

**11 класс**  
**Вариант №1**

**Задание 11-1**

Трипептид образован двумя природными аминокислотами. Газовую смесь, образовавшуюся при сжигании 2,35 г данного трипептида, пропустили через избыток раствора гашеной извести, при этом объем газа, не поглотившегося этим раствором, составил 336 мл (н.у.). Известно также, что газовая смесь, образовавшаяся при сжигании указанной массы трипептида, может обесцветить 40 мл водного раствора перманганата калия с концентрацией 0,1 моль/л.

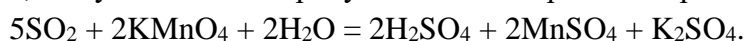
- 1) Составьте уравнения реакций, проходящих при пропускании газовой смеси:
  - а) через раствор гашеной извести;
  - б) через раствор перманганата калия.
- 2) Найдите молярную массу трипептида.
- 3) Определите брутто-формулу трипептида.
- 4) Вычислите массу осадка, образовавшегося при пропускании газовой 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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Если в состав трипептида входит аминокислотная аминокислота, например, цистеин или метионин, то в продуктах сгорания будет находиться и сернистый газ  $\text{SO}_2$ .

Газовая смесь, образовавшаяся при сжигании трипептида, обесцвечивает раствор перманганата калия, что указывает на присутствие  $\text{SO}_2$ . Уравнение реакции:



По условию задачи, число молей  $\text{KMnO}_4$ :

$$n(\text{KMnO}_4) = 0,04 \cdot 0,01 = 0,004 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } n(\text{SO}_2) = 0,004 \cdot 5/2 = 0,01 \text{ моль.}$$

Неадсорбированный газ – азот. Число молей азота:

$$n(\text{N}_2) = 0,336/22,4 = 0,015 \text{ моль.}$$

Число молей атомов азота 0,03 моль. Соотношение серы и азота указывает на то, что одну серосодержащую кислоту приходится две другие аминокислоты. Следовательно, число молей трипептида равно числу молей  $\text{SO}_2$ .

Вычислим молярную массу трипептида:

$$M = m/n = 2,35/0,01 = 235 \text{ г/моль.}$$

Исходя из общей формулы трипептида, находим:

$$16 + 13 + M(\text{R}_1) + 43 + 13 + M(\text{R}_1) + 43 + 13 + M(\text{R}_2) + 45 = 235.$$

$$2M(\text{R}_1) + M(\text{R}_2) = 49.$$

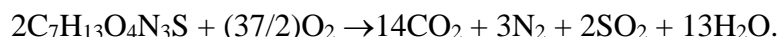
Серосодержащей кислотой может быть только цистеин, вторая кислота – глицин.

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

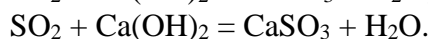
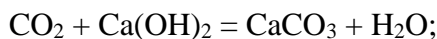
$$2M(\text{R}_1) = 2M(\text{H}) = 2.$$

Брутто-формула трипептида  $\text{C}_7\text{H}_{13}\text{O}_4\text{N}_3\text{S}$ .

Уравнение реакции горения:



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



Вычислим массу осадков, учитывая, что:

$$n(CaCO_3) = n(CO_2) = 7 \cdot 0,01 = 0,07 \text{ моль};$$

$$n(CaSO_3) = n(SO_2) = 0,01 \text{ моль}.$$

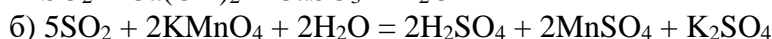
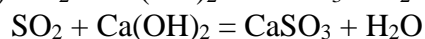
Масса осадков:

$$m(CaCO_3) = n(CaCO_3) \cdot M(CaCO_3) = 0,07 \cdot 100 = 7 \text{ г}.$$

$$m(CaSO_3) = n(CaSO_3) \cdot M(CaSO_3) = 0,01 \cdot 120 = 1,2 \text{ г}.$$

Суммарная масса осадков:  $7 + 1,2 = 8,2 \text{ г}$ .

## Ответы



2) 235 г/моль

3)  $C_7H_{13}O_4N_3S$

4) 8,2 г

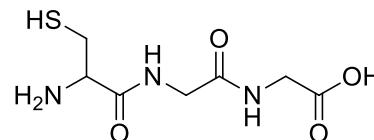
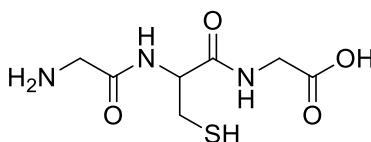
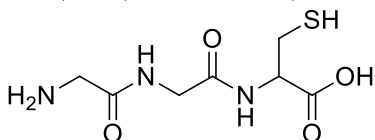
5) Два глицина, один цистеин;

Три изомера:

глицин-глицин-цистеин;

цистеин- глицин-глицин

глицин-цистеин-глицин



## Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. Запись уравнений реакций под а) по 0,5 баллов за каждое уравнение (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 ( без структурной формулы по 1 баллу) (9 баллов)

### Задание 11-2

1005 мл раствора бинарного соединения А с концентрацией 0,5...1 % подвергли длительному электролизу на инертных электродах без диафрагмы, в результате объем раствора сократился на 5 мл, при этом ни появления налета на электродах, ни выпадения осадка не произошло, а рН раствора повысился с 7 до 13. Плотность раствора как до, так и после электролиза составляла 1000 г/л. При пропускании газообразных продуктов электролиза через известковую воду их объем уменьшился на 23 %. Прибавление к пробе раствора, полученного после электролиза, сульфата натрия, не привело к образованию осадка, а прибавление нитрата серебра к другой пробе раствора вызвало выпадение осадка, полностью растворяющегося в разбавленной азотной кислоте.

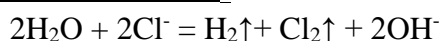
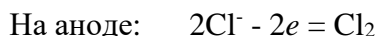
- 1) Предложите вещества, которые могут быть соединением А.
- 2) Напишите уравнения реакций, протекающих под действием электрического тока на катоде, на аноде, а также суммарных химических реакций.
- 3) Напишите уравнения реакций, протекающих при:
  - а) пропускании газообразных продуктов электролиза через известковую воду;
  - б) при исследовании проб раствора после электролиза.
- 4) Что изменится в процессе электролиза, если заменить оба элемента в соединении А на их соседей по подгруппе из предыдущего периода?
- 5) Как изменится протекание процесса электролиза соединения А, если вместо инертных электродов использовать медные?

### Решение:

Исходный раствор бинарного соединения А проводит электрический ток, при этом среда раствора нейтральная. Следовательно, бинарное соединения А относится к классу солей. При электролизе не образовывался налет на электродах, то есть взята соль активного металла, стоящего в ряду напряжений от лития до алюминия включительно.

Нейтральная среда говорит об отсутствии гидролиза, следовательно соединение А является солью сильного основания и сильной кислоты. Сильные основания - гидроксиды щелочных металлов и кальция, стронция, бария. Поскольку добавление к пробе раствора сульфата натрия не привело к выпадению осадка, то металл щелочной: Li, Na, K, Rb, Cs. Сильными бескислородными кислотами являются галогеноводородные кислоты, кроме плавиковой, т.е. HCl, HBr, HI. При электролизе выделяется газ, т.е. соединение А - соль соляной кислоты.

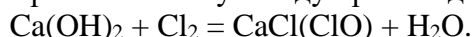
При электролизе хлоридов щелочных металлов на инертных электродах на катоде идет восстановление воды и выделение водорода. На аноде выделяется хлор. Электродные процессы:



Суммарное уравнение в молекулярной форме:

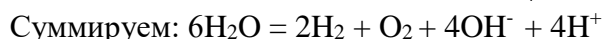
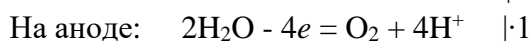
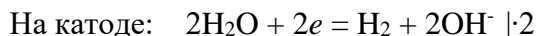


При пропускании хлора через известковую воду происходит реакция:



Если процесс электролиза идет в строгом соответствии с написанным уравнением, то объем хлора должен составлять половину от объема выделяющихся газов (хлор и водород выделяются в эквимольных количествах). Однако,

уменьшение объема газовой смеси в результате пропускания через известковую воду составил только 23 %. Следовательно, на аноде шел параллельный процесс окисления воды с выделением кислорода. Тогда уравнения электродных процессов:



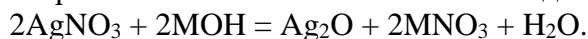
Преобразуем и получаем уравнение реакции (2), протекающей при электролизе параллельно с реакцией (1):



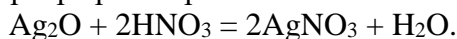
Изменение pH раствора происходит только при протекании реакции (1). В растворе после электролиза  $\text{pH} = 13$ , следовательно, концентрация ионов  $\text{OH}^-$  равна 0,1 моль/л. Так как объем раствора равен 1 л, то в реакции (1) получен 0,1 моль щелочи  $\text{MOH}$ .

В соответствии с коэффициентами уравнения (1), прореагировал 0,1 моль соли, и образовалось 0,05 моль  $\text{Cl}_2$ .

При добавлении к порции раствора после электролиза нитрата серебра выпадает осадок, растворимый в азотной кислоте - это оксид серебра:



Образовавшийся оксид серебра растворяется в азотной кислоте:



То, что при добавлении  $\text{AgNO}_3$  к раствору после электролиза выпадает осадок оксида серебра, а не хлорида, означает, что в растворе хлорид-ионов больше не осталось, весь хлорид  $\text{MCl}$ , находившийся в исходном растворе, прореагировал. Следовательно, в исходном растворе находился 0,1 моль хлорида щелочного металла. Определим, какой щелочной металл мог быть взят, если известно, что массовая доля соли в исходном растворе 0,5...1 %, количество вещества соли 0,1 моль, а масса исходного раствора 1005 г.

	LiCl	NaCl	KCl	RbCl	CsCl
<i>M</i>	42,5	58,5	74,5	121	168,5
<i>m</i>	4,25	5,85	7,45	12,1	16,9
<i>w</i>	0,423 %	0,582 %	0,741 %	1,20 %	1,682 %

В интервале 0,5...1 % могут быть NaCl и KCl

### Ответы

1. NaCl и KCl

2. На катоде:  $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ .

На аноде:  $2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2$ ;

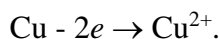
(параллельные реакции)  $2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ .

Суммарные реакции:

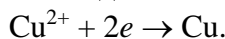
$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$  или  $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$ ;

$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ .

3. а)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 = \text{CaCl}(\text{ClO}) + \text{H}_2\text{O}$ ;  
 б)  $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{HNO}_3 = 2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
4. LiF или NaF не будут ни окисляться, ни восстанавливаться в процессе электролиза.
5. На аноде вместо реакции окисления хлорид-ионов будет происходить окисление меди:



На катоде сначала восстановление воды:  $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ ,  
 а после накопления в растворе ионов меди - восстановление меди:



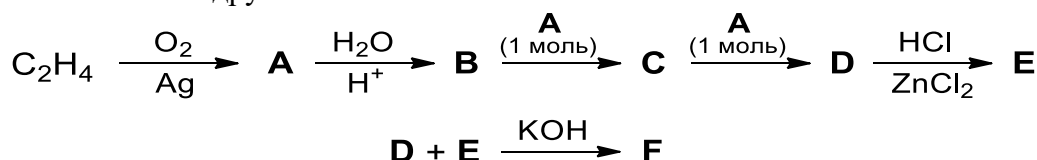
### Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

- За каждое правильно определенное соединение А – по 5 баллов (10 баллов)  
 (без обоснования – 2 балла за соединение)
- За уравнения процессов на катоде и на аноде по 0,5 балла (1 балл)  
 За уравнение электролиза воды – 1 балл  
 За суммарные уравнения по 1 баллу (2 балла)
- За уравнение реакции 3а) 1 балл  
 За написание реакций 3б) по 1 баллу (2 балла)
- За ответ на вопрос 1 балл
- За ответ на вопрос 2 балла

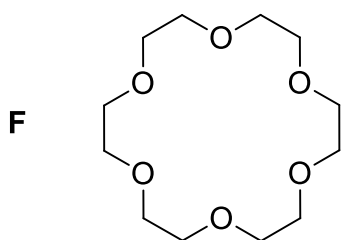
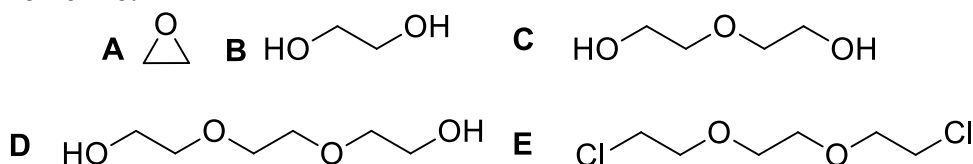
### Задание 11-3

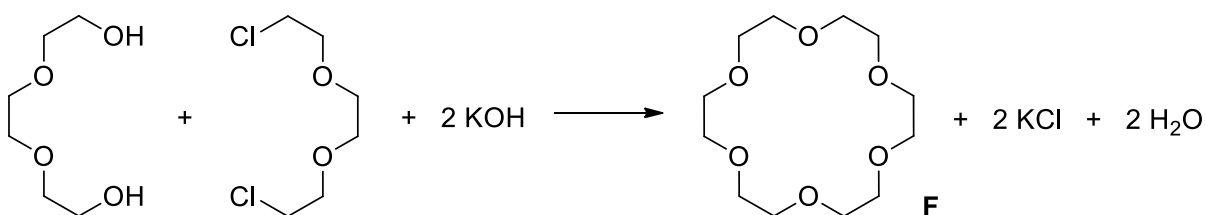
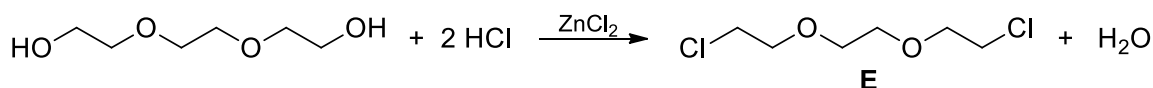
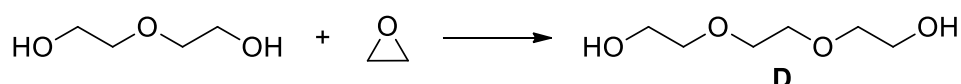
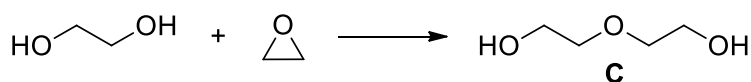
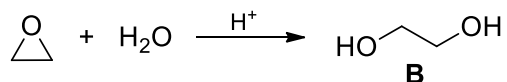
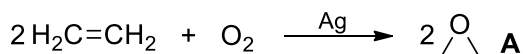
Установите вещества **А, В, С, D, Е, F** и составьте их структурные формулы. Запишите уравнения химических реакций, описывающих получение данных веществ.

В последней стадии необходимо использовать именно KOH, или возможно использование других оснований?

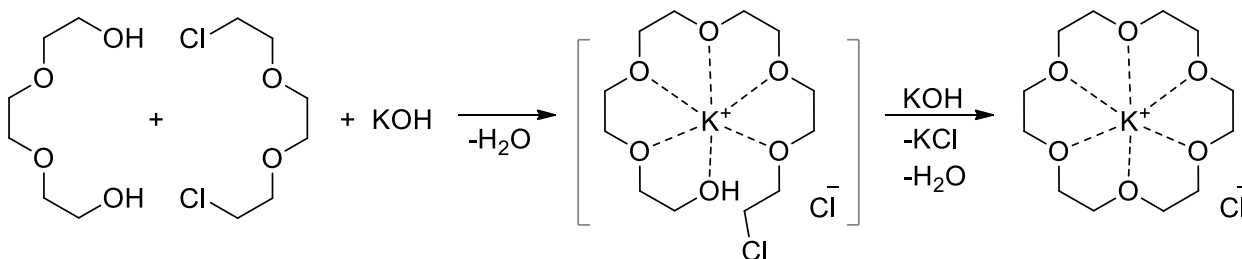


### Решение:





В данном синтезе катион калия выступает в качестве координирующего иона и позволяет получить именно циклический эфир, избежав образования эфирных макроцепей. Это достигается за счёт того, что при сшивке двух концов реагирующих молекул, другие два конца сближаются в пространстве за счёт координации атомов кислорода вокруг иона калия.



**Система оценивания (Максимум – 20 баллов):**

- За определение веществ **A** и **B** (с записью структурной формулы) по 1 баллу  
 За определение веществ **C** и **D** (с записью структурной формулы) по 2 балла  
 За определение веществ **E** и **F** (с записью структурной формулы) по 3 балла
- За уравнения реакций **1** и **2** по 0,5 баллов  
 За уравнения реакций **3** и **4** по 1 баллу  
 За уравнения реакций **5** и **6** по 2 балла
- Ответ на вопрос 1 балл

#### Задание 11-4

В 0,08 М растворе слабой одноосновной кислоты концентрация недиссоциированных молекул равна 0,0738 моль/л. К раствору кислоты прилили такой же объем 0,08 М раствора гидроксида калия. Раствор полученной соли обесцвечивает сернокислый раствор перманганата калия, и выделяет иод из сернокислого раствора иодида калия.

- 1) Найдите степень диссоциации кислоты и рН раствора 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.

#### Решение:

- 1) Уравнение диссоциации кислоты:



$\alpha$ - степень диссоциации

$c$  - концентрация кислоты;  $c = 0,08$  моль/л

$[\text{HA}]$  - концентрация недиссоциированных молекул;  $[\text{HA}] = 0,0738$

$$\begin{aligned} [\text{HA}] &= c(1 - \alpha) \\ 0,0738 &= 0,08(1 - \alpha) \end{aligned}$$

Находим:

$$\alpha = 0,0775$$

Концентрации ионов в растворе:

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = c\alpha = 0,08 \cdot 0,0775 = 6,2 \cdot 10^{-3}$$

Находим рН:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(6,2 \cdot 10^{-3}) = 2,21$$

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

$$K_{\text{д}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Вычисляем константу диссоциации:

$$K_{\text{д}} = \frac{(6,2 \cdot 10^{-3})^2}{0,0738} = 5,21 \cdot 10^{-4}$$

После сливания растворов получаем раствор соли КА с концентрацией  $c'$ , равной 0,04 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  $K_{\text{д}}$ :

$$K_{\text{Г}} = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_{\text{В}}}{K_{\text{д}}}$$

Вычислим константу гидролиза:

$$K_{\text{Г}} = K_{\text{В}}/K_{\text{д}} = 10^{-14}/(5,21 \cdot 10^{-4}) = 1,92 \cdot 10^{-11}$$

- 3)  $h$  - степень гидролиза

Концентрация анионов соли, не вступивших в реакцию гидролиза:

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

Концентрации гидроксид-ионов и молекул кислоты:

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

Подставляем концентрации в выражение для константы гидролиза:

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

Составим квадратное уравнение и найдем степень гидролиза:

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

$$0,04 h^2 + 1,92 \cdot 10^{-11} h - 1,92 \cdot 10^{-11} = 0$$

$$D = (1,92 \cdot 10^{-11})^2 + 4 \cdot 0,04 \cdot (1,92 \cdot 10^{-11}) = 3,072 \cdot 10^{-12}$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{3,072 \cdot 10^{-12}} = 1,753 \cdot 10^{-6}$$

$$h = (-1,92 \cdot 10^{-11} + 1,753 \cdot 10^{-6}) / 0,08 = 2,19 \cdot 10^{-5}$$

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

$$h = \sqrt{K_{\Gamma} / c} = \sqrt{1,92 \cdot 10^{-11} / 0,04} = 2,19 \cdot 10^{-5})$$

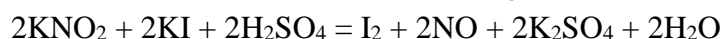
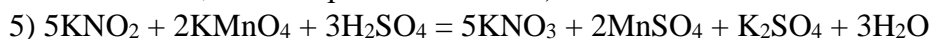
Вычисляем концентрацию гидроксид-ионов и pH раствора соли:

$$[\text{OH}^-] = c \cdot h = 0,04 \cdot 2,19 \cdot 10^{-5} = 8,76 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg(8,76 \cdot 10^{-7}) = 6,06$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 6,06 = 7,94$$

4) Азотистая кислота  $\text{HNO}_2$ , нитрит калия  $\text{KNO}_2$  (Вариант решения: хлорноватистая кислота  $\text{HClO}$ , гипохлорит калия  $\text{KClO}$ ).



### Ответы

- 1) Степень диссоциации 0,0775, pH = 2,21.
- 2) Константа диссоциации  $5,21 \cdot 10^{-4}$ , константа гидролиза  $1,92 \cdot 10^{-11}$ .
- 3) Степень гидролиза  $2,19 \cdot 10^{-5}$ , pH в растворе соли равен 7,94.
- 4) Азотистая кислота  $\text{HNO}_2$ , нитрит калия  $\text{KNO}_2$
- 5)  $5\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{KNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{KNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + 2\text{NO} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

### 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

В XVIII веке металл **А** был объявлен испанским королем вне закона, ввоз его в Испанию был запрещен, а весь уже ввезенный металл утоплен в море. Если обработать 1 г металла **А** хлором в присутствии хлорида калия, то выделится 2,49 г соли **Б**. При растворении соли **Б** в теплом водном растворе этиламина получается комплексное соединение **В**, выделяющееся из раствора в виде бесцветного кристаллогидрата, содержащее по массе 6,69 % Н, 19,92 % С, 11,62 % N, 6,63 % О и 14,7 % Cl. Если растворение вещества **Б** в этилаmine проводить при охлаждении, то происходит реакция, идущая без изменения степени окисления элементов. В результате этой реакции образуется комплексное соединение **Г**, содержащее два вида лигандов во внутренней сфере, и выделяющееся из раствора в виде желтого кристаллогидрата. Вещество **Г** содержит 10,13 % N, 25,68 % Cl и 5,79 % О. При взаимодействии веществ **В** и **Г** образуется соединение **Д** красного цвета, содержащее два комплексных катиона (реакция не является окислительно-восстановительной). Вещество **Д** содержит 10,82 % N, 20,58 % Cl и 6,18 % О.

- 1) Определите металл **А** и объясните, чем металл **А** заслужил такую негативную оценку со стороны испанского короля.
- 2) Определите вещество **Б** и напишите уравнение реакции получения вещества **Б** из металла **А**.
- 3) Определите формулу вещества **В**.
- 4) Определите формулу вещества **Г** и напишите уравнение реакции получения вещества **Г** из вещества **Б**.
- 5) Определите формулу вещества **Д** и напишите уравнение реакции получения вещества **Д** из веществ **В** и **Г**.

### Решение:

1) **А** - платина. Платина - один из немногих металлов плотнее золота, поэтому его использовали для подделки золотых монет.

2) **Б** -  $K_2[PtCl_6]$ ;

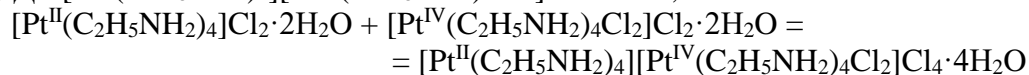


3) **В** -  $[Pt(C_2H_5NH_2)_4]Cl_2 \cdot 2H_2O$ .

4) **Г** -  $[Pt(C_2H_5NH_2)_4Cl_2]Cl_2 \cdot 2H_2O$ ;



5) **Д** -  $[Pt^{II}(C_2H_5NH_2)_4][Pt^{IV}(C_2H_5NH_2)_4Cl_2]Cl_4 \cdot 4H_2O$ ;



### Система оценивания (Максимум – 20 баллов):

1. За определение металла **А** – 2 балла

Ответ на вопрос -1 балл

2. Определение вещества **Б** - 2 балла

Уравнение реакции - 1 балл

3. Определение вещества **В** – 3 балла

4. Определение вещества **Г** – 3 балла

Уравнение реакции -2 балла

5. Определение вещества **Д** – 4 балла

Уравнение реакции – 2 балла