



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призера III степени среди 10 классов

Название работы – Синтез и определение формы и размера наночастиц серебра по визуальным характеристикам.

Автор – Подсевалова Елизавета Николаевна (10 класс, ГБОУ гимназия № 278 имени Б.Б. Голицына Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, г. Санкт-Петербург).

Руководители – Ревегук Захар Вячеславович, специалист, Санкт-Петербургский государственный университет; Белоусова Елена Михайловна, учитель химии, ГБОУ гимназия № 278 имени Б.Б. Голицына Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, г. Санкт-Петербург.

Основная идея работы, цели, задачи

В последнее время мы все чаще и чаще встречаем приставку "нано" буквально везде: в средствах массовой информации, в науке и экономике. Нам попадает множество упоминаний этой невидимой величины — 1/1.000.000.000 метра, размером всего в несколько атомов. Эта тенденция охватила весь мир. С помощью наночастиц наука и техника обещают открыть нам новый мир, бесконечное поле для исследований и невероятные возможности. Нанотехнологии помогут добиться большей продуктивности и сделать жизнь проще за счёт более надежных и эффективных устройств. Благодаря им человечество научилось преобразовывать материю на совершенно новом уровне, что свидетельствует о начале нанотехнологической революции.

Идея работы:

Показать, что наночастицы являются доступными, их можно изготовить и охарактеризовать, опираясь на базовые знания и умения.

Цели работы:

Синтезировать наночастицы путем восстановления ионов серебра борогидридом натрия в водном растворе. Изучить спектры полученных частиц и дать им характеристику.

Для достижения данных целей необходимо выделить следующие задачи:

- знакомство с лабораторным оборудованием;
- синтез серебряных частиц;
- снятие и анализ спектральных график;
- определение размера и формы полученных наночастиц посредством сравнения экспериментального спектрального графика с литературными данными.

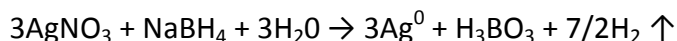
В данной работе особое внимание будет уделено наночастицам, поскольку для них существует множество приложений в медицине:

1. Доставка активных лекарственных веществ;
2. Новые методы и средства лечения на нанометровом уровне;
3. Диагностика *in vivo*, *in vitro*;
4. Медицинские импланты;
5. Различные виды терапии;
6. Получение изображений методами фотоакустики, рентгена, томографии.

Основные результаты

Синтез наночастиц серебра проводили в водном растворе. В качестве отправной точки был взят протокол из статьи [1]. В нем предполагается масштабный синтез на объем более 80 мл. Так как нам не нужно было такое большое количество наночастиц, поэтому мы уменьшили количество взятых веществ, сохранив пропорции. Нитрат серебра и боргидрид натрия растворимы в воде до ионов.

Реакция восстановления ионов серебра в металлическую форму:



Для начала я рассчитала нужную концентрацию раствора по формуле закона эквивалентности $C_1V_1 = m = C_2V_2$ ($C \cdot V$ — количество вещества в растворе).

Изначально было дано: $C(\text{AgNO}_3) = 10^{-1} \text{ M}$
Нужно было получить: 1мл при $C = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

Решение:

Пусть $C_1 = 10^{-1} \text{ M}$, тогда $V_2 = 1 \text{ мл}$, $C_2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow V_1?$

по формуле закона эквивалентности получаем $V_1 = V_2 \cdot C_2 \div C_1$

$V_1 = 1\text{мл} \cdot 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ M} \div 10^1 \text{ M}$

$V_1 = 0,22 \text{ мл}$

На аналитических весах произвели взвешивание боргидрида натрия.

Получившиеся массы NaBH_4 4,0 мг

$M(\text{NaBH}_4) = 37.83 \text{ г/моль}$.

Определение концентрации $C = m / M \cdot V$.

Следовательно, для получения 0.1 М раствора необходимо растворить его в $4 \cdot 10^{-3} \text{ г} / (0.1 \text{ M} \cdot 37.83 \text{ г/моль}) = 1.06 \text{ мл}$ воды.

Далее раствор был разбавлен до $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

По аналогии с оригинальным протоколом конечные объемы борогидрида натрия и нитрата серебра составили 720 мкл и 90 мкл соответственно.

Синтез проводился на ледяной бане (лед с водой, температура около нуля по Цельсию) в 9 одинаковых этапах: с помощью дозатора добавляли 10 мкл нитрата серебра в раствор борогидрида натрия (предварительно охлажденный до 0 C^0), перемешивали раствор на вортексе, затем помещали обратно в ледяную баню, выждали 5 минут и переходили к следующему этапу.

Металлическое серебро нерастворимо в воде, а потому в течение нескольких миллисекунд начинается процесс агрегации — появляются металлические кластеры, которые затем слипаются в наночастицы. Если этот процесс не останавливается, то через некоторое время можно наблюдать появление черного осадка. Это означает, что наночастицы слиплись в микрочастицы, которые уже не образуют коллоидного раствора и выпадают из раствора. Для управления процессом синтеза, контроля размера и формы наночастиц серебра используются различные поверхностно активные вещества (ПАВ) и другие реагенты. Также можно менять температуру и давление, при которых проходит реакция.

На рисунке 1 показана фотография растворов полученных наночастиц. Слева представлен результат Леры, справа – мой. На первый взгляд, мы делали все одинаково, а результат получили разный. По-видимому, в этом процессе существует большое количество мелочей, которые познаются на опыте и с первого раза их осознать не удастся. Раствор слева имеет желто-оранжевый оттенок и слабо рассеивает свет. Правый раствор более мутный и цвет его менее оранжевый.

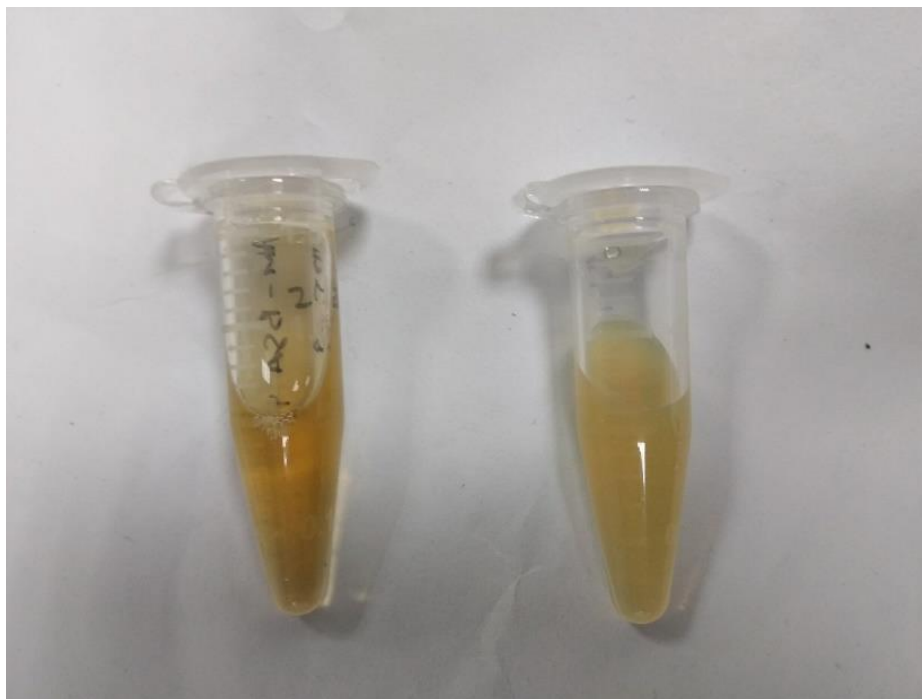


Рис. 1. Фотографии полученных растворов

Чтобы косвенно определить размер и форму полученных наночастиц посредством спектрального графика, мы задействовали спектрофотометр.

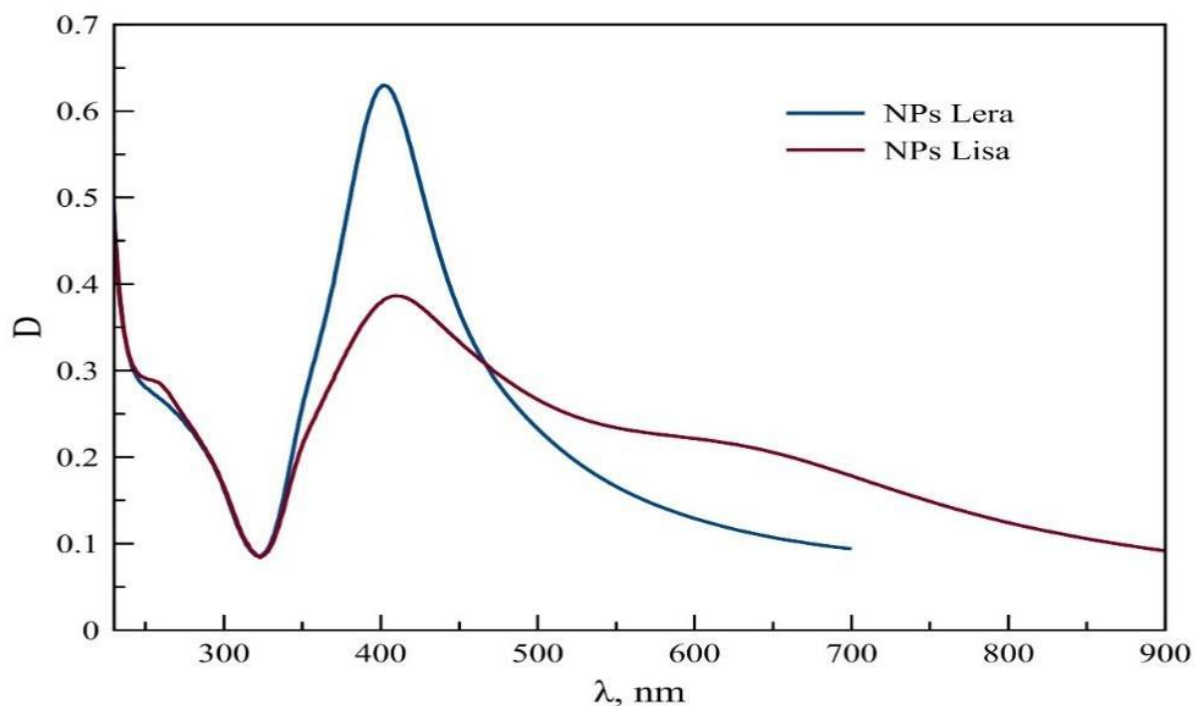


Рис. 2. Спектр поглощения полученных наночастиц.

На графике, изображённом на рисунке 2, видно, что максимум поглощения приходится примерно на 410 нм для раствора из эксперимента Леры, и 420 нм у Лизы. Исходя из сравнения наших спектров со спектрами, изображенными на рисунке 6, можно сделать вывод о том, что полученные наночастицы будут представлять собой шар, а по рисунку 3 можно даже указать на его диаметр. Около 35 нм у Леры и 50 нм у Лизы. В случае с более мутным раствором, смотря на его спектр поглощения, можно с уверенностью сказать, что в нем присутствуют и большие частицы (диаметром 100 нм и более), которые эффективно рассеивают свет из видимого диапазона. Лера получила гомогенный раствор с одной доминирующей фракцией. Лиза имеет несколько фракций, о чем говорит форма спектра поглощения - ширина спектральных линий и количество пиков поглощения.

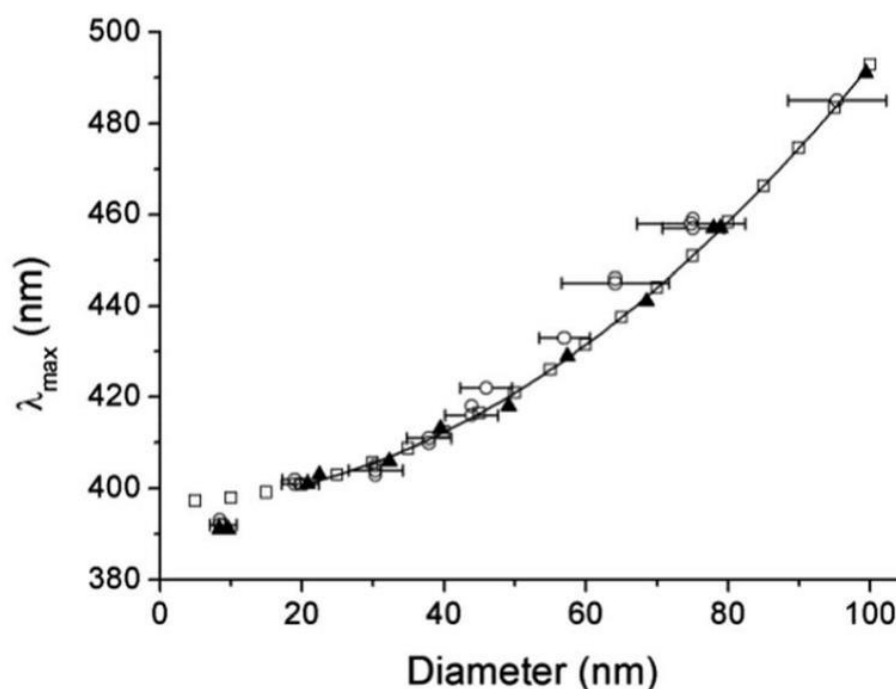


Рис. 3. Связь размеров сферических наночастиц серебра с их максимумом в спектрах поглощения.

Выводы, заключение, перспективы

- Показано многообразие наночастиц и областей их применения.
- Показана связь между оптическими свойствами и физическими характеристиками наночастиц.
- Осуществлен синтез наночастиц путем восстановления ионов серебра борогидридом натрия в водном растворе.
- Освоено следующей лабораторное оборудование: аналитические весы, механические дозаторы, вортекс, спектрофотометр.
- Сняты и проанализированы спектры поглощения полученных коллоидных растворов.
- Определен цвет и мутность растворов.
- По спектрам поглощения определены размеры наночастиц: 35 и 50 нм. Форма в обоих случаях – сферическая.
- В будущем я планирую заняться более сложным и интересным синтезом наночастиц. Хотелось бы получиться частицы треугольной и кубической форм. Это потребует более детального анализа научных статей и изучения базовой неорганической химии.

Список цитированных источников

1. Larmour I.A. et al, J. of Raman Spectroscopy, 43(2):202-206 (2012).
2. Зиганшин А.У., Зиганшина Л.Е. Наночастицы: фармакологические надежды и токсикологические проблемы. – Казань.: 2008. [Электронный ресурс].
3. Рева А.В. Фотодинамическая терапия в онкологии: показания, подготовка и результаты. – 2019. [Электронный ресурс].
4. Слесаревская М.Н., Соколов А.В. Фотодинамическая терапия: основные принципы и механизмы действия. – СПб.: 2014. [Электронный ресурс].
5. Paramelle D. et. Al, Analyst, 2014,139, 4855-4861.
6. Wikipedia.org.