

«Утверждаю»

заместитель директора по образовательной деятельности



АНОО ВО «Университет «Сириус»

О.Д. Федоров

«12» 05 2025 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

для поступающих на обучение по образовательной программе
высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре по научной специальности

1.5.8 Математическая биология, биоинформатика

СОГЛАСОВАНО:

Исполнительный директор
научного центра генетики и наук о жизни

А.Э. Сазонов

Руководитель приёмной комиссии

Б.Е. Кадлубович

Федеральная территория «Сириус»

2025

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, поступающих на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.8 Математическая биология, биоинформатика (далее – образовательная программа).

В программу вступительных испытаний включено описание форм и процедур вступительных испытаний, представлено содержание тем и критерии оценки.

Вступительные испытания проводятся в форме письменного экзамена и собеседования. Письменное вступительное испытание оценивается по 40-балльной шкале. Собеседование оценивается по 40-балльной шкале. Язык проведения письменного экзамена – русский, собеседования – русский и английский.

Проведение вступительных испытаний осуществляется с применением дистанционных технологий.

Продолжительность письменного экзамена: 180 минут.

Продолжительность собеседования: до 20 минут.

1. Цель и задачи вступительных испытаний

Цель проведения вступительных испытаний – отбор наиболее подготовленных поступающих на обучение по образовательной программе, в том числе, определение уровня их готовности к самостоятельной научной и проектной деятельности.

Основные задачи вступительных испытаний:

- выявление и оценка уровня сформированности общекультурных,
- общепрофессиональных и профессиональных компетенций поступающего;
- определение уровня готовности к работе и проектной деятельности в компаниях и на производствах и, а также научно-исследовательской деятельности в рамках НИОКР;
- выяснение познавательной и мотивационной сферы поступающего;
- выявление научных и профессиональных интересов;
- определение уровня научно-технической эрудиции и языковой подготовки поступающего.

Целью вступительных испытаний является проверка следующих знаний и умений:

- знание базовых понятий молекулярной биологии (ген, оперон, этапы репликации, транскрипции, трансляции, сплайсинга), биохимии (строение и функции биомолекул, ферментативные реакции, уравнение Михаэлиса–Ментен и т.п.) и генетики (аллель, генотип, кроссинговер, мутации, репарация ДНК и т.п.);
- знание основных понятий математического анализа (пределы, дифференциалы, интегралы), теории вероятностей (формула Байеса, распределения, центральная предельная теорема) и алгоритмики (структуры данных, алгоритмы поиска, сортировки, обходы графов, динамическое программирование);
- знание основных принципов математического моделирования биологических процессов;
- знание методов и алгоритмов биоинформатики, включая анализ и интерпретацию биологических данных;

- знание современных подходов к анализу больших данных в биологии и медицине;
- знание английского языка на уровне, достаточном для чтения научно-технической литературы и документации, работы с тематическими ресурсами и базами данных в сети «Интернет», написания научных статей и общения в международной научной среде, включая способность выступать с устными научными докладами на международных научных конференциях, способность отвечать на вопросы зарубежных коллег по теме доклада, а также умение уверенно демонстрировать свою профессиональную компетенцию в тематической научной дискуссии;
- умение использовать программное обеспечение и инструменты для анализа биологических данных;
- умение проводить статистический анализ и интерпретировать результаты биоинформатических исследований;
- умение осуществлять поиск, обработку и визуализацию биологических данных из различных источников;
- умение формулировать и решать задачи на основе теоретических моделей (например, моделирование дифференциальных уравнений);
- умение интерпретировать результаты экспериментальных исследований: анализировать молекулярные механизмы репликации, транскрипции, трансляции, а также процессы регуляции генной экспрессии;
- умение применять знания биохимии для расчета кинетических параметров ферментативных реакций;
- умение анализировать генетические данные, проводить расчёты комбинаторных вероятностей при изучении наследственности;
- владение методами прикладной статистики и математического анализа.
- владение навыками работы с современным оборудованием и программным обеспечением для биоинформатических исследований;
- владение навыками программирования на одном или нескольких языках программирования: Python, R, C++, Java, Perl;
- владение методами научного поиска и критического анализа научной информации;

- владение навыками работы в команде, включая взаимодействие с исследователями из различных областей;
- владение методами прикладной статистики и математического анализа (решать задачи на интегрирование, дифференцирование, оценивать параметры распределений и проверять гипотезы);
- владение навыками планирования экспериментов и работы с лабораторными данными и их предварительной обработкой для последующего анализа;
- умение работать в условиях неопределенности и многозадачности.

2. Содержание вступительных испытаний

2.1. Математика и информатика.

Математический анализ: функции одной переменной, теория пределов, дифференциальное исчисление, исследование функций, неопределенный интеграл, определенный интеграл.

Теория вероятностей и математической статистики: число сочетаний, размещений, в т.ч. с повторениями, комбинаторные вероятности, формула Байеса, случайные величины с дискретными и непрерывными распределениями, функции и плотности распределения, нормальные распределения, центральная предельная теорема, статистическое оценивание параметров распределений, статистическая проверка гипотез, понятие о случайных процессах.

Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ): ОДУ как модели явлений и процессов реального мира, системы линейных ОДУ, существование и единственность решений ОДУ, понятие о численных методах решения ОДУ, метод разделения переменных.

Основные структуры данных: списки, стек, очередь, дерево.

Понятие алгоритма, вычислительная сложность алгоритма. Алгоритмы на графах: обход в ширину и глубину, Эйлеров цикл. Алгоритмы для строк, регулярные выражения. Динамическое программирование.

Реляционные базы данных и их нормальные формы, язык SQL.

2.2. Биология.

Биохимия и химическая кинетика.

Основные биомолекулы (аминокислоты, пептиды и белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды), их строение и функции.

Метаболизм основных биомолекул и его регуляция в клетке, ферменты и энергетика клетки.

Кинетика химических и ферментативных реакций (энергия активации, скорость и порядок реакции, механизм сложной реакции, константы равновесия, энергия Гиббса, энтальпия и энтропия реакции, уравнение Михаэлиса-Ментен, аллостерическая регуляция: активаторы и ингибиторы).

Молекулярная биология. Основные процессы передачи информации в клетке. этапы и молекулярные механизмы репликации, транскрипции, трансляции, сплайсинга. Различие и сходство основных процессов в эукариотах и в прокариотах.

Структура ДНК в прокариотах и в эукариотах. Хроматин, основные уровни организации, гистоны, модификации хроматина. Роль хроматина в регуляции экспрессии генов.

Регуляция экспрессии генов. Основные уровни регуляции экспрессии. Регуляция транскрипции, транскрипционные факторы. Сходство и различие регуляции транскрипции в прокариотах и в эукариотах.

Понятие об основных экспериментальных методах молекулярной биологии: ПЦР, секвенирование, секвенирование нового поколения, микрочипы, белок – белковые взаимодействия, иммунопреципитация хроматина, ChIP-chip, ChIP-seq, массспектрометрия.

2.3. Генетика.

Основные понятия генетики: признак, фенотип, генотип, ген, локус, аллель, гомозигота, гетерозигота, доминантность, рецессивность, неполное доминирование, кодоминирование, сверхдоминирование.

Кроссинговер и рекомбинация; мутации и молекулярные механизмы их возникновения, репарации; наследственность и изменчивость.

2.4. Биоинформатика.

Выравнивание последовательностей: алгоритм глобального выравнивания Нидлмана-Вунша (Needleman-Wunsh), алгоритм локального выравнивания Смита-Уотермана (Smith-Waterman).

Методы быстрого поиска сходства BLAST, FASTA.

Скрытые Марковские модели. Определение параметров моделей. Скрытые Марковские модели для выравнивания. Алгоритм Витерби.

Множественное выравнивание последовательностей. Динамическое программирование для множественного выравнивания. Прогрессивное выравнивание. Улучшение выравнивания.

Реконструкция эволюции по последовательностям. Основные методы реконструкции филогении.

Геномы, размер геномов бактерий и эукариот. Метагеномы. Контиги. Расшифровка геномов и сборка контигов.

Аннотация геномов. Предсказание генов. Функциональная аннотация. Использование сходства. Сравнительный анализ геномов.

Транскриптом. Методы определения транскриптомов. Методы анализа транскриптомов. Тканевая специфичность транскриптомов. Состав транскриптома, анализ сплайсинга. Приложения к исследованию заболеваний и диагностике.

Типы регуляторных взаимодействий. Регуляторные каскады. Системная биология. Построение и анализ регуляторных сетей.

2.5. Стратегия развития Научно-технологического университета «Сириус»:

Миссия, цели и задачи университета. Основные принципы деятельности. Приоритетные направления развития.

2.6. Нормативные правовые акты РФ, определяющие направления развития науки и отраслей экономики:

- Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года»;
- Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития РФ»;
- Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности РФ»;
- Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017 – 2030 годы»;
- Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в РФ» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»);
- Прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 года, утвержденный Правительством РФ;
- Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 № 3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021 – 2030 годы)»;

- Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 313 «Об утверждении государственной программы РФ «Информационное общество»»;
- Распоряжение Правительства РФ от 01.11.2013 № 2036-р «Об утверждении Стратегии развития отрасли информационных технологий в РФ на 2014 – 2020 годы и на перспективу до 2025 года»;
- Распоряжение Правительства РФ от 19.08.2020 № 2129-р «Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года».

3. Демонстрационный вариант вступительных испытаний

Вопросы с развернутым ответом (оцениваются максимально до 8 баллов каждый):

1. Найти наибольшее и наименьшее значения функции $f(x)$ на отрезке $[-1, 2]$:

$$f(x) = 3x^5 - 25x^3 + 60x - 16.$$

2. На книжной полке стоит 10 разных двухтомных произведений. Найти вероятность того, что среди случайно отобранных 4 книг ни одно произведение не содержится целиком.

3. Представьте, что вы библиотекарь, и вам нужно определить студентов, кто взял больше 5 книг и не возвращает их больше 3 месяцев. Составьте структуру реляционной базы данных для этой задачи и напишите SQL запрос для ее решения.

4. При скрещивании двух сортов тыквы, имеющих белые плоды, F_1 – белоплодное, а в F_2 получается следующее расщепление: 12 белоплодных к 3 желтоплодным и 1 с зелеными плодами. Определите характер наследования окраски и генотипы всех форм. Как называется такой тип наследования?

5. Напишите алгоритм глобального выравнивания Нидлмана-Вунша.

4. Примерные вопросы для собеседования

1. Какие курсы по высшей алгебре и математическому анализу вы освоили за время обучения в магистратуре/специалитете, магистратуре?

2. Почему решили поступать в НТУ Сириус?

3. Какой темой диссертации вы планируете заниматься в рамках обучения в аспирантуре?

4. Какие экспериментальные и теоретические подходы вы планируете использовать для выполнения своей кандидатской диссертации?

5. Какие экспериментальные и теоретические методы использовали в своей магистерской дипломной работе?

6. С какими методами машинного обучения или статистическими подходами вы знакомы и как они могут применяться в анализе биологических данных?

7. Как вы понимаете роль биоинформатики в современном геномном анализе? Какие исследования в этой области вам кажутся наиболее значимыми?

8. Could you briefly describe the objective, methods and main results of your undergraduate research?

9. Did you present your research as an oral or poster talk at any Conference?

10. What kind of bioinformatics analysis did you employ in the study?

11. Какие библиотеки Python использовали в своих предыдущих исследовательских работах?

12. Какие статистические методы использовали в своей текущей дипломной работе?

13. Какие параметры учитывались при расчете дифференциальной экспрессии?

14. Как вы понимаете концепцию «больших данных» (Big Data) в контексте биологии? Какие вызовы, на ваш взгляд, возникают при анализе биологических данных?

15. Предположим, у вас есть набор данных, содержащий информацию о генах, которые активируются в разных типах клеток. Какие методы статистического анализа вы бы использовали для поиска закономерностей в этих данных?

16. Как бы вы подошли к анализу мутаций в геноме человека, чтобы выявить возможные связи с заболеваниями? Какие алгоритмы или подходы вам известны для анализа таких данных?

17. Что вы понимаете под моделированием биологических систем? Какие математические или программные подходы могут быть использованы для создания таких моделей?

18. Как бы вы использовали компьютерное моделирование для предсказания эффективности нового лекарства? Какие ключевые аспекты, на ваш взгляд, модели должны быть учтены?

19. Как была организована ваша работа с научным руководителем на предыдущем месте работы или в рамках предыдущего проекта? Какие были основные этапы работы и как распределялись обязанности?

20. Есть ли у вас опыт написания научных публикаций? Можете ли вы описать процесс написания статьи или работы с коллегами в рамках публикации?

21. Какие были основные трудности при написании вашей последней научной работы или публикации, и как вы с ними справились?

22. Как вы относитесь к необходимости выполнения нескольких проектов одновременно? Как бы вы организовали свою работу, чтобы эффективно справляться с несколькими задачами?

23. Что такое СНТР РФ? Перечислите основные направления государственной политики в области научно-технологического развития РФ.

5. Общие критерии оценивания собеседования

При оценке ответов поступающего экзаменационная комиссия руководствуется следующими критериями:

- способность структурировать и аргументировать свои высказывания;
- способность к анализу и интерпретации фактов и явлений;
- понимание сущности научно-исследовательской деятельности;
- понимание концепции Стратегии развития Университета «Сириус»;
- понимание роли и задач науки и технологий в достижении целей национального развития России, повышении безопасности и качества жизни граждан, в том числе в выбранной сфере профессиональной деятельности;
- уровень имеющихся к данному моменту общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций;
- публикационная активность поступающего;
- умение определить область научных интересов и планы, связанные с осуществлением дальнейших научных исследований в Университете «Сириус»;
- способность поступающего сделать краткую презентацию своих научных интересов и (или) поддержать беседу на научную тему на английском языке.

6. Литература для подготовки к вступительным испытаниям

1. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3 т. 8-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
2. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов – Санкт-Петербург: Питер, 2003.
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. 10-е изд. – М.: URSS, 2011.
4. Албертс Б. и др. Молекулярная биология клетки – 2018.
5. Кольман Я., Рем К.Г. Наглядная биохимия – Мир, 2000.
6. Байрамов, В.М. Основы химической кинетики и катализа: Учеб. пособие для студ. хим. фак. ун-тов, обуч. по спец. 011000 «Химия» и напр. 510100 «Химия» М.: Academia, 2003.
7. Леск, А.М. Введение в биоинформатику [Текст]: [учебник для вузов] / А. Леск; пер. с англ. под ред. А.А. Миронова, В.К. Швядоса. – 2-е изд. – Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015.
8. Системная компьютерная биология (Отв. ред. Н.А.Колчанов, С.С. Гончаров, В.А. Лихошвай и В.А. Иванисенко) // Н: Изд. СО РАН. – 2008.
9. Молекулярное моделирование: теория и практика / Х. – Д. Хельтье и др; под ред. В.А. Палюлина и Е.В. Радченко; пер. с англ. – М: Бином. Лаборатория знаний, 2009.
10. Рубин, А.Б. Биофизика: [учеб. для высш. учеб. заведений]: [в 3 т.] Т. 1: Теоретическая биофизика / А.Б. Рубин. – Москва; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2013.
11. Стратегия развития Университета «Сириус»: https://siriusuniversity.ru/pr_img/1918100371/20230517/23730514/стратегия_развития_1.pdf?fid=199910723756&id=191811257302