предисл. В. Т. Трофимов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Физ. фак. - Москва : URSS : КРАСАНД, 2012. - 543 с.
8. Плутахин, Г. А. Биофизика : учебное пособие для студентов вузов / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 239 с.
9. Волькенштейн М. В. Биофизика : учебное пособие / М. В. Волькенштейн. – Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 595 с.
10. Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах: сб. работ / ред.: Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. - Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2010. - 447 с.
11. Джаксон, Мейер. Молекулярная и клеточная биофизика: пер. с англ. / М. Б. Джаксон. - М. : Мир : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с.
12. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика / Ю. Б. Кудряшов ; под ред.: Ю. Б. Мазурик, М. Ф. Ломанов ; Московский университет [МГУ] им. М.В. Ломоносова. - Москва : Физматлит [Физико-математическая литература], 2004. - 442 с.
13. Романовский Ю.М. Математическое моделирование в биофизике. Введение в теоретическую биофизику [Текст] / Ю. М. Романовский, Н. В. Степанова, Д. С. Чернавский. - Изд. 2-е, доп. - Москва : Институт компьютерных исследований, 2004. - 472 с.

**Дополнительная:**

1. Волькенштейн, М.В. Общая биофизика. / Волькенштейн М.В. – М:Наука, 1978. – 592с.
2. Волькенштейн, М.В. Биофизика / Волькенштейн М.В. – М:Наука, 1981. – 576с.
3. Биофизика : учебник для студентов вузов / В. И. Пасечник, С. А. Вознесенский [и др.] ; под ред. В. Ф. Антонов. - 1-е изд. - Москва : Владос, 2000. - 287 с.
4. Маршелл, Э. Биофизическая химия / Э. Маршел, Т1. – М.Мир, 1981. – 358 с.
5. Романовский, Ю.М. Математическая биофизика / Ю.М. Романовский, Н.В.Степанова, Д.С. Чернавский.– М: Наука, 1984. – 304с.
6. Рубин, А.Б. Термодинамика биологических процессов. Учебное пособие. / А.Б. Рубин. – М.: Изд-во Моск. Ун-та., 1976. – 240с.
7. Сердюк, И. Методы в молекулярной биофизике. Структура. Функция. Динамика [Текст] : учебное пособие : [в 2 томах]. - Москва : Книжный дом "Университет" - Том 2. - 2010. - 733 с.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.

Программу составил



д.ф.-м.н. С.И. Барцев

И.о. директора Института фундаментальной биологии и биотехнологии



В.В. Шишов