

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
Проректор по научной деятельности


_____ Д.А. Тагорский

« 26 » _____ 2025 г.



Программа кандидатского экзамена по научной специальности
1.4.12 Нефтехимия

Цель и задачи кандидатского экзамена по научной специальности 1.4.12 Нефтехимия

Цель: определить уровень общей личностной культуры, профессиональной компетентности, теоретической подготовленности, установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности аспиранта (соискателя) к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химических наук

Задачи:

- выявить степень готовности аспиранта к осуществлению научно-исследовательской деятельности в российских и международных исследовательских коллективах с использованием современных методов и технологий научной коммуникации;
- оценить умение аспиранта работать с большими массивами текстов с целью извлечения и использования профессионально значимой информации.

Основные требования:

Аспирант (соискатель) должен четко ориентироваться во всех разделах специальной дисциплины, содержащихся в ее рабочей программе. Необходимо твердо знать теоретическое содержание данных разделов, уметь использовать знания при решении практических задач, свободно ориентироваться в современной литературе и электронных источниках при необходимости поиска актуальной информации.

Экзаменуемый должен грамотно строить свою речь, понятно излагать решение технических проблем в своей области, уметь логически верно доказывать основные утверждения.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине сдается по программе, состоящей из двух частей: типовой программы - минимум по специальности, разрабатываемой в Институте, и дополнительной программы, разрабатываемой соответствующей кафедрой. Дополнительная программа должна включать новые разделы, связанные с направлением исследований аспиранта (соискателя), а также учитывать последние достижения в данной отрасли науки и новейшую литературу. Дополнительная программа утверждается на заседании Ученого совета института.

Порядок проведения кандидатского экзамена

Кандидатский экзамен проводится по билетам в форме письменного ответа и устного опроса. Для подготовки ответа экзаменуемые используют экзаменационные листы. Время для подготовки ответа – 60 минут.

Критерии оценивания

Для оценки ответов на кандидатском экзамене по специальной дисциплине «1.4.12 Нефтехимия» программы аспирантуры учитываются следующие критерии:

- теоретическая точность;
- полнота содержания;
- использование собственных суждений и оценок;
- умение отстаивать свою позицию;
- грамотное изложение материала.

Отлично

Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной данной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий нефтехимии в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. Оценка «отлично»

допускается при отсутствии или недостаточном проявлении одного из указанных критериев в общем ответе по экзаменационному билету.

Хорошо

Обучающийся обнаружил полное знание вопросов нефтехимии, успешно выполнил предусмотренные задания, показал систематический характер знаний в области нефтехимии и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Оценка «хорошо» может быть выставлена при отсутствии двух критериев в ответе экзаменуемого.

Удовлетворительно

Обучающийся обнаружил знание основ нефтехимии в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Неудовлетворительно

Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основ нефтехимии, допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий и не способен продолжить обучение по нефтехимии.

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности

1. Химический состав и свойства нефти

Происхождение нефти. Генезис и химическая эволюция нефтей. Органическая теория происхождения нефти. Нефтематеринское вещество и его преобразование в нефть. Биodeградация нефти в природных условиях. Процесс нефтеобразования и химический состав нефти. Биомаркеры. Влияние температуры и природных катализаторов. Минеральная теория происхождения нефти.

Свойства, состав и классификация нефтей. Физические свойства нефтей. Химический состав нефти. Фракционный состав нефти. Элементный, индивидуальный и структурно-групповой состав нефти. Классификация нефтей.

Методы исследования нефтей. Физические и физико-химические методы. Ректификация. Хроматографические методы. Термическая диффузия. Оптическая спектроскопия в анализе углеводородных и гетероатомных компонентов. Спектры комбинационного рассеяния. Молекулярная масс- и хроматомасс-спектроскопия. Ядерный магнитный и парамагнитный резонанс.

Исторический обзор исследований по химии углеводородов нефти. Работы Д.И. Менделеева, В.В. Марковникова, Д.П. Коновалова, Н.Д. Зелинского, С.С. Наметкина, Б.А. Казанского, А.В. Топчиева и др.

Нефтяные углеводороды ряда метана (парафины). Физические и химические свойства парафинов нормального и разветвленного строения. Газообразные парафины. Природный газ. Жидкие и твердые парафины. Парафин и церезин. Изопренаны нефти.

Нафтены (циклические углеводороды нефти). Углеводороды ряда циклогексана и циклопентана. Их содержание в нефтях. Важнейшие реакции. Синтез модельных углеводородов. Бициклические углеводороды нефти. Конденсированные и мостиковые би- и полициклические углеводороды. Адамантан и его гомологи. Тритерпаны, стераны и гопаны. Термодинамическая устойчивость цикланов. Конформационный анализ циклических углеводородов.

Ароматические углеводороды нефти. Типы ароматических углеводородов нефти и их определение в нефтях.

Сернистые соединения нефти. Характеристика сернистых соединений и их определение в нефтях. Перспективы их практического использования. Содержание серы в различных нефтях и нефтепродуктах.

Азотистые соединения нефти. Основные типы, их характеристики и определение в нефтях.

Кислородные соединения нефти. Нефтяные кислоты. Характеристика и содержание в нефти.

Смолистые и асфальтовые компоненты нефти. Разделение и характеристика. Металлсодержащие соединения нефти. Порфирины. Микроэлементы.

2. Нефтеперерабатывающая и газоперерабатывающая промышленность, как источник производства основных видов нефтехимического сырья, жидких топлив и масел

Нефть и газ как источники производства основной группы исходных веществ для промышленного органического и нефтехимического синтеза (парафинов, олефинов, ароматических углеводородов, ацетилен, оксида углерода и синтез-газа), жидких топлив и смазочных масел.

Промышленные процессы первичной переработки нефти и газа. Электрообессоливание и первичная перегонка нефти. Сырье, характеристика стандартных нефтей, технология переработки и основные продукты. Типовые схемы нефтеперерабатывающих заводов. Переработка природного газа и газовых конденсатов. Переработка попутного газа.

Каталитический крекинг. Сырье и его подготовка. Продукты крекинга. Катализаторы крекинга, строение алюмосиликатов и природа их каталитической активности. Роль протонной и апротонной кислотности. Цеолиты. Механизм протекающих реакций. Изменение свойств и регенерация катализаторов в процессе крекинга. Промышленные установки каталитического крекинга и основные технологические параметры.

Каталитический риформинг. Сырье и его подготовка. Продукты риформинга. Получение высокооктановых компонентов бензина и ароматических углеводородов. Катализаторы риформинга, основные реакции и механизм каталитического превращения нафтенных, парафиновых и ароматических углеводородов. Изменение свойств и регенерация катализаторов в процессе риформинга. Промышленные установки каталитического риформинга и основные технологические параметры.

Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке. Основное назначение, катализаторы, химические основы и механизм гидрогенизационных процессов. Гидроочистка моторных топлив, смазочных масел, парафинов, вакуумных дистиллятов и вторичных газойлей. Реакторы и технология процессов гидроочистки. Гидрообессеривание нефтяных остатков. Гидрокрекинг бензиновых фракций с получением моторных топлив, сжиженных газов и изопарафиновых углеводородов. Гидрогенизационные процессы в производстве смазочных масел. Гидродеалкилирование и другие гидрогенизационные процессы в производстве ароматических углеводородов.

Термический крекинг и пиролиз. Термодинамика и кинетика распада углеводородов различных рядов и молекулярной массы. Свободно-радикальный механизм термического крекинга углеводородов. Получение светлых нефтепродуктов термическим разложением остаточных фракций, улучшение качества котельного топлива, получение термогазойля и нефтяного кокса. Пиролиз нефтяных фракций и газового сырья для производства низших олефинов и ароматических углеводородов. Переработка газообразных и жидких продуктов пиролиза. Пиролиз метана и других углеводородов для получения ацетилен. Регенеративный, гомогенный и окислительный пиролиз. Электрокрекинг. Состав газов пиролиза и их разделение.

Производство парафинов. Производство жидких парафинов депарафинизацией дизельных фракций. Депарафинизация масляных фракций для получения твердых парафинов.

Производство оксида углерода и синтез-газа. Каталитическая конверсия метана и других углеводородов. Научные основы процесса и технологические параметры. Окислительная

конверсия. Высокотемпературная окислительная конверсия углеводородов в отсутствие катализаторов. Очистка синтез-газа, получение концентрированного оксида углерода и водорода.

Нефтяные топлива. Общая характеристика основных видов топлива (автомобильное, дизельное, авиационное, реактивное, котельное и др.). Поведение и превращения углеводородов при сгорании в двигателях. Улучшение эксплуатационных свойств топлив с помощью добавок. Антидетонаторы и механизм их действия. Октановое число. Цетановое число.

Нефтяные масла. Смазочные масла и их основные характеристики. Синтетические присадки к смазочным маслам (антиокислители, депрессоры, моющие, вязкостные, противоизносные и др.), механизм их действия. Комплексные присадки. Технические масла.

Проблема замены нефтяного сырья в производстве жидких топлив и масел. Ограниченность и невоспроизводимость нефтяных ресурсов. Возможности и перспективы использования углей, торфа, горючих и битуминозных сланцев, растительного сырья для производства искусственного жидкого топлива.

3. Основные процессы промышленной переработки нефтехимического сырья

Процессы галогенирования. Научные основы процессов галогенирования парафинов, олефинов, ацетиленов, ароматических и алкилароматических углеводородов. Заместительное и присоединительное хлорирование. Галогенирующие агенты, катализаторы и инициаторы, условия галогенирования. Термическое, фотохимическое и окислительное галогенирование и механизм этих реакций. Гидрохлорирование олефинов и ацетиленов. Получение хлорметанов, хлорэтанов, аллилхлорида, хлорбутенов, хлорпарафинов, винилхлорида, хлор- и полихлорбензолов.

Гидратация олефинов и ацетиленов. Термодинамика, катализаторы и механизмы реакций гидратации. Синтез этанола, изопропанола, втор- и трет-бутанолов, ацетальдегида.

Процессы алкилирования. Алкилирование олефинами ароматических углеводородов. Катализаторы, механизм и кинетика реакции. Получение этил-, диэтил- и изопропилбензолов. Алкилирование бензола высшими олефинами. Алкилароматические пластификаторы, смазочные масла, присадки и сырье для поверхностно-активных веществ. Алкилирование фенолов, производство стабилизаторов полимеров и масел. Алкилирование парафинов, катализаторы и механизм реакции. Синтез высокооктановых моторных топлив. *o*-Алкилирование олефинами и ацетиленом. Синтез метил-трет-бутилового эфира, винилацетата и виниловых эфиров спиртов. Винилирование ацетиленом. Синтезы винилацетиленов, акрилонитрила и винилпирролидона.

Димеризация и олигомеризация олефинов. Катализаторы димеризации и олигомеризации олефинов. Аллюминийорганические соединения и синтезы на их основе. Производство линейных α -олефинов. Синтез линейных первичных спиртов.

Метатезис (диспропорционирование) олефинов. Гомогенные и гетерогенные катализаторы. Механизм. Влияние положения кратной связи. Практическое использование и перспективы.

Процессы окисления и эпоксидирования. Окислительные агенты (молекулярный кислород, азотная кислота, пероксидные соединения). Радиально-цепное окисление парафиновых и алкилароматических углеводородов. Кинетика и катализ реакции. Получение гидропероксидов трет-бутилбензола, этилбензола и изопропилбензола. Получение спиртов и кислот окислением парафинов. Окисление нафтенных спиртов и кетонов. Окисление метилбензолов в ароматические кислоты. Гетерогенно-каталитическое окисление углеводородов и их производных. Окисление ароматических и других углеводородов с образованием внутренних ангидридов ди- и тетракарбоновых кислот. Окислительный аммонолиз олефинов и других углеводородов с образованием нитрилов. Окисление олефинов с сохранением двойной связи. Получение акролеина. Окисление этилена до оксида этилена. Катализаторы окисления в перечисленных процессах, механизм и кинетика реакций. Металлокомплексный катализ окисления олефинов. Эпоксидирование олефинов пероксидами, пероксидом водорода и гидропероксидами. Получение оксида пропиленов и глицидола. Синтез ацетальдегида и винилацетата из этилена.

Процессы дегидрирования и гидрирования. Термодинамика реакций дегидрирования и гидрирования. Катализаторы, механизм и кинетика реакций дегидрирования и гидрирования. Каталитическое и термическое дегидрирование. Дегидрирование алкилароматических соединений. Получение стирола, *α*-метилстирола, дивинилбензола. Дегидрирование парафинов и олефинов. Получение бутадиена и изопрена. Окислительное дегидрирование олефинов. Гидрирование ароматических углеводородов. Получение циклогексана.

Синтезы на основе оксида углерода. Синтез углеводородов из СО и водорода. Катализ, условия и механизм реакции. Синтез спиртов из СО и водорода. Получение метанола. Синтез альдегидов и спиртов С₃-С₉ из олефинов, СО и водорода (оксосинтез). Синтез карбоновых кислот на основе реакции карбонилирования олефинов, ацетилен и спиртов. Перспективы синтезов с использованием оксида и диоксида углерода.

Процессы сульфирования, сульфатирования, сульфоокисления и сульфохлорирования. Сульфорирующие агенты и условия их применения. Механизм реакций. Получение алкилсульфонатов, олефинсульфонатов, алкилбензолсульфонатов, алкилсульфатов. Их значение в синтезе поверхностно-активных веществ. Области применения ПАВ, включая нефтедобычу.

Процессы нитрования. Нитрование парафинов, нафтенов и ароматических углеводородов.

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности (шифр и наименование научной специальности)

Основная литература

1. Таранцева, К. Р. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учебное пособие / К.Р. Таранцева, К.В. Таранцев. - Москва: ИНФРА-М, 2022. - 412 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - DOI 10.12737/4323. - ISBN 978-5-16-009258-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1758021> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Воробьева, Л.В. Основы нефтегазового дела: учебное пособие / Л.В. Воробьева; Томский политехнический университет. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2017. - 202 с. - ISBN 978-5-4387-0767-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043888> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Щербанин, Ю. А. Транспортно-логистическое обеспечение и международные перевозки углеводородного сырья: учебное пособие / Ю.А. Щербанин. - 2-е изд., доп. - Москва: ИНФРА-М, 2019. - 288 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-005314-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1016604> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
4. Кузнецов, В. Г. Управление ректификацией нефти. Технологические диалоги: практическое пособие / В. Г. Кузнецов. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 324 с. - ISBN 978-5-9729-0647-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1835956> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
5. Рудаков, Ю. А. Повышение качества подготовки и реализации проектов развития нефтяного комплекса: монография / Ю.А. Рудаков. - Москва: ИНФРА-М, 2018. - 112 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-004374-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/929651> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
6. Бенин, А. И. Термические опасности и термическая безопасность энергонасыщенных веществ, химических процессов и объектов их применения. Методология исследования на базе системного подхода и математического моделирования: монография / А. И. Бенин, А. А. Косой.

- Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 728 с. - ISBN 978-5-9729-0574-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836191> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 166 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/674042> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

2. Керимов, В. Ю. Проектирование поисково-разведочных работ на нефть и газ: учебное пособие / В. Ю. Керимов, Р. Н. Мустаев, У. С. Серикова. - Москва: ИНФРА-М, 2020. - 200 с. - (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-010821-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1059223>

(дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

3. Комаров, В. С. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: монография / В. С. Комаров, С. В. Бесараб. - Москва: ИНФРА-М, 2020. - 203 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-009581-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1078357>

(дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

4. Алиев, В. К. Экологическая безопасность при разработке северных нефтегазовых месторождений: монография / В.К. Алиев, О.В. Савенок, Д.Г. Сиротин. - Москва: Инфра-Инженерия, 2019. - 128 с. - ISBN 978-5-9729-0263-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1049201> (дата обращения: 24.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

Информационное обеспечение

Методы переработки нефти – <https://neftegaz.ru/science/petrochemistry/332108-metody-pererabotki-nefti/>

Основные технологические процессы топливного производства. Нефтепереработка кратко – <https://neftegaz.ru/science/pererabotka/332243-osnovnye-tekhnologicheskie-protsessy-toplivnogo-proizvodstva-neftepererabotka-kratko/>

Технология переработки нефти. Часть первая. Первичная переработка нефти – <https://www.geokniga.org/books/11170>

Технология переработки нефти. Часть вторая. Деструктивные процессы – <https://www.geokniga.org/books/11171>

Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. – https://www.studmed.ru/gurevich-il-tehnologiya-pererabotki-nefti-i-gaza-chast-1_1665daa7540.html

Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти – https://www.studmed.ru/magaril-rz-teoreticheskie-osnovy-himicheskikh-processov-pererabotki-nefti_aa4c223d577.html

Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие для вузов - <https://www.geokniga.org/books/11386>