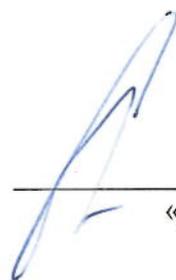


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА



«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель ОНК  
«Институт высоких  
технологий»

/Юров Артем Валерианович  
«29» ноября 2024 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность **1.5.2. Биофизика**

## Лист согласования

**Составитель:**

Храмов А.Е., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта.

Шушарина Н.Н., к.п.д., старший научный сотрудник Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта.

Программа одобрена Экспертным советом ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 3 от «29» ноября 2024 г.

Председатель Экспертного совета ОНК «Институт высоких технологий» \_\_\_\_\_ Юров А.В.



Главный специалист Института подготовки НПК \_\_\_\_\_ Козенкова Е.И.



Настоящая программа разработана для поступающих в аспирантуру на научную специальность 1.5.2 Биофизика.

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.2 Биофизика, должны ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

К освоению программ аспирантуры по научной специальности 1.5.2 Биофизика допускаются лица, имеющие высшее образование, подтверждаемое присвоением им квалификации «специалист», «дипломированный специалист», «магистр», а также лица, имеющие базовое высшее образование (освоение программы сроком не менее 6 лет) или специализированное высшее образование, при выполнении одного из двух условий:

— образование релевантно научной специальности 1.5.2 Биофизика (в соответствии со Списком релевантности направлений подготовки по программам магистратуры и специалитета группам научных специальностей (научным специальностям) по программам аспирантуры в 2025 году, утверждённым Ученым советом БФУ им. И. Канта);

— имеется стаж работы в отрасли/должности, соответствующей группе научных специальностей 1.5. Биологические науки, сроком не менее 3 лет.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в аспирантуру с точки зрения их достаточности для проведения научно-исследовательской деятельности по научной специальности 1.5.2 Биофизика.

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности 1.5.2 Биофизика проводится на русском или английском языке по билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из предлагаемого перечня, а также собеседование с членами экзаменационной комиссии, в ходе которого абитуриент обосновывает выбор научной специальности, выбор предполагаемого научного руководителя из числа преподавателей и научных работников университета, имеющих право осуществлять научное руководство аспирантами по соответствующей научной специальности, излагает профессиональные планы и цели подготовки и защиты кандидатской диссертации по выбранной научной специальности

## Содержание программы

### Раздел 1. Общая 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.

Значение термодинамики для биологии и биофизики. Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии.

Биофизика дыхания. Легочный резистанс.

Основные типы сократительных и подвижных систем. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Электрические свойства живых тканей. Кривая электропроводности, импеданс. Потенциал покоя и потенциал действия.

Миокард, его строение и физиологические свойства. Фазы сердечного цикла, ЭКГ, биофизические основы сократительной функции миокарда.

Методы оценки движения крови по сосудам (реоплетизмография, сфигмография, ангиография).

Условный и безусловный рефлексы. Различия между ними по биологической значимости, другие отличительные признаки.

Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиева орган внутреннего

уха. Общие представления о работе органа слуха. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция.

Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.

Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток. проблема вкусовых рецепторных белков. Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

## **Раздел 2. Экологическая биофизика**

Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Энергетическая стоимость физиологических процессов и ее изменения в неблагоприятных условиях. Структура популяции как отражение ее функционального состояния. Типизация особей в популяциях. Прогнозирование динамики численности популяции.

Свет и биоритмы. Биологические часы.

Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии).

## **Раздел 3. Самоорганизация в живых системах.**

Биофизические системы как сложные открытые системы. Термодинамика открытых систем. Роль энтропии в функционировании и эволюции живых систем.

Самоорганизация в живых системах различной природы: от клетки до популяций.

Паттерны в биофизических системах. Определения и примеры. Уравнение Колмогорова-Петровского-Пескунова для моделирования популяционной динамики и его точные решения. Автопаттерны. Проблема морфогенеза и структуры Тьюринга. Модель Гирера-Мейнхарта.

Модели активных сред применительно к задачам моделирования нервной и мышечной тканей. аксиоматическая модель Винера-Розенблутта. Ревербератор и ведущий центр. Клеточные автоматы.

Теория сложных сетей применительно к анализу биологических сетей: белковые и генные регуляторные сети взаимодействия, метаболические сети, нейро-астроцитарные сети, пищевые сети, межвидовые сети взаимодействия, структурные и функциональные сети мозга. Основные понятия теории графов, восстановление связей и топологии биологических сетей, сети со взаимодействиями высокого порядка.

### **Перечень вопросов к вступительным испытаниям**

1. Что такое объект и метод биофизики, и какие основные уровни структуры биофизики существуют?
2. Значение термодинамики для биологии и биофизики, применение первого и второго законов термодинамики в этой области.
3. Что такое легочный резистанс, и как он связан с биофизикой дыхания?
4. Объясните понятия термодинамических потенциалов, включая свободную энергию, энтальпию, потенциал Гельмольца и потенциал Гиббса.
5. Какие основные типы сократительных и подвижных систем существуют, и какие характеристики они имеют?
6. Какие электрические свойства характерны для живых тканей? Что такое потенциал покоя и потенциал действия?
7. Миокард, его строение и физиологические свойства. Фазы сердечного цикла.
8. Какие методы используются для оценки движения крови по сосудам?
9. Различия между условными и безусловными рефлексам, их отличительные признаки и биологическая значимость.
10. Что такое механорецепция, и какие механорецепторы существуют в органах чувств?
11. Как происходит сенсорная рецепция, и какие рецепторы участвуют в этом процессе?
12. Расскажите о фоторецепции, структуре зрительной клетки и молекулярной организации фоторецепторной мембраны.
13. Что такое хеморецепция и обоняние, и какие особенности восприятия запахов существуют?
14. Каковы особенности вкусовых клеток, и какие проблемы связаны с вкусовыми рецепторными белками?
15. Объясните проблему клеточного узнавания и механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.
16. Какие аспекты связаны с адаптацией, устойчивостью и надежностью биологических систем? Их физиологические особенности.
17. Какие факторы влияют на энергетическую стоимость физиологических процессов в неблагоприятных условиях?
18. Как можно типизировать особей в популяциях, и как это отражает функциональное состояние популяции? Методы и инструменты используются для прогнозирования динамики численности популяции.
19. Какие молекулярные механизмы адаптации используются живыми организмами в ответ на экстремальные факторы внешней среды?
20. Что такое биологические часы, и какие механизмы лежат в их основе? Связь света и биоритмов. Роль биоритмов.
21. Охарактеризуйте живые системы с точки зрения теории открытых систем, какова роль энтропии в функционировании и эволюции живых систем?
22. Опишите механизмы и примеры самоорганизации в живых системах различной природы. Дайте математическое описание одной из известных Вам моделей, допускающей точное решение.
23. Дайте понятие модели активной среды и ее применение к задачам моделирования нервной и мышечной тканей. Что представляет собой аксиоматическая модель Винера-Розенблутта и какие эффекты она предсказывает в реальных биологических средах?
24. Опишите проблему морфогенеза и дайте понятие о структурах Тьюринга.
25. Какова роль теории сложных сетей для анализа биофизических процессов? Дайте понятие о различных биологических сетях.

## Критерии оценивания уровня знаний

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по 100-бальной шкале. Максимальный балл за ответ на экзаменационный билет – 100. Минимальный балл, соответствующий положительной оценке – 50.

**86-100 баллов** выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного материала, усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет творческие способности в понимании и изложении материала. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, наличие научного задела по теме планируемого исследования, участия в исследовательских проектах, научных грантах, студенческих конкурсах.

**66-85 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает достаточный уровень знаний в пределах основного материала; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах экзаменатора. Допускает несущественные погрешности в ответах. В ходе собеседования устанавливается высокая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований по выбранной научной специальности и мотивированности к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры и ее защите.

**50-65 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменатора. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует.

**0-49 баллов** выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно.

## Основная и дополнительная литература

### Основная литература

1. Артюхов В.Г. Биофизика: учебник для вузов Серия: Фундаментальный учебник. -Екатеринбург: Деловая книга, Академический проект, 2009. ISBN: 978- 5-8291-1081-9, 978-5-88687-203-3
2. Волькенштейн М.В. Биофизика, гл.4,6. М: Наука, 1981.
3. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия, т. 1, гл. 2,5; т.3, гл. 17,20,21. М: Мир, 1982.
4. Ленинджер А. Основы биохимии, в 3-х тт., гл. 4-8, 23,29. М: Мир, 1985.
5. Матвеев А.М. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1987.
6. Огурцов А.Н. Биологические мембраны. НТУ «ХПИ», 2012.
7. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец.вузов. – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
8. Рубин А.Б. Биофизика: в 3-х томах. —Институт компьютерных исследований. Москва-Ижевск, 2013. — С.472
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. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. Общая цитология. М., 2004.
11. 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)
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.
14. Трубецков Д.И., Мчедлова Е.С., Красичков Л.В., Введение в теорию самоорганизации открытых систем, М.: Наука, 2002.

#### 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.