

11 класс
Вариант №2

Задание 11-1

Трипептид образован двумя природными аминокислотами. Газовую смесь, образовавшуюся при сжигании 5,26 г данного трипептида, пропустили через избыток раствора гашеной извести, при этом объем газа, не поглотившегося этим раствором, составил 672 мл (н.у.). Известно также, что газовая смесь, образовавшаяся при сжигании указанной массы трипептида, может обесцветить 40 мл водного раствора перманганата калия с концентрацией 0,2 моль/л.

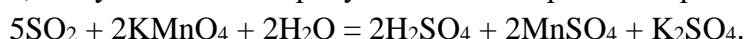
- 1) Составьте уравнения реакций, протекающих при пропускании газовой смеси:
 - а) через раствор гашеной извести;
 - б) через раствор перманганата калия.
- 2) Найдите молярную массу трипептида.
- 3) Определите брутто-формулу трипептида.
- 4) Вычислите массу осадка, образовавшегося при пропускании газовой смеси через раствор гашеной извести.
- 5) Установите аминокислотный состав трипептида. Определите, сколько изомеров удовлетворяют условию задачи и напишите их структурные формулы.

Решение:

Общая формула трипептида $\text{NH}_2\text{—CHR}_1\text{—CO—NH—CHR}_1\text{—CO—NH—CHR}_2\text{—COOH}$.

При сжигании любых природных аминокислот образуются CO_2 , N_2 и H_2O . Если в состав трипептида входит аминокислотная аминокислота, например, цистеин или метионин, то в продуктах сгорания будет находиться и сернистый газ SO_2 .

Газовая смесь, образовавшаяся при сжигании трипептида, обесцвечивает раствор перманганата калия, что указывает на присутствие SO_2 . Уравнение реакции:



По условию задачи, число молей KMnO_4 :

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,04 \cdot 0,02 = 0,008 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } n(\text{SO}_2) = 0,008 \cdot 5/2 = 0,02 \text{ моль.}$$

Неадсорбированный газ – азот. Число молей азота:

$$n(\text{N}_2) = 0,672/22,4 = 0,03 \text{ моль.}$$

Число молей атомов азота 0,06 моль. Соотношение серы и азота указывает на то, что одну серосодержащую кислоту приходится две другие аминокислоты. Следовательно, число молей трипептида равно числу молей SO_2 .

Вычислим молярную массу трипептида:

$$M = m/n = 5,26/0,02 = 263 \text{ г/моль.}$$

Исходя из общей формулы трипептида, находим:

$$16 + 13 + M(\text{R}_1) + 43 + 13 + M(\text{R}_1) + 43 + 13 + M(\text{R}_2) + 45 = 263.$$

$$2M(\text{R}_1) + M(\text{R}_2) = 77.$$

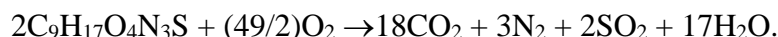
Серосодержащей кислотой является цистеин, вторая кислота – аланин.

$$M(\text{R}_2) = M(-\text{CH}_2\text{—SH}) = 47;$$

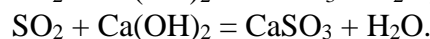
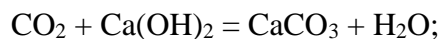
$$2M(\text{R}_1) = 2M(-\text{CH}_3) = 30.$$

Брутто-формула трипептида $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{O}_4\text{N}_3\text{S}$.

Уравнение реакции горения:



Уравнения реакций получения осадков при пропускании газовой смеси через известковую воду:



Вычислим массу осадков, учитывая, что:

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 9 \cdot 0,02 = 0,18 \text{ моль};$$

$$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0,02 \text{ моль}.$$

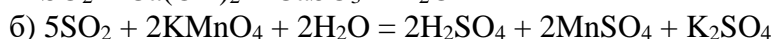
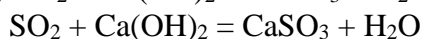
Масса осадков:

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 0,18 \cdot 100 = 18 \text{ г}.$$

$$m(\text{CaSO}_3) = n(\text{CaSO}_3) \cdot M(\text{CaSO}_3) = 0,02 \cdot 120 = 2,4 \text{ г}.$$

Суммарная масса осадков: $18 + 2,4 = 20,4 \text{ г}$.

Ответы



2) 263 г/моль

3) $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{O}_4\text{N}_3\text{S}$

4) 20,4 г

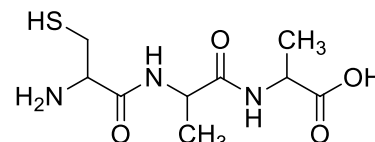
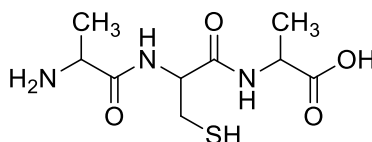
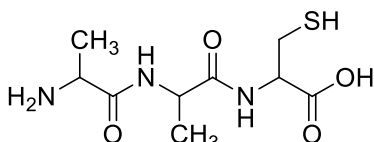
5) Два аланина, один цистеин;

Три изомера:

аланин-аланин-цистеин;

цистеин-аланин-аланин

аланин-цистеин-аланин



Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. Запись уравнений реакций под а) по 0,5 баллов (1 балл)

Запись уравнения реакции под б) 2 балла

2. Нахождение молярной массы трипептида 3 балла

3. Брутто- формула трипептида – 3 балла

4. Вычисление массы осадка – 2 балла

5. За каждый изомер со структурной формулой – по 3 балла (9 баллов)(без структурной формулы по 1 баллу)

Задание 11-2

Имеется раствор соли А. Добавление гидрофосфата натрия к пробе этого раствора привело к выпадению желтого осадка, растворимого в разбавленной азотной кислоте, а при добавлении к другой пробе раствора сульфида натрия выпал черный осадок, не растворяющийся в разбавленной азотной кислоте. 1 л раствора соли А подвергли длительному электролизу на инертных электродах без диафрагмы, при этом на одном из электродов появился налет, а рН раствора упал с 7 до 1. Объем раствора за время электролиза остался неизменным. Плотность раствора до электролиза составляла 1017 г/л, после – 1000 г/л. Добавление к пробам раствора, полученного после электролиза, как гидрофосфата натрия, так и сульфида натрия, не привело к образованию осадков. Концентрация вещества, образовавшегося в растворе после электролиза, составила 0,6...0,9 %.

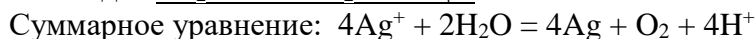
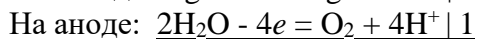
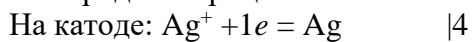
- 1) Предложите вещества, которые могут быть солью А.
- 2) Напишите уравнения реакций, протекающих под действием электрического тока на катоде, на аноде, а также суммарных химических реакций.
- 3) Напишите уравнения реакций, протекающих при добавлении к пробам исходного раствора:
 - а) гидрофосфата натрия, а затем азотной кислоты;
 - б) сульфида натрия.
- 4) Что изменится в процессе электролиза, если заменить элемент-металл в соли А на соседний по подгруппе элемент из предыдущего периода?
- 5) Как изменится протекание процесса электролиза соли А, если вместо инертных электродов использовать медные?

Решение:

На одном из электродов в процессе электролиза образуется налет - значит, в процессе электролиза восстанавливается металл. Соль А является солью неактивного металла, при этом среда в растворе соли нейтральная. Катион металла образует черный осадок с сульфид-ионом, нерастворимый в кислотах. Такие осадки, кроме серебра, образуют медь, свинец, но среда в растворах солей двух последних металлов и сильных кислот кислая в результате гидролиза по катиону. Соли серебра и сильных кислот не подвергаются гидролизу. Желтый осадок с анионом фосфорной кислоты образует катион серебра.

Для серебра известно всего несколько растворимых солей: AgF , AgCH_3COO , AgNO_3 , AgClO_3 , AgClO_4 . В растворах фторида и ацетата серебра среда щелочная, т.к. это соли слабых кислот.

При электролизе AgNO_3 , AgClO_3 , AgClO_4 протекают следующие электродные процессы:



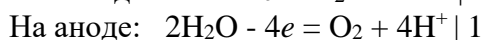
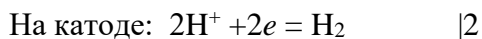
Раствор после электролиза не содержит ионов серебра, поскольку не выпадает осадок сульфида серебра при добавлении сульфида натрия. Серебро полностью выделилось из раствора.

рН раствора после электролиза стало равным 1, следовательно, концентрация ионов водорода равна 0,1 моль/л. Количество вещества H^+ равно 0,1 моль, поскольку объем раствора остался равен 1 л.

В соответствии с суммарным уравнением реакции, при образовании 0,1 моль H^+ образуются 0,1 моль Ag и 0,025 моль O_2 . Масса раствора при этом уменьшается на:

$$\Delta m = 0,1 \cdot 108 + 0,025 \cdot 32 = 11,6 \text{ г}$$

По условию масса раствора уменьшилась на 17 г (1017 г раствора до электролиза и 1000 г после). Следовательно, на катоде после того, как все серебро восстановилось, происходило восстановление водорода. Уравнения электродных процессов:



(Масса раствора в ходе этого процесса уменьшилась на массу разложившейся при электролизе воды, а именно: $(\Delta m)' = (17 - 11,6) = 5,4 \text{ г}$).

После электролиза в растворе остались кислоты, посчитаем их массовые доли, учитывая, что образовался 0,1 моль кислоты, а масса раствора 1000 г.

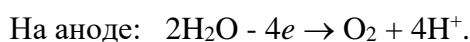
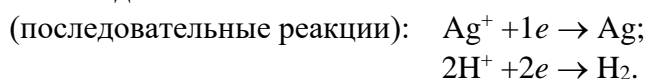
Кислота	HNO ₃	HClO ₃	HClO ₄
<i>M</i> , г/моль	63	84,5	100,5
<i>m</i> , г	6,3	8,45	10,05
<i>w</i>	0,63 %	0,83 %	1,01 %

Учитывая, что по условию массовая доля кислот должна находиться в интервале 0,6...0,9 %, приходим к выводу, что условию задачи удовлетворяют азотная и хлорноватая кислоты. Исходные соли: AgNO₃ или AgClO₃.

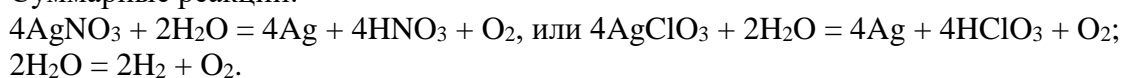
Ответы

1. AgNO₃ или AgClO₃.

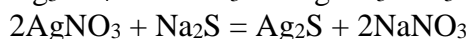
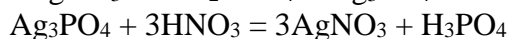
2. На катоде:



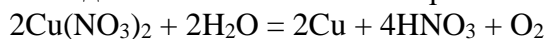
Суммарные реакции:



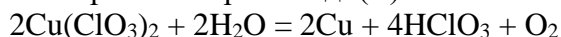
3. $3\text{AgNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$



4. Соседний элемент - Cu. Электролиз нитрата меди(II):

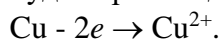


Электролиз хлората меди(II):

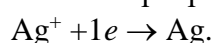


(анодное окисление хлората в перхлорат происходит только в концентрированных растворах)

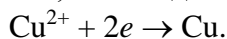
5. На аноде вместо окисления воды будет происходить окисление меди:



На катоде сначала восстановление ионов серебра:



Когда серебро в растворе закончится, на катоде начнет восстанавливаться медь:

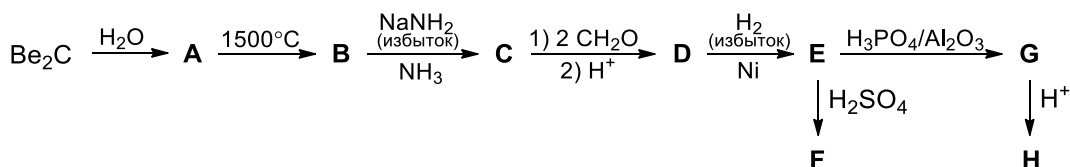


Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

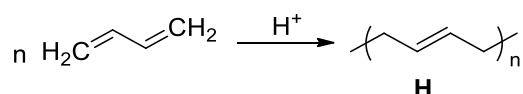
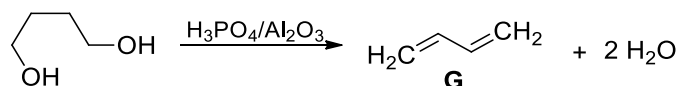
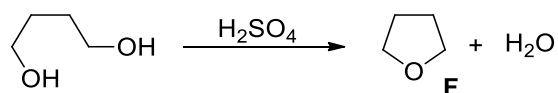
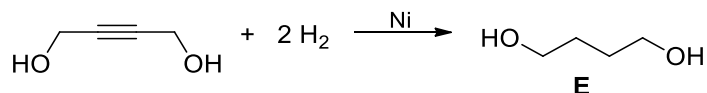
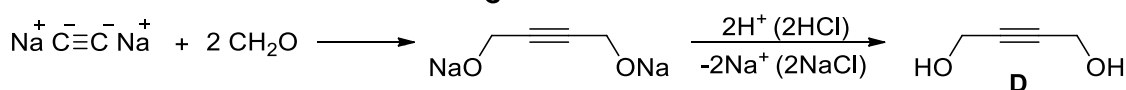
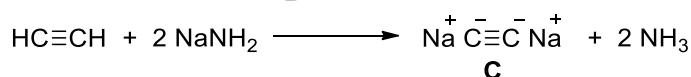
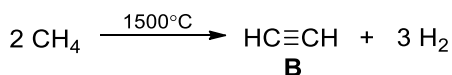
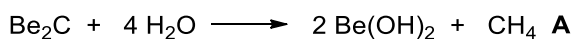
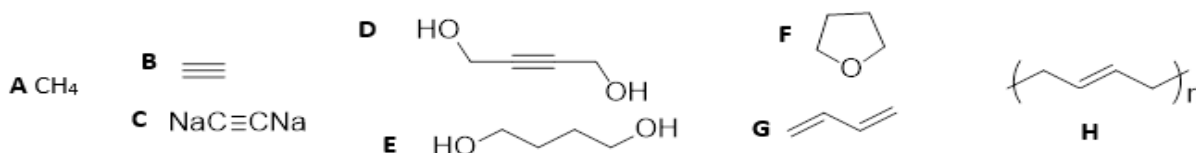
1. За каждое правильно определенное соединение А – по 5 баллов (10 баллов)
(без обоснования – 2 балла за соединение)
2. За уравнения процессов на катоде и на аноде по 1 баллу (2 балла)
За суммарные уравнения по 1 баллу (2 балла)
3. За уравнение реакций 3а) по 1 баллу (2 балла)
За написание реакции 3б) 1 балл
4. За ответ на вопрос 1 балл
5. За ответ на вопрос 2 балла

Задание 11-3

Установите вещества **A, B, C, D, E, F, G, H** и составьте их структурные формулы. Запишите уравнения химических реакций, описывающих получение данных веществ.



Решение:



Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. За определение веществ **А и В** (с записью структурной формулы) по 0,5 баллов
За определение вещества **С** (с записью структурной формулы) 1 балл
За определение веществ **Д и Е** (с записью структурной формулы) по 1 баллу
За определение веществ **Ф, Г и Н** (с записью структурной формулы) по 2 балла
2. За уравнения реакций **1 и 2** по 0,5 баллов
За уравнение реакции **3** 1 балл
За уравнения реакций **4 и 5** по 1 баллу
За уравнения реакций **6, 7 и 8** по 2 балла

Задание 11-4

В 0,12 М растворе слабой одноосновной кислоты рН равен 2,06. К раствору кислоты прилили такой же объем 0,12 М раствора гидроксида калия. Известно, что добавление к полученному раствору соли насыщенного раствора хлорида лития приводит к образованию осадка, а исходный раствор кислоты взаимодействует с нерастворимым в воде кислотным оксидом.

- 1) Найдите степень диссоциации кислоты и концентрацию (моль/л) недиссоциированных молекул кислоты.
- 2) Найдите константу диссоциации кислоты и константу гидролиза соли.
- 3) Найдите степень гидролиза и рН в растворе соли (ионное произведение воды равно 10^{-14}).
- 4) Определите формулы кислоты и соли, напишите их названия.
- 5) Напишите уравнения указанных реакций с участием соли и кислоты.

Решение:

- 1) Найдем концентрацию ионов водорода:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\lg[\text{H}^+] = 2,06 \\ [\text{H}^+] &= 10^{-2,06} = 8,71 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Концентрации анионов кислоты:

$$[\text{A}^-] = [\text{H}^+] = 8,71 \cdot 10^{-3}$$

Уравнение диссоциации кислоты:



α - степень диссоциации

c - концентрация кислоты; $c = 0,12$ моль/л

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= c\alpha \\ \alpha &= [\text{H}^+]/c = (8,71 \cdot 10^{-3})/0,12 = 0,0726 \end{aligned}$$

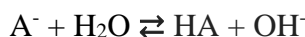
[НА] - концентрация недиссоциированных молекул;

$$[\text{НА}] = c(1 - \alpha) = 0,12(1 - 0,0726) = 0,111$$

- 2) $K_{\text{д}}$ - константа диссоциации

$$K_{\text{д}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{НА}]} = \frac{(8,71 \cdot 10^{-3})^2}{0,111} = 6,83 \cdot 10^{-4}$$

После сливания растворов получаем раствор соли КА с концентрацией c' , равной 0,06 моль/л. В растворе соли слабой кислоты и сильного основания идет гидролиз по катиону:



Константа гидролиза $K_{\text{Г}}$ равна отношению ионного произведения воды $K_{\text{В}}$ к константе диссоциации кислоты $K_{\text{д}}$:

$$K_{\Gamma} = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_{\text{B}}}{K_{\text{Д}}}$$

Вычислим константу гидролиза:

$$K_{\Gamma} = K_{\text{B}}/K_{\text{Д}} = 10^{-14}/(6,83 \cdot 10^{-4}) = 1,46 \cdot 10^{-11}$$

3) h - степень гидролиза

Концентрация анионов соли, не вступивших в реакцию гидролиза:

$$[\text{A}^-] = c \cdot (1-h)$$

Концентрации гидроксид-ионов и молекул кислоты:

$$[\text{OH}^-] = [\text{A}^-] = c \cdot h$$

Подставляем концентрации в выражение для константы гидролиза:

$$K_{\Gamma} = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{(c \cdot h)^2}{c \cdot (1-h)} = \frac{c \cdot h^2}{(1-h)}$$

Составим квадратное уравнение и найдем степень гидролиза:

$$c \cdot h^2 + K_{\Gamma} \cdot h - K_{\Gamma} = 0$$

$$0,06 h^2 + 1,46 \cdot 10^{-11} h - 1,46 \cdot 10^{-11} = 0$$

$$D = (1,46 \cdot 10^{-11})^2 + 4 \cdot 0,06 \cdot (1,46 \cdot 10^{-11}) = 3,504 \cdot 10^{-12}$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{3,504 \cdot 10^{-12}} = 1,87 \cdot 10^{-6}$$

$$h = (-1,46 \cdot 10^{-11} + 1,87 \cdot 10^{-6})/0,12 = 1,56 \cdot 10^{-5}$$

(Степень гидролиза можно считать по упрощенной формуле: $K_{\Gamma} = c \cdot h^2$)

$$h = \sqrt{(K_{\Gamma}/c)} = \sqrt{(1,46 \cdot 10^{-11}/0,06)} = 1,56 \cdot 10^{-5}$$

Вычисляем концентрацию гидроксид-ионов и pH раствора соли:

$$[\text{OH}^-] = c \cdot h = 0,06 \cdot 1,56 \cdot 10^{-5} = 9,36 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg(9,36 \cdot 10^{-7}) = 6,20$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 6,20 = 7,80$$

Ответы

- 1) Степень диссоциации кислоты 0,0726, концентрация недиссоциированных молекул кислоты 0,111 моль/л.
- 2) Константа диссоциации кислоты $6,83 \cdot 10^{-4}$, константа гидролиза соли $1,46 \cdot 10^{-11}$.
- 3) Степень гидролиза соли $1,56 \cdot 10^{-5}$, pH в растворе соли 7,80.
- 4) HF - плавиковая (фтороводородная) кислота, KF- фторид калия.
- 5) $\text{KF} + \text{LiCl} = \text{LiF} \downarrow + \text{KCl}$
 $4\text{HF} + \text{SiO}_2 = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. Расчет степени диссоциации кислоты 2,5 балла
Определение pH 2,5 балла
2. Расчет константы диссоциации 2,5 балла
Расчет константы гидролиза 2,5 балла
3. Расчет степени гидролиза 2,5 балла
Определение pH 2,5 балла
4. Определение формул кислоты и соли по 1 баллу (2 балла)
Названия по 0,5 баллов (1 балл)
5. Запись уравнений реакций по 1 баллу (2 балла)

Задание 11-5

Название элемента **А** восходит к древнему поверью о духе, который вредит горнякам, если его обидеть чем-то. Простое вещество **А** очень медленно растворяется в разбавленной серной кислоте, но если запастись терпением, то из этого раствора можно выделить красное соединение **Б**, содержащее по массе 62,63 % кислорода, 11,39 % серы и 21,00 % элемента **А**. При нагревании выше 300 °С вещество **Б** превращается в вещество **В**, содержащее 41,29 % кислорода, 20,64 % серы и 38,07 % элемента **А**. Если к раствору вещества **Б** или вещества **В** прибавить по каплям раствор, содержащий карбонат аммония и аммиак, и некоторое время интенсивно перемешивать в присутствии кислорода воздуха, то выделится красное вещество **Г**, содержащее 5,11 % водорода, 5,11 % углерода, 23,83 % азота, 34,04 % кислорода и 25,11 % элемента **А**. Обработка вещества **Г** сначала разбавленной серной кислотой, а затем смесью концентрированных серной и соляной кислот приводит к образованию зеленого вещества **Д**, содержащего 23,98 % азота, 45,61 % хлора и 25,27 % элемента **А**.

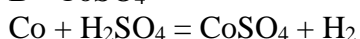
- 1) Определите элемент **А** и объясните, почему металл был назван в честь вредоносного духа.
- 2) Определите вещества **Б** и **В** и напишите уравнение реакции растворения вещества **А** в серной кислоте.
- 3) Определите формулу вещества **Г** и напишите уравнения реакции получения вещества **Г** из вещества **В**.
- 4) Определите формулу вещества **Д**.
- 5) Напишите уравнение реакции вещества **Г** с разбавленной серной кислотой, и уравнение реакции, проходящей при обработке полученного соединения смесью концентрированных серной и соляной кислот.

Решение:

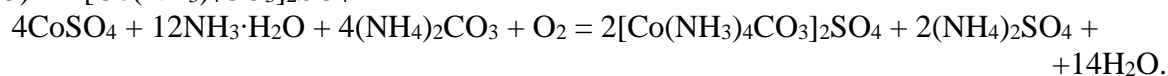
1) **А** - кобальт; при переработке руд, содержащих кобальт, выделялся густой едкий дым, содержащий соединения мышьяка.

2) **Б** - $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

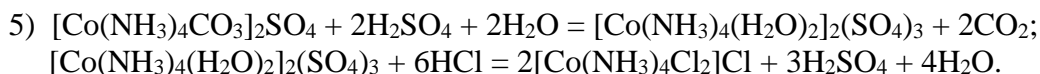
В - CoSO_4



3) **Г** - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]_2\text{SO}_4$



4) **Д** - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$.



Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. За определение металла **А** – 2 балла
Ответ на вопрос -1 балл
 2. Определение вещества **Б** и **В** - по 1 баллу (2 балла)
Уравнение реакции - 1 балл
 3. Определение вещества **Г** – 3 балла
Уравнение реакции -2 балла
 4. Определение вещества **Д** – 3 балла
 5. Уравнение реакции – по 3 балла (6 баллов)
-