

Примеры творческого задания

(2-й вопрос государственного экзамена по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия)

1. Аналитическая химия

Пример творческого задания.

1. Обосновать выбор методов пробоотбора, пробоподготовки, проведения анализа почвы на содержание ионов тяжелых металлов (на уровне 0.1 мкг/мл).

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать владение навыками решения задач, имитирующих реальные ситуации, с которыми он может столкнуться в сфере своей профессиональной деятельности. Оценивается, в первую очередь, умение студента выстроить алгоритм решения задачи, продемонстрировать знание источников необходимой информации, обоснованность выбранных методов анализа объекта. Если задача может быть решена разными способами, студент должен проиллюстрировать решение на примере любой из них, указав альтернативные варианты.

2. Биоорганическая химия

Примеры творческих заданий.

1. Известно, что белок связывает ДНК. Предложите стратегию эксперимента для определения, с каким именно участком (участками) ДНК связывается этот белок.
2. Предложите стратегию эксперимента для выделения нативного белка глутаматдегидрогеназы из *E. coli*.

Требования к выполнению задания. Отвечая на вопрос творческого задания, студент должен продемонстрировать умение построить стратегию базового эксперимента в области биоорганической химии. Вопрос формулируется следующим образом: "Предложите стратегию эксперимента <для решения определенной практической задачи>". Для экзамена выбираются реальные практические задачи, которые решаются в несколько последовательных стадий. Оценивается в первую очередь умение студента выстроить глобальную стратегию, приводящую к решению задачи. В тех случаях, когда задача может быть решена разными способами, студент может выбирать любой из них. В тех случаях, когда решить задачу требуется применительно к конкретно названному объекту (в Примере Б – белок глутаматдегидрогеназа), студент должен обосновать свой выбор стратегии (например, предварительно проработать литературу и построить стратегию с учетом свойств названного объекта).

3. Высокомолекулярные соединения

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.

4. Коллоидная химия

Пример творческого задания.

1. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко используются для флотационного разделения и обогащения руд. Кратко изложите, в чем заключаются теоретические основы пенной флотации.

При флотационном разделении сильвинита (смеси NaCl и KCl) используют октадециламин (ОДА), избирательно адсорбирующийся на поверхности частиц KCl. Рассчитайте, какое минимальное количество насыщенного раствора ОДА следует добавить к дисперсии KCl в насыщенном водном растворе, содержащем частицы размером 1 мкм, чтобы успешно флотировать 100 кг KCl (плотность KCl $1,984 \text{ г/см}^3$), концентрация насыщенного раствора ОДА $5,59 \cdot 10^{-4} \text{ мг/л}$, площадь, занимаемая молекулой ОДА в адсорбционном слое, равна $0,3 \text{ нм}^2$. Для успешной флотации краевой угол воды на поверхности KCl должен составлять 90° . Принять, что краевой угол насыщенного раствора KCl на поверхности KCl равен нулю, а краевой угол на поверхности KCl, покрытой насыщенным адсорбционным слоем ОДА, равен 105° .

Требования к выполнению задания. Творческое задание формулируется как реальная практическая задача, при решении которой необходимо продемонстрировать знание теоретических основ решения указанной проблемы и умение получить необходимые количественные показатели. При ответе учащийся может воспользоваться справочными материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.

5. Лазерная химия

Примеры творческого задания.

1. Диоксид серы SO_2 представляет собой умеренно-опасный токсикант, образующийся в некоторых природных и технологических процессах. Задача его дистанционного определения в атмосфере вблизи источников выбросов может быть решена с помощью дистанционного зондирования. Предложите лазерные методы такого зондирования с учетом возможных уровней содержания SO_2 , наличия мешающих влияний компонентов атмосферы и аэрозольных частиц. Сравните метрологические характеристики предложенных методов (чувствительность, селективность, воспроизводимость), а также классы стоимости и сложности оборудования.
2. Идентификация сверхтяжелых элементов с зарядами ядер 112 и более по характеристикам электронных оболочек их атомов могла бы включать двухстадийную лазерную ионизацию этих атомов (резонансное возбуждение с последующей ионизацией) и регистрацию заряженных частиц. Рассчитывать на прямое экспериментальное измерение длин волн переходов этих атомов в обозримом будущем не приходится. Обсудите необходимую точность моделирования электронной структуры атома для планирования подобного эксперимента. Какие эффекты должна учитывать такая модель?

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать владение навыками решения задач, имитирующих реальные

ситуации в сфере своей профессиональной деятельности. Студент должен продемонстрировать умение выстроить алгоритм решения задачи, оценить основные факторы, которые необходимо учесть при выборе метода исследования, обосновать выбор метода. Если задача может быть решена разными способами, студент должен проиллюстрировать решение на примере любой из них, указав альтернативные варианты.

6. Медицинская химия и тонкий органический синтез

Пример творческого задания.

1. Приведите примеры структур нескольких конформационно ограниченных аналогов гормона мелатонина. Для одного из представленных соединений предложите полную схему синтеза из доступных реагентов, рассчитайте значение липофильности по методу Реккера и оцените соответствие соединения правилам Липински.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать владение навыками дизайна структур с потенциальной физиологической активностью и навыками разработки ретросинтетических схем. Желательно предложить несколько альтернативных вариантов схем синтеза целевого вещества 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.

7. Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии

Пример творческого задания.

1. Предложите методы анализа размеров и массы наночастиц (можно рассмотреть на примере наночастиц золота, липосом или твердых липидных частиц или полимерных наночастиц и др.)

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить возможные методы изучения свойств наночастиц различной природы, сравнить возможности и недостатки этих методов. При ответе на вопрос творческого задания студент должен продемонстрировать владение навыками решения реальных задач в области нанобиотехнологии, знание источников информации, умение сопоставлять альтернативные способы решения поставленной задачи.

8. Неорганическая химия

Пример творческого задания.

1. На примере веществ, проявляющих высокотемпературную сверхпроводимость, рассмотрите современные достижения в области их фундаментальных исследований и применения. Как проявляемые функциональные свойства зависят от состава и строения рассматриваемых веществ? Предложите синтетический подход для получения конкретного вещества, проявляющего данные свойства. Как на основе данного вещества получить материалы с различной размерностью, дисперсностью или кристалличностью (массивный образец, образец с развитой поверхностью, наноматериал, пленку, и т.д.). Рассмотрите термодинамические и

кинетические аспекты синтеза. Какие методы потребуются для определения состава, строения и свойств полученного образца?

Требования к выполнению задания.

При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить обоснованный синтетический подход для приготовления вещества/материала с определенными функциональными свойствами. Для полученного соединения студент должен предложить методы анализа, которые позволят его идентифицировать, охарактеризовать чистоту, морфологию, однородность состава, а также позволят получить сведения о его характерных функциональных свойствах. При ответе на экзаменационные вопросы дипломник должен продемонстрировать способность применять всю совокупность знаний, полученных в ходе специализации, понимание термодинамических и кинетических закономерностей проведения неорганического синтеза, умение использовать закономерности в изменении свойств элементов и их соединений в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева, уметь проследить взаимосвязь «состав-структура-свойство» на конкретных примерах неорганических веществ и материалов.

9. Нефтехимия

Примеры творческого задания.

1. В качестве сырья для нефтехимического 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.

Требования к выполнению задания. 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.

10. Органическая химия

Пример творческого задания.

1. Обсудите известные методы синтеза функционально замещенных 1,2,3-триазолов на примере 5-амино- (5-гидрокси-) производных, сравните их достоинства и недостатки.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить различные подходы к синтезу 1,2,3-триазолов, сравнить некаталитический метод в условиях, предложенных Хьюсеном, а также современный каталитический вариант, основанный на медь катализируемой реакции CuAAC. Рассмотреть механизмы каталитического и некаталитического метода синтеза, достоинства и недостатки обоих методов, возможность применения их для синтеза 5-амино и 5-гидрокси- производных, возможность существования и относительной стабильности изомеров – 1,2,3-триазола и диазоиминов в зависимости от природы заместителей при атомах азота и углерода, а также обсудить возможность синтетического, или иного практического использования функционально замещенных триазолов .

11. Радиохимия

Пример творческого задания.

1. Для диагностики онкологических заболеваний используются препараты, содержащие ^{99m}Tc , который получают с помощью генератора $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, поэтому существует задача наработки ^{99}Mo . Предложите методы получения ^{99}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).

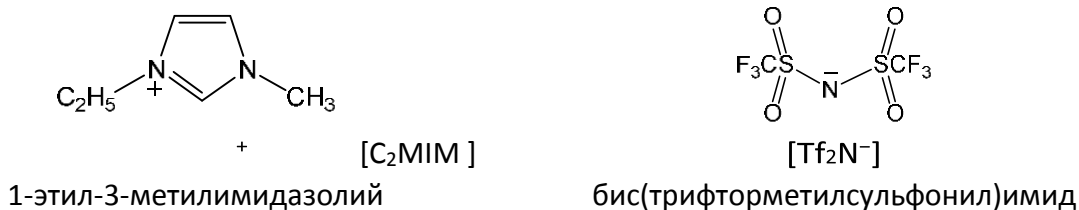
Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить способ решения реальной задачи, с которой он может столкнуться при работе по специальности «Радиохимия». При ответе на задание, необходимо показать наличие навыков решения такого рода задач, умение сопоставлять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

12. Физическая химия

Примеры творческих заданий.

1. Первой стадией промышленного процесса производства фенола по методу Сергеева является гетерогенно-каталитическое алкилирование бензола пропиленом. Небольшая (~ 1 масс.%) примесь н-пропилбензола к изопропилбензолу часто является причиной происходящих аварий. На каком из двух катализаторов, имеющих поры диаметром 0,5 нм и 1,2 нм, можно ожидать снижение % этой примеси, если известно: (а) н-пропилбензол образуется при взаимодействии изопропилбензола с бензолом по механизму Стрейтвизера, где интермедиатами являются два изомерных дифенилпропана; (б) в бензольном растворе коэффициент диффузии н-пропилбензола в 1,5 раза больше, чем кумола.
2. Ионные жидкости ($[\text{Cat}^+][\text{An}^-]$) представляют собой органические вещества ионного строения, жидкие при комнатной температуре. Наиболее известным и хорошо

изученным представителем соединений данного типа является 1-этил-3-метилимидазолия ($[C_2MIM^+]$) бис(трифторметансульфонил)амид ($[Tf_2N^-]$).



Экспериментально установлено (классическим методом Кнудсена), что такая ионная жидкость при 460 К имеет давление насыщенного пара порядка 10^{-2} Па. Какие частицы, по Вашему мнению, может присутствовать в паре при указанных условиях? Могут ли присутствовать ионы? Если Вы считаете возможным присутствие в паре ионов при этих условиях, то оцените порядок их давлений? Сумма эффективных ионных радиусов $[C_2MIM^+]$ и $[Tf_2N^-]$ составляет 1.87 Å.

3. В последнее десятилетие внимание исследователей и практиков привлекают системы с низкоплавкими эвтектиками (DEP). Предложите способы экспериментального и расчетно-теоретического построения фазовых диаграмм таких систем; сравните возможности двух подходов, основные источники ошибок.

Требования к выполнению задания. В качестве творческого задания экзаменуемому предлагается определённая физико-химическая проблема, которая может возникнуть в работе химика-исследователя и химика-практика. При выполнении творческого задания нужно указать оптимальный путь решения, оценить качество получаемых результатов и трудозатраты. Необходимо ответить на следующие вопросы:

Какие физико-химические данные нужны для решения задачи?

Можно ли эти данные найти в литературе, и в каком виде они там могут быть представлены?

Если нужных данных нет, какой эксперимент необходим для их получения?

Можно ли рассчитать необходимые величины методами статистической термодинамики

Возможен ли расчет методами квантовой химии?

Наконец, если под рукой есть вся нужная информация, как решить задачу? Какие приближения делались? Насколько полученный результат достоверен? В ходе дискуссии с экзаменационной комиссией необходимо показать умение защитить собственное видение путей решения задачи.

13. Фундаментальная и прикладная энзимология

Пример творческого задания.

1. Известно, что одним из основных методов инактивации фермента является его агрегация. Какие физико-химические методы можно использовать для слежения за агрегацией фермента? Какие подходы можно предложить для защиты фермента, если основной путь инактивации - это агрегация?

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен предложить возможные методы слежения за структурными характеристиками фермента и возможные подходы к получению стабилизированных ферментных препаратов, сравнить возможности и недостатки этих методов и подходов. При ответе на вопрос творческого задания студент должен продемонстрировать владение навыками решения реальных задач в области прикладной энзимологии, знание источников информации, умение сопоставлять альтернативные способы решения поставленной задачи

14. Химическая кинетика

Пример творческого задания.

1. Рассмотрите основные кинетические особенности процессов с участием наноразмерных частиц металлов и предложите методы их исследования. Приведите примеры.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен рассмотреть основные кинетические особенности указанного в билете типа процессов и предложить методы их исследования, а также привести конкретные примеры процессов указанного типа. Отвечая на задание, учащийся должен продемонстрировать владение навыками составления кинетических схем различных процессов, знание источников информации, необходимой для решения поставленной задачи, умение сопоставлять альтернативные способы решения.

15. Химия высоких энергий

Примеры творческих заданий.

1. Предложите постадийный механизм радиационно-химического синтеза простых органических молекул (CH_3OH , HCOOH) в межзвездных льдах, состоящих из CO , H_2O и CO_2 , при температурах ниже 10 К с использованием представлений об энергетических барьерах элементарных реакций. Предложите модельные эксперименты, которые позволили бы верифицировать данный механизм, методы регистрации и ожидаемые спектроскопические характеристики интермедиатов.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен оценить вероятный механизм радиационно-химических превращений в реальных системах заданного состава. Отвечая на вопрос, студент должен продемонстрировать владение общими представлениями о механизме и кинетике радиационно-химических процессов, знание свойств промежуточных частиц и методов их исследования, а также умение пользоваться справочными материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.

16. Химия и технология веществ и материалов

Примеры творческих заданий.

1. На берегу закрытого водоема происходит техногенная авария, например, крушение грузового состава или выбросы с близлежащего предприятия. В водоем попадает большое количество экологически опасных веществ. Предложите возможные

способы очистки водоема от загрязнений различного типа (нефтепродукты, радиоактивные материалы, химические удобрения и т.п.).

2. Водородно-воздушные топливные элементы находят все более широкое применение в качестве альтернативных источников энергии во многих областях от бытовых электронных устройств и беспилотных летательных аппаратов до автомобилей и стационарных систем аварийного энергообеспечения. В каждом случае предъявляются специфические требования к источникам водорода по таким параметрам, как гравиметрическая и объемная емкость, рабочие температуры и давления, возможность многократного использования и др. Предложите безопасные способы хранения водорода, в наибольшей степени подходящие для использования в системах питания топливных элементов различного типа.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать навыки в применении знаний в различных областях химии и химической технологии для решения конкретных практических задач. В результате должны быть рассмотрены альтернативные подходы к решению сформулированной в вопросе проблемы, проведен их сравнительный анализ с указанием преимуществ и недостатков каждого, обоснован выбор оптимального варианта. Оценивается общий уровень владения информацией по заданной теме, знание специфики различных материалов и технологий, потенциально применимых в данной ситуации, и умение аргументировать предлагаемое решение.

17. Химия ионных и молекулярных систем

Пример творческого задания.

1. Известно, что диффузия в твердых веществах обычно протекает очень медленно. В то же время некоторые материалы обладают достаточно высокой ионной проводимостью уже в твердом состоянии. Опишите вещества с какой структурой могли бы проявлять такие свойства? Как можно доказать, что их проводимость является ионной. Предложите стратегию эксперимента для определения механизма переноса.
2. В гетерогенном катализе часто катализатор находится на некотором носителе, от природы которого существенно зависит степень превращения. Каким образом может реализоваться эта зависимость? Предложите, как можно поставить эксперимент для определения механизма каталитической реакции?

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен продемонстрировать владение навыками решения реальных практических задач в различных областях химии. При ответе на задание студент должен предложить варианты решения и проиллюстрировать их практическими примерами. При обосновании стратегии эксперимента нужно предложить методы исследования процессов или материалов, позволяющие получить полезную информацию для достижения поставленной задачи.

18. Химия твердого тела

Примеры творческих заданий.

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.

2. По данным комплекса методов физико-химического анализа (приведены результаты исследования трехкомпонентных образцов указанного состава рентгенофазовым методом анализа и методом дифференциальносканирующей калориметрии, а также данные по двойным граничным системам) спрогнозируйте характер взаимодействий интерметаллических соединений в многокомпонентных металлических системах, постройте квазибинарные разрезы.
3. По данным комплекса методов физико-химического анализа (приведены результаты исследования трехкомпонентных образцов микрорентгеноспектральным методом анализа), используя информацию по диаграммам состояния двойных граничных систем, постройте изотермическое сечение трехкомпонентной системы.
4. По приведенным параметрам элементарной ячейки и списку интенсивностей рефлексов с известными индексами hkl определите возможную пространственную группу и приведите ее, если необходимо, к стандартной установке. При выполнении задания можно пользоваться Международными кристаллографическими таблицами.

Требования к выполнению задания. В творческом задании студенту будут предложены результаты экспериментальных исследований, полученных различными методами физико-химического 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.

19. Электрохимия

Пример творческого задания.

1. Оцените молекулярную проводимость электронного устройства на основе контакта Au-додекандитиол-Au по данным об электрохимических превращениях "пришитых" алкантиолами реагентов на золоте. Предложите линкеры той же или близкой длины, которые могли бы обеспечить повышение молекулярной проводимости. Используйте сведения из обзора A.L.Eckermann et al. Coordination Chemistry Reviews 254 (2010) 1769–1802.

Требования к выполнению задания. При выполнении творческого задания экзаменуемый должен оценить характеристики реального устройства с использованием предоставленных

данных из обзоров и/или справочников. При ответе учащийся может воспользоваться справочными материалами, разрешенными к использованию при проведении государственного экзамена.