

10 класс

Задача 1. Хелаты

1. Исходя из данных таблицы в условии задачи комплексная частица K_1 содержит только металл, углерод и кислород (сумма их массовых долей дает 100%). Тогда соотношение элементов в K_1 можно представить следующим образом:

$$\frac{17,46}{M} \cdot \frac{22,53}{12,01} \cdot \frac{60,02}{16,00}$$

где M – атомная масса металла. Отсюда можно вычислить, что соотношение углерод:кислород равно 1:2. Числа этих атомов должны быть кратны трем (т. к. в этом комплексе три одинаковых лиганда). Минимальное число атомов углерода, удовлетворяющее этому условию, равно трем. Исходя из этого, можно получить атомную массу металла:

$$M = 17,46 \cdot 3 \cdot 12,01 / 22,53 = 27,92 \text{ г/моль}$$

Полученное значение не попадает ни под один из $3d$ -металлов, однако если удвоить число атомов углерода, то получается 55,84 г/моль, что соответствует железу. Таким образом, в K_1 комплексообразователем является **железо**, а брутто-формула лиганда L_1 – C_2O_4 .

В случае K_2 приведенные в таблице массовые доли не дают в сумме 100% (оставшаяся часть составляет 10,13%). Эта массовая доля не приходится на кислород (в таблице стоит прочерк) и она сравнительно мала, из чего можно сделать вывод, что она приходится на водород. Тогда соотношение элементов в K_2 можно представить следующим образом:

$$\frac{24,56}{M} \cdot \frac{30,15}{12,01} \cdot \frac{35,16}{14,01} \cdot \frac{10,13}{1,01}$$

Откуда получается, что соотношение углерод:азот:водород равно 1:1:4. Как и в случае предыдущего комплекса, минимальное число атомов углерода равно трем, откуда атомная масса металла составит:

$$M = 24,56 \cdot 3 \cdot 12,01 / 30,15 = 29,35 \text{ г/моль}$$

При удвоении получается 58,70 г/моль, что близко и к кобальту, и к никелю. Однако с учетом синего цвета раствора для комплекса с азотсодержащим лигандом остается только один вариант – **никель**. Брутто-формула лиганда L_2 будет $C_2N_2H_8$.

В случае **K₃** приведенные в таблице массовые доли, так же как и в случае **K₂**, не дают в сумме 100% (оставшаяся часть составляет 3,07%). Поскольку эта массовая доля очень мала, то единственный разумный элемент, под который она может подходить, это водород. Тогда соотношение элементов в **K₃** можно представить следующим образом:

$$\frac{19,96}{M} \cdot \frac{29,34}{12,01} \cdot \frac{8,55}{14,01} \cdot \frac{39,08}{16,00} \cdot \frac{3,07}{1,01}$$

Откуда соотношение углерод:азот:кислород:водород равно 4:1:4:5. Минимальное число атомов азота в составе комплекса равно двум (исходя из двух лигандов), тогда атомная масса металла составит:

$$M = 19,96 \cdot 2 \cdot 14,01 / 8,55 = 65,41 \text{ г/моль}$$

Полученное значение соответствует **цинку**. Значит, брутто формула лиганда **L3** – **C₄NO₄H₅**.

Далее остались комплексные частицы **K₄** и **K₅**. Исходя из описания в условии задачи можно сделать вывод, что комплексообразователем в **K₄** является **медь(II)** (ее электронная конфигурация $3d^9$), а в **K₅** – **хром** (его атом как раз имеет «провал» электрона: $4s^1 3d^5$). Лиганды **L4** и **L5**, как сказано в условии, относятся к одному классу органических соединений, а, значит, должны иметь и похожий качественный состав. Кроме того, во втором вопросе сказано, что координация лигандов осуществляется через карбокси-группы и атомы азота, из чего можно сделать вывод о том, что на лиганды **L4** и **L5** приходится как минимум по одному атому азота и по два атома кислорода. Исходя из минимального числа таких атомов в лигандах и с учетом трех лигандов можно вычислить минимальные молярные массы комплексных частиц **K₄** и **K₅** соответственно:

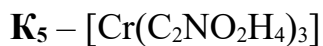
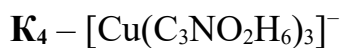
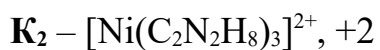
$$M = 16,00 \cdot 6 / 0,2928 = 327,87 \text{ г/моль}$$

$$M = 14,01 \cdot 3 / 0,1533 = 274,17 \text{ г/моль}$$

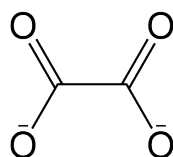
С учетом этих молярных масс и массовых долей углерода из таблицы можно найти минимальное число атомов углерода, которое составит 9 и 6 для комплексов **K₄** и **K₅** соответственно. Далее исходя из найденных молярных масс и учитывая атомные веса комплексообразователей и других элементов можно найти, что в **K₄** должно содержаться 18 атомов водорода, а в **K₅** – 12. Тогда брутто формула лиганда **L4** будет **C₃H₆NO₂**, а **L5** – **C₂H₄NO₂**.

Таким образом, брутто-формулы комплексов **K₁–K₅** (а также степени окисления комплексообразователя для первых трех частиц) таковы:

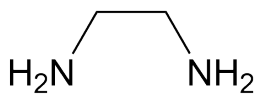




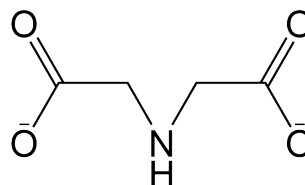
2. С учетом образования только пятичленных хелатных циклов, а также координацию через карбокси-группы или атомы азота, структуры лигандов **L1–L5** следующие:



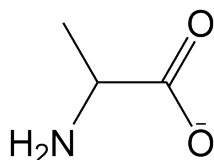
L1



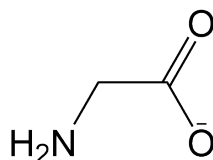
L2



L3

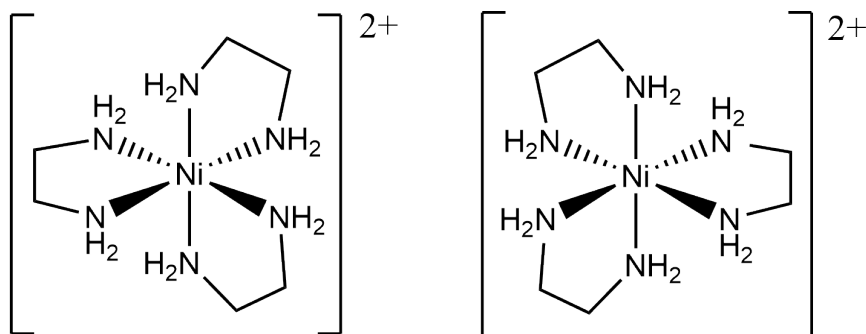


L4

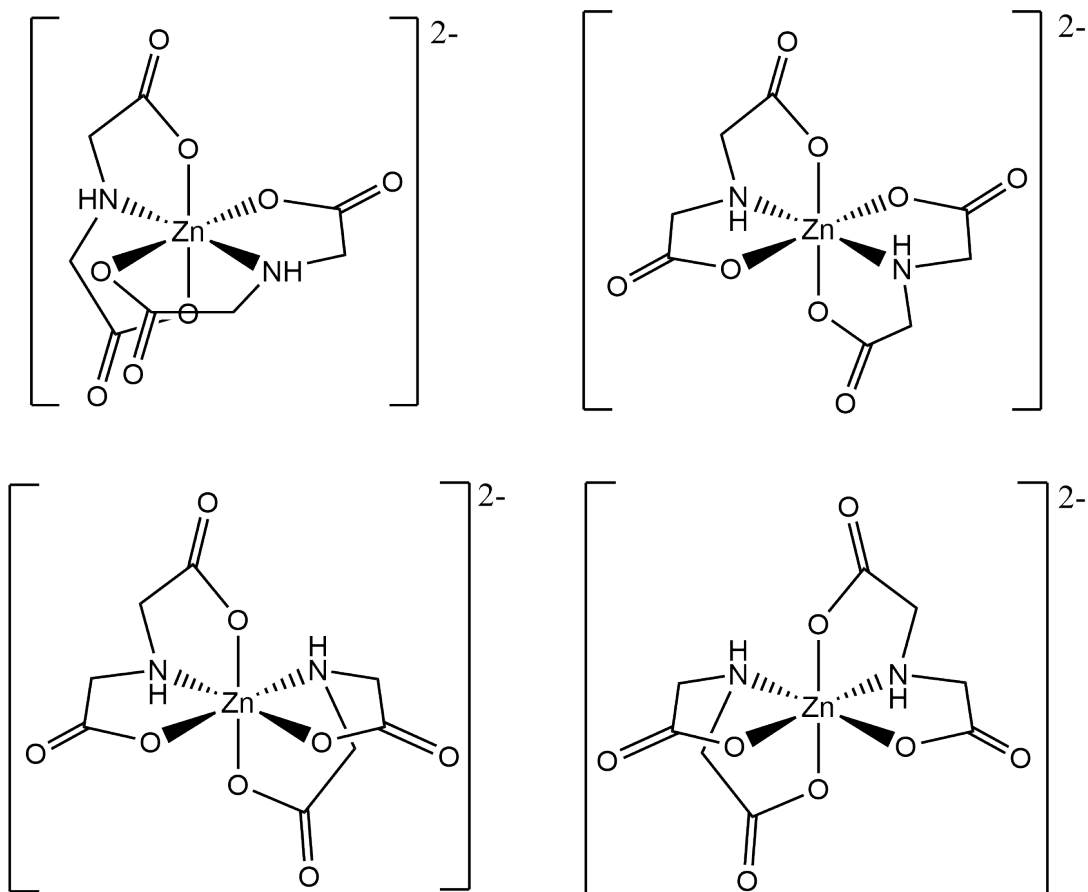


L5

3. С учетом октаэдрического окружения комплексообразователя и трех хелатных лигандов **L2** структуры изомеров **K₂** будут выглядеть следующим образом (это оптические изомеры):



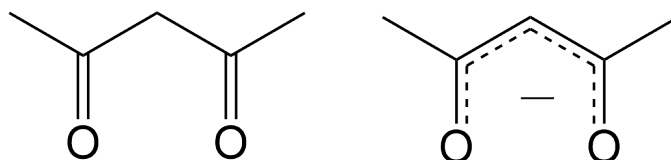
Структуры изомеров **K₃** (в решении приведены все, от участника требуется привести только один):



4. Минимальную молярную массу лиганда **L6** (с учетом наличия одного атома кислорода) можно вычислить исходя из данных задачи:

$$M = 16,00 / 0,3196 = 50,06 \text{ г/моль}$$

Однако в этой молярной массе, после вычета массы кислорода, не остается места для трех атомов углерода (это минимальное число, которое соответствует условию о трех типах атомов углерода), поэтому этот вариант не подходит. Если рассчитать на два атома кислорода, то получится около 100 г/моль (на три и более атомов кислорода рассчитывать нет смысла, поскольку это превзойдет указанный в задаче лимит в 140 г/моль). Тогда в 100 г/моль с учетом двух атомов кислорода уместятся пять атомов углерода и восемь атомов водорода, т. е. брутто формула **L6** составит $C_5H_8O_2$. Исходя из этой формулы и трех типах атомов углерода можно сделать вывод о том, что это **ацетилацетон**, который в нейтральной форме редко выступает в качестве лиганда, а вот в анионной образует хорошие хелатные комплексы. Структуры лиганда **L6** и его депротонированной формы:



Система оценивания:

1. Ответ на первый вопрос – **11,5 баллов** (по **1 баллу** за комплексообразователь и брутто-формулу лиганда в частицах **K₁–K₅**, подтвержденные расчетами, если нет расчета – по **0,5 балла** за правильную формулу; по **0,5 балла** за степень окисления комплексообразователя в **K₁–K₃**).

2. Ответ на второй вопрос – **5 баллов** (по **1 баллу** за структурную формулу лиганда).

3. Ответ на третий вопрос – **4,5 балла** (по **1,5 балла** за правильную структуру изомера, для **K₃** оценивается только один из изомеров).

4. Ответ на четвертый вопрос – **4 балла** (по **2 балла** за правильную структуру лиганда **L₆** и его депротонированной формы).

ИТОГО: 25 баллов.

Задача 2. Странная задача...

X – бутан. Дополнительными подсказками являются: название страны, вещество известное из школьного курса органической химии и тот факт, что **X** получается в результате электролиза **A**. Цепочка превращений, начинающаяся с единственного не скрытого соединения (4,5-дибромоктана), состоит из следующих стадий: под действием цинка бромпроизводное превращается в алкен, который тетраоксидом осмия окисляется до вицинального диола. Диол расщепляется йодной кислотой до альдегида, после чего происходит восстановление альдегида по методу Кижнера-Вольфа до бутана.

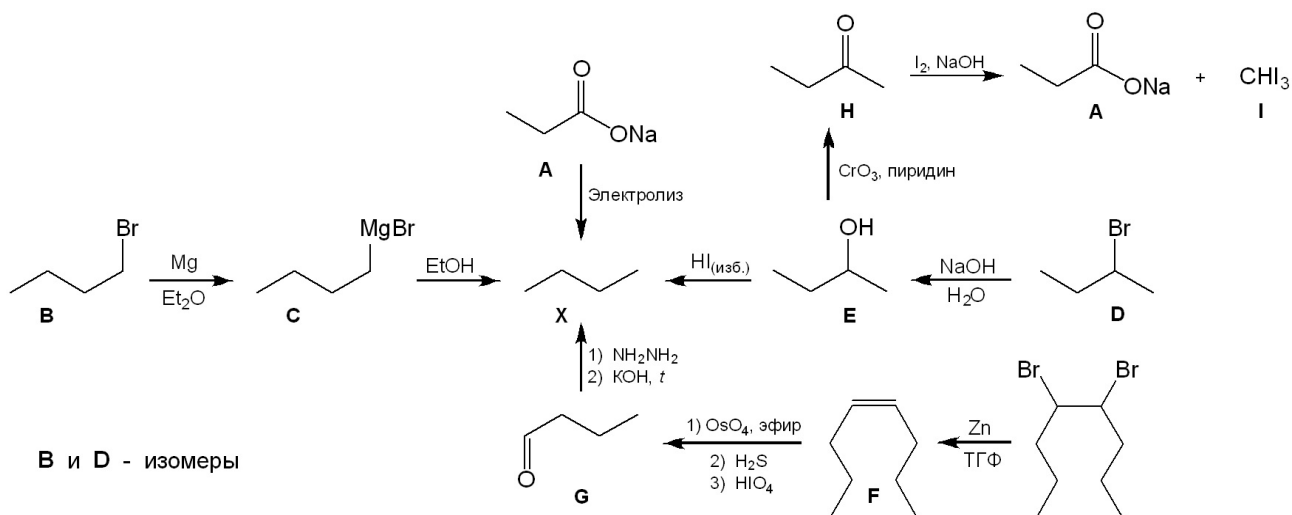
Расчеты также позволяют легко определить соединение **X**:

$$2,07 \cdot (2 \cdot 14) = 57,96 \text{ г/моль}$$

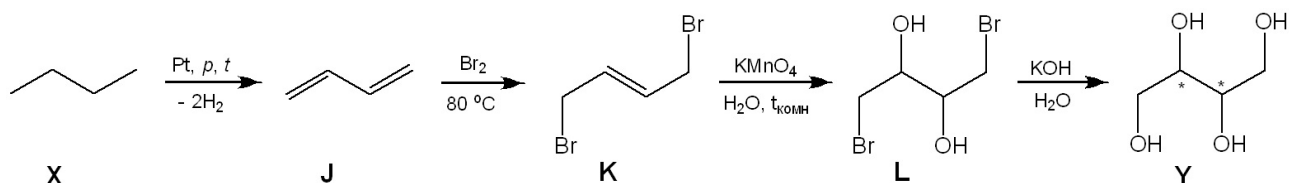
что практически равно 58. Бутан как раз подходит под это описание:

$$12 \cdot 4 + 10 = 58 \text{ г/моль}$$

Алканы можно получить электролизом солей карбоновых кислот. Следовательно, вещество **A** – пропионат некоего металла. Поскольку **A** также получается в результате йодоформной реакции в среде гидроксида натрия, значит металл – Na, а соединение **H** – метилкетон, а именно, бутанон-2. Решая цепочку в обратном направлении, становится ясно, что соединение **E** способно как окислиться до кетона, так и восстановиться до алкана – это бутанол-2, а соединение **D** – некое галогенпроизводное. Понять, изомерам каких галогенпроизводных соответствуют **B** и **D**, достаточно трудно, однако для синтезов с реактивом Гриньяра (**C**) часто применяются именно бромзамещенные соединения, с хлоралканами реакция идет хуже, однако оба варианта засчитываются на полный балл.



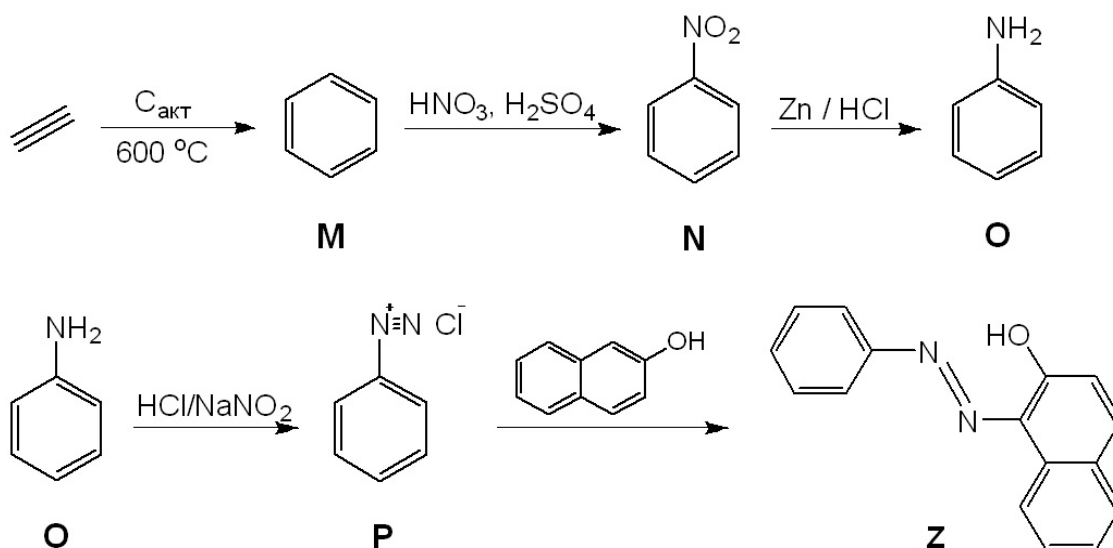
Следующий этап – установить строение соединения **Y**. Для решения цепочки превращений подсказкой выступает тот факт, что соединение **Y** известно как подсластитель. Большую часть известных подсластителей можно разделить на две большие группы: аминокислоты (и их производные) и многоатомные спирты. Поскольку ни на одной из стадий не присутствуют азотсодержащие соединения, вероятнее всего, **Y** – многоатомный спирт, что подтверждает цепочка превращений. Соединение **Y** носит название **эритрит** (в зачет идут: Эритрея, эритрит, эритритол, эритрол).



Хиральные центры отмечены на схеме звездочками, однако на вопрос о количестве **оптически активных** изомеров, правильный ответ – 2, поскольку третий стереоизомер представляет собой *мезо*-форму и не обладает оптической активностью.

Заключительная цепочка превращений – это классический синтез окрашенных соединений с использованием солей диазония. Название **Z** созвучно названию “Бутан” и отличается на 2 буквы. Единственное государство, подходящее под описание – Судан, который имеет такое же название, как и группа азокрасителей Судан I, Судан II, Судан III и т. д.

Судан I.



Система оценивания:

1. Определено вещество **X**, ответ подтвержден расчетами (**1,5 балла** за формулу, **1 балл** за расчет) – **2,5 балла**.

2. Расшифрованные цепочки превращений и структуры соединений **A–P** (по **1 баллу** за формулу) – **16 баллов**. Соединение **Y** – **1 балл**, соединение **Z** – **2 балла**. Суммарно – **19 баллов**.

3. Названия веществ **X**, **Y**, **Z** или названия упомянутых стран (по **0,5 балла**) – **1,5 балла**.

4. Отмеченные знаком * хиральные центры в молекуле **Y** – **1 балл**. Правильно указанное количество возможных **оптически активных** изомеров: «2 изомера» – **1 балл**, за ответ «3 изомера» – **0,5 балла**.

ИТОГО: 25 баллов.

Задача 3. Распутать нейросети

1. Решение стоит начать с определения того, какие элементы, участвующие в ОВР, находятся в каждом из растворов. Посмотрев на ответы первой нейросети для 1 и 2 реакции, в которых попарно сливают растворы между собой, можно понять, что изменение $4s^03d^6 \rightarrow 4s^03d^5$ относится к раствору **1**, $6s^04f^7 \rightarrow 6s^04f^6$ – к раствору **2**, а $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$ – к раствору **3**. Варианты, подходящие под изменение конфигурации $d^6 \rightarrow d^5$: $\text{Co}^{+3} \rightarrow \text{“Co}^{+4}\text{”}$; $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$; $\text{“Mn}^{+1}\text{”} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$. Значит, раствор **1** содержит Fe(II). В растворе **2** содержится лантаноид, проявляющий восстановительные свойства. Таковыми обладают ионы в степени окисления +2: Sm^{+2} , Eu^{+2} и Tb^{+2} . Конфигурация $6s^04f^7$ соответствует Eu^{+2} , значит, его соль находится в растворе **2**. Переход же $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$ соответствует $\text{O}^{-1} \rightarrow \text{O}^{-2}$, следовательно, раствор **3** содержит пероксид-ионы.

Теперь проанализируем ответы второй нейросети. Стоит заметить, что в тех реакциях, где наблюдается выделение и газа, и осадка, её ответы достаточно реалистичны – цвета соответствуют часто наблюдаемым в жизни. Это наводит на мысль о том, что в этих случаях нейросеть путает пару факторов местами: например, для первой реакции «белый осадок и бурый газ» вместо «бурый осадок и белый газ». Зная это, восстановим правильные изменения:

Реакция **1 + 3**: бурый осадок и белый (бесцветный) газ.

Реакция **2 + 3**: в реакции окисления европия(II) перекисью не будет наблюдаться выделение газа, зато будет образовываться белый осадок $\text{Eu}(\text{OH})_3$.

Реакция **3 + K₂S**: нереалистичное сочетание «синий осадок» свидетельствует о том, что выделяется осадок какого-то другого цвета (синих газов в ходе реакции явно не выделяется).

Реакция **1 + NaOH**: зеленоватый осадок и белый (бесцветный) газ.

Реакция **1 + BaCl₂**: в реакции не может выделиться жёлтый газ, поэтому выделяется осадок какого-то другого цвета (по-видимому бесцветный, как многие осадки бария).

Реакция **3 + MgCl₂**: выделяется какой-то осадок, скорее всего бесцветный

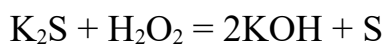
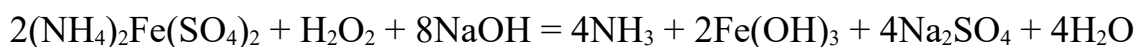
Реакция **2 + Pb(NO₃)₂**: в реакции не может выделиться какой-либо окрашенный газ, поэтому выпадает белый осадок, растворимость которого сильно зависит от температуры.

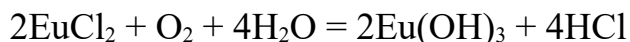
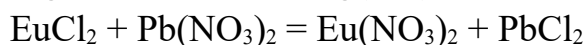
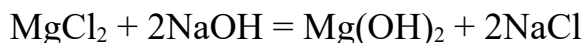
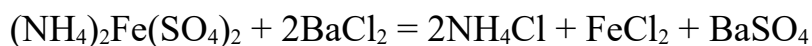
Реакция окисления **2** на воздухе: окисление европия(II) на воздухе протекает с образованием белого осадка $\text{Eu}(\text{OH})_3$.

Наконец, осталось сопоставить эти факты друг с другом. Реакция **3** с хлоридом магния, а также выпадение осадка в реакции **1 + 3** говорят о том, что **3** – **щелочной раствор перекиси**. Выделение бесцветного газа в щелочной среде из раствора **1** свидетельствует о наличии в нём катионов аммония. Тогда вещество в растворе **1** – $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ – соль Мора. О наличии в растворе сульфат-ионов говорит выпадение осадка с хлоридом бария. Ну и, наконец, белый осадок свинца, чья растворимость сильно зависит от температуры – это его хлорид, PbCl_2 . Значит, в растворе **2** был хлорид европия(II) – EuCl_2 .

Щелочной раствор перекиси (**3**) можно получить растворением в воде NaHO_2 (вещество **X**, массовая доля водорода равна 1,8%) либо Na_2O_2 (вещество **Y**).

2. Уравнения реакций:





3. Судя по тому, что из уже встречавшихся изменений конфигураций в данной реакции повторяется только $2s^22p^5 \rightarrow 2s^22p^6$, можно понять, что это превращение связано с раствором 3. $3d^0 \rightarrow 3d^3$ соответствует переходу *d*-металла из высшей степени окисления в меньшую на три. Это характерно для марганца: $\text{Mn}^{+7} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$. Тогда реакция следующая:



Система оценивания:

1. Правильно определённый состав каждого из раствора оценивается в **4 балла**, частично верные ответы – **1-2 балла**. Пример: ответ « FeSO_4 в р-ре 1» оценивается в **2 балла**, т.к. не угадан один из катионов, а NiSO_4 – в **1 балл**, т.к. угадан только анион. В случае второго раствора **2 балла** ставится за хлориды двухвалентных *f*-элементов, соседствующих с европием (ошибка на одну клетку – Sm и Gd), хлориды других *f*-элементов – **1 балл**. Ответ « H_2O_2 в р-ре 3» оценивается в **2 балла**. Вещества X и Y оцениваются по **1 баллу**. Всего – **14 баллов**.

2. Правильные уравнения реакций с коэффициентами оцениваются по **1 баллу**. Реакции с неверными, но близкими по смыслу веществами – **0,5 баллов**. Правильные уравнения реакций с SmCl_2 и GdCl_2 вместо EuCl_2 оцениваются в **1 балл**. Всего – **8 баллов**.

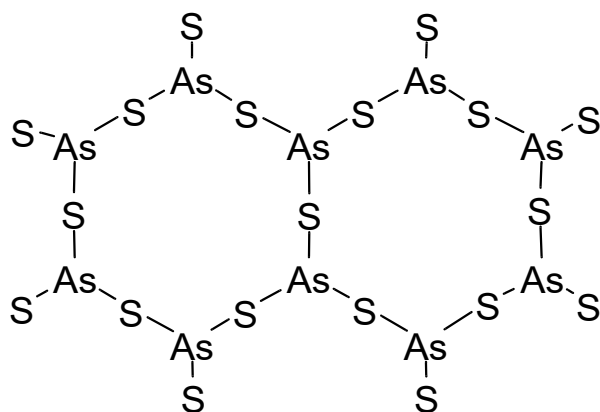
3. Правильно угаданное вещество – KMnO_4 – оценивается в **1 балл**, уравнение реакции с раствором 3 – **2 балла**. Всего за п.3 – **3 балла**.

ИТОГО: 25 баллов.

Задача 4. Упрощать – сложно, усложнять – просто

1. Название минерала – **аурипигмент**. Он окрашен в **желтый** (золотистый / золотисто-желтый) цвет, за что и получил своё название.

2. С учетом типичных валентностей и описаний структуры, можно предположить следующую структуру слоя:



Такие сотоподобные слои имеют стехиометрию 2:3, так как в каждом цикле 6 атомов мышьяка, принадлежащих 3 циклам одновременно (то есть $6/3 = 2$ атома на цикл), и 6 атомов серы, принадлежащих 2 циклам (то есть $6/2 = 3$ атома на цикл).

Поскольку каждый атом мышьяка и серы помимо связей имеет неподеленные электронные пары (1 у As и 2 у S), то циклы в действительности не плоские. Считается верным и объяснение с использованием гибридизации (формально у обоих элементов – sp^3).

3. Запишем выражение для константы равновесия процесса растворения:

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-]^2 [\text{HS}^-]^3}{[\text{OH}^-]^5}$$

Поскольку концентрация OH^- по условию фиксирована, то неизвестными являются только концентрации арсенит- и гидросульфид-ионов. При этом если растворимость As_2S_3 составляет s моль/л, то $[\text{H}_2\text{AsO}_3^-] = 2s$, $[\text{HS}^-] = 3s$, что следует из стехиометрии растворения. Тогда:

$$K_1 = \frac{(2s)^2 (3s)^3}{[\text{OH}^-]^5}$$

$$s = \sqrt[5]{\frac{K_1 [\text{OH}^-]^5}{2^2 \cdot 3^3}} = \sqrt[5]{\frac{2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (10^{-3})^5}{4 \cdot 27}} = 4,59 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Для перевода растворимости в г/л достаточно домножить на молярную массу сульфида мышьяка: $4,59 \cdot 10^{-3} \cdot 246,02 = \mathbf{1,13}$ г/л.

Иногда участники забывают учесть стехиометрию растворения, то есть решают уравнение без $2^2 \cdot 3^3$. Такое решение оценивается **половиной** от возможных баллов (получаемый в таком случае ответ – 0,0117 моль/л или 2,88 г/л).

4. Запишем выражения для констант равновесия:

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{AsO}_2\text{S}^-][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{HS}^-]}$$

$$K_3 = \frac{[\text{HAsS}_3^{2-}][\text{OH}^-]^2}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{HS}^-]^3}$$

Концентрация ионов HS^- в п.3 составляла $3s$, то есть $0,01377 \text{ M}$.

$$\frac{[\text{H}_2\text{AsO}_2\text{S}^-]}{[\text{HAsS}_3^{2-}]} = \frac{\frac{K_2[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{HS}^-]}{[\text{OH}^-]}}{\frac{K_1[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{HS}^-]^3}{[\text{OH}^-]^2}} = \frac{K_2[\text{OH}^-]}{K_3[\text{HS}^-]^2} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 0,01377^2} = \mathbf{88}$$

Поскольку разница в концентрациях составляет почти 2 порядка, действительно, образованием тритиоарсенит-ионов можно пренебречь с неплохой точностью.

5. Поскольку напрямую сказано, что второе равновесие можно считать сильно смещенным вправо, а третьим пренебречь, воспользуемся этим и будем считать, что образовавшиеся в первом равновесии арсенит и гидросульфид реагируют по второй реакции почти полностью.

Пусть растворимость As_2S_3 равна s моль/л. Тогда первоначально в первой реакции образовалось $2s$ H_2AsO_3^- и $3s$ HS^- . Значит, с учетом сказанного выше, во второй реакции почти полностью тратится H_2AsO_3^- (его концентрация много меньше остальных ионов и близка к нулю), образуется $2s$ $\text{H}_2\text{AsO}_2\text{S}^-$, и остается еще s HS^- в избытке. –

$$K_2 = \frac{2s \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-] \cdot s} = \frac{2[\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-]}$$

$$[\text{H}_2\text{AsO}_3^-] = \frac{2[\text{OH}^-]}{K_2} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{30} = \mathbf{6,67 \cdot 10^{-5} \text{ M}}$$

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-]^2 s^3}{[\text{OH}^-]^5}$$

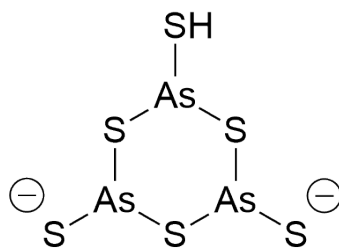
$$s = \sqrt[3]{\frac{K_1[\text{OH}^-]^5}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-]^2}} = \sqrt[3]{\frac{2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (10^{-3})^5}{(6,67 \cdot 10^{-5})^2}} = \mathbf{0,367 \text{ M}}$$

$$[\text{HS}^-] = s = \mathbf{0,367 \text{ M}}$$

$$[\text{HAsS}_3^{2-}] = 2s = \mathbf{0,734 \text{ M}}$$

Растворимость в г/л составляет: $0,367 \cdot 246,02 = \mathbf{90,3 \text{ г/л}}$.

6. Структурная формула иона:



Ациклические структуры с двойными связями $\text{As}=\text{S}$ оцениваются в половину от возможного балла, если удовлетворяют валентностям мышьяка и серы.

7. Константа данного равновесия получается комбинированием выражений для константы кислотности H_3AsO_3 по первой ступени, константы кислотности сероводорода по первой ступени, констант кислотности тритиомышьяковистой кислоты по 2 ступеням, константы автопротолиза воды, а также константы K_3 .

Действительно, искомая константа:

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{AsS}_3]}{[\text{H}_3\text{AsO}_3][\text{H}_2\text{S}]^3}$$

При этом:

$$K_{a1}(\text{H}_3\text{AsO}_3) = \frac{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{AsO}_3]}; \quad K_{a1}(\text{H}_3\text{AsS}_3) = \frac{[\text{H}_2\text{AsS}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{AsS}_3]}$$

$$K_{a2}(\text{H}_3\text{AsS}_3) = \frac{[\text{HAsS}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{AsS}_3^-]}; \quad K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{[\text{HS}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$K_3 = \frac{[\text{HAsS}_3^{2-}][\text{OH}^-]^2}{[\text{H}_2\text{AsO}_3^-][\text{HS}^-]^3}; \quad K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-].$$

Можно заметить, что:

$$K = \frac{K_3 \cdot (K_{a1}(\text{H}_2\text{S}))^3 \cdot K_{a1}(\text{H}_3\text{AsO}_3)}{K_{a1}(\text{H}_3\text{AsS}_3) \cdot K_{a2}(\text{H}_3\text{AsS}_3) \cdot K_w^2} = 5,56 \cdot 10^7$$

Система оценивания:

1. Название минерала и окраска – по **1 баллу**. Всего – **2 балла**.

2. Изображение двух циклов – **1 балл**, атомов, с которыми соединены циклы – **1 балл**, указание на то, что циклы неплоские – **1 балл** (без обоснования – **0 баллов**). Всего – **3 балла**.

3. Верное выражение для константы K_1 – **1 балл**. Верный расчет растворимости в г/л – **1 балл**. Всего – **2 балла**.

Если растворимость в моль/л рассчитана верно, но переведена в г/л неверно – **1 балл** (из двух). Верный ответ без решения **не оценивается**.

4. Верные выражения для K_2 и K_3 – по **1 баллу**. Расчет отношения концентраций – **1 балл**. Всего – **3 балла**.

Если в п.3 s было рассчитано неверно, но для своего значения s расчет выполнен верно – **полный балл**.

Если получено верное выражение для отношения концентраций, но расчет выполнен неверно – **0,5 балла** (из одного).

Ответ без приведенного решения и расчета – **0 баллов**.

5. Значения 3 концентраций и растворимости (в г/л) – по **2 балла**. Всего – **8 баллов**.

Если ответ получен иным верным способом (например, без приближений) – **полный балл**.

В каждом случае если получено верное выражение для концентрации, но численный ответ неверен – **1 балл** (вместо двух).

6. Структура – **2 балла**.

7. Верное выражение для константы равновесия – **3 балла**, численный ответ – **2 балла**. Всего – **5 баллов**.

ИТОГО: 25 баллов.