

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБАЯ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Каймулдинова К. Д.
Протокол № 9 от 28.06 2025 г.



ПРОГРАММА
для поступающих в докторантуру
по образовательной программе 8D05301 – Химия

Алматы, 2025

В перечень дисциплин вступительного экзамена по образовательной программе **8D05301 – Химия** входят следующие дисциплины:

Дисциплина 1. Современная органическая химия

Дисциплина 2. Аналитическая химия и методы анализа

Дисциплина 3. Физическая химия и химическая термодинамика

ДИСЦИПЛИНА 1. СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тема 1. Строение органических соединений

Гибридизация атомных орбиталей (sp , sp^2 , sp^3). σ - и π -связи: особенности и энергия. Электронные эффекты (индуктивный, мезомерный, гиперконъюгация). Резонанс и его влияние на устойчивость молекул. Поляризация связей, дипольные моменты. Аromaticность: правило Хюккеля, примеры ароматических соединений.

Тема 2. Механизмы органических реакций

Нуклеофильное замещение ($SN1$ и $SN2$ механизмы). Элиминирование ($E1$ и $E2$ механизмы). Радикальные реакции и цепные механизмы. Электрофильные и нуклеофильные реакции. Промежуточные соединения: карбокатионы, карбанионы, радикалы, карбены. Перегруппировки и их механизмы.

Тема 3. Карбокатионы, карбанионы и радикалы

Методы образования карбокатионов. Стабилизация карбокатионов (резонанс, гиперконъюгация). Карбанионы: строение и нуклеофильность. Радикалы и их устойчивость. Влияние заместителей на реакционную способность. Сравнительная устойчивость карбокатионов, радикалов и карбанионов.

Тема 4. Электрофильное и нуклеофильное присоединение

Присоединение галогенов и гидрогалогенов к алкенам. Механизм гидратации алкенов. Правило Марковникова и его исключения (эффект пероксидов). Присоединение к алкинам. Каталитическое гидрирование. Реакции электрофильного присоединения с участием кислот.

Тема 5. Реакции ароматического замещения

Механизм $SEAr$ (электрофильного замещения). Влияние электронных эффектов заместителей. Ориентирующее действие заместителей. Реакции нитрования, сульфирования, галогенирования. Реакции Фриделя–Крафтса (алкилирование и ацилирование). Влияние условий на региоизомерию замещения.

Тема 6. Реакции конденсации и поликонденсации

Альдольная конденсация: механизм и применение. Конденсация Кляйзена и Перкина. Реакция Канниццаро. Применение поликонденсации в синтезе полимеров. Влияние катализаторов и температуры на процесс. Биологические аналоги конденсаций.

Тема 7. Органические кислоты и основания

Классификация органических кислот. Сравнение кислотности спиртов, фенолов и карбоновых кислот. Влияние индуктивного и мезомерного эффектов на кислотность. Органические основания: амины, имины, пиридины. Определение pK_a и его значение. Роль кислотно-основных взаимодействий в синтезе.

Тема 8. Карбонильные соединения

Химические свойства альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения. Образование ацеталей и кеталей. Реакция Кноэвенагеля и Гриньяра. Сравнение реакционной способности альдегидов и кетонов. Методы восстановления и окисления карбонильных соединений.

Тема 9. Гетероциклы и их химия

Классификация гетероциклических соединений. Ароматические и неароматические гетероциклы. Синтез пиридина, тиофена, фурана. Реакции замещения в гетероциклах. Биологически активные гетероциклы. Применение гетероциклов в фармацевтической химии.

Тема 10. Полимеры и органическая химия высокомолекулярных соединений

Реакции полимеризации (радикальная, ионная, каталитическая). Структура и свойства полимеров. Различие между термопластами и термореактивами. Сополимеры и их получение. Биополимеры: целлюлоза, белки. Перспективы «зелёной» полимерной химии.

Тема 11. Реакции окисления и восстановления

Органические реакции окисления: мягкие и жёсткие условия. Восстановление карбонильных соединений (LiAlH_4 , NaBH_4). Каталитическое гидрирование. Окисление алкенов (KMnO_4 , OsO_4). Реакции селективного окисления. Электрохимические методы окисления и восстановления.

Тема 12. Современные каталитические методы в органическом синтезе

Катализ переходными металлами. Реакции метатезиса олефинов. Палладиевый катализ (реакции Хекка, Сузуки, Сонагаширы). Асимметрический катализ. Органокатализ. Применение микроволнового нагрева.

Тема 13. Стереохимия органических соединений

Энантиомеры и диастереомеры. Оптическая активность. Методы определения абсолютной конфигурации (правила Cahn–Ingold–Prelog). Стереоспецифичность реакций. Стереоиomerия в биомолекулах. Хиральные катализаторы и их применение.

Тема 14. Органофторная и органосиликоновая химия

Строение и свойства C–F и C–Si связей. Методы введения фтора в органические соединения. Органосиликоны: структура и реакционная способность. Применение органосиликонов в медицине и промышленности. Сравнение реакционной способности фторорганики. Экологические аспекты.

Тема 15. Современные методы органического синтеза

Принципы «зелёной химии». Микроволновая и ультразвуковая активация. Автоматизированный синтез. Комбинаторная химия. Биокатализ. Применение фотохимических методов.

ДИСЦИПЛИНА 2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Тема 1. Общие принципы аналитической химии

Предмет и задачи аналитической химии. Классификация методов анализа (качественный и количественный анализ). Стадии аналитического процесса. Погрешности измерений и их классификация. Точность, правильность и воспроизводимость. Основы метрологии в аналитике.

Тема 2. Гравиметрический анализ

Принципы гравиметрии. Условия осаждения и фильтрования. Кристаллизация и коагуляция осадков. Применение гравиметрических факторов. Точность и источники ошибок в гравиметрическом анализе. Примеры применения метода.

Тема 3. Титриметрический анализ: основы

Классификация методов титриметрии (кисотно-основное, окислительно-восстановительное, комплексометрическое, осадительное титрование). Основные уравнения титрования. Концепция титра и молярности. Индикаторы: выбор и область применения. Построение кривых титрования.

Тема 4. Кисотно-основное титрование

Теория Брёнстеда–Лоури и Льюиса. Выбор индикаторов по pH-переходам. Кривые титрования сильных и слабых кислот и оснований. Методы обратного титрования. Буферные растворы и их роль в анализе. Расчет pH в точке эквивалентности.

Тема 5. Окислительно-восстановительное титрование

Принципы редокс-реакций. Потенциалы полуреакций и уравнения Нернста. Перманганатометрия и бихроматометрия. Иодометрия и броматометрия. Методы амперометрической фиксации конца титрования. Применение редокс-титрования.

Тема 6. Комплексонометрия

Образование комплексных соединений. ЭДТА и её свойства. Индикаторы для комплексонометрии. Кривые титрования при образовании комплексов. Методы прямого и обратного титрования. Применение в анализе воды и металлов.

Тема 7. Методы осадительного титрования

Общие принципы осадительного титрования. Метод Мора, Фаянса и Фольгарда. Выбор индикаторов. Применение осадительного титрования для анализа галогенидов. Точность и воспроизводимость метода.

Тема 8. Фотометрический анализ

Законы светопоглощения (закон Ламберта-Бера). Методы калибровки фотометрических данных. Спектрофотометрические кривые и максимум поглощения. Использование цветных индикаторов. Современные фотометры и спектрофотометры. Ошибки фотометрических измерений.

Тема 9. Электрохимические методы анализа

Электродные потенциалы и уравнение Нернста. Ионоселективные электроды. Потенциометрия и её применение. Кулонометрия: принципы и расчёты. Амперометрия и полярография. Вольтамперометрические методы.

Тема 10. Хроматография: основы метода

Принцип разделения веществ. Подвижная и неподвижная фазы. Виды хроматографии (газовая, жидкостная, тонкослойная). Теория распределения веществ. Параметры эффективности колонки. Примеры применения в анализе.

Тема 11. Газовая хроматография

Колонки и неподвижные фазы. Газ-носитель и его характеристики. Детекторы (TCD, FID и др.). Влияние температуры и скорости потока на разделение. Методы количественного анализа. Современные приборы ГХ.

Тема 12. Жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

Основы ВЭЖХ. Типы колонок и сорбентов. Подвижные фазы и градиентное элюирование. УФ-детекторы, рефрактометры и МС-детекторы. Применение ВЭЖХ в фармацевтике и биохимии. Тонкослойная хроматография (ТСХ) как вспомогательный метод.

Тема 13. Масс-спектрометрия в аналитике

Принцип масс-анализаторов. Типы ионизации (EI, ESI, MALDI). Интерпретация масс-спектров. Определение молекулярной массы и структуры. Совмещение масс-спектрометрии с хроматографией (ГХ-МС, ВЭЖХ-МС). Чувствительность и ограничения метода.

Тема 14. Современные методы анализа микроэлементов

Атомно-абсорбционный анализ. ICP-MS (индуктивно связанная плазма). Люминесцентные методы. Химия следовых количеств. Анализ воды, почв и продуктов питания на содержание токсичных элементов. Стандарты и метрология.

Тема 15. Квалификационные требования к аналитическим методам

Понятия точности, чувствительности, специфичности и селективности. Валидизация методик. Калибровка приборов. Контроль качества аналитических данных. Стандарты IUPAC и ISO. Методы снижения систематических ошибок.

ДИСЦИПЛИНА 3. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Тема 1. Основы физической химии

Предмет и задачи физической химии. Связь с другими науками. Основные методы физической химии. Законы сохранения и превращения энергии. Основные понятия термодинамики. Молекулярно-кинетическая теория вещества.

Тема 2. Химическая термодинамика

Понятие системы и окружения. Виды термодинамических систем. Первое начало термодинамики. Работа и тепло в химических процессах. Энтальпия и тепловой эффект реакции. Закон Гесса и его применение.

Тема 3. Второе начало термодинамики

Энтропия и её физический смысл. Критерии направленности процессов. Свободная энергия Гиббса. Связь ΔG с равновесием. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

Тема 4. Химическое равновесие

Константа равновесия и её зависимость от температуры (уравнение Вант-Гоффа). Принцип Ле Шателье. Расчёты положения равновесия. Равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Давление и равновесие.

Тема 5. Растворы: свойства и закономерности

Растворимость и факторы, её определяющие. Закон Рауля и понижение давления пара. Коллигативные свойства (осмотическое давление, криоскопия, эбулиоскопия). Активность и коэффициенты активности. Растворы электролитов и неэлектролитов.

Тема 6. Фазовые равновесия

Понятие фазы. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния (вода, бинарные системы). Фазовые переходы первого и второго рода. Тройные точки. Кристаллизация и плавление.

Тема 7. Электрохимия: основы

Электродные процессы и потенциалы. Электрохимические ячейки и уравнение Нернста. Гальванические элементы. Электролиз и законы Фарадея. Перенапряжение. Применение электрохимии в промышленности.

Тема 8. Кинетика химических реакций

Скорость реакции и её зависимости. Молекулярность и порядок реакции. Уравнение Аррениуса и энергия активации. Методы определения скорости. Катализ и катализаторы. Примеры промышленных катализаторов.

Тема 9. Коллоидная химия

Строение коллоидных систем. Мицеллообразование. Электрокинетические явления. Седиментация и коагуляция. Применение коллоидов. Свойства золей и гелей.

Тема 10. Поверхностные явления

Поверхностное натяжение и адсорбция. Изотермы адсорбции (Лангмюра, Фрейндлиха). Гиббсова изотерма. Смачивание и капиллярные явления. Межфазные границы. Адсорбционные методы анализа.

Тема 11. Кристаллохимия

Типы кристаллических решеток. Анизотропия и симметрия кристаллов. Элементарная ячейка и параметры решетки. Дефекты в кристаллах. Рентгеноструктурный анализ. Связь структуры и свойств.

Тема 12. Термохимия

Теплоты образования и сгорания. Закон Кирхгофа. Калориметрические методы. Энтальпийные диаграммы. Применение термохимии для расчета теплот реакций. Современные методы измерений.

Тема 13. Статистическая термодинамика

Основы распределений Больцмана. Функции распределения и состояния. Микро- и макросостояния. Связь энтропии с вероятностью. Молекулярная интерпретация термодинамических величин.

Тема 14. Химическая термодинамика растворов

Химический потенциал. Равновесие между фазами. Растворимость газов и закон Генри. Термодинамика разбавленных растворов. Растворимость твердых веществ. Применение активности в расчетах.

Тема 15. Современные физико-химические методы анализа

Калориметрия и её виды. Термогравиметрический анализ (ТГА). Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Электрохимические методы. Спектроскопические методы (ИК, Раман). Применение физхимии в нанотехнологиях.

ТЕМЫ ЭССЕ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ 8D05301 – ХИМИЯ

1. Роль химических технологий в обеспечении устойчивого развития современного общества
2. Влияние нанотехнологий на развитие современной медицины и фармацевтики
3. Перспективы возобновляемых источников энергии и роль химических процессов в их развитии
4. Полимерные материалы нового поколения: экологические и промышленные аспекты
5. Современные методы аналитической химии в контроле качества окружающей среды
6. Химические аспекты разработки новых лекарственных препаратов и биотехнологий
7. Проблемы глобального изменения климата и роль химической науки в их решении
8. Катализаторы и их значение в энергосберегающих технологиях будущего
9. Химия и биоинженерия: перспективы создания новых материалов и систем
10. Влияние химических загрязнителей на экосистемы и пути их нейтрализации
11. Перспективы развития химической промышленности Казахстана в условиях глобализации
12. Современные физико-химические методы исследования наноструктурированных материалов
13. Роль химии в создании новых источников альтернативной энергии
14. Экологически безопасные технологии переработки промышленных отходов
15. Химические и физические аспекты создания материалов с заданными свойствами

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрайвер. Бейорганикалық химия : оқулық. Т. 2 / П. Эткинс. – Алматы : Дәуір, 2013. – 688 б.
2. Эткинс П. Физикалық химия : зат құрылымы. – Алматы : Полиграфкомбинат ЖШС, 2013. – 944 б.
3. Битемирова Е. Органикалық химия : оқу құралы. – Қарағанды : Medet Group, 2015. – 224 б.
4. Спабекова Р. С. Физика-химиялық зерттеу әдістер : оқу құралы. – Қарағанды : М. Әуезов ат. ОҚМУ, 2015. – 134 б.
5. Бектуров Е. А. Краткий курс физикохимии полимеров : учебное пособие. – Алматы : КазНПУ им. Абая «Ұлағат», 2017. – 224 с.
6. Шоқыбаев Ж. Ә. Химия есептері мен жаттығулары : оқу құралы. – Алматы : Ұлағат, 2020. – 242 б.
7. Мукатаева Ж. С. Химиялық экология : оқулық. – Алматы : Абай атындағы ҚазҰПУ «Ұлағат», 2020. – 354 б.
8. Хұсайын С. Х. Физикалық химия : оқулық. – Алматы : ҚазҰТУ, 2014. – 406 б.

9. Маденова П. С. Аналитикалық, физикалық және коллоидтық химия : оқу құралы. – Қарағанды : Ақнұр баспасы, 2016. – 364 б.
10. Шоқыбаев Ж. Ә., Қаражанова Д. Ә., Оразбаева М. А. Бейорганикалық химияның теориялық негіздері және элементтер химиясы : практикум. – Алматы : Абай атындағы ҚазҰПУ, 2013. – 240 б.
11. Шоқыбаев Ж. Ә., Қаражанова Д. Ә. Химия тарихы : оқу құралы. – Алматы : Ұлағат, 2014. – 172 б.
12. Шоқыбаев Ж. Ә., Қаражанова Д. Ә., Оразбаева М. А. Химия есептері мен жаттығулары : оқу құралы. – Алматы : Абай атындағы ҚазҰПУ «Ұлағат», 2020. – 242 б.
13. Бруис П. Ю. Органикалық химия негіздері : оқулық. 1–2 бөлім / ауд. К. Б. Бажықова. – Алматы : Қазақ тіліндегі басылым, ҚР жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2014.
14. Меркулов В. В. Химия высокомолекулярных соединений : курс лекций. – Алматы : Эверо, 2019. – 180 с.
15. Эткинс П., Де Паула Дж. Физикалық химия : учебник. Бөлім 1, 2 / қазақ тіліне ауд. Г. Х. Шабиқова. – Алматы : Полиграфкомбинат ЖШС, 2012. – 593 б.
16. Бруис П. Ю. Органикалық химия негіздері : оқулық. 2-бөлім / ауд. К. Б. Бажықова. – Алматы : Қазақ тіліндегі басылым, ҚР жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2014. – 500 б.
17. Даутова З. С. Бейорганикалық және органикалық химия : оқулық. – Алматы : New book, 2022. – 224 б.

Составители:

1. к.х.н., асс. профессор Мукатаева Ж.С.
2. к.х.н., ст. преподаватель Чинибаева Н.С.
3. PhD, ст. преподаватель Узакова А.Б.