

Изучение стабильности водных коллоидных растворов наночастиц кремния и золота

Шишкова Е.Ю. (ГБОУ лицей № 344)

Глухачев Р.Д. (ГБОУ лицей № 344)

Поздеев И.В. (ГБОУ лицей № 344)

Научный руководитель - Сенникова Д.В. (Университет ИТМО)

Введение. Коллоидные системы широко применяются в современном мире (производство косметики, еды, напитков, лекарств и тд) [1]. В такой системе одним из наиболее важных факторов является стабильность, ведь стабильность наночастиц способна оказывать влияние на их эффективность и срок, в рамках которого коллоид может быть успешно использован. Если наночастицы нестабильны, они могут быть подвержены коагуляции, что в конечном итоге приводит к изменению их оптических и физических свойств и делает их непригодными для использования по назначению [2].

Для того, чтобы работать с коллоидными системами эффективно, необходимо понимать, как долго нанодисперсная система остаётся стабильной, поскольку именно это определяет её пригодность к использованию. Чтобы определить стабильность, мы провели ряд исследований, направленных на изучение скорости коагуляции водных коллоидных растворов наночастиц кремния и золота.

Хотелось бы отметить, что проблема стабильности коллоидных растворов, в особенности кремния и золота, на данный момент изучена недостаточно. В исследованиях на схожую тематику для изучения стабильности в основном используются наночастицы меди [3,4], гексаферрита стронция [5], алюмоиттриевого граната [6] и т.д. Также, в отличие от использованного в данной работе метода Туркевича для получения золотых сферических наночастиц, в других исследованиях предпочтение отдается методам лазерной абляции [3], растворения стеклокерамического прекурсора [5], восстановления аммиакатов меди с помощью гидразина [4].

Основная часть. В ходе работы был осуществлен синтез золотых сферических наночастиц методом Туркевича, а также синтез кремниевых наночастиц методом импульсной лазерной абляции в жидкости (режим абляции: длина волны 1064 нм, мощность 18 Вт, частота 100 кГц, длина импульса 5 нс, время обработки – 5 мин. Абляция реализовывалась в чашке Петри). Был измерен дзета-потенциал коллоидов, в результате чего было обнаружено, что водный коллоид кремниевых наночастиц имел дзета-потенциал порядка -10.3 - -11 мВ, водный раствор сферических золотых наночастиц имел дзета-потенциал 9-10 мВ. Это свидетельствует об их недостаточной стабильности (дзета-потенциал стабильного коллоида составляет более +/- 30 мВ), а также о периоде их использования. Важно отметить, что спустя неделю пребывания коллоида в холодильнике образовалось приличное количество агрегатов. Это наглядно демонстрирует снимок, полученный при помощи SEM.

Помимо прочего был осуществлен анализ распределения размеров в растворах наночастиц кремния и золота. У золота оно более резкое и неравномерное, у кремния же – более плавное, что соответствует ожиданиям и демонстрирует правильность выполнения работы.

Одним из заключительных этапов работы стал анализ снимков коллоидных растворов, полученных при помощи оптического микроскопа, что позволило оценить уровень их стабильности и его изменение с течением времени. Важно отметить, что все растворы хранились в одинаковых условиях при температуре +4°C. Также перед всеми измерениями коллоиды помещались в ультразвуковую ванну для избавления от агломератов. Наиболее высокий уровень стабильности продемонстрировал образец чистых сферически наночастиц кремния, изготовленных за 21 день до проведения исследования (средний прирост «очагов коагуляции» - 11). Неплохой результат продемонстрировали другие образцы чистых сферических наночастиц кремния – 16 «очагов» в месяц и 12,5 за первую неделю. Менее стабильными оказался водный коллоид сферических наночастиц кремния, который, судя по

снимкам СЭМ, содержал значительное количество органических загрязнений, средний прирост агрегатов составил 33 в неделю. Анализ снимков подтвердил, что органические соединения выступают в коллоидах в качестве связующего компонента, провоцирующего коагуляцию. Золото демонстрирует не настолько хорошую стабильность: сферические наночастицы – 15 «очагов» за 9 дней.

Вывод. В работе были изучены различные способы измерения стабильности коллоидных растворов кремния и золота. Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод о том, что наночастицы золота менее стабильны, чем наночастицы кремния. Было выяснено, что «срок жизни» кремниевых наночастиц при правильном хранении превышает месяц, что свидетельствует о возможности их длительного использования и необходимости продолжить их изучение для выявления более точных границ срока применимости. Современные исследования в области нанотехнологий направлены на понимание механизмов агрегаций и разработку стратегий для повышения стабильности. Стабильные растворы — ключ к воспроизводимым результатам и успешному применению.

Список использованных источников:

1. Matusiak, J. Stability of colloidal systems – a review of the stability measurements methods / Matusiak, J., & Grządka, E. // *Annales - Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Sectio AA.* – 2017. - № 1. – P. 33-45.
2. Handbook of Laser Synthesis of Colloids / Barcikowski, Stephan & Amendola, Vincenzo & Marzun, Galina & Rehbock, Christoph & Reichenberger, Sven & Zhang, Dongshi & Gökce, Bilal. – duepublico, 2016. – 155 p.
3. Синтез и исследование стабильных коллоидных растворов наночастиц меди / Тюрнина А.Е., Шур В.Я., Козин Р.В., Кузнецов Д.К., Пряхина В.И., Бурбан Г.В. // *Физика твердого тела.* – 2014. - № 7. – С. 1379-1385.
4. Изучение стабильности коллоидных дисперсий наночастиц меди на основе додецилсульфата натрия / Беглецова Н. Н., Селифонова Е. И., Захаревич А. М., Чернова Р. К., Севостьянов В. П., Глуховской Е. Г. // *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия.* - 2019. - № 2. – С. 107-116.
5. Изучение стабильности водных коллоидных растворов магнитотвёрдых наночастиц гексаферрита стронция / Анохин Е.О., Трусков Л.А., Васильев А.В., Горбачев Е.А., Елисеев А.А., Казин П.Е. // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов.* — 2015. — № 7. — С. 22-30.
6. Стабилизация наночастиц алюмоиттриевого граната в коллоидных растворах / Горелова А.В., Коломиченко Н.С., Маньшина А.А., Михайлов М.Д., Семенча А.В. // *Современные проблемы науки и образования.* – 2013. – № 3. – С. 443.