

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук»

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора ФИЦ КНЦ СО РАН

Н.В. Чесноков

« 05 » сентября 2018 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

для поступающих на обучение по программам подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки кадров высшей квалификации

**06.06.01 «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Направленность (профиль) подготовки

**03.01.02 «Биофизика»**

Красноярск 2018

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине по направлению 06.06.01 Биологические науки по научной специальности 03.01.02 – Биофизика. - Красноярск.: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2018. – 8 с.

Составитель программы: д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лабораторией теоретической биофизики С.И. Барцев

Программа разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.



## **1. Общие положения**

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (далее ФИЦ КНЦ СО РАН) по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки, по образовательной программе (специальности) 03.01.02 – Биофизика.

Программа является руководящим учебно-методическим документом для целенаправленной подготовки к вступительному испытанию.

## **2. Форма проведения экзамена и критерии оценки**

Вступительный экзамен проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса.

Результаты вступительного экзамена определяются оценками по пятибалльной шкале (от 2 до 5 баллов). Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 3 балла (удовлетворительно).

Критерии оценивания:

- Оценка 5 баллов «отлично» - ясный, точный, уверенный и исчерпывающий ответ на все вопросы экзаменационного билета. Теоретический материал освоен не менее чем на 90%;
- Оценка 4 балла «хорошо»- ясный, точный и уверенный ответ на все вопросы билета, требующий несущественных дополнений (ответ на 1-2 уточняющих вопроса в целом по билету). Теоретический материал освоен не менее чем на 80%;
- Оценка 3 балла «удовлетворительно»- ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений (ответ на 2-4 уточняющих вопроса в целом по билету), при условии раскрытия основного содержания. Теоретический материал освоен не менее чем на 60%;
- Оценка 2 балла «неудовлетворительно»- отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы (относящиеся к тем же темам); несанкционированный доступ к учебным материалам. Теоретический материал освоен менее чем на 60%.



### 3. Содержание программы

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

– **Объект и метод биофизики.** Понятие объекта и метода в методологии естественных наук. Метод биофизики на разных уровнях структуры биофизики. Место биофизики в системе биологических и физических наук.

– **Моделирование в биофизике.** Понятие о моделях в методологии естественных наук. Теоретические и экспериментальные модели. Особенности биофизических моделей.

– **Экстремальные принципы в биологии.** Физическая каузальность и биологический финализм. Принципы максимальной простоты, оптимальной конструкции, адекватной конструкции. Частные принципы оптимальности.

– **Атрибуты живого с эволюционных позиций и с точки зрения ключевых свойств.** Необходимость расширения понятийной и терминологической базы физики для объяснения жизни. Адекватность применения понятий "конструкция", "машина", "сигнал", "информация" к биологическим системам, относящимся к разным уровням иерархии (за исключением надорганизменного).

– **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.

– **Классическая термодинамика.** Значение термодинамики для биологии и биофизики. Функции состояния – язык термодинамики. 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).

– **Термодинамические потенциалы.** Свободная энергия. Энтальпия. Термодинамический потенциал Гельмгольца. Термодинамический потенциал Гиббса. Вычисление энтропии.

– **Химический потенциал.** Понятие химического потенциала. Химический потенциал как критерий химического равновесия. Сопоставление с критериями механического и теплового равновесия.

– **Электрохимический потенциал.** Определение электрохимического потенциала. Концентрационные элементы. Мембранный потенциал в живых клетках. Ионоселективные мембранные электроды. Аналитическое применение электрохимических измерений.



- **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.

- **Осмотическое давление.** Вывод формулы для расчета осмотического давления. Значение осмотического давления для биологических систем. Определение молекулярной массы веществ по величине осмотического давления.

- **Полупроницаемые мембраны и электролиты.** Вывод формулы, описывающей равновесие Доннана для однозарядных ионов. Влияние эффекта Доннана на осмотическое давление. Диализ и его применение.

- **Химические реакции и константы равновесия.** Константы равновесия. Активность как термодинамическая концентрация. Вывод уравнения Гиббса-Дюгема. Самопроизвольное протекание химических реакций. Вывод критерия самопроизвольности химических реакций.

- **Теория переходного состояния и скорости химических реакций.** Температурная зависимость индивидуальных констант скоростей реакции. Теория переходного состояния и скорости химических реакций. Денатурация белков. Термодинамические характеристики ферментативной реакции.

- **Стационарная ферментативная кинетика.** Кинетическая схема Михаэлиса-Ментен и условие стационарности. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен по Лайнуиверу-Берку.

- **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.

- **Нестационарная ферментативная кинетика.** Релаксационные методы исследования ферментативных реакций. Основные экспериментальные способы измерения характеристик нестационарных ферментативных процессов.

- **Второе начало термодинамики и развитие биологических систем.** Энтропия и биологические системы. Химическое сродство. Функция диссипации. Производство энтропии в биологических системах.

- **Теория Онзагера.** Соотношение взаимности. Сопряжение химических процессов с механохимическими процессами и активным переносом через мембраны.

- **Стационарные состояния в неравновесных системах.** Возрастание энтропии в стационарных состояниях. Теорема Пригожина о минимальном производстве энтропии. Устойчивость стационарных состояний.



– **Биологические молекулы и их окружение.** Основные меж- и внутримолекулярные силы, обеспечивающие формирование и поддержание структуры биомолекул и их комплексов. Пространственная организация биополимеров. Электронные свойства биополимеров.

– **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.

– **Ферменты.** Каталитический и субстрат-связывающий центры. Механизмы ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в ферментативном катализе.

– **Концепция "фермент-машина" по Д.С.Чернавскому.** Анализ представлений о механизме ферментативного катализа. Механические аналогии в структуре белковой молекулы. Применимость концепции «фермент-машина».

– **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. Меж- и внутримолекулярные взаимодействия в мембранах. Проблема локализации и необходимой ориентации белков в мембранах.

– **Пассивный транспорт веществ через мембрану.** Диффузия. Облегченная диффузия. Транспорт ионов. Ионное равновесие на границе раздела фаз. Уравнения электродиффузии Нернста-Планка и их решение. Индуцированный транспорт ионов.

– **Активный транспорт.** Молекулярное строение каналов. Каналы и транспорт ионов через них. Электронейтральный и электрогенный транспорт ионов. Калий-натриевый насос. Активный транспорт кальция. Транспорт протонов. Активный транспорт нейтральных молекул.

– **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. Физико-химические и математические модели возбудимых мембран. Распространение нервного импульса.

– **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. Окислительное фосфорилирование и хемиосмотическая теория Митчелла.

– **Биологические механохимические машины.** Ферменты. АТФ-синтаза. Бактериальный мотор. Броуновская "трещотка". Мышцы. Механохимическая машина Качальского и Оплатки.



– **Управление и информация в биологических системах.** Необходимость введения понятий "управление" и "информация" для описания специфики биологических систем.

– **Способность к молекулярной рецепции – необходимое условие функционирования биологических систем.** Молекулярная рецепция в функционировании ферментов Каскады ферментативных реакций. Принципы организации процессов в клетке. Механизмы координации внутриорганизменных химических и физиологических процессов.

– **Гомеостаз.** Отрицательные и положительные обратные связи в организме. Элементы теории управления.

– **Моделирование полиферментных клеточных систем.** Модель энергетического метаболизма клетки. Режимы работы системы энергетического метаболизма.

#### 4. Список литературы

##### Список основных рекомендованных источников.

1. Рубин А. Б. Биофизика / А. Б. Рубин; Московский университет [МГУ] им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Московский университет [МГУ] им. М.В. Ломоносова, 2004 г. (Классический университетский учебник). Том 1 / А. Б. Рубин. - 2004. - 462 с. (2 экз.)

2. Рубин А. Б. Биофизика / А. Б. Рубин; Московский университет [МГУ] им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Московский университет [МГУ] им. М. В. Ломоносова, 2004 г. (Классический университетский учебник). Том 2 / А. Б. Рубин. - 2004. - 469 с. (2 экз.)

3. Блюменфельд Л. А. Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики: [монография]/Л. А. Блюменфельд. – 2010 (2 экз.)

4. Сердюк И. Методы в молекулярной биофизике. Структура. Функция. Динамика [Текст]: учебное пособие: [в 2 томах]. - Москва: Книжный дом "Университет" - Том 2. - 2010. - 733 с. (11 экз.)

5. Плутахин Г. А. Биофизика [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012. - 239 с. (1 экз.)

6. Джексон, Мейер. Молекулярная и клеточная биофизика [Текст]: пер. с англ. / М. Б. Джексон. - М: Мир: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с. (5 экз.)

7. Фотобиофизика: электрон. учеб. пособие / И. Е. Суковатая [и др.]; Сиб. федерал. ун-т. - Версия 1.0. - Электрон. дан. (9 Мб.). - Красноярск: ИПК СФУ, 2008. - 438 on-line. [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/141/u\\_course.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/141/u_course.pdf)

8. 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. (72 экз.)

**Список дополнительных рекомендованных источников.**

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. Маршелл Э. Биофизическая химия / Э. Маршел, Т1. – М.: Мир, 1981. – 358 с.
4. Романовский Ю. М. Математическая биофизика / Ю. М. Романовский, Н. В. Степанова, Д. С. Чернавский.– М: Наука, 1984. – 304с.
5. Рубин А. Б. Термодинамика биологических процессов. Учебное пособие. / А. Б. Рубин. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1976. – 240с.
6. Финкельштейн А. В. Физика белка / А. В. Финкельштейн, О. Б. Птицын.– М.: Книжный дом «Университет», 2002. – 376с.
7. Чернавский Д. С. «Белок-машина». Биологические макромолекулярные конструкции / Д. С. Чернавский, Н. М. Чернавская. – М.: Янус, 1999. – 256 с.