

**Муниципальный тур олимпиады школьников Московской области по химии
2023 – 24 уч. год.
Экспериментальный тур, 10 класс**

Решение

1. Обоснование методики определения сульфата натрия в смеси

Na_2SO_4 гидролизу не подвергается, раствор нейтральный (рН 7), раствором щелочи не титруется, определению кислоты в растворе не мешает.

Объем раствора сульфата натрия $V(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ в смеси определяется по разности объемов смеси $V(\text{смеси})$ и серной кислоты $V(\text{H}_2\text{SO}_4)$:

$$V(\text{Na}_2\text{SO}_4) = V(\text{смеси}) - V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

2. Определение объема серной кислоты в смеси

По условию в колбе находятся 20,0 мл смеси, раствор следует разбавить до метки дистиллированной водой и перемешать. При этом *каждый из компонентов смеси разбавляется в 10 раз.*

В точке эквивалентности раствор имеет нейтральную реакцию среды, что позволяет фиксировать момент окончания реакции с любым из выданных индикаторов.

Мерную пипетку ополаскивают разбавленным раствором смеси. В три конические колбы для титрования с помощью мерной пипетки помещают по 10,0 мл разбавленного раствора, добавляют индикатор и титруют раствором NaOH до изменения окраски индикатора.

При использовании метилового оранжевого переход окраски раствора из красной через оранжевую в чисто желтую, при использовании фенолфталеина из бесцветной в розовую, от одной следующей капли титранта. Титрование повторяют не менее трех раз. Результаты фиксируют в протоколе решения задачи. Результаты должны отличаться друг от друга не более, чем на 0,10 мл.

Вычисляют средний объем гидроксида натрия $\bar{V}(\text{NaOH})$, затраченный на титрование кислоты:

$$\bar{V}(\text{NaOH}) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}, \text{ мл}$$

Вычисления

Титрантом является стандартный раствор NaOH , с его помощью можно определить содержание в растворе серной кислоты по уравнению (1):



По уравнению (1):

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH})$$

Количество вещества серной кислоты в мерной колбе вместимостью 100,0 мл (0,1 л) $n_1(\text{H}_2\text{SO}_4)$ моль:

$$n_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} C(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}(\text{NaOH}) \cdot 10^{-3} \cdot 10 = \frac{1}{2} C(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}(\text{NaOH}) \cdot 10^{-2},$$

где $C(\text{NaOH})$ – концентрация раствора гидроксида натрия, моль/л;

$\bar{V}(\text{NaOH})$ - средний объем гидроксида натрия, затраченный на титрование 10,00 мл разбавленного раствора смеси, мл;

10^{-3} – коэффициент перевода мл в л;

10 – коэффициент, учитывающий разбавление раствора кислоты.

Объем 0,50 М раствора серной кислоты в смеси $V(H_2SO_4)$, мл:

$$V(H_2SO_4) = [n_1(H_2SO_4):C(H_2SO_4)] \cdot 10^3$$

3. Вычисление объема сульфата натрия в смеси

$$V(Na_2SO_4) = 20 - V(H_2SO_4) = 20 - [n_1(H_2SO_4):C(H_2SO_4)] \cdot 10^3$$

4. Формула кристаллогидрата сульфата натрия

Если $\omega(Na_2SO_4) = 44,099\%$, то $M(Na_2SO_4 \cdot nH_2O) = 142:0,44099 = 322,00$ г/моль;

$n(H_2O) = (322 - 142):18 = 10$; формула кристаллогидрата: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

Тривиальное название $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ – глауберова соль

5. Вычисление массы $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ в контрольной задаче

$$m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = C(Na_2SO_4) \cdot M(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) \cdot V(Na_2SO_4) \cdot 10^{-3},$$

где $m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O)$ – масса кристаллогидрата, использованная для приготовления контрольной задачи, г;

$C(Na_2SO_4)$ – молярная концентрация раствора сульфата натрия, моль/л;

$M(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O)$ – молярная масса кристаллогидрата, г/моль;

$V(Na_2SO_4)$ – объем раствора сульфата натрия в смеси, мл;

10^{-3} – коэффициент пересчета

Система оценивания

		Баллы
1	Формула кристаллогидрата сульфата натрия подтверждена расчетом, без расчета – 0,5 балла	2
2	Указано тривиальное название вещества	2
3	Приведено объяснение методики определения объема сульфата натрия в смеси (принимается любое разумное объяснение)	3
4	Объем раствора сульфата натрия в смеси определен	2
5	Уравнение реакции (1)	2
6	Представлены результаты трех параллельных титрований с любым из индикаторов (результат должен содержать 2 знака после запятой), мл. Рассчитан средний объем титранта. Результаты не представлены – 0 баллов	5
7	Приведено обоснование использования выбранного индикатора для количественного определения кислоты (принимается любое разумное объяснение). Без объяснения 0 баллов	2
8	Точность* определения объема серной кислоты в смеси, приведены все вычисления, без расчетов – 5 баллов *Максимальный балл за относительную погрешность $\leq 2\%$, при больших ошибках снижать по одному баллу за каждый процент свыше 2%.	10
9	Рассчитана масса кристаллогидрата сульфата натрия, использованная для приготовления смеси. Проверяется правильность расчета по экспериментально определенному объему.	2
Всего		30