

**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»  
(АНОО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор АНОО ВО «Университет «Сириус»

 \_\_\_\_\_ Л.Г. Кирьянова



\_\_\_\_\_ 2024 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:**

Заместитель директора  
по образовательной деятельности

Е.В. Саврук

Исполнительный директор  
Научного центра генетики и наук о жизни

А.Э. Сазонов

Руководитель  
Приемной комиссии

Б.Е. Кадлубович

Федеральная территория «Сириус», 2024

## **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.

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 научно-исследовательской и проектной деятельности, работе в составе научно-исследовательских коллективов;
- выяснение познавательной и мотивационной сферы поступающего;
- выявление научных интересов;
- определение уровня научно-технической эрудиции и языковой подготовки поступающего.

Вступительные испытания проводятся в форме письменного экзамена и собеседования. Каждое вступительное испытание оценивается по стобалльной шкале. Язык (языки) проведения письменного экзамена – русский, собеседования – русский и английский.

Проведение вступительных испытаний осуществляется с применением дистанционных технологий.

Продолжительность письменного экзамена: 120 минут.

Продолжительность собеседования: 15 – 30 минут.

### **1. ТЕМЫ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

- 1.1 Строение вещества;
- 1.2 Химическая термодинамика;
- 1.3 Химическая кинетики;
- 1.4 Физическая химия твердых тел;
- 1.5 Высокомолекулярные соединения;
- 1.6 Биологические полимеры и наноструктуры;
- 1.7 Физические методы исследования вещества;

- 1.8 Стратегия развития Научно-технологического университета «Сириус»;
- 1.9 Нормативные правовые акты Российской Федерации, определяющие направления развития науки и отраслей экономики.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕМ**

### **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. Гомеоплярная 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-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 Российской Федерации, определяющие направления развития науки и отраслей экономики:**

Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;

Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»;

Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»;

Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы»;

Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»);

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденный Правительством РФ;

Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 № 3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 – 2030 годы)»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 313 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Информационное общество»»;

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 01.11.2013 № 2036-р «Об утверждении Стратегии развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 – 2020 годы и на перспективу до 2025 года»;

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.08.2020 № 2129-р «Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 года».

### **Рекомендуемая литература:**

1. Я.И. Герасимов и др. Курс физической химии, М. «Химия». т. 1 (1969 г.), т. 2 (1973 г.)
2. Э.А. Мельвин-Хьюз «Физическая химия», ИЛ, т.т. 1-2, 1962 г.
3. Г. Грей «Электроны и химическая связь», М., 1967 г.
4. Е.М. Шусторович «Химическая связь», Наука, М. 1973 г.
5. А.И. Ермаков, «Квантовая механика и квантовая химия в 2 ч.» Часть 1. Квантовая механика: учебник и практикум для вузов. Юрайт, М. 2022.
6. Н.М. Эммануэль, Д.Г. Кнорре «Курс химической кинетики», «Высшая школа». М., 1974 г.
7. Ф.З. Бадаев «Химическая кинетика», Юрайт, М.2022
8. Ч. Киттель «Введение в физику твердого тела» М., 1960 г.
9. В.Н. Казин «Физико-химические методы анализа», Высшее образование, М. 2022.
10. Ю.Д. Семчиков «Высокомолекулярные соединения», М. Академия, 2003
11. А.А. Тагер «Физико-химия полимеров», М., Химия, 1978
12. А.В. Финкельштейн, О.Б. Птицын «Физика белка» Курс лекций. Москва: Книжный Дом Университет, 2002.
13. Соловский, М.В. «Модификация физиологически активных веществ полимерами.» СПб: Издательство Политехнического университета, 2012.
14. Ч. Кантор, П. Шиммел, Биофизическая химия. М.: Мир, 1984.
15. Стратегия развития Университета «Сириус»: <https://siriusuniversity.ru/about/concept>.

### **3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ПИСЬМЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

**Вопросы с развернутым ответом (оцениваются максимально до 25 баллов каждый):**

1. Первый закон термодинамики. Теплоты химических реакций. Теплоты фазовых превращений.
2. Основные типы дефектов кристаллической решетки.
3. Основы рентгеноструктурного анализа.
4. Классы природных полимеров (биополимеров). Структура, свойства, конформации ДНК.

### **4. 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.