

**Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева**

**ЗАДАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
НАПРАВЛЕНИЕ ХИМИЯ**

**Определение состава кристаллогидрата сульфата меди (II)**

При длительном хранении происходит частичное обезвоживание медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , в результате чего состав вещества не соответствует приведенной формуле. Для установления точного состава кристаллогидрата использовали метод, основанный на йодометрическом определении содержания сульфата меди (II) в растворе. Анализируемый раствор готовили путем растворения навески частично обезвоженного медного купороса.

Метод йодометрического определения сульфата меди(II) основан на взаимодействии соли меди с избытком йодида калия в кислой среде. В ходе реакции количественно выделяется йод, который оттитровывают раствором тиосульфата натрия в присутствии специфического по отношению к йоду индикатора крахмала. Молярную концентрацию раствора тиосульфата натрия предварительно устанавливают, проводя реакцию между раствором бихромата калия и избытком раствора йодида калия в присутствии серной кислоты. Выделившийся в ходе реакции йод оттитровывают тиосульфатом натрия.

Зная количество сульфата меди в приготовленном растворе и массу навески медного купороса, взятую для приготовления этого раствора, рассчитывают соотношение между количествами безводной соли и кристаллизационной воды и устанавливают формулу кристаллогидрата.

Лабораторная посуда и оборудование:

Весы аналитические с точностью  $\pm 0,0001$  г.

Бюксы стеклянные с крышкой.

Воронка для пересыпания веществ.

Колбы мерные объемом 100,0 мл – 2 шт.

Колбы конические для титрования объемом 100 мл – 5 шт.

Пипетка Мора объемом 10,00 мл.

Мерный цилиндр объемом 25 мл – 2 шт.

Промывалка для дистиллированной воды.

Воронка для заполнения бюретки.

Бюретка объемом 25 мл с оливой и шариком.

Стекло часовое – 5 шт.

Используемые реактивы:

Раствор тиосульфата натрия, 2 М раствор серной кислоты, 10%-й раствор йодида калия, 5%-й раствор крахмала.

Сухие соли: бихромат калия, медный купорос.

Вода дистиллированная.

Этапы анализа.

Этап I. Определение молярной концентрации раствора бихромата калия.

Требуемое количество бихромата калия поместили в стеклянный бюкс и взвесили на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Значение массы бюкса с веществом  $m_1$  указано в **Варианте задания**.

После чего взвешенное количество бихромата калия количественно перенесли в мерную колбу объемом 100,0 мл и взвесили на аналитических весах пустой бюкс.

Масса пустого бюкса  $m_2$  указана в **Варианте задания**.

Перенесенную в мерную колбу навеску бихромата калия полностью растворили в дистиллированной воде при комнатной температуре, после чего раствор в колбе довели до метки и тщательно перемешали.

Задание к Этапу I.

- 1) Рассчитайте количество вещества бихромата калия, содержащееся в мерной колбе;
- 2) Рассчитайте молярную концентрацию полученного раствора бихромата калия.

Этап II. Определение молярной концентрации раствора тиосульфата натрия.

В конические колбы объемом 100 мл пипеткой Мора отобрали по 10,00 мл приготовленного раствора, добавили в каждую колбу 10 мл 2 М раствора серной кислоты и 10 мл 10%-го раствора йодида калия, после чего каждую колбу накрыли часовым стеклом и убрали на 10 минут в темное место. По истечении 10 минут содержимое колб оттитровали раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски, затем добавили 2-3 капли крахмала и продолжили титрование до появления бутылочно-зеленой окраски раствора. Для титрования использовали бюретку объемом 25,00 мл с ценой деления  $\pm 0,1$

мл. Объем раствора тиосульфата, пошедший на титрование, измеряли по бюретке с точностью до сотых долей мл. Результаты титрования привели в таблице 1 **Варианта задания**.

#### Задание к Этапу II.

- 1) Напишите уравнение химической реакции, протекающей между бихроматом калия и йодидом калия в присутствии серной кислоты;
  - 2) рассчитайте количества веществ бихромата калия и йода по уравнению химической реакции;
  - 3) напишите уравнение химической реакции, протекающей при титровании;
  - 4) рассчитайте средний объем раствора тиосульфата натрия, потребовавшийся на титрование;
  - 5) рассчитайте молярную концентрацию раствора тиосульфата натрия.
- Результаты расчетов приведите в **Протоколе анализа**. Молярную концентрацию раствора тиосульфата натрия укажите в **Протоколе анализа** с точностью до четырех значащих цифр.

#### Этап III. Определение содержания сульфата меди(II) в растворе.

Взвешенную на аналитических весах навеску медного купороса (масса указана в **Варианте задания**) количественно перенесли в мерную колбу объемом 100,0 мл и полностью растворили в дистиллированной воде при комнатной температуре. Раствор в колбе довели до метки и тщательно перемешали.

В конические колбы объемом 100 мл пипеткой Мора отобрали по 10,00 мл приготовленного раствора, добавили в каждую колбу 10 мл 2 М раствора серной кислоты и 5 мл 10%-го раствора йодида калия, после чего колбы накрыли часовым стеклом и оставили в темном месте на 10 минут.

По истечении 10 минут содержимое колб оттитровали раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски, затем добавили 2-3 капли крахмала и продолжили титрование до молочно-белой окраски. Результаты титрования указаны в таблице 2 **Варианта задания**.

#### Задание к Этапу III.

- 1) Напишите уравнение химической реакции, протекающей при взаимодействии раствора сульфата меди(II) с раствором йодида калия;
- 2) напишите уравнение реакции, протекающей при титровании;
- 3) используя данные таблицы 2 **Варианта задания**, рассчитайте средний объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование;
- 4) рассчитайте количество вещества йода, выделившегося в ходе реакции;
- 5) рассчитайте количество вещества и массу сульфата меди(II) в 100,0 мл приготовленного раствора;

Этап IV. Определение состава кристаллогидрата.

По результатам расчетов, полученных на этапе III, зная массу навески растворенного кристаллогидрата, установили формулу кристаллогидрата сульфата меди(II).

Задание к этапу IV.

- 1) Рассчитайте количество воды в навеске кристаллогидрата;
- 2) Рассчитайте соотношение количеств веществ сульфата меди(II) и воды в кристаллогидрате и установите его формулу. Ответ приведите в **Протоколе анализа** в виде  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

**Вариант № 1**

Масса бюкса с бихроматом калия:  $m_1 = 12,5350$  г

Масса пустого бюкса:  $m_2 = 12,4453$  г

Таблица 1.

Результаты титрования раствора бихромата калия раствором тиосульфата натрия:

$V$ (бихромата калия), мл	$V$ (тиосульфата натрия), мл
10.00	7.50
10.00	7.52
10.00	7.53
10.00	7.55
10.00	7.54

Масса навески медного купороса:  $m_3 = 0,6811$  г

Таблица 2.

Результаты титрования раствора сульфата меди(II) раствором тиосульфата натрия:

$V$ (раствора), мл	$V$ (тиосульфата натрия), мл
10.00	11.70
10.00	11.65
10.00	11.70
10.00	11.65
10.00	11.70