



Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта победителя I степени

Название работы – Индикаторная система на основе наночастиц диоксида церия.

Автор – Боброва Дарья Викторовна, 8 класс, ГБОУ Школа № 1575, г. Москва.

Руководитель – Чопорова Жанна Владиславовна, учитель физики, завкафедрой естественных наук, ГБОУ Школа № 1575, г. Москва.

Основная идея работы, цели, задачи

Идея проекта возникла из возникла после завершения предыдущего проекта, посвящённого чернилам, где я нашла информацию о картинах, написанных берлинской лазурью. (Ван Гог «Звёздная ночь», Кацусика Хокусай «Большая волна в Канагаве»). Также оказалось, что наночастицы берлинской лазури имеют большие возможности применения в медицине. Из актуальности темы возникла *идея* – получить наночастицы берлинской лазури, исследовать их свойства.

Цель проекта: получить наночастицы берлинской лазури в виде золи и исследовать его возможности.

Объект исследования: берлинская лазурь.

Задачи проекта:

1. Описать методику определения коллоидных растворов.
2. Получить золь наночастиц берлинской лазури.
3. Выделить красящий синий пигмент, выполнить картину.
4. Методом седиментации определить размер полученных частиц.
5. Определить спектр поглощения нано частиц.
6. Получить разнообразную цветовую гамму зольей гексацианоферратов.
7. Изучить кинетику разложения перекиси водорода нано частицами берлинской лазури.

Актуальность и новизна работы

Тема оказалась достаточно актуальна. Раньше берлинская лазурь использовалась как пигмент в живописи. Сейчас нано частицы берлинской лазури используются в качестве фильтра для очистки воды от радиоактивного цезия [1]. А недавние открытия учёных МГУ показали, что эти нано частицы могут быть использованы в качестве нанозимов (аналогов биологических катализаторов энзимов) [2]. Достаточно много работ той же самой группы представлено в области создания электрокаталитических сенсорных систем по определению перекиси водорода как маркера свежести продуктов, напитков, для определения концентрации глюкозы в крови.

Берлинская лазурь – это синий пигмент, смесь гексацианоферратов. [3] Структура: [4], [5]

Новизна работы в том, что систематически исследованы все свойства наночастиц берлинской лазури, дополнительно к исследованиям в Практикуме по нанотехнологиям [1]. Предложено изучение свойств пигмента, получение спектра и изучение кинетики реакции каталитического разложения перекиси водорода. Показана возможность выполнения всех экспериментов Практикума, уточнено, что рассмотреть в электронный микроскоп форму и размеры наночастиц, нанесённых на ткань, невозможно - видна структура ткани.

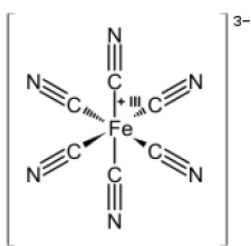
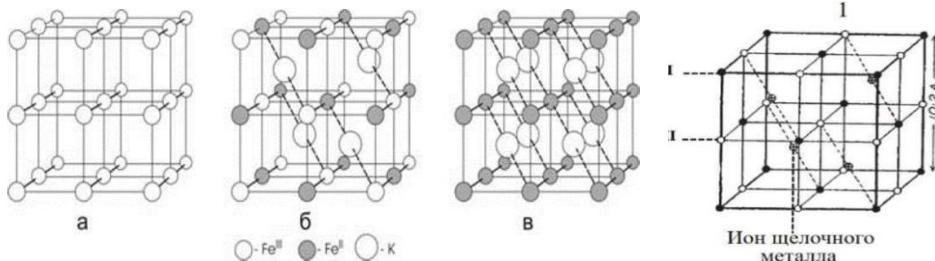


Схема 1 из википедии



Схемы структуры 2-3 из литературы [4], [5]

Основные результаты

Методика исследования зольей – если пропускать через золь луч лазера, то он образует конус при рассеянии на мелких частицах, если раствор истинный (ионный), то рассеяния и конуса не будет (эффект Тиндаля) [6].

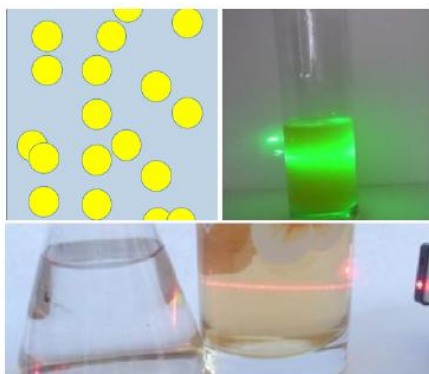


Рис.1. Методика исследования зольей

Во время первого эксперимента мы получили золь берлинской лазури синтезом растворов гексацианоферрата калия и хлорида железа. Пропущенный сквозь раствор луч лазера даёт конус, что говорит о том, что полученный раствор является золей.



Рис.2. Исходные вещества

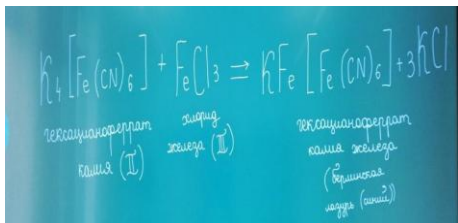


Рис.3. Уравнение реакции



Рис.4. Золь берлинской лазури



Рис.5. Эффект Тиндаля

Во время второго эксперимента мы выделили синий пигмент, сначала раствор профильтровали, потом высушили и частицы пигмента собрали шпателем.



Рис.6. Фильтрация



Рис.7. Получение пигмента



Рис.8. Синий пигмент

Пигмент смешали с водой, добавив немного лимонной кислоты.

Нарисовали картину к романсу «Ночь светла», отметили свойства синего пигмента: хорошо и очень быстро впитывается, покрывает поверхность как акварельная краска, отличие: тяжело размывается, можно сделать и бледный и насыщенный цвет.

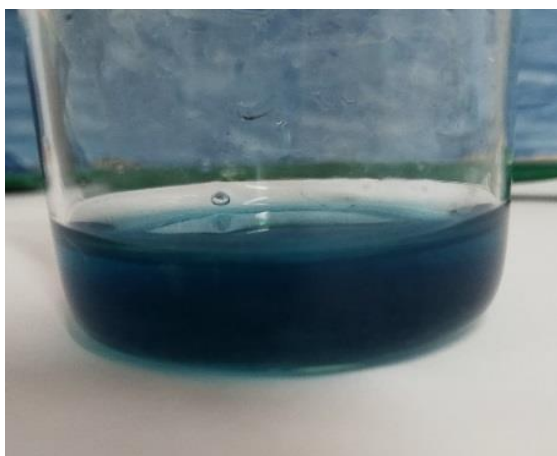


Рис.9. Золя наночастиц



Рис. 10. Картина к романсу, выполненная берлинской лазурью

Во время третьего эксперимента мы методом седиментации определили размер частиц берлинской лазури. Налили в стакан чистую воду, взболтали частицы и вылили в стакан, дождались полного оседания частиц, вычислили размер по формуле Стокса.[7]

Предположим, что в пробирку с водой падает частица. На неё действуют три силы:

- 1) сила тяжести $F_T = mg$, где m – масса частицы, g – ускорение свободного падения;
- 2) сила вязкого трения – формула Стокса $F_c = 6 \pi \eta r v$, где $\pi = 3,14$, η – вязкость воды, r – радиус частицы, v – установившаяся скорость
- 3) выталкивающая сила $F_b = \rho_{\text{воды}} g V$, где V – объём сферической частицы $\frac{4}{3} \pi r^3$, $\rho_{\text{воды}}$ – плотность воды.

При установившейся скорости $mg = F_c + F_b$

Выполнив преобразования, мы получаем формулу, позволяющую определить размер частицы.

$$\begin{aligned}
 mg &= F_c + F_b \\
 \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot g &= 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v + \rho_0 \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \\
 v &= \frac{H}{t} \\
 r^2 \cdot \left(\frac{4}{3} \rho - \frac{4}{3} \rho_0 \right) &= 6 \cdot \eta \cdot \frac{H}{t} \\
 r &= \sqrt{\frac{9 \eta \cdot H}{2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot t}}
 \end{aligned}$$

Измерили высоту стакана, время оседания, плотность раствора берлинской лазури, взяли из справочника данные – вязкость воды, плотность воды и ускорение свободного падения.



Рис.11. Седиментация

Результат. Получился размер наночастиц 200 нм. Чтобы получить частицы меньшего размера надо добавить больше лимонной кислоты при растворении пигмента в воде или изменить концентрационные условия получения гидрозоля.

Во время четвёртого эксперимента мы определили спектр поглощения раствора берлинской лазури. Для этого в спектрометр поставили пробирку с раствором лазури, прибор выдал спектр поглощения. В приборе падает луч белого цвета на пробирку, и измеряется с помощью современных датчиков спектр вышедшего луча.

Раствор поглощает в фиолетовом, жёлтом, оранжевом и красном участках видимого спектра, и пропускает голубой – спектр соответствует спектру наночастиц берлинской лазури, максимум поглощения соответствует длине волны 650-700 нм (красный цвет).

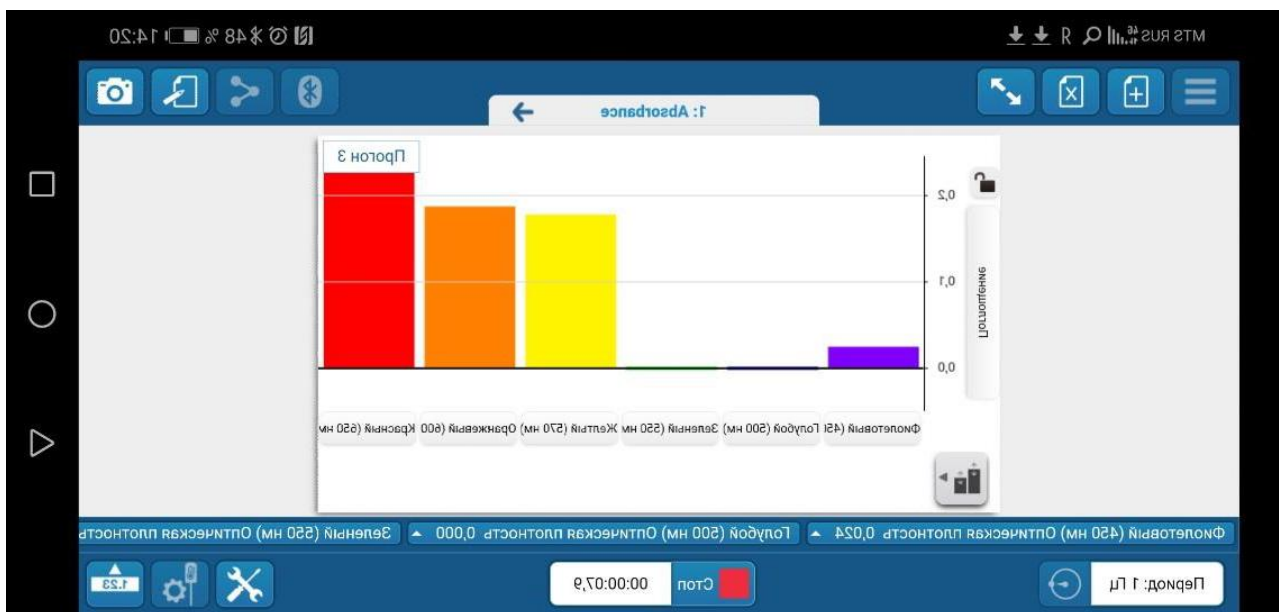


Рис.12. Диаграмма поглощения

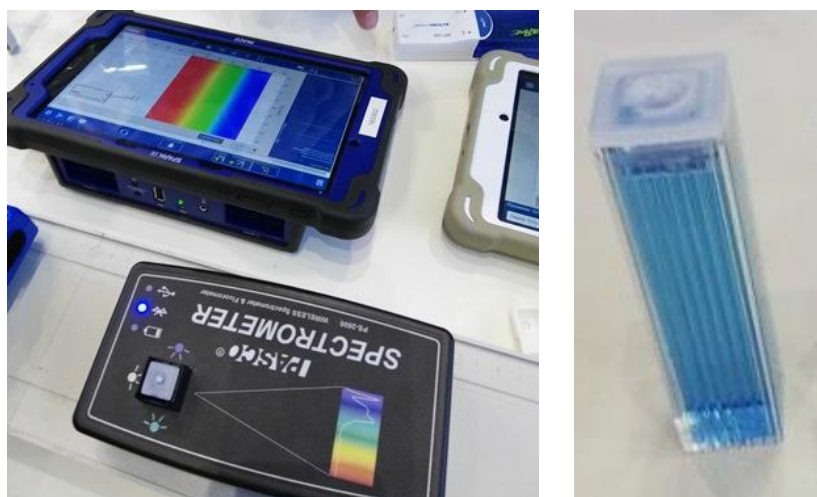


Рис.13. Спектрофотометр



Рис.14. Кривая поглощения раствора

Во время пятого эксперимента мы в процессе синтеза растворов гексацианоферрата калия, солей никеля и солей кобальта получили цветовую гамму зелей, что можно использовать в печати.

Также опустили белую хлопчатобумажную ткань в стаканы с этими растворами и нанесли наночастицы на ткань. Это является прототипом фильтра на основе наночастиц. (Но в электронный микроскоп наблюдать форму наночастиц невозможно, так как видна ткань).



Рис.16. Цветные золи

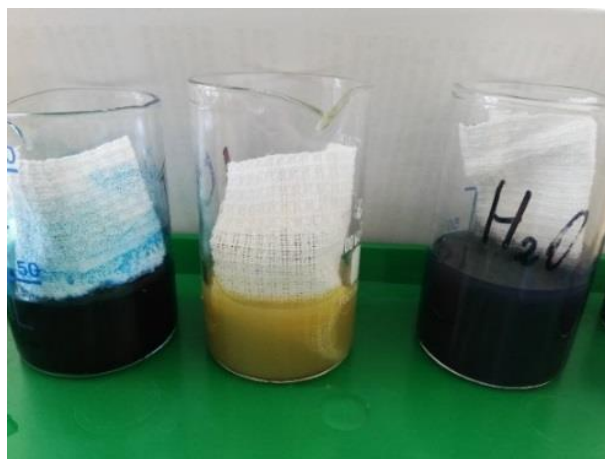


Рис.17. Нанесение наночастиц на ткань



Рис.18,19,20. Цветные ткани, красные – соли кобальта, жёлтые – соли никеля

Во время шестого эксперимента мы исследовали кинетику расщепления перекиси водорода под воздействием природного фермента и при участии наночастиц берлинской лазури.

Методика основана на законе сохранения массы вещества. Масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе продуктов реакции. Мы измерили исходную массу веществ. И смотрели на конечную массу веществ. Разница масс - это выделившийся кислород. Данная методика нам показалась проще в реализации в школьной лаборатории по сравнению с обычно используемым объеметрическим методом анализа.

Таблица 1. Измерения

Исходное вещество	3% перекись водорода	70 г
Масса чистого вещества	$\omega \times m$ раствора 0,03 x 70	2,1 г
Сколько кислорода должно выделиться по расчётам	68 г перекиси - 32 г кислорода 2,1 г перекиси --- x г кислорода $X = (32 \times 2,1) : 68$	1 г Выделится
Сколько вещества от реакции останется		$2,1 - 1 = 1.1$ г
Рассчитаем объём выделившегося кислорода при полном разложении	1 моль- 32 г- 22,4 литра при н.у. 1 г --- x литров за 12 часов 0,7 л= 700 мл 700 мл : 12= 58 мл в час	0,7 л = 700 мл

Перекись водорода накапливается при некоторых заболеваниях в клетках организма и ведёт к разрушению мембраны клетки (окислительный стресс) [8].

Наше исследование показало, что наночастицы могут быть успешно использованы также, как и фермент пероксидаза, что приведёт к их использованию в медицине. Такие наночастицы называются иногда нанозимами по аналогии с биологическими катализаторами – ферментами (энзимами).

Выводы, заключение, перспективы

1. Получен золь наночастиц берлинской лазури.
2. Выделен красящий пигмент, выполнен рисунок, выделены свойства пигмента: устойчивость, насыщенность цвета.
3. Методом седиментации определён размер наночастиц, он составил 200 нм.
4. С помощью спектрофотометра определён спектр поглощения.
5. Получена разнообразная цветовая гамма гексацианоферратов, которую можно использовать для струйной печати при использовании альтернативных катионов вместо железа (III).
6. Частицы нанесены на хлопчатобумажную ткань, что соответствует методике приготовления фильтров.
7. Исследована кинетика разложения перекиси водорода. Разложение перекиси водорода при использовании наночастиц берлинской лазури идёт интенсивнее, чем при использовании корня имбиря (фермент пероксидаза), что позволит использовать наночастицы берлинской лазури в медицине.

Все задачи проекта выполнены.

В перспективе при возможности можно посмотреть на форму наночастиц берлинской лазури в просвечивающий микроскоп.

Список цитированных источников

1. Щербаков А. Б., Иванов В. К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям. - М.: Издательство Московского Университета, 2019;
2. Наночастицы берлинской лазури оказались лучше хрена, электронный ресурс об открытии химиков МГУ, https://chrk.ru/news/nanochastitcy-berlinskoi-lazuri-okazalis-luchshekhrena?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop, просмотрено: 10.06.2019

3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Берлинская_лазурь, дата обращения 10.01.2020
4. https://studbooks.net/2288895/matematika_himiya_fizika/obzor_literatury, дата обращения 10.01.2020
5. Электронный ресурс, Диссертационная работа, Колмкова Мария <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKewjxwZSB1P3mAhXiwsQBHUt0CYMQFjAEegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fistina.msu.ru%2Fdownload%2F108888725%2F1fzkrw%3AZ4OGTWln5K24mvqEdEjqpNxum0c%2F&usg=AOvVaw0ZclY8h2146iX6XjU1JauJ>, дата обращения 18.01.2020
6. Эффект Тиндаля, электронный ресурс, https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%A2%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8F , дата обращения 12.06.2018
7. Озерянский В.А. и др. Познаём наномир. Бином, лаборатория знаний, 2017.
8. Окислительный стресс, электронный ресурс, https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81