



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа  
Оптические методы анализа.  
Определение меди в растворе  
с помощью фотоэлектрического колориметра**



## Лабораторная работа Оптические методы анализа. Определение меди в растворе с помощью фотоэлектрического колориметра

Определение содержания  $\text{Cu}^{2+}$  в растворах представляет большой практический интерес. Соли меди широко применяют в сельском хозяйстве как ядохимикаты. Кроме того, ион  $\text{Cu}^{2+}$  входит в состав медных микроудобрений. Колориметрические определения меди выполняют аммиачным и другими методами. Аммиачный метод основан на образовании ионом  $\text{Cu}^{2+}$  с аммиаком комплекса  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , окрашенного в интенсивно-синий цвет. Окраска его достаточно устойчива, колориметрировать раствор можно с помощью фотоэлектрического колориметра, отличающегося простотой и надежностью.

Перед определением концентрации меди в растворе **необходимо построить калибровочный график**, пользуясь специальным растворителем и стандартным раствором соли меди. Приготовление раствора сравнения для построения калибровочного графика. 10мл разбавленного (1:3)  $\text{NH}_4\text{OH}$  переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл, добавляют одну каплю концентрированной серной кислоты (пл. 1,84г/см<sup>3</sup>) и доводят дистиллированной водой до метки (нулевой раствор).

**Приготовление стандартного раствора соли меди.** 3,927 г химически чистого сульфата меди  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  переносят в мерную колбу вместимостью 1000 мл (или **1,9635г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$**  в мерную колбу вместимостью **500 мл**), растворяют, приливают 5 мл (или **2,5мл на 500мл**) концентрированной серной кислоты (пл. 1,84 г/см<sup>3</sup>) и доводят водой до метки. В 1 мл этого раствора содержится **1 мг иона  $\text{Cu}^{2+}$** .

Оптическую плотность растворов измеряют на фотоэлектрическом колориметре. Познакомившись с техникой работы на фотоэлектрическом колориметре, приступайте к построению калибровочного графика.

**Построение калибровочного графика.** В шесть мерных колб вместимостью по 50 мл отмерьте пипетками соответственно 25, 20, 15, 10, 5 и 3 мл стандартного раствора соли меди. Можно эту операцию проделать, взяв данные объемы раствора из бюретки, в которую залит стандартный раствор. В каждую из колб прибавьте по 10 мл разбавленного (1:3) раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  и доведите объемы дистиллированной водой до метки. Измерение оптической плотности  $D$  начните с раствора, имеющего наибольшую концентрацию меди. Для этого раствор из колбы налейте в кювету с рабочей длиной 1 см, закройте кювету крышкой и измерьте оптическую плотность раствора при красном светофильтре. Измерив оптическую плотность  $D$  всех растворов, постройте калибровочный график. При этом по горизонтальной оси откладывайте известные концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  (т. е. 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0,06 мг меди в 1 мл), а по вертикальной - соответствующие им оптические плотности растворов.

**Ход определения меди в исследуемом растворе.** В мерную колбу вместимостью **50 мл** возьмите для анализа немного испытуемого раствора, который может



содержать от 0,01 до 0,5 мг  $\text{Cu}^{2+}$ . Прибавьте в колбу 1 каплю концентрированной серной кислоты (пл. 1,84 г/см<sup>3</sup>), нейтрализуйте разбавленным (1:3)  $\text{NH}_4\text{OH}$ , приливая его по каплям до появления мути. Прилейте еще 10 мл  $\text{NH}_4\text{OH}$  и доведите объем; в колбе водой до метки. Раствор тщательно перемешайте, наполните им кювету с рабочей длиной 1 см и измерьте оптическую плотность его при красном свето-фильтре, т. е. при тех же условиях, при каких был получен калибровочный график. Зная величину оптической плотности, найдите по калибровочному графику концентрацию иона  $\text{Cu}^{2+}$  в миллиграммах на 1 мл раствора. Умножив ее на объем всего анализируемого раствора (50 мл), вычислите общую массу меди.

$$m(\text{Cu}) = V \cdot A = 50 \cdot A,$$

где  $A$  - концентрация иона  $\text{Cu}^{2+}$  в мг на 1 мл раствора, найденная по калибровочному графику.

#### Расчёт погрешностей анализа

а) абсолютная погрешность  $\Delta x = m(\text{Cu}) - \mu$ ,

где  $\mu$  – истинное содержание анализируемого компонента (данные у преподавателя).

б) относительная погрешность  $s = (\Delta x/\mu) \cdot 100\%$



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смарилин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей/ И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна  
**Шагитова** Марина Николаевна