

**Межрегиональная олимпиада школьников**  
**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»**  
**ФИНАЛЬНЫЙ ТУР 2021/22**  
*Время выполнения – 180 минут*

**8 класс**

**Задача 8-1**

Распространенный в природе оксид неметалла А имеет огромное практическое значение и широко используется в хозяйстве. Юный химик проанализировал оксид А и установил, что массовая доля А в этом оксиде составляет  $46 \pm 2\%$ . Известно, что указанный оксид не реагирует с водой, а элемент А находится в 14-й группе Периодической системы элементов.

1. Установите формулу оксида. Ответ подтвердите соответствующими расчетами.
2. Напишите по одному уравнению реакции этого оксида с металлом, неметаллом, кислотой и солью. Укажите, где используются эти реакции.

**Решение**

1. Формулу оксида неметалла в общем виде можно записать как  $A_2O_n$  или  $AO_{0.5n}$ , где  $n$  – валентность неметалла. Установим формулу оксида А.

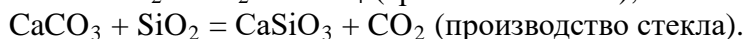
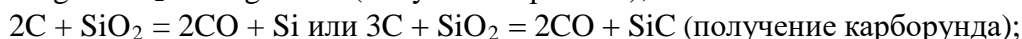
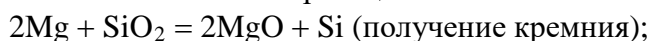
$$\frac{\omega(O)}{M(O)} : \frac{\omega(A)}{M(A)} = \frac{100-46}{16} : \frac{46}{M(A)} = 3.375 : \frac{46}{M(A)} = 0.5n .$$

Отсюда:

$$M(A) = \frac{0.5 \cdot 46}{3.375} \cdot n = 6.815 \cdot n .$$

Для  $n = 4$  получаем  $M(A) = 27.3$ . С учетом погрешности анализа  $\frac{2}{46} \cdot 27.3 = 1.2$  можно записать, что молярная масса А должна находиться в интервале  $(27.3 \pm 1.2)$  г/моль или от 26.1 до 28.5 г/моль. Этим условиям соответствует кремний (28.1 г/моль). Формула оксида  $SiO_2$ .

2. Возможные реакции:



**Разбалловка:**

За установление формулы оксида (из них 5 б за расчеты)

9 б

За уравнения реакций по 3 б

12 б

За применение реакций по 1 б

4 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 8-2

В таблице приведена растворимость оксида бария в воде при разной температуре:

Температура, °C	20	50
Растворимость, г на 100 г воды	3.84	11.75

При охлаждении насыщенного при 50°C раствора до температуры 20°C в осадок выпадает только продукт X (массовая доля  $\omega(\text{Ba}) = 43.49\%$ ,  $\omega(\text{O}) = 50.79\%$ ).

1. Установите формулу X. Ответ подтвердите расчетами.
2. Рассчитайте растворимость  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и X при 20°C и 50°C.
3. Какая масса X образуется при охлаждении 100 г насыщенного раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  от 50°C до 20°C?

### Решение

1.

$$\frac{\omega(\text{Ba})}{M(\text{Ba})} : \frac{\omega(\text{O})}{M(\text{O})} : \frac{\omega(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{43.49}{137} : \frac{50.79}{16} : \frac{100-43.49-50.79}{1} = 0.3174 : 3.1743 : 5.72 = 1 : 10 : 18.$$

$\text{BaO}_{10}\text{H}_{18}$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

2. При растворении оксида бария в воде образуется гидроксид:  $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2$ , поэтому часть воды переходит в состав гидроксида бария.

Рассмотрим пример расчета для температуры 20°C.

$$n(\text{BaO}) = \frac{m(\text{BaO})}{M(\text{BaO})} = \frac{3.84 \text{ г}}{153 \text{ г/моль}} = 0.0251 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль}; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.452 \text{ г};$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 171 \text{ г/моль} = 4.291 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 0.452 \text{ г} = 99.548 \text{ г};$$

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2) \cdot 100}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4.291 \cdot 100}{99.548} = 4.31 \text{ г} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ в } 100 \text{ г воды.}$$

Для  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ :

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \cdot 9 = 0.2259 \text{ моль}; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 0.2259 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 4.066 \text{ г};$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 0.0251 \text{ моль} \cdot 315 \text{ г/моль} = 7.9065 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 4.066 \text{ г} = 95.934 \text{ г};$$

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) \cdot 100}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{7.9065 \cdot 100}{95.934} = 8.24 \text{ г} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \text{ в } 100 \text{ г воды.}$$

В целом расчет можно проводить по следующей общей формуле:

$$100 \cdot \frac{\frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{100 - \frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{H}_2\text{O})} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O};$$

$$100 \cdot \frac{\frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot M(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O})}{100 - \frac{m(\text{BaO в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaO})} \cdot 9 \cdot M(\text{H}_2\text{O})} - \text{растворимость } \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \text{ в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}.$$

Результаты:

Температура, °C	20	50
Растворимость $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , г на 100 г воды	4.31	13.32
Растворимость $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , г на 100 г воды	8.24	27.63

3.

$$\omega(20^{\circ}\text{C}) = 4.31/104.31 = 0.0413;$$

$$\omega(50^{\circ}\text{C}) = 13.32/113.32 = 0.1175.$$

Для 100 г исходного раствора составим выражение для массовой доли  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ :

$$\frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2)_{50} - \omega(\text{Ba}(\text{OH})_2)_X \cdot m}{100 - m} = \omega(20^{\circ}\text{C}) \quad \frac{11.75 - 0.543 \cdot m}{100 - m} = 0.0413;$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 15.19 \text{ г.}$$

**Разбалловка:**

За установление формулы X

7 б

За расчет растворимости  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (по 2 б)

8 б

За расчет массы выпавшего осадка

10 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 8-3

Некоторая соль серосодержащей кислоты содержит 41.38% кислорода по массе. Насыщенный водный раствор этой соли разделили на три части. Первую часть обработали концентрированным раствором щелочи и нагрели до кипения, выделившийся бесцветный газ изменил цвет водного раствора лакмуса на синий.

Вторую часть обработали концентрированной соляной кислотой. Выделившийся бесцветный газ вызывает помутнение известковой воды; не горит; вызывает обесцвечивание фиолетовой окраски подкисленного серной кислотой раствора перманганата калия.

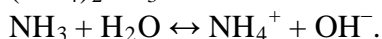
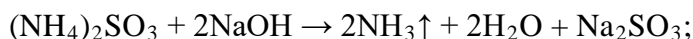
Третью часть выпарили и белый остаток прокалили при 200°C, после чего стакан оказался пустым. Определите состав соли.

Приведите краткие пояснения, напишите уравнения реакций.

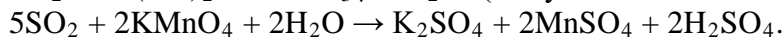
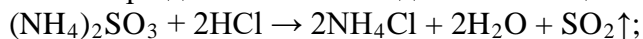
### Решение

Анализируемая соль – сульфит аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ .

При нагревании со щелочью выделяется аммиак, водный раствор которого имеет щелочную среду и изменяет цвет лакмуса на синий.



При действии HCl выделяется бесцветный сернистый газ:

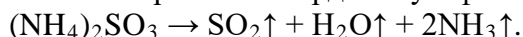


Нельзя было предположить карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , так как он бы выделил  $\text{CO}_2$ , который не дал бы цветную реакцию с перманганатом.

Нельзя предположить сульфид аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , так как он бы выделил  $\text{H}_2\text{S}$ , который является горючим газом.

Нельзя предположить нитрит аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , так как он бы дал смесь неокрашенного NO и окрашенного  $\text{NO}_2$ .

Нагревание твердого сульфита аммония приводит к разложению без остатка:



Содержание кислорода подтверждает состав  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ :

$$\omega(\text{O}) = 48/116 = 0.4138 \text{ (41.38\%)}$$

Гидросульфит аммония  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ , который дал бы те же самые качественные реакции, не подходит, так как у него  $\omega(\text{O}) = 48/99 = 0.4848 \text{ (48.48\%)}$ .

### Разбалловка

За определение формулы  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

56

За 5 уравнений реакций по 46

206

**Итого 25 баллов**

### Задача 8-4

Стальной замкнутый сосуд объемом 134.4 л разделен пополам непроницаемой перегородкой. В первом отсеке находится смесь гелия и фтороводорода с равными массовыми долями. Во втором – смесь гелия и аммиака с равными мольными долями. Условия в сосуде нормальные. Не открывая сосуд, открыли перегородку и дождалась прекращения всех изменений. Какие вещества, в каком агрегатном состоянии, в каком количестве будут находиться в конечном состоянии в сосуде? Если температура сохранилась, то давление останется неизменным, или понизится, или повысится? Почему?

### Решение

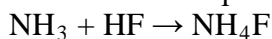
Определим количественный состав газов в первом отсеке.

$V_1 = 67.2$  л, значит  $n(\text{He}) + n(\text{HF}) = 67.2/22.4 = 3$  моль. Пусть  $m(\text{He}) = m(\text{HF}) = x$  (г). Тогда  $x/4 + x/20 = 3$ . Отсюда  $x=10$ .  $n(\text{He}) = 2.5$  моль,  $n(\text{HF}) = 0.5$  моль.

Определим количественный состав газов во втором отсеке.

$V_2=67.2$ л, значит  $n(\text{He}) = n(\text{NH}_3) = 1.5$  моль.

Аммиак реагирует с HF с образованием твердого фторида аммония  $\text{NH}_4\text{F}$ :



HF в недостатке, прореагирует полностью. Аммиак в избытке.

Состав конечной смеси:

$\text{NH}_3$  газ,  $n(\text{NH}_3) = 1.5 - 0.5 = 1$  моль.

He газ,  $n(\text{He}) = 2.5 + 1.5 = 4$  моль.

$\text{NH}_4\text{F}$  твердый  $n(\text{NH}_4\text{F}) = 0.5$  моль.

Давление снизится, так как в замкнутом сосуде при постоянных температуре и объеме снижение количества газообразных веществ (было 6 моль, стало 5 моль) приведет к снижению давления.

### Разбалловка

За уравнение	5 б
За указание на твердый продукт $\text{NH}_4\text{F}$ (0.5 моль)	5 б
За указание на газы (1 моль $\text{NH}_3$ и 4 моль He) по 5б	10 б
За указание на снижение P и причину – уменьшение n газов	5 б

**Итого 25 баллов**