

Задачи по химии для отборочного тура «Океан знаний»

2024-25 учебного года

Задача 1 (20 баллов)

Металл растворили в соляной кислоте, получили бесцветный раствор соли **A**. К полученному раствору соли **A** добавили раствор щелочи, получили осадок **B** бледно зеленого цвета, который после стояния на воздухе окрасился в бурый цвет, получилось соединение **C**.

Осадок соединения **C** растворили добавлением к нему раствора цианида калия, получили комплексную соль **D**. Раствор соли **D** прилили к раствору соли **A** получили соединение **E** синего цвета.

Напишите уравнения всех реакций, назовите исходный металл и соединения **D**, **E**. Какую массу KCN надо добавить к соединению **C**, массой 10,7 г, чтобы осадок **C** растворился в 1 литре воды.

Соединение **C** считается растворимым, если концентрация катиона, входящего в состав этого соединения, меньше $2,2 \cdot 10^{-10}$. Константа нестойкости комплексного иона соединения **D** равна 10^{-40} .

Решение	Количество баллов
Написано уравнение взаимодействия железа с соляной кислотой. Назван металл-железо. Соль A - FeCl_2 $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$	2
Написано уравнение $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Fe(OH)}_2$, Fe(OH)_2 – вещество B .	1
Написано уравнение $4 \text{Fe(OH)}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Fe(OH)}_3$ - вещество C .	1
Написано уравнение $\text{Fe(OH)}_3 + 6 \text{KCN} \rightarrow \text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6] + 3\text{KOH}$	2
Названо соединение (D): $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$ -гексацианоферрат (III) калия	1
Написано уравнение $2\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6] + 3\text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}_3[\text{Fe(CN)}_6]_2 + 6\text{KCl}$	2
Названо соединение (E): $\text{Fe}_3[\text{Fe(CN)}_6]_2$ - гексацианоферрат (III) железа(II)	1
Найдено количество вещества соединения C : $n(\text{Fe(OH)}_3) = 10,7 \text{ г} : 107 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль} = 10^{-1} \text{ моль}$	1
Написаны уравнения диссоциации соединения D : $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6] \rightarrow 3\text{K}^+ + [\text{Fe(CN)}_6]^{3-}$ $[\text{Fe(CN)}_6]^{3-} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	2
Вычислено: $n([\text{Fe(CN)}_6]^{3-}) = n(\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]) = n(\text{Fe(OH)}_3) = 10^{-1} \text{ моль}$	1
Записана константа нестойкости иона $[\text{Fe(CN)}_6]^{3-}$ $K = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{CN}^-]^6 / [[\text{Fe(CN)}_6]^{3-}]$	2
Вычислена концентрация цианид иона: $[\text{CN}^-]^6 = K \cdot [[\text{Fe(CN)}_6]^{3-}] / [\text{Fe}^{3+}]$ $[\text{CN}^-]^6 = 10^{-40} \cdot 10^{-1} / 2,2 \cdot 10^{-10} = 4,55 \cdot 10^{-32}$; $[\text{CN}^-] = 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$	3

Найдена масса KCN: $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ г}$	1
---	---

Задача 2 (10 баллов)

К раствору зеленого цвета соли (А), образованной 3-х валентным металлом побочной подгруппы и соляной кислотой, добавили бромную воду и гидроксид натрия. Раствор окрасился в желтый цвет из-за образования соли (В). После добавления к этому раствору серной кислоты наблюдали изменение окраски на оранжевую (соединение С). Напишите уравнения всех протекавших реакций. Назовите соединения А, В, С. Вычислите количество вещества С, если в исходную реакцию вступил 1 моль соли А.

Решение	Количество баллов
Названа соль А – CrCl_3	1
Написано уравнение $2\text{CrCl}_3 + 3\text{Br}_2 + 16\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaBr} + 6\text{NaCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ (1) Названо вещество В- хромат натрия Na_2CrO_4	4
Написано уравнение $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (2) Названо вещество С-бихромат натрия $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	3
По уравнениям (1) и (2) вычислено, что количество вещества n ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) = $\frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{CrO}_4) = \frac{1}{2} n(\text{CrCl}_3) = 0,5 \text{ моль}$	2

Задача 3 (15 баллов)

Минерал А относится к подклассу сложных оксидов и является источником получения металла Г, который используется главным образом для производства жаропрочных сплавов. Выделение металла Г из минерала проходит в три стадии с образованием промежуточных соединений Б и В.

При сплавлении вещества В с избытком серы в присутствии поташа образуется бинарное соединение Г, которое используется в качестве твёрдой смазки. А при пропускании сероводорода через щелочной раствор вещества Б раствор приобретает тёмно-красную окраску за счёт образования вещества Д, массовые доли натрия и серы в котором составляют соответственно 12,85% и 35,75%. При подкислении этого раствора выпадает тёмно-коричневый аморфный осадок Е.

Напишите уравнения всех описанных реакций, определите вещества А-Е, проведите необходимые расчёты.

Решение	Количество баллов
Написано уравнение, названо вещество (А) $4(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4 (\text{А}) + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 = 4\text{Na}_2\text{WO}_4 + 4\text{CO}_2 + 2(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_3$	3 балла
Написано уравнение, названо вещество (Б) $\text{Na}_2\text{WO}_4 (\text{Б}) + 2\text{HCl} = \text{WO}_3 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	2 балл
Написано уравнение, названо вещество (В)	1 балл

WO_3 (В) + $3\text{H}_2 = \text{W} + 3\text{H}_2\text{O}$	
Написано уравнение, названо вещество (Г) $2\text{WO}_3 + 7\text{S} = 2\text{WS}_2$ (Г) + 3SO_2	2 балл
Написано уравнение, названо вещество (Д) $\text{Na}_2\text{WO}_4 + 4\text{H}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{WS}_4$ (Д) + $4\text{H}_2\text{O}$	3 балла
формула Д доказана расчётами	1 балл
Написано уравнение, названо вещество (Е) $\text{Na}_2\text{WS}_4 + 2\text{HCl} = \text{WS}_3$ (Е) + $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$	3 балла

Задача 4 (5 баллов)

Две химические реакции при температуре 20°C протекают с одинаковой скоростью. При повышении температуры на каждые 10°C скорость первой реакции увеличивается в 3 раза, второй - в 4 раза. При какой температуре скорость второй реакции в три раза превысит скорость первой?

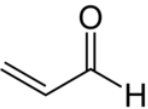
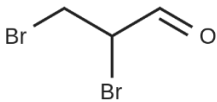
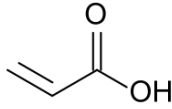
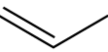
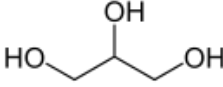
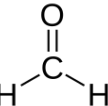
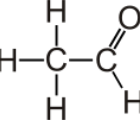
Решение:

Обозначим через X число десятков градусов, на которое следует повысить температуру, чтобы скорость второй реакции втрое превысила скорость первой (1 балл). К этому моменту скорость первой реакции станет равной $3^x \cdot V_1$, а скорость второй – $4^x \cdot V_2$ (1 балл). По условию задачи: $(4^x \cdot V_2) / (3^x \cdot V_1) = 3$ (1 балл), но т. к. в исходном состоянии $V_1 = V_2$, соотношение упрощается: $4^x / 3^x = 3$ (1 балл). Откуда $x = 3,82$, значит температуру надо повысить на 38,2 °C (1 балл).

Задача 5 (10 баллов)

Органическое вещество А было открыто Якобом Берцелиусом в первой половине XIX века и получило своё тривиальное название за запах и консистенцию. Уже долгое время А одновременно является важным продуктом промышленного органического синтеза и опасным ядом, который наряду с другими веществами отравляет организм при курении. Эти свойства обусловлены высокой реакционной способностью А. Например, он легко обесцвечивает бромную воду, давая продукт присоединения Б, а также легко окисляется, образуя кислоту В, которая широко используется для производства клеев, лакокрасочных материалов и разнообразных полимеров. Существует несколько способов синтеза А. Первый способ заключается в прямом окислении углеводорода Г кислородом с использованием оксидов металлов в качестве катализатора. Г также легко обесцвечивает бромную воду. Второй способ заключается в окислении хорошо известного трёхатомного спирта Д. Третий способ представляет собой реакцию конденсации двух простых по строению альдегидов Е и Ж. При этом если окислять альдегид Е перманганатом калия в кислой среде образуется углекислый газ. Изобразите структурные формулы соединений А-Ж, напишите тривиальное и систематическое название соединения А.

Решение

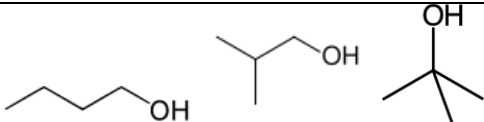
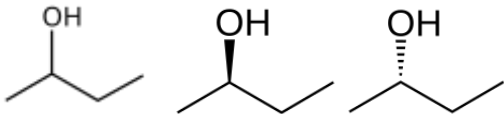
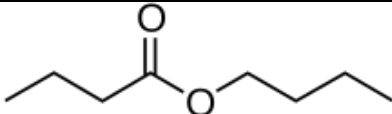
А – акролеин, пропеналь	2 балла за акролеин, 1 балл за пропеналь
А - 	1 балл за каждую структуру
Б - 	
В - 	
Г - 	
Д - 	
Е - 	
Ж - 	

Суммарно – 10 баллов.

Задача 6 (15 баллов)

Начинающий флейворист, специалист, занимающийся разработкой отдушек и ароматизаторов, решил синтезировать органическое соединение **А**, обладающее характерным запахом ананасов и содержащее 22,22% кислорода. Для этого он провёл реакцию между кислотой **Б** и спиртом **В** имеющими линейное строение, содержащими одинаковое число атомов углерода и не обесцвечивающими бромную воду. Однако результат его разочаровал, у него получилась смесь продуктов, из которых только один имел нужный запах. Пытаясь разобраться в чём проблема, он провёл хроматографический анализ полученной смеси и обнаружил четыре продукта реакции. Из этого он сделал вывод, что один из исходных реагентов представлял собой не чистое вещество, а смесь изомеров. Опытный коллега подсказал, что ситуация ещё хуже и на самом деле продуктов реакции у него не четыре, а пять. Помогите начинающему флейвористу определить какой именно из реагентов он взял в виде смеси изомеров. Для этого изобразите структурные формулы всех изомеров реагента взятого в виде смеси, укажите какая пара изомеров дала продукты, которые не удалось различить после хроматографического анализа и почему. Также изобразите структурную формулу целевого соединения **А**, напишите его название по систематической номенклатуре. Какое специфическое название носит реакция, которую осуществил флейворист?

Решение

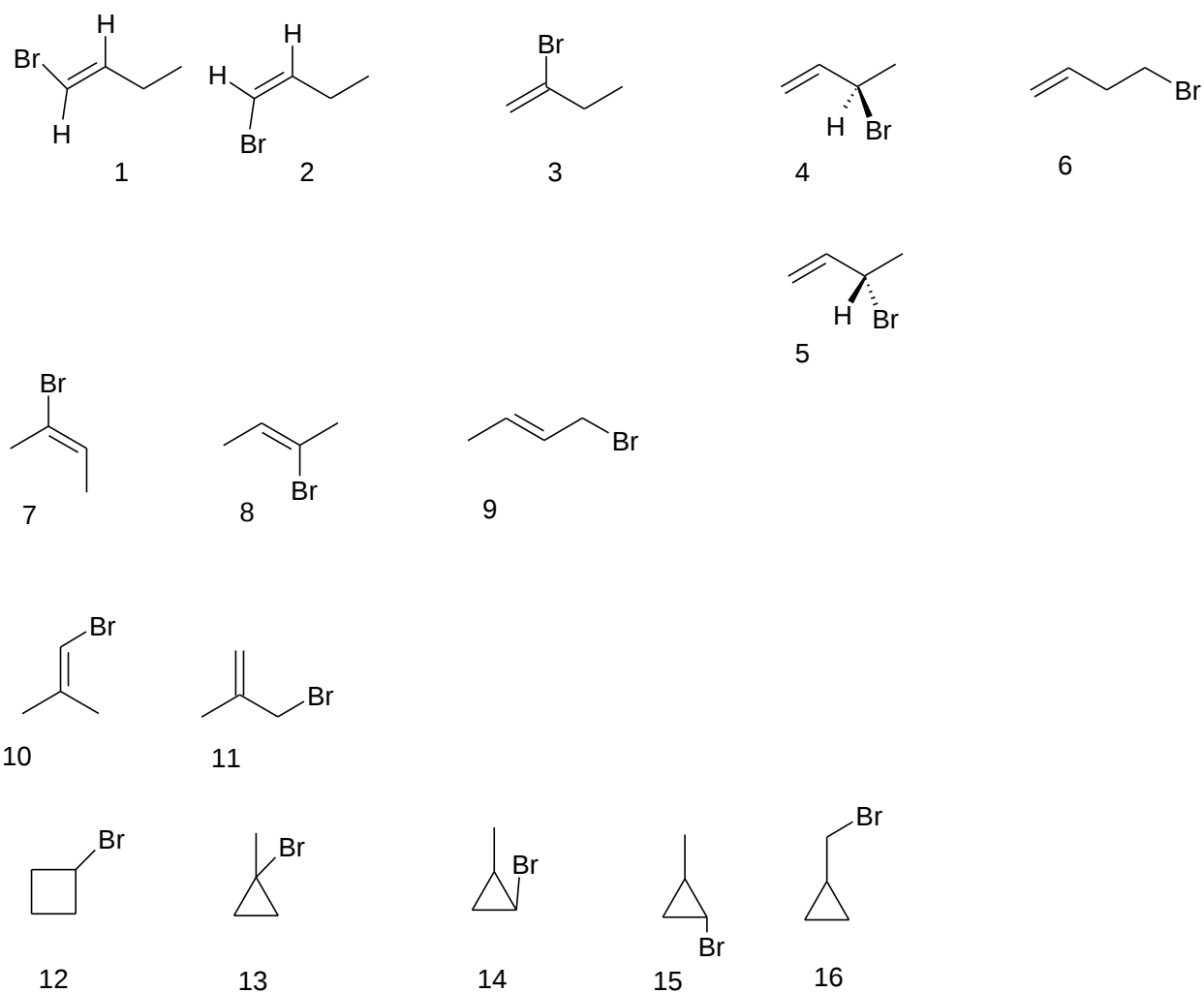
	По 2 балла за каждую структуру (6 баллов)
	2 балла, если изображена только первая структура, 4 балла , если изображены вторая и третья структура
R- и S-изомеры бутанола-2, потому что они имеют одинаковые физические и химические свойства в рамках проведённого анализа (или другой ответ близко по смыслу)	1 балл за выбор пары изомеров и объяснение
A - 	2 балла
Бутилбутират или бутиловый эфир масляной кислоты	1 балл
Этерификация	1 балл

Задача 7 (25 баллов)

Массовая доля брома в замещенном углеводороде, содержащем четыре атома углерода, составляет 59,26%. Напишите строение **всех** изомеров, удовлетворяющих этому условию. Приведите названия этих соединений.

Решение

Принимая во внимание наличие только четырех атомов углерода в описанном соединении, перед нами может быть только монозамещенное производное, в противном случае массовая доля брома была бы существенно больше. Тогда, согласно определению массовой доли, $0,5926 = 80 / (12 \cdot 4) + X$, отсюда находим $X = 7$. Искомому углеводороду соответствует брутто-формула C_4H_7Br , что свидетельствует о наличии в структуре молекулы цикла или кратной связи. Структуры изомерных соединений приведены на рисунке:



Названия соединений приведены в таблице:

1	<i>транс</i> -1-бромбутен-1
2	<i>цис</i> -1-бромбутен-1
3	2-бромбутен-1
4	<i>R</i> -3-бромбутен-1
5	<i>S</i> -3-бромбутен-1
6	4-бромбутен-1
7	<i>E</i> -2-бромбутен-2
8	<i>Z</i> -2-бромбутен-2
9	1-бромбутен-2
10	1-бром-2-метилпропен-1
11	3-бром-2-метилпропен-1
12	бромциклобутан
13	1-бром-1-метилциклопропан
14	<i>цис</i> -1-бром-2-метилциклопропан
15	<i>транс</i> -1-бром-2-метилциклопропан
16	(бромметил)циклопропан

Разбалловка

За вывод брутто-формулы соединения 1 балл. За формулу каждого структурного изомера 0,5 балла (без учета пространственных изомеров, всего 6 баллов). За две пары цис-транс изомеров и одну пару Z/E изомеров по 2 балла (всего 6 баллов). За пару оптических изомеров 4 балла. За любой корректный вариант названия каждого из изомеров, включая пространственные, по 0,5 балла (8 баллов). Всего 25 баллов.