

# Концентрация раствора: закон Бера

## Растворы. Концентрация раствора.

Класс 11

Уровень: углубленный

### Цели

- Определить концентрацию раствора сульфата меди (II) при помощи колориметра.
- Найти взаимосвязь между поглощением света раствором и концентрацией раствора (закон Бера).

### Планируемые результаты

#### Личностные результаты обучения

- У учащегося формируются познавательные интересы и мотивы, направленные на изучение живой природы, а также интеллектуальные умения (способность доказывать, строить рассуждения, анализировать, сравнивать, делать выводы и пр.).

#### Метапредметные результаты обучения

- Познавательные:
  - овладение составляющими исследовательской деятельности -- умением наблюдать, прогнозировать, ставить и проводить эксперимент, сравнивать полученный результат с прогнозом, делать выводы и заключения.
- Регулятивные:
  - умение преобразовывать практическую задачу в теоретическую;
  - умение планировать собственную экспериментальную деятельность путём личных наблюдений при постановке химических экспериментов;
  - способность контролировать свои действия;
  - умение вести поиск и формулировать доказательство гипотезы на основе эмпирически установленных фактов при выполнении фронтальных лабораторных исследований.
- Коммуникативные:
  - умение организовывать сотрудничество в учебной группе.
- Предметные:  
*в познавательной (интеллектуальной) сфере*
  - исследование зависимости концентрации раствора от длины волны;
  - понимание разницы между поглощением и прохождением света;



- понимание влияния трех переменных (природы вещества, длины волны и концентрации) на поглощение света.

#### *в ценностно-ориентационной сфере*

- способность анализировать и оценивать последствия для окружающей среды бытовой и производственной деятельности человека, связанной с растворами;
- умение применять теоретические знания по химии на практике.

#### *в сфере трудовой деятельности*

- знание и соблюдение правил работы в кабинете химии;
- соблюдение правил работы с компьютером и другими электронными устройствами.

## Межпредметные связи

- **математика:** представление данных в табличном виде; составление таблиц и работа с ними; моделирование;
- **информатика:** использование компьютера для проведения эксперимента, построения графиков, представления и анализа данных; работа с электронными приборами и инструментами (колориметр);
- **физика:** понятия свет, длина волны, использование датчиковых систем для проведения химических экспериментов.

## Оборудование (на одну группу учащихся)

### Приборы и инструменты

- Регистратор данных PASCO
- Колориметр
- Кабель для датчика

### Лабораторное оборудование

- Стекланные кюветы с крышками (7 шт.)
- Химические стаканы, 100 мл (2 шт.)
- Пробирки, 20 мм х 150 мм (6 шт.)
- Штатив для пробирок
- Градуированные пипетки с грушами или помпой, 10 мл (2 шт.)
- Неабразивная очищающая ткань

### Реактивы и материалы

- 0,80 М сульфат меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ), 30 мл
- Сульфат меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) неизвестной концентрации, 10 мл
- Дистиллированная вода, 30 мл

## Базовые понятия

Учащиеся должны быть знакомы со следующими понятиями

- Молярная концентрация
- Длина волны
- Раствор
- Номенклатура ионных соединений

## Базовые умения

Учащиеся должны знать основы пользования системой сбора данных и уметь изменять точность измерений до желаемого разрядного значения.

## Подготовка к лабораторной работе

1. Приготовьте 500 мл раствора 0,8 М сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) из безводного сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) или пентагидрата сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Этого раствора достаточно для пятнадцати лабораторных групп.

*Работа с безводным сульфатом меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ):*

- а) налейте приблизительно 200 мл дистиллированной воды в химический стакан объемом 400 мл;
- б) добавьте в воду 63,84 г безводного  $\text{CuSO}_4$  и нагрейте при постоянном помешивании до растворения  $\text{CuSO}_4$ ;
- в) дайте раствору остыть;
- г) поместите раствор в мерную колбу объемом 500 мл и разведите до отметки 500 мл дистиллированной водой;
- е) закройте колбу и переверните её по меньшей мере три раза для полного перемешивания.

*Работа с пентагидратом сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ):*

- а) налейте приблизительно 200 мл дистиллированной воды в химический стакан объемом 400 мл;
- б) добавьте в воду 99,87 г безводного  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и нагрейте при постоянном помешивании до растворения  $\text{CuSO}_4$ ;
- в) дайте раствору остыть;
- г) поместите раствор в мерную колбу объемом 500 мл и разведите до отметки 500 мл дистиллированной водой;
- д) закройте колбу и переверните её по меньшей мере три раза для полного перемешивания.

2. Для работы с раствором неизвестной концентрации вы можете получить раствор сульфата меди (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) с желаемой концентрацией, которая может составлять 0,8 М или менее. Для определения количества миллилитров приготовленного раствора 0,8 М сульфата меди (II), который необходим для получения 100 мл раствора желаемой концентрации, можно использовать следующее уравнение (этого достаточно для десяти лабораторных групп):

$$\frac{(\text{желаемая молярная концентрация})(100 \text{ мл})}{0,8 \text{ М}} = \text{необходимое количество мл}$$

- а) при помощи градуированной пипетки переместите соответствующий объем раствора 0,8 М сульфата меди (II) в мерную колбу объемом 100 мл;
- б) разведите до отметки 100 мл дистиллированной водой;
- в) закройте колбу и переверните её по меньшей мере три раза для полного перемешивания.

## Советы преподавателю

- Можно приготовить несколько растворов с неизвестной концентрацией, чтобы учащиеся определяли концентрацию двух или более растворов, или чтобы предложить разным группам работать с различными растворами с неизвестной концентрацией.
- Крайне важно, чтобы учащиеся были аккуратны при разведении реактивов. Необходимо пристальное внимание уделять приготовлению калибровочных стандартных растворов, которые позволяют получить очень точные результаты.
- Полученные в ходе эксперимента отходы сульфата меди (II) должны быть собраны и утилизированы в соответствии с правилами. Можно, например, использовать большой контейнер, в который все студенты будут помещать свои отработанные растворы. По завершении экспериментов отходы должны быть обработаны в соответствии с процедурами, принятыми в вашей организации.

## Меры безопасности

- Напомните учащимся общие правила безопасности при работе с лабораторным оборудованием.
- Обратите их внимание, что необходимо очень осторожно обращаться с электронными приборами, чтобы избежать попадания воды.
- Сульфат меди (II) опасен для окружающей среды, поэтому его нельзя выливать в канализацию. Убедитесь, что вы придерживаетесь инструкции для преподавателей по правильной утилизации растворов сульфата меди (II).

## Место лабораторной работы в структуре урока

Данная работа расширяет экспериментальное изучение по теме «Растворы. Способы определения концентрации раствора» в классах углубленного изучения химии. Поскольку она продолжительна по времени, на нее следует отвести целый урок.

Перед выполнением данной лабораторной работы необходимо рассказать учащимся о сущности метода химического анализа — колориметрии.



## Ключи к ответам

Концентрация раствора: закон Бера. Растворы. Концентрация раствора.

### Самоконтроль

1. Зеленый свет на схеме _____.	
а) отражается; б) поглощается; в) проходит; г) преобразуется.	Правильный ответ: в)
2. Что произойдет по закону Бера при уменьшении концентрации раствора?	
а) Постоянная поглощения сократится; б) Длина пути останется той же; в) Поглощение увеличится; г) Длина пути увеличится; д) Поглощение уменьшится.	Правильный ответ: д)

### Назовите правильную последовательность действий

А) Определите линейное уравнение для построения корреляционной прямой. Б) Создайте калибровочную кривую по графику зависимости поглощения от концентрации. В) Измерьте поглощение раствора с неизвестной концентрацией и определите его концентрацию при помощи уравнения. Г) Приготовьте пять растворов сульфата меди (II) известной концентрации и измерьте поглощение каждого из них.	Правильный ответ: Г, Б, А, В
---	---------------------------------

### Подготовка к работе

<b>Вопрос № 1.</b> Почему необходимо калибровать колориметр при помощи дистиллированной воды?	В качестве контрольного раствора используется дистиллированная вода так как ее оптическая плотность равна 0 (коэффициент пропускания 100 %).
<b>Вопрос № 2.</b> Почему пробирки должны быть сухими? Какая ошибка может произойти при использовании мокрых пробирок?	Пробирки должны быть сухими, поскольку мокрые пробирки могут изменять концентрацию стандартных растворов.
<b>Вопрос № 3.</b> Что измеряет колориметр? Это зависимая или независимая переменная?	Колориметр измерит поглощение оранжевого света (610 нм), которое является зависимой переменной.

## Сбор данных

## Вопрос № 4.

Почему необходимо вытереть снаружи кювету перед ее помещением в колориметр?

Внешнюю поверхность кюветы необходимо вытирать из-за того, что любое вещество вне кюветы поглощает свет и поэтому будут получены меньшие значения поглощения, чем они есть.

## Вопрос № 5.

Почему необходимо закрывать крышку колориметра перед определением поглощения?

Кювету необходимо закрывать крышкой потому, что при открытой крышке свет из комнаты будет искажать результаты анализа, так что будут получены меньшие значения поглощения, чем они есть.

## Анализ

## Вопрос № 1.

Сформулируйте закон Бера. Соответствуют ли ваши данные этой формулировке?

Закон Бера гласит, что поглощение света прямо пропорционально концентрации раствора. И данные подтверждают это, поскольку по мере роста концентрации увеличивается и поглощение.

## Вопрос № 2.

Может ли произойти ошибка, если некоторые кюветы были загрязненными? Объясните.

Если кюветы были загрязнены, то возможна ошибка, поскольку некоторое количество света может быть поглощено (или рассеяно) загрязнениями, из-за чего полученные значения поглощения будут выше, чем действительные значения для отдельных образцов.

## Вопрос № 3.

Объясните разницу между поглощением и пропусканием света.

При поглощении химическое вещество взаимодействует со светом, «захватывая» (поглощая) его. Свет, проходящий через вещество без его захвата, называется проходящим.

## Вопрос № 4.

Почему раствор  $\text{CuSO}_4$  голубоватый? Проходит ли через него свет не только голубого цвета?

Раствор сульфата меди (II) голубой, поскольку его цвет является совокупностью различных длин волн проходящего через него света.

**Вопрос № 5.**

Почему вместо других цветов использовался оранжевый свет (610 нм)?

Оранжевый свет (610 нм) использовался из-за его сильного поглощения, при котором некоторое количество света остается проходящим. Можно использовать также зеленый свет (565 нм).

**Выводы****Вопрос № 1а.**

Раствор сульфата натрия прозрачен и бесцветен, в то время как раствор сульфата меди (II) голубой. Какие ионы обуславливают появление голубого цвета?

Ионы, обуславливающие голубое окрашивание раствора, являются ионами меди (II).

**Вопрос № 1б**

Можно ли использовать закон Бера для определения концентрации раствора сульфата натрия?

Закон Бера нельзя использовать для определения концентрации сульфата натрия, поскольку он бесцветен и не поглощает свет в видимой области спектра.

**Вопрос № 2а.**

Каково минимальное количество точек, которые необходимы для построения калибровочной кривой?

Для построения калибровочной кривой необходимо как минимум две точки.

**Вопрос № 2б.**

Сколько точек использовалось в данном эксперименте? Почему?

В данном эксперименте для построения калибровочной кривой использовалось пять точек. Чем больше точек используется, тем точнее будут результаты исследования искомых веществ.

**Вопрос № 3.**

Другие датчики, например, для измерения pH и электропроводности, необходимо калибровать, однако они могут определять неизвестные концентрации без построения калибровочной кривой. Объясните, как это работает.

В этих датчиках калибровочная кривая хранится в электронном виде в программном обеспечении прибора.

## Выберите правильный ответ

1. Какие из следующих переменных влияют на поглощение света раствором?  а) Расстояние, которое необходимо пройти свету в растворе (длина пути);  б) Количество растворенного вещества в каждом объеме (концентрация);  в) Длина волны взаимодействующего с раствором света;  г) Все перечисленные переменные влияют на поглощение света раствором.	Правильный ответ: г)
2. Образец 0,1 М хлорида никеля (II) поместили в кювету с длиной пути 1,00 см. Измеренное поглощение раствора составило 2,0. Предположите, каким может быть поглощение раствора 0,05 М раствора хлорида никеля (II).  а) 1,0  б) 2,0  в) 4,0  г) Недостаточно информации	Правильный ответ: а)
3. Что должно содержаться в кювете для холостой пробы при калибровке колориметра?  а) Ничего;  б) Раствор с большей концентрацией растворенного вещества;  в) Растворитель;  г) 1,0 М образец раствора.	Правильный ответ: в)
4. Какого цвета свет проходит через раствор сульфата меди (II)?  а) Красного;  б) Оранжевого;  в) Зеленого;  г) Синего.	Правильный ответ: г)
5. Сколько цветов образуют белый цвет?  а) 1;  б) 3;  в) 4;  г) Более пяти;  д) Ни одного.	Правильный ответ: в)

