

«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

1.4.4 «Физическая химия»

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 1.4.4 Физическая химия (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: 120 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 законов, терминов, определений и т.д.
- умение планировать эксперимент, определять цели и задачи исследования, объяснять актуальность научной проблематики, интерпретировать результаты;
- знание на базовом уровне английского языка (чтение научной литературы), базовыми инструментами поиска научной информации в сети «интернет», основными методами статистической обработки данных.

2. Содержание основных тем вступительных испытаний

2.1. Строение вещества.

Введение в квантовую механику. Уравнение Шредингера для атома водорода и схема его решения. Атомные орбитали. Правила отбора. Эффект Зеемана. Состояние атома водорода в магнитном поле. Уравнение Шредингера для многоэлектронного атома. Момент количества движения электрона. Орбитальный и спиновый моменты. Полный момент. Квантовые числа. Атомные спектры. Построение волновой функции молекулы путем линейной комбинации атомных орбиталей (метод МО ЛКАО. Связывающие и разрыхляющие молекулярные орбитали. Молекулярные термы и их симметрия. Гомеополлярная или ковалентная связь. Ионная связь. Условие образования химической связи и принцип Паули. Метод валентных связей. Понятие валентности. Гибридизация атомных орбиталей. Гибридизация s- и p- орбиталей в атоме углерода.

2.2. Химическая термодинамика.

Параметры состояния и функции состояния термодинамических систем. Уравнения состояния идеального и реального газов. Первый закон термодинамики. Теплоты химических реакций. Теплоты фазовых превращений. Энергия химических связей. Зависимость теплоты процесса от температуры. Термодинамическая вероятность состояния системы. Теплоемкость твердого тела (теория Дебая и Эйнштейна). Второй закон термодинамики. Энтропия. Статистический характер второго закона. Статистический метод расчета энтропии идеального газа. Статистический метод расчета термодинамических функций идеального газа. Гомогенные и гетерогенные системы. Равновесия между фазами в однокомпонентной системе. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Многокомпонентные системы. Правило фаз Гиббса. Влияние давления на температуру фазового превращения твердого тела. Закон Рауля. Идеальные растворы.

2.3. Химическая кинетика.

Диффузия и теплопроводность. Коэффициенты диффузии и теплопроводности. Электропроводность (удельная и эквивалентная). Подвижность ионов, числа переноса. Вязкость. Уравнение Стокса- Эйнштейна. Кинетика образования новой фазы. Скорость реакции. Константа скорости. Порядок реакции. Реакции простых

типов. Параллельные и автокаталитические реакции. Теория активных соударений. Уравнение Аррениуса. Теория активированного комплекса. Поверхность потенциальной энергии и координата реакции. Вывод кинетических уравнений для бимолекулярных реакций. Теории мономолекулярных реакций. Последовательные реакции. Метод стационарных концентраций и его применение для анализа реакций. Понятие лимитирующей стадии. Цепные и радикальные реакции. Термическое, индуцированное и каталитическое зарождение цепей. Обрыв цепи в объеме, на поверхности и в реакциях с ингибиторами. Кинетические уравнения неразветвленных цепных реакций. Типичные механизмы процессов галоидирования, полимеризации. Общее понятие о механизме каталитического действия. Гетерогенный катализ.

2.4. Физическая химия твердых тел.

Идеальное твердое тело. Понятие об элементарной ячейке. Ближний и дальний порядок. Координационные числа. Типы кристаллических решеток (сингония). Типы связей в кристаллах. Молекулярная решетка. Понятие о Вандер-дер-Ваальсовых радиусах. Ионные решетки. Энергия ионной решетки. Постоянная Маделунга. Понятие об энергетических зонах. Проводимость металлов и полупроводников с точки зрения зонной теории. Атомарные и ковалентные решетки. Основные типы дефектов кристаллической решетки. Понятие о стеклообразном состоянии. Основные особенности реакций в твердой фазе. Топохимические реакции. Реакции в дисперсных системах.

2.5. Высокомолекулярные соединения.

Определение полимера. Основные типы полимеров. Молекулярные массы и молекулярно-массовые распределения. Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Классификация основных методов получения полимеров. Радикальная полимеризация. Ионная полимеризация. Поликонденсация. Химические превращения полимеров. Важнейшие свойства полимерных веществ. Основы статистики полимерных цепей. Термодинамика растворов полимеров. Гидродинамические и оптические методы исследования полимеров. Особенности исследования растворов полиэлектролитов. Структура и основные физические свойства полимерных тел. Высокоэластическое, стеклообразное и вязко-текучее

состояние. Методы исследования химического строения полимеров. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов.

2.6. Биологические полимеры и наноструктуры.

Синтетические полимеры с собственной биологической активностью. Полимеры-носители биологически активных веществ. Молекулярное конструирование биологически активных полимеров. Физико-химические свойства биоматериалов. Биосовместимость. Бионанотехнология. Методы конструирования и анализа наноструктур. Методы визуализации наноструктур. Доклинические и клинические исследования биоматериалов. Наночастицы в биомедицине для диагностики, профилактики и лечения заболеваний. Вирусы, бактериофаги, рекомбинантные вирусы и вирусоподобные частицы в бионанотехнологии. Биоматериалы для доставки генетического материала в клетки для генной иммунизации и генной терапии. Рекомбинантные бактерии и вирусы. мРНК вакцины. Субъединичные и пептидные вакцины. Персонализированная и превентивная медицина.

2.7. Физические методы исследования вещества.

Методы исследования электрических и магнитных свойств молекул, диэлектрической поляризации, молекулярной рефракции и восприимчивости. Оптическая спектроскопия в видимой, ИК- и УФ-областях. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Основные типы спектров. Вращательные, колебательные и электронные спектры, комбинационное рассеяние. Физические основы электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Масс-спектрометрия и фотоэлектронная спектроскопия. Основы рентгеноструктурного анализа. Оптические методы исследования вещества. Основы метода атомно-силовой микроскопии (АСМ). Механические и теплофизические методы исследования полимерных материалов.

2.8. Стратегия развития Научно-технологического университета «Сириус».

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

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

- Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»;
- Указ Президента РФ от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»;
- Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»;
- Прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 года, утв. Правительством Российской Федерации;
- Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 № 3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021 – 2030 годы)»;
- Федеральный закон от 05.07.1996 № 86-ФЗ «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности»;
- Указ Президента РФ от 06.06.2019 № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в РФ на период до 2025 года»;
- Указ Президента РФ от 28.11.2018 № 680 «О развитии генетических технологий в Российской Федерации»;
- Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики РФ в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»;
- Постановление Правительства РФ от 22.04.2019 № 479 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019 – 2027 годы»;
- Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2012 № 2580-р «Об утверждении Стратегии развития медицинской науки в РФ на период до 2025 года»;
- Приказ Минздрава России от 13.02.2013 № 66 «Об утверждении Стратегии лекарственного обеспечения населения РФ на период до 2025 года и плана ее реализации».

3. Демонстрационный вариант вступительных испытаний

3.1. Вопросы с развёрнутым ответом (Максимально до 10 баллов каждый ответ).

1. Параметры состояния и функции состояния термодинамических систем.
2. Метод стационарных концентраций и его применение для анализа реакций.
3. Физические основы электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), ядерного магнитного резонанса (ЯМР).
4. Наночастицы в биомедицине для диагностики, профилактики и лечения заболеваний.

4. Примерные вопросы для собеседования

1. Почему вы выбрали программу 1.4.4 Физическая химия?
2. Какое исследование или проект в вашей предыдущей учебе вам запомнился больше всего, и почему?
3. Какой курс или предмет в вашей магистратуре / специалитете был для вас наиболее важным, и что вы из него узнали?
4. Какой у вас был средний балл и какие предметы вы изучали в магистратуре/ специалитете?
5. Расскажите про тематику вашей ВКР по предыдущему образованию.
6. Есть ли у вас идеи для исследовательского проекта? Как бы вы их реализовали?
7. С какими инструментами и методами вы работали в лаборатории, и как они могут быть применены в рамках новых проектов?
8. Как вы относитесь к критическому анализу научной литературы и как вы его используете для своего обучения?
9. Как вы справляетесь с трудными задачами или неудачами в лабораторных исследованиях? Приведите пример.
10. Как вы работаете в команде? Есть ли у вас опыт работы в групповых проектах?
11. Каковы ваши навыки в написании научных статей и отчетов?

12. Какова ваша мечта о карьере? Какие шаги вы собираетесь предпринять, чтобы достичь этой мечты?
13. Что вы знаете об Университете «Сириус»?
14. 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

а. Основная

1. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А. и др. «Основы физической химии. Теория и задачи» - М.: Экзамен, 2005
2. Эткинс П. «Физическая химия» - М.: Мир, 2007.
3. Тиного И. и др. «Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках» - М.: Техносфера, 2005.
4. В.П. Павлов, А.Ф. Хохлов « Физика твердого тела» М.: Высшая школа, 2000 г.
5. В. Н. Казин «Физико-химические методы анализа», Высшее образование, М. 2022.
6. А.И. Ермаков, «Квантовая механика и квантовая химия в 2 ч.» Часть 1. Квантовая механика : учебник и практикум для вузов. Юрайт, М. 2022.
7. Н.М. Эммануэль, Д.Г. Кнорре «Курс химической кинетики», «Высшая школа». М., 1974 г.
8. Ф.З. Бадаев «Химическая кинетика», Юрайт, М.2022
9. В. Н. Казин «Физико-химические методы анализа», Высшее образование, М. 2022.
10. Ю.Д. Семчиков «Высокомолекулярные соединения», М. Академия, 2003
11. Высокомолекулярные соединения (под ред. А.Б. Зезина) Учебник, М.: Юрайт, 2016.
12. Тагер А.А. Физико-химия полимеров, М: Научный Мир, 2007.
13. А.В.Финкельштейн, О.Б. Птицын «Физика белка» Курс лекций. Москва: Книжный Дом Университет, 2002.
14. Соловский, М.В. «Модификация физиологически активных веществ полимерами.» СПб: Издательство Политехнического университета, 2012.
15. В.А. Погоньшев «Биологическая физика». М.: Лань, 2022.
16. Методы исследования полимерных систем (под ред. С.А. Вшивкова). Учебное пособие. Екатеринбург: Издательство УФУ, 2016
17. И.Ю.Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмуллин, Методы исследования структуры и свойств полимеров. Казань: КГТУ, 2002

18. П. Чижов, Э. Левин, А. Митяев, А. Тимофеев, Приборы и методы рентгеновской и электронной дифракции. М.: МФТИ, 2011.

в. Цифровые образовательные ресурсы:

1. <https://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics>
2. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/vms.html>
3. www.chemport.ru
4. <https://biblioclub.ru>
5. <https://www.elibrary.ru>
6. Стратегия развития Университета «Сириус»:

https://siriusuniversity.ru/pr_img/1918100371/20230517/23730514/стратегия_развития_1.pdf?fid=199910723756&id=191811257302