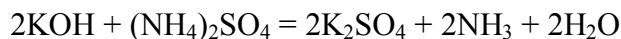


## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

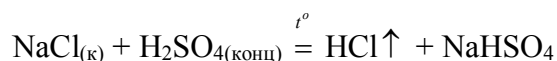
### Задача 9-1 (автор Жиров А.И.)

1. «Соляные спирты» - летучие вещества, образующиеся в реакциях солей (чаще всего при нагревании). Из приведенного списка:

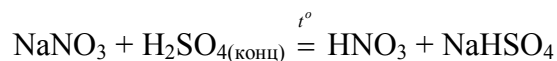
$\text{NH}_3$  – при действии щелочей на соли аммония.



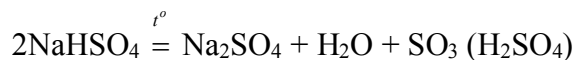
$\text{HCl}$  – при взаимодействии хлоридов с серной кислотой при нагревании.



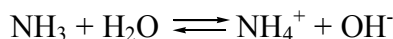
$\text{HNO}_3$  – при взаимодействии нитратов с серной кислотой при нагревании.



$\text{H}_2\text{SO}_4$  – термическое разложение гидросульфатов щелочных металлов.



2. Аммиак в водном растворе дает щелочную среду (слабое основание):



Водный раствор аммиака будет окрашивать индикатор в зеленый цвет.

Растворы  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (сильных кислот) будут окрашивать индикатор в красный цвет.

3. Раствор, со средой близкой к нейтральной, можно получить, насыщая раствор аммиака углекислым газом (соль слабой кислоты и слабого основания):

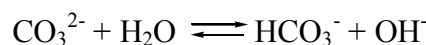


Полученный раствор не будет заметно изменять окраску индикатора.

4. Средние (по составу) соли:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$  образованы сильным основанием и сильной кислотой, и их растворы будут нейтральными.

Средние (по составу) соли:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  образованы сильными кислотами, но слабым основанием, будут иметь слабокислую среду, поэтому окраска индикатора может измениться.

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  – средняя (по составу) соль образована сильным основанием, но слабой кислотой. Водный раствор карбоната натрия будет иметь заметно щелочную среду:

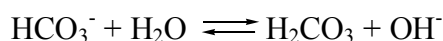


Окраска индикатора будет зеленой. И при взаимодействии с кислотой будет происходить выделение газа («вспенивание» по Ломоносову):

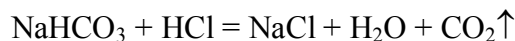


Поэтому эту соль можно отнести к щелочным.

$\text{NaHCO}_3$  – соль слабой кислоты и ее водный раствор будет слабощелочным. Это обусловлено преобладающим процессом:

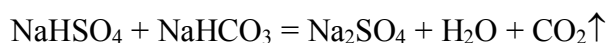
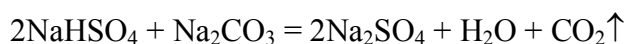


Как и карбонат, при взаимодействии с кислотой, из гидрокарбоната будет выделяться углекислый газ:



К кислым (по составу) солям относятся  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ , образованные сильными кислотами, среда водных растворов будет кислой.

5. Образование средней соли из кислой и щелочной может быть проиллюстрировано на примерах взаимодействия гидросульфата натрия с карбонатом (гидрокарбонатом) натрия:



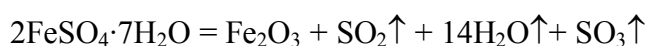
#### Система оценивания

1.	4 формулы $4 \cdot 0.5$ б. и 4 реакции по 1 б.....	6 б.
2.	щелочные 1 б. и кислые 1 б. «спирты».....	2 б.
3.	2 реакции по 1 б.....	2 б.
4.	средние $6 \cdot 0.5 = 3$ б. + 1 (пояснение), кислые $2 \cdot 0.5$ б. = 1 + 1 (пояснение), щелочные $2 \cdot 0.5$ б. = 1 + 1 (пояснение).....	8 б.
5.	2 реакции по 1 б.....	2 б.
	.....	Всего 20 б

#### Задача 9-2 (автор Жиров А.И.)

1. Купоросы – кристаллогидраты сульфатов двухвалентных металлов (чаще всего переходных, ряда Fe – Zn). Большинство купоросов – гептагидраты (семиводные), пентагидрат у медного купороса. Твердый остаток прокаливания купоросов (земли) – оксиды соответствующих металлов. Бледно-зеленый купорос, дающий темно-бурый оксид соответствует гептагидрату сульфата железа (II) –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Бесцветный сульфат, образующий желтоватый оксид – гептагидрат сульфата цинка –  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Синий купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  при разложении образует черный оксид меди (II).

Термическое разложение купоросов:



Возможно написание реакций с разложением  $\text{SO}_3$  на  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$ , которое протекает при температуре выше  $400^\circ\text{C}$ .

Расчет:

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1 моль – 278,0 г

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,5 моль – 79,8 г

$$\text{Потеря массы: } \frac{278,0 - 79,8}{278,0} \cdot 100 = 71,3\%$$

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1 моль – 249,7 г

$\text{CuO}$  1 моль – 79,5 г

$$\text{Потеря массы: } \frac{249,7 - 79,5}{249,7} \cdot 100 = 68,1\%$$

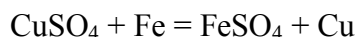
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1 моль – 287,6 г

$\text{ZnO}$  1 моль – 81,4 г

$$\text{Потеря массы: } \frac{287,6 - 81,4}{287,6} \cdot 100 = 71,7\%$$

2. При охлаждении паров воды и серного ангидрида образуется раствор серной кислоты - «купоросная водка» (оксид серы (IV) практически не будет растворяться в растворе серной кислоты). Тогда состав купоросной водки из железного купороса: 13 моль  $\text{H}_2\text{O}$  и 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , массовая доля серной кислоты в образующимся растворе  $98:(13 \cdot 18 + 98) = 0,295$  (29,5%). В случае медного купороса - 4 моль воды и 1 моль серной кислоты  $98:(4 \cdot 18 + 98) = 0,576$  (57,6%). А для цинкового купороса (6 моль воды и 1 моль серной кислоты)  $98:(6 \cdot 18 + 98) = 0,476$  (47,6%).

3.

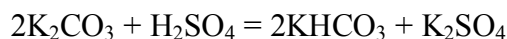


4. Сумма масс продуктов разложения (по данным Ломоносова)  $36 + 12 + 48 = 96$  (золотников), т.е. 1 фунт. Тогда можно считать, что «густой спирт» - оксид серы (VI).

Содержание, %	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Результаты Ломоносова
«земли»	28,7	<b>31,9</b>	28,3	37,5
«густого спирта»	<b>14,4</b>	32,0	27,8	12,5
воды	<b>45,3</b>	36,0	43,8	50

Наиболее согласующиеся результаты выделены в таблице.

5. «Кипение» - выделение газа ( $\text{CO}_2$ ). При добавлении разбавленной серной кислоты к раствору карбоната калия (избыток) при тщательном перемешивании образуется гидрокарбонат (без выделения газа):



Обратный порядок смешивания или избыток серной кислоты приводит к выделению  $\text{CO}_2$  :



#### Система оценивания

1.	Формула и расчет для 3 веществ по 1 б., 3 реакции по 2 б. ....	9 б.
2.	расчет для 3 соединений по 1 б. ....	3 б.
3.	1 реакция по 1 б. ....	1 б.
4.	3 расчета по 1 б. ....	3 б.
5.	2 реакции по 2 б. ....	4 б.
	.....	Всего 20 б.

#### Задача 9-3 (автор Серяков С.А.)

Поскольку при горении, хлорировании и взаимодействии с углеродом простого вещества А получаются соединения стехиометрии  $\text{XY}_2$ , то можно предположить, что хлорид имеет состав  $\text{ACl}_2$  (степень окисления А +2), оксид  $\text{A}_2\text{O}$  (степень окисления А +1) или  $\text{AO}_2$  (степень окисления А +4) и соединение с углеродом  $\text{A}_2\text{C}$  или  $\text{AC}_2$ . Учитывая, что производные А жидкие и газообразные, можно сделать вывод о том, что А – неметалл, а указание на способ получения позволяет предположить, что А – сера. (Возможен еще вариант селена, но оксид  $\text{SeO}_2$  – твердое вещество). Тогда соответствующие соединения:  $\text{SCl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ , что согласуется с указанными в условии агрегатными состояниями.

Тогда А – S, I –  $\text{SCl}_2$ , III –  $\text{SO}_2$ , IV –  $\text{CS}_2$  и

можно записать несколько реакций из данной схемы:

- 1)  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
- 2)  $\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SCl}_2$
- 3)  $2\text{S} + \text{C} \rightarrow \text{CS}_2$
- 4)  $\text{SO}_2 + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{SOCl}_2 + \text{POCl}_3$

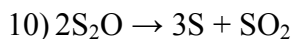
Б – это  $\text{SOCl}_2$ .

Обратный переход от  $\text{SOCl}_2$  к  $\text{SO}_2$  может быть осуществлен посредством гидролиза, т.е. II –  $\text{H}_2\text{O}$ . Это предположение позволяет написать оставшиеся реакции с участием этого вещества.

- 5)  $2\text{SCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2 + 4\text{HCl}$
- 6)  $\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{HCl}$
- 7)  $\text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$  (соединение VI)
- 8)  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$

Теперь можно расшифровать последнее соединение - ещё один оксид серы со стехиометрией  $\text{A}_2\text{O}$ , VII –  $\text{S}_2\text{O}$  и соответствующие ему реакции:

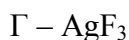
- 9)  $\text{SO}_2 + 3\text{S} \rightarrow 2\text{S}_2\text{O}$

**Система оценивания**

1. Соединения: А – 2 б., Б, I-VII по 8\*1 б. .... 10 б.  
 2. 10 реакций – по 1 б. .... 10 б.  
 ..... Всего 20 б.

**Задача 9-4 (автор Панин Р.В.)**

1. Использование аналогов вещества Б в качественном анализе (и их плохая растворимость) позволяет предположить, что эти соединения – галогениды серебра. Подтвердим догадку расчетом и определим составы соединений. Общая формула соединений А – Г:  $X_m Y_n$ . Тогда,  $(X/Y)_A : (X/Y)_B : (X/Y)_C : (X/Y)_D = 8,08/91,92 : 14,96/85,04 : 26,03/73,97 : 34,54/65,46 = 0,0886 : 0,1759 : 0,3519 : 0,5277 = 1:2:4:6$ , т.е. количество атомов X возрастает от А к Г. Если А = XY, то  $M(X)/(M(Y)+M(X)) = 0,0808$ , откуда  $M(Y) = 11,36M(X)$ . Учитывая, что при составе 1:6  $X = F$ ,  $M(Y) = 215,8$  – подходящих условию вариантов нет. Если Б = XY, то  $M(Y) = 5,68M(X)$ , то при  $X = F$  атомная масса  $Y = 107,9$ , что соответствует серебру. Другие варианты X не дают соответствующего условиям решения. Тогда:

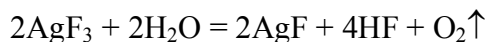
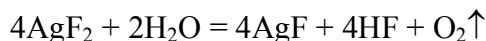


2.  $Ag_2F$  диспропорционирует в водном растворе, образуя раствор  $AgF$  и металлическое серебро:



$AgF$  хорошо растворим в воде, диссоциирует на ионы  $AgF \leftrightarrow Ag^+ + F^-$

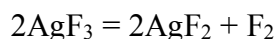
Растворение  $AgF_2$  и  $AgF_3$  приводит к окислению кислорода воды:



При нагревании  $Ag_2F$  диспропорционирует на  $AgF$  и металлическое серебро:



$AgF_3$  при нагревании распадается на  $AgF_2$  и фтор (разложение протекает через стадию образования промежуточного соединения  $Ag[AgF_4] - Ag_3F_8$ ):



3. Устойчивый в водных растворах  $AgF$  можно получить обменными реакциями. Учитывая высокую растворимость соединения, необходимо в получаемом растворе не иметь посторонних ионов, а для подавления гидролитических процессов (особенно при нагревании) лучше использовать небольшой избыток плавиковой кислоты. Такой раствор

можно получить при растворении карбоната серебра (или оксида серебра) в плавиковой кислоте с последующим упариванием раствора:

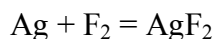


Наиболее логичным путем синтеза  $\text{Ag}_2\text{F}$  может быть сопропорционирование  $\text{AgF}$  с мелкодисперсным порошком металлического серебра (реакция обратная по отношению к термическому разложению фторида):

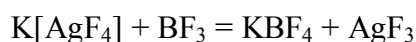


(Синтез проводится при 90-115 °С – в условиях термической устойчивости продукта).

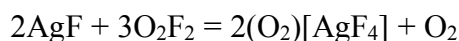
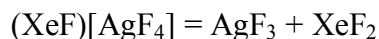
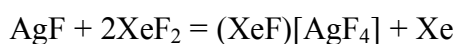
Получение  $\text{AgF}_2$  можно осуществить прямым фторированием серебра (мелкодисперсного) или  $\text{AgF}$  при нагревании (наиболее термически устойчивая форма фторидов серебра):



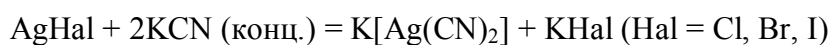
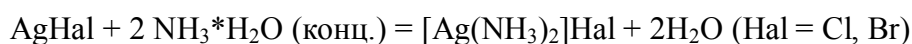
$\text{AgF}_3$  был впервые получен в 90-х годах прошлого века Н. Бартлетом по реакции:



Синтез можно проводить при низкотемпературном фторировании  $\text{AgF}$  фторирующими агентами, позволяющими стабилизировать промежуточный анионный комплекс  $[\text{AgF}_4]^-$ . Такими реагентами могут быть  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{O}_2\text{F}_2$ :



#### 4. $\text{AgCl}$ , $\text{AgBr}$ , $\text{AgI}$

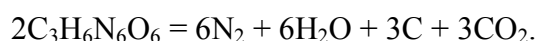


#### Система оценивания

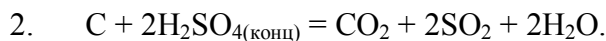
- |   |      |
|---|------|
| 1. Соединения по 1 б. ....                        | 4 б. |
| 2. Отношение к воде 4 реакции по 1 б. ....        | 4 б. |
| 3. Термическое разложение: 2 реакции по 2 б. .... | 4 б. |
| 4. Синтез 4 реакции (с условиями) по 1 б. ....    | 4 б. |
| 5. Аналоги – 1 б., 3 реакции по 1 б. ....         | 4 б. |
| .....Всего 20 б.                                  |      |

#### Задача 9-5 (автор Еремин В.В.)

1. Преимущественно протекает следующая реакция:



Кроме того, продукты могут содержать некоторое количество  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$ .



$$3. \text{ Молярный объём алмаза: } V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{12}{3,52} \approx 3,41 \text{ см}^3 / \text{моль}.$$

Объём, приходящийся на 275 атомов:

$$V = V_m \frac{N}{N_A} \approx 3,41 \cdot \frac{275}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,56 \cdot 10^{-21} \text{ см}^3 = 1,56 \text{ нм}^3.$$

$$\text{Радиус частицы: } r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = 0,719 \text{ нм}.$$

$$\text{Диаметр наноалмаза: } d = 2 \cdot 0,719 = 1,44 \text{ нм}.$$

4. Теплота образования графита равна 0, поэтому 393,5 кДж/моль – это теплота образования  $\text{CO}_2$ . Применим закон Гесса к уравнениям сгорания алмаза и наноалмаза до  $\text{CO}_2$ .

$$Q_{\text{сгор}}(\text{алм}) = Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{алм}) = 393,5 - (-1,8) = 395,3 \text{ кДж/моль}.$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{наноалм}) = Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{наноалм}) = 393,5 - 4,0 = 389,5 \text{ кДж/моль}.$$

5. Найдём объём и площадь поверхности наноалмаза диаметром 5 нм, то есть радиусом 2,5 нм:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot 2,5^3 = 65,4 \text{ нм}^3,$$

$$S = 4\pi \cdot 2,5^2 = 78,5 \text{ нм}^2.$$

1 грамм наноалмазов имеет объём:  $1/3,52 = 0,284 \text{ см}^3 = 2,84 \cdot 10^{20} \text{ нм}^3$  и содержит  $2,84 \cdot 10^{20} / 65,4 = 4,34 \cdot 10^{18}$  частиц. Общая поверхность этих частиц:

$$S = 4,34 \cdot 10^{18} \cdot 78,5 \approx 3,41 \cdot 10^{20} \text{ нм}^2 / \text{г} = 341 \text{ м}^2 / \text{г}.$$

#### Система оценивания

- |    |  |             |
|----|--|-------------|
| 1. | .....  | 2 б.        |
| 2. | по 2 балла за каждое уравнение .....   | 4 б.        |
| 3. | 4 балла за правильный расчёт, 1 балл – за неправильный расчёт при наличии разумной идеи. ....  | 4 б.        |
| 4. | по 2 балла за каждый расчёт.....   | 4 б.        |
| 5. | 6 баллов – за правильный расчёт, из них – по 1 баллу за объём и поверхность наночастицы, 2 балла – за расчёт числа наночастиц в грамме. .... | 6 б.        |
|    | .....  | Всего 20 б. |