

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА 2023 г.

### Направление подготовки 04.04.01 «Химия»

#### Профиль (магистерская программа) «Радиохимия»

##### *Теоретические вопросы*

1. Стабильность атомных ядер.  $\alpha$ -распад и спонтанное деление. Получение сверхтяжелых элементов.
2. Цепочки радиоактивных превращений. Радиоактивные равновесия. Изотопные генераторы.
3. Получение и применение радионуклидов, испытывающих  $\beta^-$ -распад.
4. Получение и применение радионуклидов, испытывающих  $\beta^+$ -распад.
5.  $\gamma$ -спектрометрия. Детекторы для  $\gamma$ -спектрометрии.
6. Жидкостная сцинтилляционная спектрометрия. Специфика регистрации  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений.
7. Общие принципы получения меченых соединений.
8. Радиохимические аспекты получения радиофармпрепаратов.
9. Метод радиоактивных индикаторов.
10. Радионуклиды в окружающей среде. Фоновое облучение населения.

##### Пример творческого задания.

1. Для диагностики онкологических заболеваний используются препараты, содержащие  $^{99m}\text{Tc}$ , который получают с помощью генератора  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ , поэтому существует задача наработки  $^{99}\text{Mo}$ . Предложите методы получения  $^{99}\text{Mo}$ , включая выбор мишени, проведение облучения, радиохимические процедуры выделения радионуклида из облученной мишени. Проведите критический анализ предложенных методов (доступность оборудования, скорость наработки, возможные радионуклидные примеси, удельная радиоактивность).

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить способ решения реальной задачи, с которой он может столкнуться при работе по профилю «Радиохимия». При ответе на задание, необходимо показать наличие навыков решения такого рода задач, умение сопоставлять возможные способы решения и аргументировать выбор оптимального. При ответе учащийся может воспользоваться справочными материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.

#### Профиль (магистерская программа) «Высокомолекулярные соединения»

1. Понятие гибкости, ее связь с молекулярной массой и химической природой макромолекул.

2. Синтез полимеров из мономеров по цепному механизму: классификация реакций полимеризации и их сравнительный анализ.
3. Синтез полимеров из мономеров по ступенчатому механизму; примеры конденсационных полимеров; способы регулирования их молекулярной массы.
4. Химические реакции полимеров: классификация и примеры.
5. Полимераналогичные превращения: факторы, влияющие на кинетику полимераналогичных реакций.
6. Деструкция полимеров: цепная и по закону случая.
7. Типы фазовых диаграмм полимер – растворитель, понятие о верхней и нижней критической температуре растворения. Уравнение состояния полимера в растворе. Тэта-растворитель и Тэта-температура.
8. Гидродинамические свойства разбавленных растворов полимеров. Применение вискозиметрии для определения молекулярной массы полимера и средних размеров макромолекул.
9. Растворы полиэлектролитов: термодинамика и особенности гидродинамического поведения в водных и водно-солевых средах.
10. Физико-механические свойства кристаллических полимеров

Пример творческого задания.

1. Предложите метод синтеза полиметилметакрилата и методы определения его молекулярно-массовых характеристик и конфигурационного состава.

Требования к выполнению задания. При ответе на вопрос творческого задания, необходимо предложить и детально описать метод синтеза заданного полимера и методы определения его молекулярных, механических и (или) физико-химических характеристик.

Желательно сопоставить возможности альтернативных методов получения и изучения свойств указанного вещества.

## **Профиль (магистерская программа) «Биотехнология и нанобиотехнологии»**

1. Клеточная и субклеточная организация прокариот. Прокариоты в промышленных технологиях.
2. Денатурация и инактивация ферментов. Принципы и методы стабилизации ферментов. Имобилизованные ферментные препараты в биотехнологии и медицине.
3. Обмен генетической информацией между микроорганизмами.
4. Теории и механизмы ферментативного катализа (примеры ферментов, работающих преимущественно по одному из механизмов). Факторы и взаимодействия, играющие роль в связывании субстрата и фермента.
5. Регуляция ферментов (эффе́кторами, средой и температурой). Роль витаминов в ферментативном катализе. Примеры пар витамин - кофермент и катализируемых ферментом реакций.
6. Экспрессия генов и ее регуляция. Генно-инженерные методы получения белков и ферментов, их преимущества и недостатки.
7. Оптические методы исследования структурных свойств биомолекул. Сравнительный анализ возможностей, получаемой информации и области применения методов.
8. Наночастицы в качестве меток в иммунохимических методах анализа. Спектральные свойства наночастиц (можно рассмотреть на примере коллоидного золота и др.) и особенности их использования в качестве меток антител. Латеральный проточный иммуноанализ (иммунохроматографический анализ), примеры практического использования (тест-полоски).
9. Применение ферментов в аналитических системах и устройствах.
10. Основные подходы к получению наноинкапсулированных лекарственных препаратов, их преимущества и возможные ограничения. Поведение наночастиц в организме млекопитающих. Подходы, используемые для направленной доставки наноинкапсулированных лекарственных препаратов.

### Пример творческого задания:

Предложите методы определения активности фермента, если для данного фермента не имеется хромофор-содержащего субстрата/продукта.

## Профиль (магистерская программа) «Физическая химия»

1. Первый закон химической термодинамики. Внутренняя энергия. Работа. Теплота. Теплоемкость. Энтальпия.
2. Второй закон химической термодинамики. Энтропия.
3. Термодинамические потенциалы.
2. Химическое равновесие. Стандартное состояние веществ, константы равновесия химических реакций.
3. Фазовые равновесия.
4. Адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Уравнение Ленгмюра.
5. Скорость реакции. Константа скорости. Простые и сложные реакции.
6. Гетерогенный катализ: основные кинетические схемы, лимитирующие стадии, определение кинетических параметров из экспериментальных данных. Примеры каталитических процессов.
7. Ферментативный катализ.
8. Поверхность потенциальной энергии: построение квантовохимическими методами и сопоставление рассчитанных характеристик с наблюдаемыми величинами.
9. Электронные состояния молекулярных систем. Экспериментальные и теоретические методы описания возбужденных состояний. Фотохимические реакции.
10. Колебательная и вращательная задачи в молекулярной спектроскопии. Основные физические модели.

### Пример творческого задания

Какие основные идеи квантово-химического моделирования гетерогенных каталитических реакций? На выбранном каталитическом процессе покажите возможности такого подхода. Приведите пример успешного прогнозирования свойств катализатора с помощью квантово-химических расчетов.

## **Профиль (магистерская программа) «Химическая технология»**

### *Теоретические вопросы*

1. Классификация искусственных углеродных материалов. Способы получения, применение, свойства искусственных углеродных материалов.
2. Соединения графита: синтез, свойства, применение.
3. Методы исследования углеродных материалов.
4. Полимерные матрицы для полимерных композиционных материалов (ПКМ). Функция матриц, ключевые свойства и методы их определения. Термоактивные и термопластичные матрицы, преимущества и недостатки. Примеры использования.
5. Армирующие наполнители для ПКМ. Типы и технологии получения. Основные свойства армирующих наполнителей. Примеры применения в различных изделиях.
6. Свойства ПКМ и их применение ПКМ в различных отраслях техники. Технологии формования изделий из ПКМ. Примеры.
7. Для огнезащиты стальных конструкций используются конструктивные и терморасширяющиеся покрытия. Опишите границы применимости каждого из указанных видов огнезащитных материалов. Какие свойства данных материалов накладывают данные ограничения?
8. Основными видами антикоррозионных покрытий являются лакокрасочные материалы (ЛКМ) на основе следующих классов пленкообразующих веществ: эпоксидные, полиуретановые, акриловые полимеры. Опишите границы применимости каждого из указанных видов антикоррозионных материалов. Как структура и свойства пленкообразователей указанных ЛКМ определяют сферу их применения?
9. В чем различия в подходах огнезащиты кабельных линий при необходимости 1) обеспечения их собственной огнестойкости и 2) защиты от нераспространения огня вдоль данных линий. Какие типы материалов используют в каждом из случаев? Какой принцип их действия для обеспечения огнезащитных свойств?
10. Тепловые свойства твердых тел: теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение.

### *Пример творческого задания*

Одной из актуальных материаловедческих задач в области огнезащитных материалов является увеличение пределов огнестойкости строительных конструкций терминалов сжиженного газа, где наряду с защитой от углеводородного горения при аварии газоконденсата требуется защита несущих металлоконструкций от криогенного воздействия сжиженного газа. Предложите наиболее оптимальный, с Вашей точки зрения, материал (систему материалов) для защиты металлоконструкций от последовательности воздействий: криогенный пролив жидкого метана (в течение 1 ч) и дальнейшего огневого воздействия в режиме углеводородного горения (в течение 2 ч). Обоснуйте свое предложение.

## **Магистерская программа «Химия твёрдого тела»**

1. Классификация дефектов по размерности. Точечные дефекты. Виды точечных дефектов: вакансии, примесные дефекты. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Реакции образования дефектов и их константы равновесия. Способы создания неравновесных концентраций точечных дефектов. Влияние точечных дефектов на свойства кристаллических веществ.
2. Классификация дефектов по размерности. Дислокации, виды дислокаций. Вектор Бюргерса. Влияние дислокаций на свойства металлов. Дефекты упаковки. Когерентные и некогерентные межзеренные границы.
3. Основные структурные типы металлов. Октаэдрические и тетраэдрические пустоты. Структурные типы, благоприятные для образования твердых растворов внедрения. Связь структурного типа с положением металла в таблице Менделеева.
4. Твердые растворы. Типы твердых растворов: замещения, внедрения, вычитания. Основные факторы, определяющие существование твердых растворов замещения: размерный, электрохимический, электронная концентрация  $e/a$ .
5. Важнейшие семейства ИМС: фазы Юм-Розери, фазы Лавеса, фазы  $\sigma$ -семейства. Роль размерного и электронного фактора в образовании ИМС указанных типов.
6. Диффузия в твердых телах, механизмы диффузии. Самодиффузия и взаимная диффузия. Законы Фика, коэффициенты диффузии и их температурная зависимость. Преобладающие механизмы диффузии в металлах при низких и высоких температурах.
7. Кинетика твердофазных реакций. Лимитирующие стадии твердофазных реакций, виды кинетических кривых для реакций различных типов. Примеры кинетических уравнений для процессов, контролируемых скоростью химической реакции, диффузией и зародышеобразованием.
8. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип получения изображения. Виды излучения, образующиеся при взаимодействии электронного зонда с образцом. Микрорентгеноспектральный анализ. Характеристическое рентгеновское излучение. Стандарты для микроанализа. Факторы, влияющие на точность количественного анализа: состояние поверхности и пористость, микронеоднородность, наложение пиков.
9. Базовые принципы и области применения рентгенофазового анализа. Процедуры обнаружения и идентификации новых кристаллических фаз в многофазных образцах, определение параметров элементарной ячейки неизвестных фаз.
10. Адсорбция на поверхности твердых тел. Виды адсорбции. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Ленгмюра. Основные положения теории Брунауэра – Эммета – Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента.

### *Пример творческого задания.*

1. Для образца низкоуглеродистой стали приведена хроноамперограмма (представлена кривая ток-время), полученная в неактивирующем растворе, определите процесс, который протекает на поверхности электрод-электролит с указанием основной реакции. Для каждого значения потенциала по данным, приведенным в таблице (таблица с данными), рассчитайте эффективное

количество электричества; выход по току процесса, происходящего на границе электрод – электролит; толщину сформировавшегося оксидного слоя. Постройте зависимость толщины оксидного слоя от приложенного потенциала и по графику определите константу скорости роста анодного оксида.

Требования к выполнению задания. В творческом задании студенту будут предложены результаты экспериментальных исследований, полученных различными методами физикохимического анализа. Студент должен проанализировать представленные данные, выполнить, если это необходимо, их математическую обработку и на их основании, в зависимости от условия задания, построить либо часть изотермического сечения, либо политермический разрез, либо зависимости каких-либо свойств от параметров эксперимента. Условие задания определяется направлением научно-исследовательской работы студента. При выполнении творческого задания студент должен продемонстрировать умение анализировать и интерпретировать экспериментальные и литературные (справочные) данные, а также умение грамотно представлять результаты научного исследования. При ответе учащийся может воспользоваться справочными материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.

## **Магистерская программа «Нефтехимия»**

1. Каталитический крекинг – механизм, катализаторы, условия проведения, продукты.
2. Гомогенно-каталитические процессы в нефтехимии: Вакер-окисление олефинов, гидроформилирование, карбонилирование метанола, олигомеризация олефинов.
3. Гидроочистка и гидрокрекинг – сырье, катализаторы, условия проведения, получаемые продукты.
4. Метанол – получение и применение.
5. Основные промышленные процессы получения низших олефинов – сырье, условия проведения, продукты.
6. Синтез-газ и процессы на его основе.
7. Процессы для улучшения качества моторных топлив – алкилирование, изомеризация. Катализаторы и условия проведения.
8. Нефтехимические процессы на основе бензола.
9. Гетероатомные соединения газообразных и жидких горючих ископаемых, процессы их удаления.
10. Переработка биосырья: бионефть, лигнин, целлюлоза.

### *Пример творческого задания*

1. В качестве сырья для нефтехимических производства на предприятие А приходит сырье, содержащее 95% этана и 5% пропана. Предприятие Б в качестве сырья использует газовое сырье, использующее пропан. На предприятии С используется в качестве сырья нефть. Предложите процессы получения олефинов для использования на каждом предприятии и продукты нефтехимии, которые было бы целесообразно производить на таких предприятиях.
  2. При переходе от стандарта Евро 3 к стандарту Евро 5 произошло существенное изменение требований к бензину и дизельным топливам. Как должен измениться набор процессов переработки при таком переходе.
  3. По оценкам геологов запасы природного газа в виде гидратов метана в земной коре намного превышают его запасы в свободном состоянии. Предложите экономически эффективный способ добычи природного газа из газогидратных месторождений.
- При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать знание основных процессов переработки нефти и газа, базисных процессов нефтехимии и владение навыками решения реальных задач в сфере добычи и переработки нефти и газа и нефтехимии.



## **Магистерская программа «Медицинская химия»**

1. Основные этапы конструирования лекарственных препаратов. Молекулярные мишени. Соединение-лидер и стратегии его поиска. Оценка качества соединения-лидера.
2. Основные типы взаимодействий лекарства с белком. Понятие о фармакофоре. Рациональные подходы к созданию лекарственных веществ, действующих как ингибиторы ферментов.
3. Понятие об агонистах и антагонистах рецепторных белков и общие подходы к созданию их структур.
4. Рациональные подходы к созданию структур лекарственных веществ, взаимодействующих с ДНК.
5. Изменение структуры разрабатываемого вещества с целью улучшения его биодоступности: изменение баланса «липофильность – гидрофильность» (в том числе для преодоления гематоэнцефалического барьера), «защита» от действия метаболических ферментов. Попытки предсказания возможности доведения активного соединения до лекарства.
6. Количественные характеристики биологической активности. Тестирование *in vivo* и *in vitro*. Терапевтический индекс. Примеры структур веществ, дающих «положительные» результаты тестирования за счет неспецифических взаимодействий с белками.
7. Комбинаторные библиотеки, принципы их формирования. Твердофазный и жидкофазный параллельный синтез – особенности, достоинства и недостатки. Примеры применения в медицинской химии.
8. Эмпирические правила биоизостерической замены в соединении-лидере. Классические и неклассические биоизостеры.
9. Метод ограничения конформационной подвижности молекулы соединения-лидера.
10. Пролекарства и биопредшественники. Группировки-носители в пролекарствах. Представление о «мягких» и «жестких» лекарствах.

### *Пример творческого задания.*

1. Приведите примеры структур нескольких конформационно ограниченных аналогов гормона мелатонина. Оцените их липофильность.  
При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать владение навыками дизайна структур с потенциальной физиологической активностью. Желательно предложить несколько альтернативных вариантов и оценить их достоинства и недостатки. Для расчета липофильности учащийся может воспользоваться соответствующими таблицами и другими справочными

материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.

**Магистерская программа «Управление проектами в области вывода из эксплуатации ядерно- и радиационноопасных объектов (включая обращение с радиоактивными отходами)» (реализуется на английском языке)**

Project management in decommissioning of nuclear facilities (including radioactive waste management)

1. Stability of atomic nuclei. General types of radioactive decay and their characteristics.
2. Radiometry and spectroscopy of ionizing radiation. The main types of detectors.
3. Dosimetry of ionizing radiation. Radiation safety standards. Regulations for working with sources of ionizing radiation and radioactive materials.
4. Radionuclides in the environment. Background radiation and its effect on the population.
5. Nuclear fuel cycle. Nuclear fuel cycle facilities.
6. Radioactive waste management. Legislative regulation.
7. Project management. Objects, Subsystems, Processes.
8. Decommissioning. Basic concepts, stages of decommissioning. Legislative regulation.
9. Decommissioning technologies. Ensuring safety during decommissioning.
10. Financial and economic aspects of decommissioning.

*Пример творческого задания:*

Suggest ways of detecting surface contamination with alpha emitters. In what ways can metal and concrete surfaces be decontaminated?

**Магистерская программа «Радиофармацевтическая химия» (реализуется на английском языке)**

1. Radioactive decay. Types of radioactive decay. Law of radioactive decay.
2. Interaction of ionizing radiation with matter. Main consequences.
3. Detection of ionizing radiation. Main types of detectors.
4. Radiation safety. Dosimetry.
5. Production of radionuclides in reactors and cyclotrons. Isotope generators.
6. Methods of extraction and purification of radionuclides.
7. Radiopharmaceuticals for diagnostics.
8. Radiopharmaceuticals for therapy and theranostics.
9. GMP.
10. Rules and norms in radiopharmacy.

*Пример творческого задания:*

1. Radiopharmaceuticals containing Tc-99m are used for the diagnosis of oncological diseases. This radionuclide is obtained using a Mo-99/Tc-99m generator. Thus, the main problem to obtain Tc-99m is production Mo-99.

Suggest methods for production Mo-99, including target selection (also compare HEU and LEU), irradiation, radiochemical procedures for extraction of the radionuclide from an irradiated target.

Analyze the strong and weak sides of the proposed methods (equipment availability, production rate, possible radionuclide impurities, specific activity).

**Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»**  
**Профиль (магистерская программа) «Технология композиционных материалов**  
**и малотоннажного синтеза»**

*Теоретические вопросы*

1. Классификация искусственных углеродных материалов. Способы получения, применение, свойства искусственных углеродных материалов.
2. Соединения графита: синтез, свойства, применение.
3. Методы исследования углеродных материалов.
4. Полимерные матрицы для полимерных композиционных материалов (ПКМ). Функция матриц, ключевые свойства и методы их определения. Термореактивные и термопластичные матрицы, преимущества и недостатки. Примеры использования.
5. Армирующие наполнители для ПКМ. Типы и технологии получения. Основные свойства армирующих наполнителей. Примеры применения в различных изделиях.
6. Свойства ПКМ и их применение ПКМ в различных отраслях техники. Технологии формования изделий из ПКМ. Примеры.
7. Для огнезащиты стальных конструкций используются конструктивные и терморасширяющиеся покрытия. Опишите границы применимости каждого из указанных видов огнезащитных материалов. Какие свойства данных материалов накладывают данные ограничения?
8. Основными видами антикоррозионных покрытий являются лакокрасочные материалы (ЛКМ) на основе следующих классов пленкообразующих веществ: эпоксидные, полиуретановые, акриловые полимеры. Опишите границы применимости каждого из указанных видов антикоррозионных материалов. Как структура и свойства пленкообразователей указанных ЛКМ определяют сферу их применения?
9. В чем различия в подходах огнезащиты кабельных линий при необходимости 1) обеспечения их собственной огнестойкости и 2) защиты от нераспространения огня вдоль данных линий. Какие типы материалов используют в каждом из случаев? Какой принцип их действия для обеспечения огнезащитных свойств?
10. Тепловые свойства твердых тел: теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение.

*Пример творческого задания*

Одной из актуальных материаловедческих задач в области огнезащитных материалов является увеличение пределов огнестойкости строительных конструкций терминалов сжиженного газа, где наряду с защитой от углеводородного горения при аварии газоконденсата требуется защита несущих металлоконструкций от криогенного воздействия сжиженного газа. Предложите наиболее оптимальный, с Вашей точки зрения, материал (систему материалов) для защиты металлоконструкций от последовательности воздействий: криогенный пролив жидкого метана (в течение 1 ч) и дальнейшего огневого воздействия в режиме углеводородного горения (в течение 2 ч). Обоснуйте свое предложение.

