

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Химический институт им. А.М. Бутлерова

**Межрегиональная предметная олимпиада
Казанского федерального университета
по предмету «Химия»**

Очный тур

2023-2024 учебный год

Задания для 10 и 11 классов

Казань – 2024

Содержание:

10 класс.....	1
11 класс.....	6

Рекомендации

Максимальный балл за каждую задачу – 25.

При решении расчётных задач желательно использовать численные значения с точностью до четырёх значащих цифр. Особенно это касается относительных **атомных масс**, которые рекомендуется использовать с **точностью до сотых**.

Успехов!

Серов Н.Ю., Курамшин Б.К., Кузнецов Д.Р.

10 класс

Задача 1. Хелаты

Некоторые лиганды (называемые полидентатными) способны связываться с комплексообразователем одновременно несколькими своими центрами. В таблице ниже приведены некоторые сведения о комплексных частицах K_1 – K_5 с полидентатными лигандами $L1$ – $L5$ ($3d$ -металлы M различны, но в таблице обозначены одним символом).

Комплекс	Формула	Массовая доля M , %	Массовая доля C , %	Массовая доля N , %	Массовая доля O , %
K_1	$[M(L1)_3]^{3-}$	17,46	22,53	-	60,02
K_2	$[M(L2)_3]^{2+}$	24,56	30,15	35,16	-
K_3	$[M(L3)_2]^{2-}$	19,96	29,34	8,55	39,08
K_4	$[M(L4)_3]^-$?	32,98	?	29,28
K_5	$[M(L5)_3]$?	26,28	15,33	?

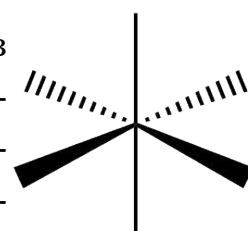
Дополнительно известно, что лиганды $L4$ и $L5$ относятся к одному классу органических соединений. Водные растворы, содержащие K_2 , окрашены в синий цвет. Комплексообразователь в K_4 имеет электронную конфигурацию d^9 , а для исходного атома металла в случае K_5 имеет место «провал» электрона.

?1. Пользуясь данными таблицы установите формулы комплексных частиц K_1 – K_5 , указав комплексообразователь и брутто-формулу лиганда. Ответ подтвердите расчетами. Для K_1 – K_3 укажите степень окисления центрального иона.

?2. Приведите структуры лигандов $L1$ – $L5$, если дополнительно известно, что координирующимися группами в них могут быть карбокси-группы и/или атомы азота, а при связывании с комплексообразователем могут образовываться только пятичленные хелатные циклы.

Нередко хелатные комплексы могут существовать в виде нескольких изомеров. Так, например, K_2 существует в виде двух изомеров, а K_3 – в виде четырех.

?3. Приведите структуры обоих изомеров K_2 и любого из изомеров K_3 , учитывая, что комплексообразователь имеет октаэдрическое окружение. *Примечание:* октаэдр следует изображать в соответствии с приведенным рисунком, обозначая бли-



жайшие координационные связи жирными треугольниками, а отдаленные – пунктиром.

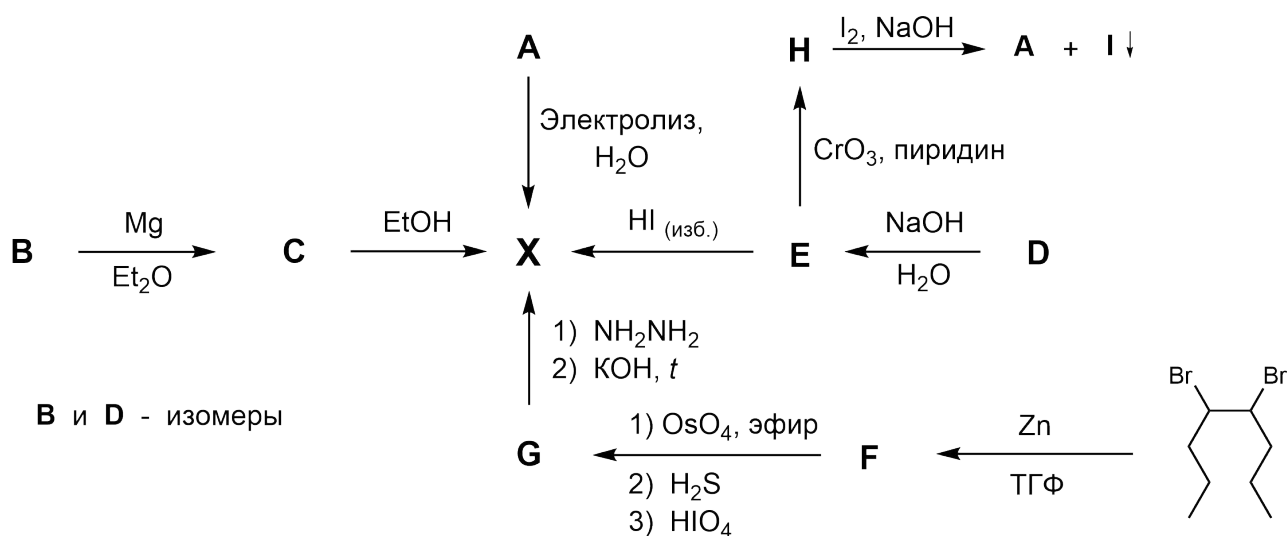
Не всегда в случае полидентатных лигандов координация осуществляется через карбокси-группы или атомы азота. Так, например, лиганд **L6**, содержащий 31,96% кислорода по массе и не содержащий в своем составе азота, в нейтральной форме практически не участвует в комплексообразовании. Однако при воздействии основания он образует депротонированную форму, которая способна к бидентатной координации.

?4. Приведите структурные формулы лиганда **L6** и его депротонированной формы, если дополнительно известно, что обе формы лиганда содержат три типа атомов углерода, а молярная масса **L6** не превышает 140 г/моль.

Задача 2. Странная задача...

Всем известно, что некоторые химические элементы названы в честь разных стран. Например, Ru – в честь России, Po – Польши, Am – Америки и т.д. А знаете ли вы, что и некоторые вещества имеют созвучные, а иногда и идентичные странам названия? С первым из них (вещество **X**) многие из вас познакомились во время изучения школьного курса органической химии. Оно имеет в своем составе лишь углерод и водород, его плотность по азоту примерно равна 2,07, а еще такое же название имеет небольшое государство в Южной Азии.

Вещество **X** гораздо проще добыть из природных источников, но это не исключает возможности его синтетического получения:

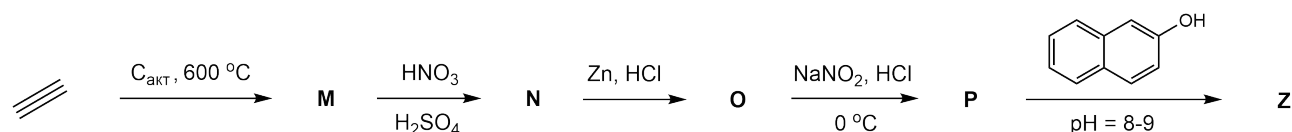


Переключимся на африканский континент: где-то в восточной части можно обнаружить страну, название которой крайне созвучно, но не идентично названию соединения **Y**, открытому еще в 19 веке, а ныне известному как подсла-

стителю E968. Это вещество можно получить синтетическим путем из соединения **X** в несколько стадий:



Органическое соединение **Z** имеет название, идентичное названию другого государства. Оно отличается лишь двумя буквами от названия вещества **X**. Такое же наименование имеет целое семейство красителей, в названиях которых добавляются цифры или обозначения их цвета (I, II, III, IV, красный, черный и т.д.). Синтез одного из них представлен ниже:



- ?1. Определите вещество **X**, ответ подтвердите расчетами.
- ?2. Расшифруйте цепочки превращений и приведите структурные формулы соединений **A–P**, **Y** и **Z**.
- ?3. Напишите названия веществ **X**, **Y**, **Z** или названия упомянутых стран.
- ?4. Отметьте знаком * хиральные центры в молекуле **Y** и определите количество возможных **оптически активных** изомеров.

Задача 3. Распутать нейросети

В далёкой галактике юный химик-гуманоид Умар очнулся на борту космического корабля. Прогуливаясь по коридорам, в одной из комнат он увидел герметичный шкаф со стеклянным окошком. Он сразу понял, что он предназначен для создания инертной атмосферы. Через стекло он увидел, что внутри стояли три колбы. В первой колбе был бледно-зелёный раствор, во второй – жёлто-зелёный, а третий раствор не был окрашен.

Умар решил определить состав растворов. Только вот беда – на корабле не было каких-либо реактивов, правда, были две местные нейросети, к которым у него был доступ. Первая совсем не знала химию, а вторая – физику. Поэтому когда Умар спрашивал, что произойдёт в той или иной реакции, первая нейросеть отвечала, как изменяются электронные конфигурации атомов в ОВР (если таковая протекала; электронные конфигурации она определяла только на основании степени окисления элемента в соединении), а вторая называла видимый признак реакции, однако ошибалась либо в цвете выделяемого вещества, либо в его агрегатном состоянии (причём никогда не ошибаясь сразу и в цвете, и в агрегатном состоянии). Итак, диалог человека с компьютером выглядел так:

- Что произойдёт при смешении растворов 1 и 3?
- $4s^03d^6 \rightarrow 4s^03d^5$; $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$.
- Выделится белый осадок и бурый газ.
- Что произойдёт при смешении растворов 2 и 3?
- $6s^04f^7 \rightarrow 6s^04f^6$; $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$.
- Выделится белый газ.
- Что произойдёт при добавлении сульфида калия к раствору 3?
- $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$; $3s^23p^6 \rightarrow 3s^23p^4$.
- Выделится синий осадок.
- Что произойдёт при добавлении щёлочи к раствору 1?
- Нет изменений в конфигурациях атомов.
- Выделится зеленоватый газ и бесцветный осадок.
- А если на раствор 1 подействовать хлоридом бария?
- Нет изменения в конфигурациях атомов.
- Выделится желтый осадок.
- Что произойдет при добавлении хлорида магния к раствору 3?
- Нет изменения в конфигурациях атомов.
- Выделится красный осадок.
- А что произойдёт при действии на раствор 2 нитрата свинца(II)?
- Нет изменений в конфигурациях атомов.
- Выделяется белый газ, растворимость которого сильно зависит от температуры.

– Ага! – подумал наш учёный, – кажется, я понял, что к чему.

Наконец, Умар спросил, что случится, если раствор 2 вынести из шкафа с инертной атмосферой. Нейросеть I моментально ответила: $6s^04f^7 \rightarrow 6s^04f^6$, а нейросеть II отметила выделение бесцветного газа. Умар также догадался, что раствор 3 мог быть получен растворением в чистой воде вещества X, содержащего 1,80% водорода по массе, либо вещества Y, не содержащего водорода.

Любопытный химик очень обрадовался, поблагодарил компьютерных товарищей за помощь и пошёл в свою каюту.

?1. Определите, какие вещества присутствуют в растворах 1–3, а также состав веществ X и Y.

?2. Запишите все описанные уравнения реакций (можно в ионном виде).

?3. При добавлении раствора какого вещества к одному из растворов первая нейросеть могла ответить: « $3d^0 \rightarrow 3d^3$, $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$, $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^4$ »? Запишите реакции.

Задача 4. Упрощать – сложно, усложнять – просто

Сульфид мышьяка(III) встречается в природе в виде минерала, известного человечеству с древности. As_2S_3 в кристаллическом состоянии представляет собой слоистую структуру, состоящую из двенадцатичленных циклов. Соседние циклы имеют по 2 общих ребра. Слои не связаны между собой ковалентными связями, кроме того, в структуре отсутствуют неполярные связи.

?1. Как называется этот минерал? Как он окрашен?

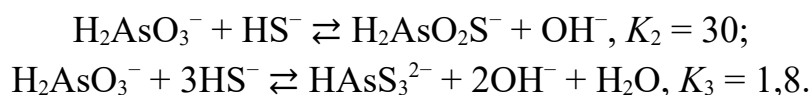
?2. Изобразите строение слоя As_2S_3 : нарисуйте 2 соседних цикла, покажите также атомы, с которыми соединены эти циклы в соседних циклах. Определите, слоистое имеет плоское или неплоское строение, коротко объясните, почему.

As_2S_3 ограниченно растворим в щелочных растворах. Его растворение можно описать равновесием:



?3. Считая, что в растворе устанавливается только это равновесие, рассчитайте растворимость As_2S_3 в растворе при $\text{pH} = 11,00$ (в г/л). pH раствора считайте постоянным. Помните, что твердые вещества и растворитель (вода) не входят в выражение для константы равновесия.

В действительности в растворе устанавливаются и другие равновесия образования тииарсенитов:



Расчет растворимости, таким образом, усложняется. Однако, при разумных значениях pH образованием иона HAsS_3^{2-} можно с хорошей точностью пренебречь.

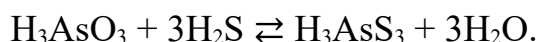
?4. Рассчитайте соотношение $[\text{H}_2\text{AsO}_2\text{S}^-]/[\text{HAsS}_3^{2-}]$ при $\text{pH} = 11,00$ и концентрации гидросульфид-ионов, полученной в п.3. Сделайте вывод о допустимости пренебрежения образованием тритииарсенит-ионов.

?5. С учетом того, что третье равновесие можно не учитывать, рассчитайте растворимость As_2S_3 в воде при постоянном $\text{pH} = 11,00$ (в г/л) и равновесные концентрации ионов $\text{H}_2\text{AsO}_2\text{S}^-$, HAsS_3^{2-} и HS^- в растворе. Сделайте разумное допущение (в данном случае оно состоит в том, что второе равновесие **сильно** смещено вправо).

Некоторые экспериментальные данные говорят в пользу того, что при больших концентрациях тииарсенитов в растворе образуются и другие ионы, например, $\text{H}_2\text{As}_3\text{S}_6^-$.

?6. Предложите здравую структурную формулу данного аниона.

Тиоарсениты также получают насыщением сероводородом растворов мышьяковистой кислоты. При этом используется реакция:



?7. Рассчитайте константу данного равновесия, если известны первые две константы кислотности H_3AsO_3 ($10^{-9,17}$, $10^{-14,06}$), константа кислотности сероводородной кислоты по первой ступени ($10^{-6,89}$) и первые две константы кислотности H_3AsS_3 ($10^{-2,14}$, $10^{-7,19}$).

11 класс

Задача 1. Разделение соседей

Проблема разделения металлов-соседей **M** и **L** важна для химической промышленности. Для выделения чистых металлов из смешанного сульфида $\text{L}_{1-x}\text{M}_{1+x}\text{S}_2$, была предложена следующая схема:

- обжиг на воздухе (реакция 1);
- растворение образовавшихся твердых продуктов в H_2SO_4 (реакции 2 и 3);
- добавление раствора NaOH и пропускание хлора (реакции 4 и 5); затем добавление HCl до слабокислой реакции среды раствора (реакция 6). В результате образуется раствор и осадок 1, содержащий **L**, который отделяют фильтрованием.

Далее раствор защелачивают до выпадения осадка 2, содержащего **M**, который тоже отфильтровывают. Затем осадки прокаливают (реакции 7 и 8) и восстанавливают углем (реакции 9 и 10). В результате из двух осадков получают два металла.

При $x = 0,11$ из 100,0 г $\text{L}_{1-x}\text{M}_{1+x}\text{S}_2$ при общем выходе процесса выделения металлов 83% удастся выделить 23,95 г **L**.

?1. Определите **M** и **L**, состав осадков 1 и 2. Запишите уравнения реакций 1–10. Дополнительно известно, что **M** и **L** расположены в одном периоде Периодической системы.

Ниже приведена методика синтеза комплексного соединения **E**.

«Раствор, содержащий 0,31 г соединения **X** (содержит металл **M**), был добавлен к раствору 1,39 г калиевой соли HDPPN (KDPPN) в жидком **F** (раствор 1). При перемешивании начал образовываться осадок, который затем был отфильтрован, промыт **F** и высушен в низком вакууме 6 часов. Был получен желтый порошок **E**. Продукт диамагнитен, стабилен при температурах ниже 82°C. Хранится без изменений в атмосфере азота, на воздухе очень медленно разлагается.»

Металл **M** и его более тяжелый аналог **M₂** в характерной для них степени окисления $+n$ нередко образуют плоско-квадратные комплексы.

?2. Определите **M** и **M₂**, n . Какой тип гибридизации орбиталей центрального атома соответствует описанной геометрии?

Раствор 1 может быть приготовлен в 2 этапа:

- вначале проводят растворение металлического калия в жидком **F** ($T_{\text{кип}} = -33^\circ\text{C}$; при этом образуется интенсивно окрашенный раствор 2);
- затем в раствор 2 добавляют HDPPN (при этом происходит выделение легкого газа).

При образовании необходимого для синтеза **E** раствора KDPPN выделилось 57,79 мл газа (при н.у.). Элементный анализ HDPPN показывает, что в нем содержится около 90% углерода и около 6% азота, а ИК-спектр содержит полосы колебаний тройных связей углерод-углерод и углерод-азот. HDPPN не является оптически активным. Раствор KDPPN дает нерастворимые осадки с соединениями одновалентной меди и серебра. ЯМР-¹H спектр HDPPN содержит сигналы протонов в ароматической области.

?3. Определите **F**. Чем обусловлена интенсивная окраска раствора 2?

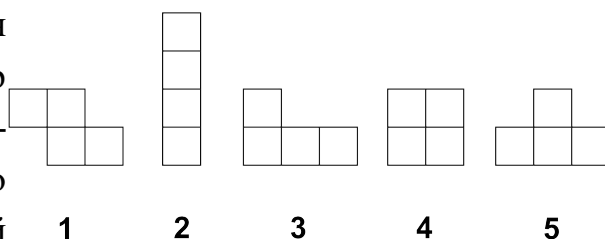
?4. Определите молярную массу KDPPN и молекулярную формулу HDPPN. Изобразите все согласующиеся с условием структурные формулы HDPPN. Для ответа на следующие вопросы выберите любую.

Масса порошка **E** составила 0,927 г, а выход – 67%.

?5. Определите соединения **X** и **E**. Изобразите структуры их анионов.

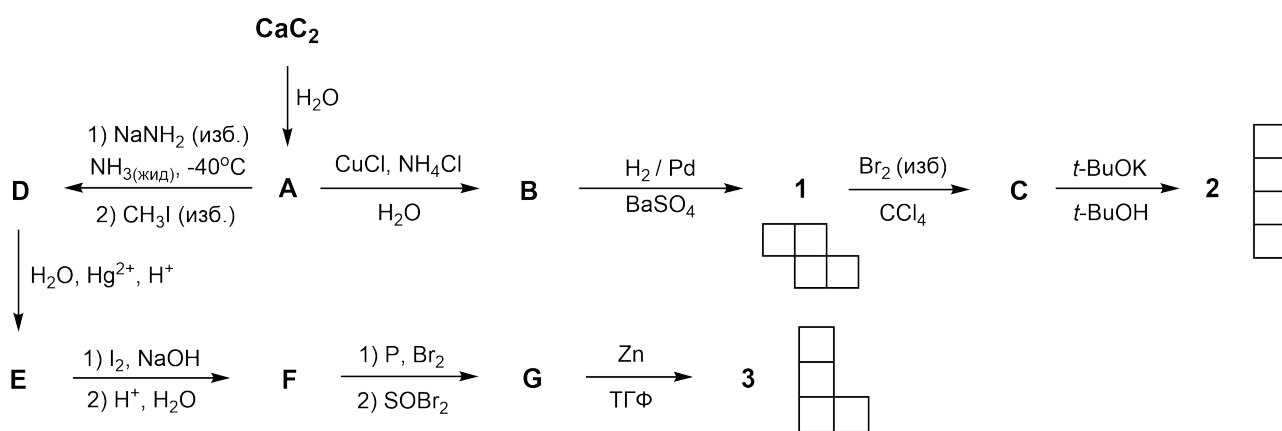
Задача 2. Химический тетрис

Почти 40 лет назад был выпущен тетрис – одна из самых популярных игр во всем мире. В этой задаче мы предлагаем вам синтезировать молекулы, чем-то напоминающие фигуры из всем известной игры. Всего вам предстоит получить 5 соединений соответствующих форм.

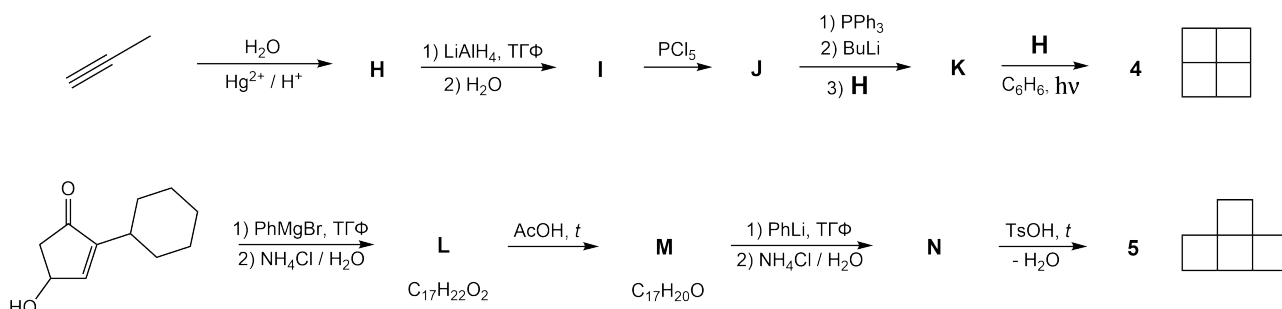


«Правила игры»: каждый квадратный элемент фигуры соответствует атому углерода, гетероатому или циклическому фрагменту, которые могут быть соединены одинарными, двойными или тройными связями. Атомы водорода при описании формы фигур не учитываются. При этом молекулы-фигуры 1-3 имеют ациклическое строение, а в составе соединений 4 и 5 присутствуют циклы. Поскольку в органических соединениях валентный угол равный 90° практически недостижим, в молекулах соединений 1-5 углы между структурными фрагментами фигуры могут быть больше или меньше 90° , но общее направление связей сохраняется.

Синтез первых трех соединений представлен в виде схемы, где принятые нами «правила игры» соблюдаются строго:



Далее предлагаем вам синтезировать оставшиеся две фигуры 4 и 5. Учтите, что молекула 4 будет иметь дополнительные углеродные заместители, которые не подходят под «Правила», а соединение L содержит только одну гидроксильную группу:

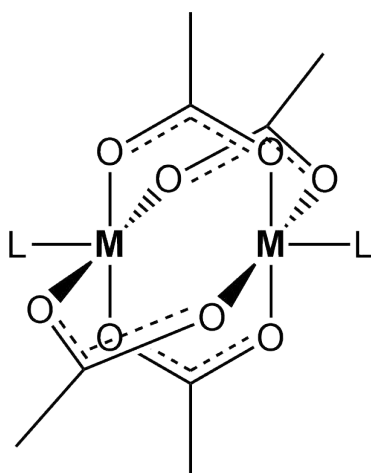


?1. Напишите структурные формулы соединений А–N.

?2. Определите структурные формулы веществ 1–5.

Задача 3. Китайские фонарики

Нередко встречающимся структурным фрагментом в кристаллах координационных соединений является биядерный центр, в котором четыре ацетат-аниона связывают два иона комплексообразователя, а два оставшихся координационных положения могут быть заняты лигандами (или нет). Такой фрагмент в научной литературе носит название «китайского фонарика» (или «гребного колеса»), и его структура представлена на рисунке ниже, а в таблице приведены некоторые сведения о комплексах K_1 – K_4 , содержащих подобный фрагмент.



Комплекс	Массовая доля М, %	Массовая доля С, %	Магнитные свойства	Расстояние М–М в металле, Å	Расстояние М–М в комплексе, Å
K_1	31,83	24,06	диамагнетик	2,56	2,64
K_2	27,64	25,54	диамагнетик	2,54	2,36
K_3	44,83	22,45	диамагнетик	2,80	2,11
K_4	39,01	18,54	парамагнетик (1 несп. \bar{e})	2,67	2,28

?1. Пользуясь данными таблицы установите формулы комплексов K_1 – K_4 , ответ подтвердите расчетами. При написании формул ацетат-ион в координационной сфере можете обозначить как AcO .

Такие биядерные фрагменты представляют интерес с точки зрения магнитных свойств, поскольку число неспаренных электронов меньше, чем у свободных ионов комплексообразователя. Уменьшение числа неспаренных электронов при образовании таких биядерных структур обычно связано либо с образованием связи металл-металл, либо с антиферромагнитным взаимодействием через мостиковые лиганды (при этом связь металл-металл отсутствует).

?2. С помощью электронно-ячеечных формул оцените максимально возможную целочисленную кратность связи металл-металл в комплексах K_1 – K_4 , а также число неспаренных электронов, приходящихся на два свободных иона комплексообразователя в каждом из четырех случаев.

?3. Используя данные по расстояниям из вышеприведенной таблицы укажите комплексы с наличием связи металл-металл и комплексы, в которых связь металл-металл отсутствует, но есть антиферромагнитное взаимодействие. Ответ поясните.

Интересной особенностью подобных биядерных фрагментов является способность к образованию координационных полимеров, когда биядерные фрагменты «сшиваются» друг с другом мостиковым лигандом. Причем в качестве мостиков могут выступать как нейтральные органические молекулы, так и различные анионы (неорганические и органические).

Так, при взаимодействии солей цинка и меди(II) с ароматическими дикарбоновыми кислотами в среде распространенных органических растворителей получены соединения **A** ($ZnC_{11}H_{13}NO_6$) и **B** ($CuC_{17}H_{11}NO_4$). **A** содержит простейший возможный ароматический дикарбоксилат, причем каждый анион является мостиковым. Кроме того, лиганды **L** в **A** — простые неорганические молекулы, а молекулы органического растворителя, использованного в синтезе, располагаются в порах структуры **A**. **B** содержит более сложный ароматический дикарбоксилат, который выполняет аналогичную функцию. Позиции **L** в структуре **B** занимают одинаковые шестичленные ароматические N-донорные лиганды, которые в виде жидкости с неприятным запахом также используются как растворитель.

?4. Изобразите структуры дикарбоксилата, входящего в состав **A**, и органического растворителя, заполняющего пустоты в его структуре. Качественно опишите форму пустот, которые образуются в структуре **A** и заполняются молекулами растворителя. Какие неорганические молекулы занимают позиции **L** в его составе?

?5. Изобразите одну возможную структуру дикарбоксилата, входящего в состав **B**. Изобразите структуру лигандов **L** в его составе.

?6. Кроме описанных случаев двумерных полимеров, модификация лиганда **L** позволяет синтезировать и линейные полимеры на основе ацетатных фонариков. Приведите пример двух нейтральных органических ароматических N-донорных лигандов, которые способны выступать мостиками между биядерными фрагментами при образовании линейных полимеров $[M_2(OAc)_4L]_n$.

Задача 4. Как дела? СносNO

Взаимодействие формальдегида (CH_2O) с диоксидом азота (NO_2) протекает преимущественно по двум путям, в результате чего основные продукты, которые удастся обнаружить в реакционной смеси – это NO , CO , CO_2 и H_2O .

?1. Запишите уравнения реакций, описывающих два описанных пути взаимодействия формальдегида с NO_2 .

Несмотря на протекание двух реакций, их кинетика такова, что начальная скорость суммарного процесса хорошо описывается простым кинетическим законом:

$$r_0 = k[\text{NO}_2]_0^a[\text{CH}_2\text{O}]_0^b.$$

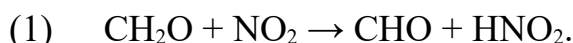
В таблице приведены данные о начальной скорости траты NO_2 в разных условиях проведения процесса.

r_0 , моль/(л·с)	$[\text{NO}_2]_0$, моль/л	$[\text{CH}_2\text{O}]_0$, моль/л	T , °C
$5,56 \cdot 10^{-5}$	$3,74 \cdot 10^{-3}$	$4,67 \cdot 10^{-3}$	177
$1,56 \cdot 10^{-5}$	$3,74 \cdot 10^{-3}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	177
$1,89 \cdot 10^{-4}$	$9,38 \cdot 10^{-3}$	$6,33 \cdot 10^{-3}$	177
$1,37 \cdot 10^{-5}$	$8,88 \cdot 10^{-3}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$	157

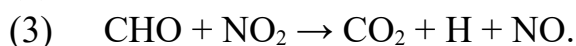
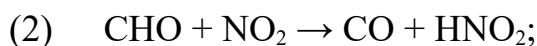
?2. Рассчитайте порядки реакции по реагентам (a и b), константы скорости k при температурах 177 и 157°C. Не забудьте указать единицы измерения константы скорости.

?3. Рассчитайте энергию активации реакции формальдегида с NO_2 .

Ключевой стадией в механизме данного процесса является стадия 1:



Образующийся радикал CHO вступает в 2 параллельные элементарные реакции (стадии 2 и 3):



При проведении реакции концентрация неустойчивых радикалов CHO остается почти постоянной и очень низкой из-за того, что общая скорость его траты в быстрых стадиях (2) и (3) оказывается фактически равна скорости достаточно медленной стадии (1). Кроме того, независимо от температуры количество образующегося CO в 2.0 раз больше количества образующегося CO_2 , так как константы скорости k_2 и k_3 не зависят от температуры. Независимым методом было установлено, что $k_2 + k_3 = 2,57 \cdot 10^{10}$ л/(моль·с).

?4. Рассчитайте k_2 , k_3 и энергии активации стадий 2 и 3.

?5. Рассчитайте концентрацию радикалов СНО в сосуде при проведении реакции, если $k_1 = 1,5$ л/(моль·с), $[\text{CH}_2\text{O}] = [\text{NO}_2] = 10^{-3}$ моль/л.

Хотя приведенных стадий 1–3 достаточно для примерного описания кинетики процесса, механизм протекающих процессов не исчерпывается тремя элементарными реакциями. Так, молекулы азотистой кислоты неустойчивы к распаду на устойчивые частицы, некоторые из которых уже присутствуют в сосуде (стадия 4). Кроме того, в сосуде из атомов водорода и NO_2 генерируются ОН-радикалы (стадия 5), а сами ОН-радикалы вступают в быстрые реакции с формальдегидом, превращающие его в 2 стадии в угарный газ (стадии 6, 7).

?6. Запишите уравнения элементарных стадий 4–7. Коротко объясните, почему стадия 7 как дополнительный источник СО в системе не влияет на соотношение $\text{CO}:\text{CO}_2$, остающееся постоянным независимо от времени реакции, температуры и соотношения реагентов в сосуде.

Есть и другие элементарные реакции, трудно обнаруживаемые, но протекающие в данной системе, например: $\text{H} + \text{CH}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CHO}$. Независимые исследования этой реакции показывают, что константа скорости этой реакции хорошо описывается зависимостью от температуры:

$$k = 3 \cdot 10^9 \cdot T^{1,27} \cdot e^{-\frac{1330}{T}}$$

Зависимости такого типа можно описывать как аррениусовские зависимости с переменной энергией активации, причем энергия активации E_A при температуре T может быть рассчитана из уравнения:

$$\frac{d(\ln(k))}{dT} = \frac{E_A}{RT^2}$$

?7. Получите и упростите выражение для зависимости энергии активации E_A данной реакции от температуры и рассчитайте ее при температуре 298 К.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион катион	OH ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
H ⁺		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	-	P	P	H	H	H	H	H	M	H	-	H	P
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg ²⁺	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	-	H	H	P	-	-	H	P
Co ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Hg ²⁺	-	P	-	P	M	H	H	-	P	-	-	H	P
Pb ²⁺	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe ³⁺	H	P	P	P	P	-	-	-	P	-	-	H	P
Al ³⁺	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Cr ³⁺	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Sn ²⁺	H	P	H	P	P	M	H	-	P	-	-	H	P
Mn ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо **M** – малорастворимо (< 0,1 M) **H** – нерастворимо (< 10⁻⁴ M) **-** – не существует или разлагается водой

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H 1.008																	2 He 4.0026	
2	3 Li 6.941	4 Be 9.0122															8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305															16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80	
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc 98.906	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.91	54 Xe 131.29	
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.20	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]	
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]	112 Cn [285]	113 Nh [284]	114 Fl [289]	115 Mc [288]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]	
*	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97					
**	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.029	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]					