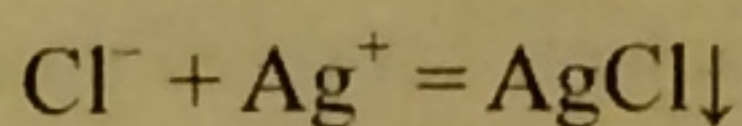


## Решения экспериментального тура

### Девятый класс

(Авторы: Тарасова И.В., Кострюков С.Г.)

Титрование по методу Мора позволяет рассчитать количество хлорид-ионов в выданном растворе. При титровании протекает реакция:



Поскольку ионы реагируют в соотношении 1:1, количество хлорид-ионов в аликвоте равно количеству ионов серебра, пошедших на титрование:

$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = \frac{C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)}{1000}$$

При этом нужно учесть, что количество вещества в мерной колбе относится к его количеству в аликвоте так же, как объем колбы относится к объему аликвоты.

Таким образом, расчет проводят по формуле:

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot V_K}{1000 \cdot V_n}$$

где  $C(\text{AgNO}_3)$  – концентрация стандартного раствора нитрата серебра, моль/л,

$V(\text{AgNO}_3)$  – объем стандартного раствора нитрата серебра, затраченный на титрование аликвоты, мл,

$V_n$  – объем пипетки, мл,

$V_K$  – объем мерной колбы с анализируемым раствором, мл.

Далее по результатам комплексометрического титрования рассчитывается масса хлорида магния в анализируемом растворе. Поскольку по условию ЭДТА реагирует с ионами магния в соотношении 1:1, с учетом вышеприведенных рассуждений и связи массы с количеством вещества расчет проводят по формуле:

$$m(\text{MgCl}_2) = \frac{C(\text{ЭДТА}) \cdot V(\text{ЭДТА}) \cdot M(\text{MgCl}_2) \cdot V_K}{1000 \cdot V_n}$$

где  $C(\text{ЭДТА})$  – концентрация стандартного раствора ЭДТА, моль/л,

$V(\text{ЭДТА})$  – объем стандартного раствора ЭДТА, затраченный на титрование аликвоты, мл,

$V_n$  – объем пипетки, мл,

$V_K$  – объем мерной колбы с анализируемым раствором, мл,

$M(\text{MgCl}_2)$  – молярная масса  $\text{MgCl}_2$ , г/моль.

С учетом результатов двух методов рассчитывается масса хлорида калия в анализируемом растворе. Расчет проводят по формуле:

$$m(\text{KCl}) = \frac{[C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) - 2 \cdot C(\text{ЭДТА}) \cdot V(\text{ЭДТА})] \cdot M(\text{KCl}) \cdot V_K}{1000 \cdot V_n}$$

#### Ответы на теоретические вопросы

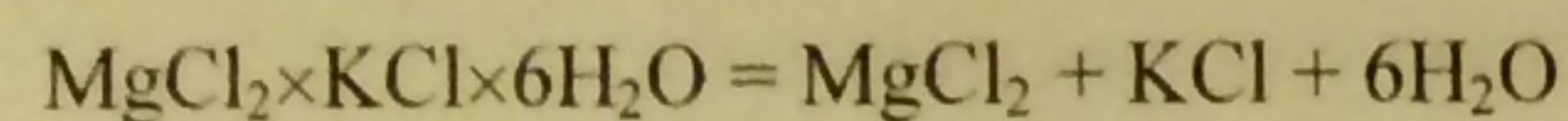
1. Минералы, содержащие калий: сильвин ( $\text{KCl}$ ), сильвинит ( $\text{KCl} \times \text{NaCl}$ ).

Минералы, содержащие магний: магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ), доломит ( $\text{MgCO}_3 \times \text{CaCO}_3$ ).

Минерал, содержащий одновременно калий и магний – каинит ( $\text{KCl} \times \text{MgSO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ).

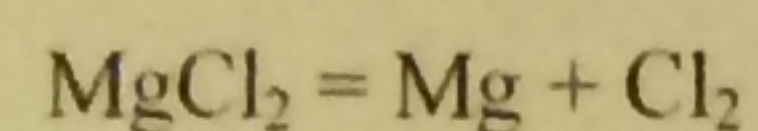
2. В промышленности технология производства магния включает три стадии: получение безводного хлорида магния  $\text{MgCl}_2$ , электролиз с выделением из хлорида жидкого магния, очистка магния.

Для получения безводного хлорида магния проводят обезвоживание карналлита  $\text{MgCl}_2 \times \text{KCl} \times 6\text{H}_2\text{O}$  нагреванием его в специальных печах:



Обезвоженный карналлит в среднем содержит 47–52%  $\text{MgCl}_2$ , 40–46%  $\text{KCl}$ ; 5–8%  $\text{NaCl}$ .

Электролитическое получение магния осуществляют в электролизере, где анодами служат графитовые пластины, а катодами – стальные пластины:

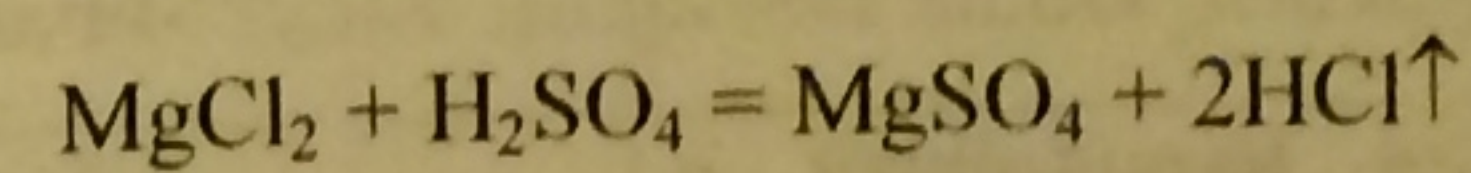
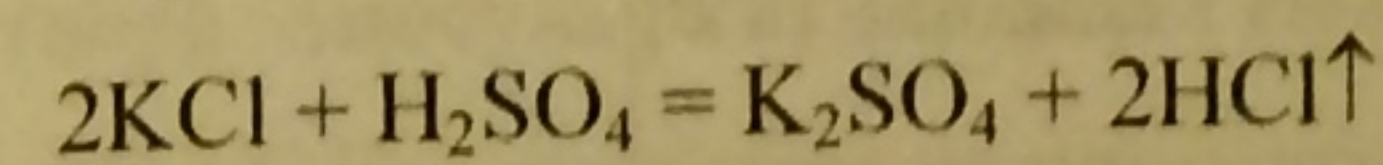


Удельная плотность магния меньше удельной плотности электролита, и поэтому магний всплывает.

Рафинирование магния осуществляют отстаиванием в печах, возгонкой или

электролизом.

3. Наиболее простой способ превращения хлоридов в сульфаты заключается в обработке сухих хлоридов концентрированной серной кислотой при нагревании.



На 1 га требуется 120 кг действующего вещества, т.е.  $\text{K}_2\text{O}$ . Так как 1 моль карналлита в пересчете содержит только 0,5 моль  $\text{K}_2\text{O}$ , рассчитаем массу карналлита:

$$m(\text{KCl} \times \text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 277,5 \times 120/94 \approx 708,5 \text{ кг}$$

4. Этилендиаминтетрауксусная кислота является слабой кислотой и в неионизированной форме образует непрочный комплекс с ионом магния. Аммонийный буфер создает слабощелочную среду, в которой происходит ионизация кислоты, и устойчивость комплекса возрастает, что позволяет получить достоверные результаты при титровании. Титрование в сильнощелочных средах невозможно, поскольку в этих условиях наблюдается выпадение  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

#### Система оценивания

Экспериментальная работа участника оценивается, исходя из относительной погрешности ( $\Delta x/x_{\text{ист}}$ , %) определения масс хлоридов калия и магния в выданном растворе, где  $x_{\text{ист}}$  – истинная масса хлорида калия (1), истинная масса хлорида магния (2);  $\Delta x$  – разница между величиной, полученной участником, и истинным значением.

$\Delta x/x_{\text{ист}}$ , %	Баллы	
	Масса $\text{KCl}$	Масса $\text{MgCl}_2$
$\leq 5$	15	15
5 – 7	13	13
7 – 10	11	11
10 – 15	9	9
15 – 30	7	7
$> 30$	5	5

### Теоретические вопросы

Названия минералов	0,5×4 = 2 балла
Формулы минералов	0,5×4 = 2 балла
Любой адекватный способ получения магния из карналлита с описанием химизма	4 балла
Любой адекватный способ превращения карналлита в калимагнезию	4 балла
Расчет массы карналлита	5 балла
Обоснование необходимости применения аммонийного буфера	3 балла

**Итого 50 баллов**