

ЗАДАНИЯ теоретического тура
10 класс

Задача 1. Химик установил молярные массы и состав ряда бинарных газообразных соединений элемента X с кислородом, водородом, азотом и бором. По небрежности он записал результаты анализа на отдельных листках бумаги и не указал, что к чему относится. Найденные молярные массы составляли 20, 54, 68 и 71 г/моль. Анализ состава соединений дал следующие результаты: 29,6% O, 19,6% N, 16,1% B и 5,0% H. Тем не менее, экспериментатор легко вышел из положения. Покажите, как он мог это сделать. Чтобы убедиться, что из подобного положения всегда можно найти выход, исследователь умышленно не указал в последующих опытах с бинарными соединениями элемента Y с кислородом, водородом, азотом и фтором, к каким веществам относятся следующие данные: молярные массы 52, 58, 68, 138 г/моль, содержание элемента Y 82,8%, 52,9%, 46,1%, 17,5%. Как он смог расшифровать эти данные? (*Содержание элементов приведено в массовых процентах*).

Задача 2. Вещество **А**, содержащее 6,2% воды, широко используется в строительстве и медицине в качестве вяжущего материала. При этом в процессе использования соединение **А** при смешении с водой превращается в вещество **Б**, содержащее 20,9% воды, которое является основой известного минерала. При прокаливании при 110-170 С° **Б** превращается обратно в **А**. При нагревании выше 220 С° вещество **А** превращается в соединение **В**, которое также используется для строительных и других целей, но реже, поскольку механические свойства материала **Б**, полученного из **В**, значительно уступают свойствам материала **Б**, полученного из **А**. При прокаливании выше 450 С° вещество **В** превращается в полиморфную модификацию **В'**, которая не твердеет при смешении с водой. Прокаливанием **В** при температуре выше 1000 С° получают вещество **Г**, которое вновь схватывается и твердеет при смешении с водой.

А) Определите вещества **А – Г**

Б) то такое *полиморфная модификация*? Приведите три известных Вам примера полиморфизма.

В) Приведите известные Вам тривиальные названия вещества **В'**, не твердеющего в присутствии воды.

Г) В чем причина того, что полиморф **В'**, в отличие от **В**, не взаимодействует с водой? Ответ обоснуйте.

Д) При смешивании вещества **А** с водой процесс затвердевания происходит довольно быстро, что создаёт известные трудности при его использовании. Предложите и обоснуйте два способа (химических или физических) замедления этого процесса.

Задача 3. При масс-спектрометрическом исследовании процессов, протекающих при испарении некоторых фосфатов в различных условиях, получены данные, представленные ниже в таблице:

Относительные интенсивности пиков фосфорсодержащих ионов, %%

Состав исходной твердой фазы	M/e					
	102	86	47	63	62	284
$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$	3.7	100	–	–	–	–
$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9 + \text{Fe}$	2.6	100	18.1	0.9	–	–
$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9 + \text{Al}$	–	100	1.4	–	79.1	–
$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	–	–	100	9.4	0.7	4.8
$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 + \text{Fe}$	–	–	100	8.2	11.1	–
$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 + \text{Al}$	–	–	100	6.1	20.0	–
$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	–	–	100	6.8	0.5	–
$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{Fe}$	–	–	100	2.3	3.8	–
$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{Al}$	–	–	100	0.6	18.3	–

Объясните результаты эксперимента и предложите схему равновесий, наблюдающихся при испарении фосфатов.

Для справки: метод масс-спектрометрии основан на определении отношения масса/заряд для катионов, образующихся при ионизации электронным ударом частиц, образующихся при испарении вещества, находящегося в камере масс-спектрометра. При этом в основном образуются однозарядные ионы. Шкала калибруется в единицах M/e (M – относительная молекулярная масса, e – элементарный электрический заряд в Стонеях).

Задача 4. Многие неорганические и органические жидкости относятся к классу протонных растворителей. Самый известный растворитель из этой группы – H_2O . Протонные растворители объединяет способность к образованию водородных связей; в их молекулах содержится «кислые» водороды. Все эти растворители подвержены автопротолизу (для воды уравнение соответствующего процесса имеет вид – $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq.})} \leftrightarrow \text{OH}^-_{(\text{aq.})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq.})}$, при этом $\text{OH}^-_{(\text{aq.})}$ в водных растворах являются носителями основных, а $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq.})}$ – кислотных свойств).

А) Напишите уравнения автопротолиза для жидких NH_3 , HF , HClO_4 .

Б) Напишите уравнения процессов, протекающих при растворении в каждом из этих растворителей следующих веществ: ледяная уксусная кислота, каустическая сода, сильвин, *aqua vitae*. В качестве кислоты или основания будут выступать эти соединения в каждом из трёх растворителей? Ответ поясните.

Задача 5. В промышленности реакцию получения галогенпроизводного X проводят в присутствии катализатора $SbCl_5$ при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 30 атм. Для получения $24,20\text{ кг}$ X использовали $11,20\text{ м}^3$ (н.у.) фтороводорода и необходимое количество тетрахлорметана.. Известно, что выход продукта реакции составляет 80% от теоретически возможного.

- 1) Приведите формулу X и назовите его по систематической номенклатуре.
- 2) Какие побочные продукты образуются при синтезе X?
- 3) Как вещество X использовалось в прошлом веке? Приведите примеры 2 веществ, относящихся к другим классам, но использовавшихся подобным образом.
- 4) По каким причинам X запрещён к применению в ЕЭС и некоторых других странах? Приведите соответствующие уравнения реакций с пояснениями.

Задача 6. Известно, что синтез несимметричных простых эфиров из смеси двух спиртов в условиях кислотного катализа обычно неудобен, так как образуется сложная смесь продуктов. Исключением является реакция между третичными и первичными спиртами. Так, например, нагревание до 70°C 30 мл 95%-ного (по массе) этанола, 75 мл 15%-ной серной кислоты и 23,3 мл ($d=0,775$ г/мл) трет-бутанола (1,1-димилэтанол) приводит к отгонке 26,6 г продукта, кипящего при 64°C. Элементный анализ этой жидкости показал, что массовая доля углерода в ней составляет 66,30%.

1. Почему температура кипения этой жидкости ниже температуры кипения чистого трет-бутилметилового эфира (72°C)? Какие вещества содержатся в отгоняющийся при 64°C жидкости?

2. Как выделить из нее чистый трет-бутилметиловый эфир?

3. Какова массовая доля трет-бутилметилового эфира в этой жидкости?

4. Рассчитайте выход трет-бутилметилового эфира по этой методике (в % от теоретического).

5. Почему приведенная методика позволяет получить с высокими выходами несимметричные эфиры только третичных спиртов? Как можно получить несимметричные простые эфиры в общем случае?

6. Почему попытка повысить концентрацию серной кислоты резко снижает выход желаемого продукта?

Задача 7. К раствору 0,2 г смеси двух изомерных суццинатов (эфиров янтарной кислоты) 3-метоксиэстрола (рис. 1а, 1b) в 2 мл 92% водного ацетона добавили раствор 0,5 г хинина (рис. 2). Смесь перемешивали при нагревании до растворения осадка, затем охладили и оставили упариваться на воздухе. Выпавший через три дня осадок массой 0,11 г отфильтровывали, высушили и растворили в 5 мл метанола. Затем добавили 1 мл 15% раствора серной кислоты и перемешивали в течение получаса. Продукт экстрагировали хлороформом, растворитель отогнали. Получили 0,03 г продукта, дающего удельное вращение плоскополяризованного света $[\alpha]_D = -47^\circ$ (CHCl_3 , 20°C , 1 дм, 3 мг/мл).



Зная, что как хинин, так и его соли с оптически неактивными веществами вращают плоскость поляризации в положительную сторону, ответьте на следующие вопросы:

- 1) Какой процесс описан в методике? Напишите схемы проводимых реакций.
- 2) Какие ещё способы получения (или выделения) оптически активных веществ вы знаете? Приведите не менее 3 различных методов.
- 3) Зная, что удельное вращение вещества на рис. 1а $[\alpha]_D = +210^\circ$ (CHCl_3 , 20°C , 1 дм, 3 мг/мл), нарисуйте структурную формулу полученного по методике соединения (основного компонента).
- 4) Рассчитайте выход и оптическую чистоту (%) полученного вещества.