

Вариант I

1. Элементный анализ смеси двух двухосновных карбоновых кислот показал следующее процентное содержание элементов по массе: С–43,67 %; Н–5,70 %; О–50,63 %. Некоторое количество данной смеси полностью растворили в 200 мл воды и разделили полученный раствор на две равные части. На полную нейтрализацию первой части потребовалось 50 мл 4 М раствора NaOH. Вторую часть раствора нагрели и выдержали на водяной бане до полного прекращения выделения газообразных продуктов, и только затем нейтрализовали водной щелочью, для чего потребовалось уже 40 мл 4 М раствора NaOH. Определите брутто-формулы и возможные структурные формулы обеих кислот, а также их массовые содержания (%) в исходной смеси, если известно, что каждая из кислот имеет один третичный атом углерода. Напишите уравнение прошедшей при нагревании реакции.
2. Оптически активное вещество **A** представляет собой бесцветную прозрачную жидкость состава $C_4H_9NO_3$, которая не смешивается с водой, однако быстро и легко растворяется в водном растворе HCl (реакция 1) и медленно в водном растворе KOH (реакция 2). Действие подкисленного раствора нитрита натрия на вещество **A** приводит к вицинальному диолу **B** (реакция 3), восстановление которого сильными восстановителями (например, алюмогидридом лития (реакция 4)) приводит к известному и широко используемому в быту и промышленности соединению **B**.
Длительное хранение вещества **A** сопровождается его постепенной и самопроизвольной циклоконденсацией, приводящей к гетероциклическому соединению **Г** состава $C_6H_{10}N_2O_4$ (реакция 5).
 - 1) Изобразите структурные формулы соединений **A–Г** и напишите уравнения реакций 1–5.
 - 2) Чем объяснить быстрое и легкое растворение соединения **A** в водном растворе HCl? Ответ подтвердите уравнением соответствующей реакции (реакция 1). Как объяснить способность соединения **A** растворяться в водном растворе щелочи (реакция 2)? Как увеличить скорость данного растворения/данной реакции.
 - 3) Напишите тривиальное название соединения **B**, область его применения, а также основной промышленный метод его получения.
 - 4) Как можно предотвратить нежелательную циклоконденсацию соединения **A** в гетероцикл **Г** при хранении.
 - 5) Изобразите структурную формулу одного из оптических изомеров соединения **A**, учитывающую его хиральность и оптическую чистоту. Определите конфигурацию стереоцентра в изображенном вами энантиомере и напишите полное название соединения **A** по систематической номенклатуре.

3. Хлорат натрия поместили в тигель и нагрели. В процессе нагревания произошло полное разложение хлората натрия и уменьшение массы содержимого тигля на 9,6 г. Содержимое тигля полностью растворили в 200 мл воды и добавили 340 г 40%-ного раствора нитрата серебра. Масса осадка, полученного в последней реакции, составила 57,4 г.

- 1) Напишите уравнения описанных в задаче реакций.
- 2) Вычислите массу взятого хлората натрия.
- 3) Рассчитайте массовую долю (%) ионов серебра в конечном растворе.
- 4) Смеси хлората натрия с фосфором и с углем взрываются при ударе. Взаимодействием хлората натрия со щавелевой кислотой в присутствии серной кислоты получают диоксид хлора, используемый для отбеливания целлюлозы. Напишите уравнения трех описанных реакций.

4. В биологических исследованиях поддержание определенного значения кислотности среды (рН) является критически важным. Особенно кислотность среды влияет на функционирование таких молекул как ферменты, белки и нуклеиновые кислоты, оказывая влияние на их структуру, стабильность и активность. Для поддержания постоянного рН используются буферные растворы, содержащие сопряженную пару акцептора протонов, по теории Брэнстеда-Лоури именуемого основанием, и донора протонов, именуемого кислотой. При попадании в раствор небольшого количества другой кислоты или щелочи изменится соотношение сопряженных кислоты и основания, но рН раствора останется постоянным. Буферные растворы находят широкое применение для самых разных исследовательских целей – от выращивания клеток до выделения и очистки соединений.

Первокурсник Стас начал работу в одной из лабораторий МФТИ, помогая в выделении биотехнологического продукта методом хроматографии. Студенту поставили задачу приготовить 0,5 л буферного раствора с рН=5. Для этого у него имеются: сухой цитрат натрия Na_3Cit и 1 М раствор лимонной кислоты H_3Cit (раствор 1).

- 1) Каков рН имеющегося раствора лимонной кислоты?
- 2) Сколько граммов цитрата натрия понадобится для приготовления 500 мл 0,1 М раствора (раствор 2)?
- 3) Какие процессы происходят при растворении цитрата натрия в воде? Напишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте рН раствора 2.
- 4) В каком соотношении нужно смешать растворы 1 и 2 для получения необходимого количества буферного раствора? В каких формах и в каком количестве будет присутствовать в растворе цитрат?
- 5) Каков рН и количественный состав раствора, полученного смешением растворов лимонной кислоты и цитрата натрия в соотношении 2:15?

Справочные данные:

$$pK_{a1}(\text{H}_3\text{Cit}) = 3,13 \quad pK_{a2}(\text{H}_3\text{Cit}) = 4,76 \quad pK_{a3}(\text{H}_3\text{Cit}) = 6,40$$

$$M(\text{H}_3\text{Cit}) = 192 \text{ г/моль}$$

5. Из водного раствора хлорида титана(III) выделено вещество А, представляющее собой кристаллогидрат комплексной соли титана(III). Массовая доля комплексной соли в кристаллогидрате составила 86,29 %, координационное число атома титана в комплексном ионе равно шести.

а) Произведите необходимые вычисления и определите вещество А. Напишите формулу вещества А, заключив комплексную частицу в квадратные скобки.

б) Назовите вещество А.

в) Определите тип гибридизации атомных орбиталей титана и укажите геометрическую форму комплексной частицы в веществе А.

г) Дайте обоснованный ответ, возможна ли для комплексной частицы в веществе А пространственная изомерия.

д) Напишите уравнения первичной и вторичной диссоциации вещества А в водном растворе.

е) Напишите выражение для константы нестойкости комплекса.

ж) Составьте формулы изомеров вещества А, которые так же, как и вещество А, содержат комплексы титана(III) с координационным числом шесть.

Вариант II

1. Элементный анализ смеси двух двухосновных карбоновых кислот показал следующее процентное содержание элементов по массе С–48,60 %; Н–6,70 %; О–44,70 %. Некоторое количество данной смеси полностью растворили в 200 мл воды и разделили полученный раствор на две равные части. На полную нейтрализацию первой части потребовалось 20 мл 10 М раствора NaOH. Вторую часть раствора нагрели и выдержали на водяной бане до полного прекращения выделения газообразных продуктов, и только затем нейтрализовали водной щелочью, для чего потребовалось уже 14 мл 10 М раствора NaOH. Определите брутто-формулы и возможные структурные формулы обеих кислот, а также их массовые содержания (%) в исходной смеси, если известно, что обе кислоты не содержат четвертичных атомов углерода, а количество атомов водорода в одной из них в два раза больше, чем в другой. Напишите уравнение прошедшей при нагревании реакции.

2. Оптически активное вещество **A** представляет собой бесцветные кристаллы состава $C_6H_{14}ClNO_2$, которые растворимы в воде, однако нерастворимы в гексане. Действие KOH на водный раствор соединения **A** сопровождается его помутнением и образованием эмульсии вещества **B** (реакция 1), которая, однако, медленно растворяется в избытке KOH и переходит в гомогенный раствор (реакция 2).

Действие раствора нитрита натрия на вещество **A** приводит к соединению **B** (реакция 3), восстановление которого сильными восстановителями (например, алюмогидридом лития (реакция 4)) приводит к веществу **Г** состава $C_5H_{12}O_2$. Продукт дегидратации соединения **Г** (реакция 5) — углеводород **Д**, имеющий важное промышленное значение.

Длительное хранение вещества **B** сопровождается его постепенной и самопроизвольной циклоконденсацией, приводящей к гетероциклическому соединению **Е** состава C_5H_9NO (реакция 6).

Изобразите структурные формулы соединений **A–E**, если известно, что дегидратация соединения **B** не приводит к потере оптической активности.

1) Напишите уравнения реакций 1–6.

2) Чем объяснить растворимость соединения **A** в воде и его нерастворимость в гексане.

3) Чем объяснить образование эмульсии, а затем ее растворение при действии KOH на водный раствор соединения **A** (реакции 1 и 2).

4) Напишите тривиальное (промышленное) название углеводорода **Д**. Кратко опишите его основное применение в промышленности.

5) Изобразите структурную формулу одного из оптических изомеров соединения **B**, учитывающую его хиральность и оптическую чистоту. Определите конфигурацию стереоцентра в изображенном вами энантиомере и приведите его название по систематической номенклатуре.

3. При взаимодействии пероксида натрия с водой получили 200 мл раствора и наблюдали выделение газа. Из полученного раствора отобрали две пробы по 5 мл. К первой пробе добавили избыток сернокислого раствора иодида калия и получили 2,54 г иода. Ко второй пробе по каплям добавляли 10%-ную соляную кислоту с плотностью 1,05 г/мл, при этом на реакцию нейтрализации потребовалось 8,7 мл кислоты.

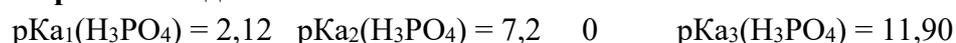
- 1) Напишите уравнения описанных в задаче реакций.
- 2) Вычислите массу взятого пероксида натрия.
- 3) Рассчитайте объем (л, н.у.) газа, выделившегося при растворении пероксида натрия.
- 4) Пероксид натрия используется для поглощения угарного и углекислого газов. В реакции пероксида натрия с газообразным аммиаком происходит полное окисление азота. Напишите уравнения трех описанных реакций.

4. В биологических исследованиях поддержание определенного значения кислотности среды (рН) является критически важным. Особенно кислотность среды влияет на функционирование таких молекул как ферменты, белки и нуклеиновые кислоты, оказывая влияние на их структуру, стабильность и активность. Для поддержания постоянного рН используются буферные растворы, содержащие сопряженную пару акцептора протонов, по теории Брэнстеда-Лоури именуемого основанием, и донора протонов, именуемого кислотой. При попадании в раствор небольшого количества другой кислоты или щелочи изменится соотношение сопряженных кислоты и основания, но рН раствора останется постоянным. Буферные растворы находят широкое применение для самых разных исследовательских целей – от выращивания клеток до выделения и очистки соединений.

Первокурсник Стас начал работу в одной из лабораторий МФТИ, помогая в выделении биотехнологического продукта методом хроматографии. Студенту поставили задачу приготовить 0,5 л буферного раствора с рН=7. Для этого у него имеются: сухой ортофосфат натрия и раствор ортофосфорной кислоты концентрацией 1 моль/л (*раствор 1*).

- 1) Каков рН имеющегося раствора ортофосфорной кислоты?
- 2) Сколько граммов ортофосфата натрия понадобится для приготовления 500 мл 0,1 М раствора (*раствор 2*)?
- 3) Какие процессы происходят при растворении ортофосфата натрия в воде? Напишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте рН *раствора 2*.
- 4) В каком соотношении нужно смешать растворы *1* и *2* для получения необходимого количества буферного раствора? В каких формах и в каком количестве будет присутствовать в растворе фосфат?
- 5) Каков рН и количественный состав раствора, полученного смешением растворов ортофосфорной кислоты и ортофосфата натрия в соотношении 4:25?

Справочные данные:



5. Из водного раствора хлорида хрома(III) выделены кристаллы вещества А, содержащие 19,51 % хрома по массе. 16 г вещества А растворили в воде, прилили избыток раствора нитрата серебра и получили осадок массой 8,61 г. Известно, что вещество А содержит комплексные ионы, в которых координационное число хрома равно шести.

а) Произведите необходимые вычисления и определите вещество А. Напишите формулу вещества А, заключив комплексную частицу в квадратные скобки.

б) Назовите вещество А.

в) Напишите уравнения реакции вещества А с нитратом серебра в молекулярной, полной ионной и сокращенной ионной формах.

г) Напишите выражение для константы нестойкости комплекса в веществе А.

д) Определите тип гибридизации атомных орбиталей хрома и укажите геометрическую форму комплексной частицы в веществе А.

е) Дайте обоснованный ответ, возможна ли для комплексной частицы в веществе А пространственная изомерия.

ж) Составьте формулы изомеров вещества А, которые так же, как и вещество А, содержат комплексы хрома(III) с координационным числом шесть.