

## 9 КЛАСС

(автор О.Л.Саморукова)

### Решение

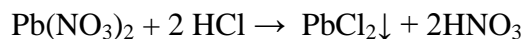
	HCl	NaOH	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	MgSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>
HCl	-	-	↓раств при t	-	-	-	-
NaOH	-		↓раств в изб.	↑NH <sub>3</sub>	↓	↓раств. в изб.	-
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓раств при t	↓раств в изб.	-	↓раств при t	↓	↓	↓раств при t
NH <sub>4</sub> Cl	-	↑NH <sub>3</sub>	↓раств при t	-	-	-	-
MgSO <sub>4</sub>	-	↓	↓	-	-	-	↓
ZnSO <sub>4</sub>	-	↓раств в изб	↓	-	-	-	↓
BaCl <sub>2</sub>	-	↓слаб. помут.	↓раств при t	-	↓	↓	-
Число случаев ↓	1	3 (4)	6	1	3	3	3
Число случаев ↑	0	1	0	1	0	0	0

Ниже приведен один (наиболее оптимальный по нашему мнению) из возможных вариантов решения поставленной задачи.

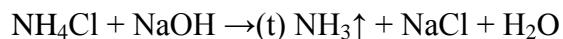
1. Используя универсальную индикаторную бумагу, определяем HCl и NaOH. Если в пробирке находится кислота, то универсальная индикаторная бумага, смоченная раствором из пробирки, окрасится в красный цвет, а если в пробирке находится щёлочь – в синий цвет.

**HCl и NaOH** – определены.

2. Перенесем по несколько капель всех растворов (кроме идентифицированных уже кислоты и щелочи) в пять чистых пробирок. И в каждую из них добавим HCl. В пробирке, где образовался осадок находится **Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**:

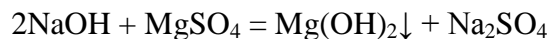


3. Несколько капель не идентифицированного раствор (NH<sub>4</sub>Cl, MgSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>.) переносим в чистую пробирку, добавляем в нее NaOH и накрываем предметным стеклом, к которому приклеена универсальная индикаторная бумажка, смоченная дистиллированной водой. Пробирку нагреваем на водяной бане. Если универсальная индикаторная бумажка окрасится в сине-зеленый цвет, то в пробирке находится **NH<sub>4</sub>Cl**:

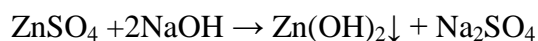


В пробирке, где не было реакции (не было видимых изменений) – находится **BaCl<sub>2</sub>**

Там, где выпал осадок, нерастворяющийся в избытке щелочи, – находился **MgSO<sub>4</sub>**



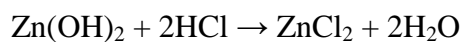
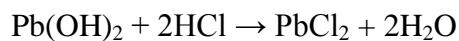
Там, где выпал осадок, растворяющийся в избытке щелочи, – находился **ZnSO<sub>4</sub>**



### **Ответы на теоретические вопросы**

Гидроксиды и оксиды свинца и цинка обладают амфотерными свойствами.

2.



### *Система оценивания*

1) За открытие кислоты и щелочи	1*2 = 2 балла
2) За открытие остальных пяти веществ:	4*5 = 20 баллов*
3) За таблицу	5 баллов
4) За 1-й теоретич. вопрос	1 балл
5) За 2-й теоретич. вопрос	2 балла
<i>Итого</i>	<i>30 баллов</i>

\* Возможно множество других вариантов определения веществ. Количество шагов и реакций в них может быть различным. Поэтому оценивается максимально в 4 балла

открытие любого из веществ ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ) со всеми необходимыми для определения данного вещества реакциями.

## 10 КЛАСС

(автор О.Л. Саморукова)

### *Решение*

Ниже приведены примеры возможных вариантов решения.

#### Пример № 1.

1) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{NaOH}$  и накрываем её предметным стеклом, к которому приклеена смоченная дистиллированной водой фенолфталеиновая бумага. Пробирку нагреваем на водяной бане. Наблюдаем окрашивание фенолфталеиновой бумаги в малиновый цвет.

*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{NH}_4^+$ .

В анализируемом растворе:  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

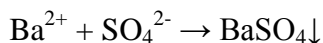
На поверхности фенолфталеиновой бумаги:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

2) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{HCl}$ . Видимых изменений не наблюдается.

*Вывод:* в смеси отсутствует ион  $\text{Pb}^{2+}$ .

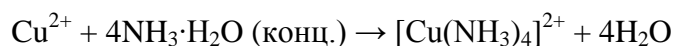
3) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Выпадает белый осадок.

*Вывод:* поскольку доказали отсутствие ионов  $\text{Pb}^{2+}$ , а кроме них только барий образует нерастворимый сульфат, то в смеси присутствует ион  $\text{Ba}^{2+}$ .



4) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Наблюдаем образование зеленовато-бурого осадка. Раствор оставляем для отстаивания. После отстаивания раствор над осадком имеет сине-фиолетовую окраску.

*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Cu}^{2+}$ , кроме того, цвет осадка говорит о том, что также в смеси, вероятно, присутствуют ионы  $\text{Fe}^{3+}$  или  $\text{Fe}^{2+}$ .

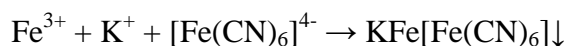


5) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем 2 – 3 капли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и раствор  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Наблюдаем зеленовато-бурое окрашивание смеси, темно-синий осадок отсутствует.

*Вывод:* в смеси отсутствует ион  $\text{Fe}^{2+}$ .

6) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем 2 – 3 капли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и раствор  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Выпадает осадок темно-синего цвета.

*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Fe}^{3+}$ .

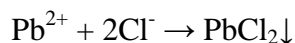


Таким образом, анализируемый раствор содержит следующие ионы:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

#### Пример № 2

1) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{NaOH}$  и накрываем её предметным стеклом, к которому приклеена смоченная дистиллированной водой фенолфталеиновая бумага. Пробирку нагреваем на водяной бане. Видимых изменений цвета индикаторной бумаги не наблюдается.  
*Вывод:* в смеси отсутствует ион  $\text{NH}_4^+$ .

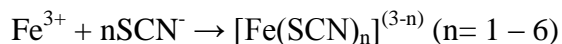
2) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем раствор  $\text{HCl}$ . Наблюдаем образование белого осадка.  
*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Pb}^{2+}$ .



В присутствии ионов  $\text{Pb}^{2+}$  обнаружить ионы  $\text{Ba}^{2+}$  по реакции образования осадка  $\text{BaSO}_4$  с серной кислотой невозможно, поскольку  $\text{PbSO}_4$  также нерастворим. Поэтому взаимодействие с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не осуществляем.

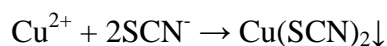
3) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем кристаллический  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Смесь перемешиванием до растворения реагента. Наблюдаем кроваво-красное окрашивание раствора.

*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Fe}^{3+}$ .



4) Пробирку со смесью, полученной в предыдущем эксперименте – при обнаружении ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , нагреваем на водяной бане. Наблюдаем образование на дне пробирки белого осадка.

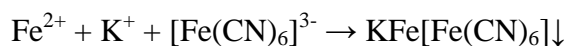
*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Cu}^{2+}$ .



белый

5) В чистую пробирку переносим несколько капель исследуемого раствора, добавляем 2 – 3 капли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и раствор  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Наблюдаем выпадение темно-синего осадка.

*Вывод:* в смеси присутствует ион  $\text{Fe}^{2+}$ .



Таким образом, анализируемый раствор содержит следующие ионы:  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . Поскольку обнаружены все 4 катиона, можно заключить (из условия задачи), что ион  $\text{Ba}^{2+}$  в анализируемом растворе отсутствует.

Для наглядности приводим обобщающую таблицу:

Определяемый катион	Реагент, условия	Результат	Примечание
$\text{NH}_4^+$	$\text{NaOH}$ , $t^\circ$	Окрашивание фенолфталеиновой бумаги в малиновый цвет	-
$\text{Ba}^{2+}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Выпадает белый осадок	Осадок не растворяется в растворах кислот
$\text{Pb}^{2+}$	$\text{HCl}$	Выпадает белый осадок	Осадок растворяется при

		осадок	нагревании
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , избыток	Сине-фиолетовое окрашивание раствора	В присутствии ионов, образующих нерастворимые гидроксиды, необходимо отстаивание
	$\text{NH}_4\text{SCN}$ , $t^\circ$	Выпадает черный осадок, белеющий при нагревании	-
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$	Выпадает темно- синий осадок	Осадок не растворяется в сильных кислотах
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$	Выпадает темно- синий осадок	Осадок растворяется в сильных кислотах и большом избытке реактива
	$\text{NH}_4\text{SCN}$	Кроваво-красное окрашивание раствора	-

### *Ответы на теоретические вопросы*

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат (III) калия, красная кровяная соль, гексацианоферрат калия.

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат (II) калия, желтая кровяная соль, гексацианоферрат калия.

$\text{NH}_4\text{SCN}$  – роданид аммония, тиоцианат аммония, аммоний роданистый

### *Система оценивания*

1) За обнаружение 4 ионов – по 3,5б.

14б.

- 2) За запись уравнений реакций, подтверждающих присутствие катионов, - по 1б. 4б.
- 3) За ответы на теоретические вопросы – по 1б за любые два названия из трех, приведенных в решении, для каждого реагента всего 6 б.
- 4) За описание хода эксперимента и наблюдаемых явлений 6 б.
- Итого: 30б.

Таблица дана как обучающий компонент. От школьника представление данной таблицы не требуется.

## 11 КЛАСС

(автор М.А. Ильин)

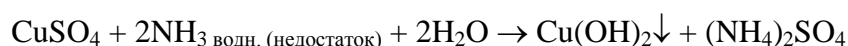
### Ответы на теоретические вопросы

1. Координационная формула моногидрата сульфата тетраамминмеди(II) –  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

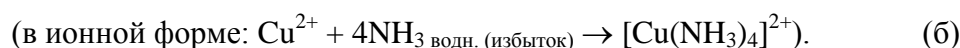
2. Типы химических связей присутствуют в кристаллическом  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ :
- ковалентные полярные (связи N–H, Cu–N, S=O, O–H),
  - ионные (между комплексными частицами  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  и сульфат-ионами),
  - водородные (например, между молекулами кристаллизационной воды).

Механизмы образования ковалентных связей в этом соединении: «обменный» и донорно-акцепторный.

3. Уравнения реакций, которые протекали при добавлении а) недостатка и б) избытка аммиака к раствору сульфата меди(II):



(примечание: допускается также запись уравнения образования вместо гидроксида меди ее основных солей)



4. Для расчета выхода продукта реакции ( $\eta$ ) необходимо знать массу полученного соединения ( $m_{\text{экс.}}$ ) и массу продукта, рассчитанную на введенное количество медного купороса:

$$\eta = \frac{m_{\text{экс.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\%;$$

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{навески}}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} \cdot M([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{навески}}(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{250 \text{ г/моль}} \cdot 246 \text{ г/моль}$$

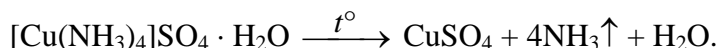
(примечание: поскольку значение рассчитанного участником выхода сильно влияет на выставяемый балл, членам комиссии следует обратить внимание на полноту высушивания осадка и правильность его взвешивания участником)



## Изучение некоторых свойств полученного соединения

### **Опыт 1.**

При нагревании синие-фиолетовые кристаллы полученного соединения разлагаются с образованием светло-голубого сульфата меди(II):



На более холодных стенках пробирки конденсируются капли воды (точнее, аммиачной воды (воды, содержащей растворенный в ней аммиак)).

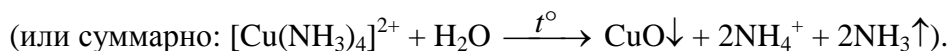
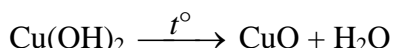
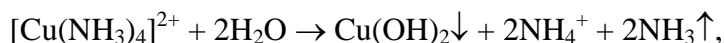
Влажная индикаторная бумажка, поднесенная к отверстию пробирки, фиксирует выделение газообразного аммиака (проявляющего основные свойства) и изменяет свой цвет.

### **Опыт 2.**

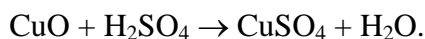
Уравнение реакции диссоциации полученного комплексного соединения в водном растворе:



При кипячении раствора полученного комплекса протекает его аквагидролиз и последующий гидролиз. Поскольку образующийся при этом гидроксид меди(II) термически неустойчив, он разлагается с образованием черного оксида меди(II) (в виде налета на стенках пробирки):

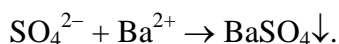


Черный налет оксида меди(II), образовавшийся на стенках пробирки, полностью растворяется в кислотах:



### **Опыт 3.**

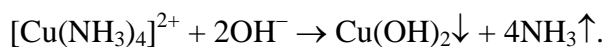
Для доказательства присутствия сульфат-ионов в растворе полученного соединения можно воспользоваться качественной реакцией с раствором солей бария:



При этом выпадает белый осадок сульфата бария (на самом деле, в данном случае осадок имеет светло-голубую окраску за счет частичной сорбции ионов меди из раствора).

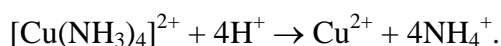
#### **Опыт 4.**

При добавлении раствора гидроксида натрия полученное комплексное соединение разрушается и выпадает голубой осадок гидроксида меди(II):

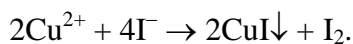


#### **Опыт 5.**

В кислой среде полученное комплексное соединение также разрушается и окраска раствора изменяется с сине-фиолетовой на голубую:



При добавлении KI к получившемуся в пробирке раствору, содержащему ионы  $\text{Cu}^{2+}$ , происходит окислительно-восстановительная реакция, сопровождающаяся образованием иода и выпадением осадка иодида меди(I):



#### *Система оценивания экспериментального тура*

*При ознакомлении с системой оценивания членам жюри и преподавателям, наблюдающим в лаборатории за ходом выполнения эксперимента, необходимо ознакомиться также с пояснительной запиской (для организаторов)*

#### Проведение синтеза соединения

*Техника эксперимента* 1,5 балла;

*Выход комплексного соединения:*

$\geq 70\%$  10 баллов;

69 – 60 % 9 баллов;

59 – 50 % 8 баллов;

49 – 40 % 7 баллов;

39 – 30 % 6 баллов;

менее 30 % 5 баллов.

#### Ответы на теоретические вопросы

1. Координационная формула 0,5 балла;

2. Типы химических связей 0,5 балла  $\times 3 = 1,5$  балла;

Названия механизмов образования ковалентных связей 0,5 балла  $\times 2 = 1$  балл;

3. Уравнения реакций взаимодействия с недостатком  
и избытком  $\text{NH}_3$  водн. 1 балл  $\times 2 = 2$  балла;

4. Вывод формул для расчета выхода продукта 1 балл.

Изучение некоторых свойств полученного соединения

Опыт 1.

Наблюдения 0,5 балла;

Состав конденсата 0,5 балла;

Объяснение изменения цвета индикатора 0,5 балла;

Уравнение реакции термического разложения 1 балл.

Опыт 2.

Уравнение реакции диссоциации 1 балл;

Наблюдения 0,5 балла;

Состав черного налета 0,5 балла;

Уравнения реакций 1 балл  $\times 2 = 2$  балла.

Опыт 3.

Уравнение качественной реакции на сульфат-ион 1 балл;

Наблюдения 0,5 балла.

Опыт 4.

Наблюдения 0,5 балла;

Уравнение реакции 1 балл.

Опыт 5.

Наблюдения (при добавлении кислоты и при добавлении KI) 0,5 балла  $\times 2 = 1$  балл;

Уравнения реакций (при добавлении кислоты и при добавлении KI) 1 балл  $\times 2 = 2$  балла.

Итого за экспериментальный тур (максимальный балл) 30 баллов.