

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Фізичний факультет

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра експериментальної фізики

(повна назва кафедри)

## Дипломна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Нанокompозити з наночастинками срібла»

«Nanocomposites with Silver nanoparticles»

Виконав: студент денної форми навчання  
напряму підготовки 6.040203 Фізика  
Завадський Владислав Вікторович

Керівник д.ф.-м.н., проф. Сминтина В.А. 

Рецензент к.ф.-м.н., Малушин М.В.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 10 від 06.06.2017 р.

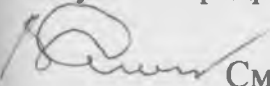
Захищено на засіданні ЕК № 1

протокол № 24 від 22.06.2017 р.

Оцінка добре / с / 76

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри



Сминтина В.А.

(підпис)

Голова ЕК



(підпис)

Калінчак В.В.

Одеса – 2017

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
1. Технологія отримання і властивості наночастинок срібла .....	5
1.1. Поверхневий плазмонний резонанс (ППР) в металах .....	5
1.2. Технологія синтезу наночастинок (НЧ) срібла .....	7
1.3. Оптичні властивості НЧ срібла .....	10
1.3.1. Взаємодія світла та НЧ срібла .....	10
1.3.2. Особливості флуорисценції поблизу поверхні НЧ срібла....	14
1.4. Антибактеріальні властивості НЧ срібла .....	16
2. Оптичні властивості наночастинок срібла з барвником метиленовим синім.....	18
2.1. Технологія отримання наночастинок срібла .....	18
2.2. Вплив концентрації $AgNO_3$ на поверхневий плазмонний резонанс наночастинок срібла .....	19
2.3. Дослідження поверхневого плазмонного резонансу наночастинок срібла після додавання барвника .....	20
2.4. Дослідження люмінесценції барвника метиленового синього з наночастинками срібла.....	24
Результати роботи та висновки.....	26
Література .....	27

## Вступ

Незвичайні оптичні властивості наночастинок (НЧ) срібла використовували ще словари часів Римської імперії. Доказом служить так званий кубок Лікурга (IV століття н.е.), який знаходиться в експозиції Британського музею. Детальне вивчення даного експоната, показало, що знаходяться в бронзовій оправі вставки з пофарбованого скла містять металеві НЧ (із середнім діаметром 40 нм), які складаються зі сплаву срібла (70%) і золота (30%) [1]. Цим обумовлено цікава властивість кубка приймати червоний колір в прохідному світлі і сіро-зелений - в відбитому.

Фундаментальні дослідження показали, що НЧ срібла володіють рідкісним поєднанням цінних якостей: унікальними оптичними властивостями, зумовленими ППР, високорозвиненою поверхнею, каталітичної активністю, високою ємністю подвійного електричного шару та ін. [2]. Завдяки цьому вони служать матеріалом для створення електронних, оптичних, сенсорних пристроїв нового покоління.

Крім того, антибактеріальні препарати (типу колларгола) на основі колоїдного срібла добре зарекомендували себе в медицині [3]. Срібло (Ag) в медичних цілях було зареєстровано ще в 10 столітті до н.е. Стародавні мудреці виявили, що зберігання води, оцту або вина в срібній посуд продовжує їх свіжість і час зберігання. Наночастки срібла мають напрочуд незвичайні фізичні, хімічні і біологічні властивості. Завдяки своїй сильній антибактеріальній активності, тонкі покриття з наносрібла використовуються для захисту поверхонь деяких імплантатів а також, наносрібло використовується для лікування ран і опіків. Таким чином, наносрібло стає все більш і більш перспективним антимікробним матеріалом для медичного використання і пов'язаних з ним додатках, в тому числі біосенсорах, для молекулярного маркування клітин і біомолекул, і для терапії раку.

Проте, на сьогоднішній день питання контрольованого синтезу НЧ срібла є не до кінця встановленими. Це пов'язано з тим, що на процес синтезу впливає багато параметрів: вибір матеріалу відновлення іонів срібла, встановлення оптимальних параметрів зростання НЧ.

Завданням роботи є дослідження характеру взаємодії наночастинок срібла з середовищем, процесів поглинання та випромінювання світла в нанокompозитах.

Метою даної роботи було отримання наночастинок срібла з проявленням поверхневого плазмонного резонансу, а також вивчення оптичних властивостей нанокompозитів в залежності від відносної концентрації компонентів.

## Результати роботи та висновки

Виявлено вплив параметрів синтеза на поверхневий плазмонний резонанс наночастинок срібла. В результаті були отримані дані про вплив концентрації реагентів.

Показано, що найбільшу інтенсивність ППР мають зразки наночастинок з концентрацією нітрата срібла  $6 \cdot 10^{-4}$  М.

Вивчено поглинання зразків наночастинок срібла з додаванням у них барвника (метиленового синього). Встановлено, що в короткохвильовій області (ППР) спостерігалось збільшення оптичної густини зразків НЧ срібла. В довгохвильовій області спектру, спостерігався додатковий максимум оптичної густини барвника, що пов'язаний з утворенням агрегатів метиленового синього (асоціати молекул барвника).

Виявлено, що інтенсивність люмінесценції зменшується, із збільшенням концентрації  $\text{AgNO}_3$  в композиті, що пов'язано з впливом додаткової структуризації барвника.



## ЛІТЕРАТУРА

1. D.J.Barber, I.C.Freestone. An investigation of the origin of the colour of the Lycurgus Cup by analytical transmission electron microscopy // *Archaeometry*. – 1990. - Vol. 32, no. 1. – P. 33.
2. Chen G., Wang Y., Yang M., Xu J., Goh S. J., Pan M., Chen H. Measuring Ensemble-Averaged Surface-Enhanced Raman Scattering in the Hotspots of Colloidal Nanoparticle Dimers and Trimers // *Journal of the American Chemical Society*. - 2010. - Vol. 132. - P. 3644–3645.
3. Хмель И.А., Кокшарова О.А., Радциг М.А. Антибактериальные эффекты ионов серебра: влияние на рост грамотрицательных бактерий и образование биопленок // *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. – 2009. – № 4. – С. 27–31.
4. Перлин Е. Ю., Вартанян Т. А., Федоров А. В. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: учеб.пос.– СПб. :СПбГУ ИТМО, 2008. – 216 с.
5. Vedraïne S., Gernigon V., Torchio Ph., Flory F., Heiser T., Leveque P., Escoubas L. Surface plasmon effect on metallic nanoparticles integrated in organic solar cells // *Proceedings of SPIE*. – 2011. – Vol. 172. – P. 1–7.
6. Kamat P.V. Photophysical, photochemical and photocatalytic aspects of metal nanoparticles // *The Journal of Physical Chemistry* . – 2002. – Vol. 106. – P. 7729–7744.
7. Turkevich J., Stevenson P. C., Hiller J. A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold // *Discussions of the Faraday Society*. - 1951. – Vol.11. - P. 55-75.
8. Jin R., Cao Y.W., Mirkin C.A., Kelly K.L., Schatz G.S., Zheng J.G., Photoinduced conversion of silver nanospheres to nanoprisms // *Science*. - 2001. – Vol .294. - P. 1901-1903.
9. Y.Xiong, I. Washio, J.Chen, M.Sadilek, Y.Xia. Trimeric clusters of silver in aqueous AgNO<sub>3</sub> solutions and their role as nuclei in forming triangular

- nanoplates of silver // *Angew Chem Int Ed Engl.* - 2007. - Vol. 46, no 26. – P. 4917-21.
10. Крутиков Ю. А., Кудринский А. А., Олейник А. Ю., Лисичкин Г. В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // *Успехи химии.* - 2008. - Т. 77, № 3. - С. 242-269.
11. Дементьева О.В., Мальковский А.В., Филиппенко М.А., Рудой В.М. Сравнительное исследование свойств гидрозолей серебра, полученных цитратным и цитрат-сульфатным методами // *Коллоидный журнал.* - 2008. - Т.70, №5. – С. 607- 619.
12. J.J.Mock, M.Barbic, D.R.Smith, D.A.Schultz, S.Schultz. Local Refractive Index Dependence of Plasmon Resonance Spectra from Individual Nanoparticles // *The Journal of Physical Chemistry.* – 2003. - Vol. 3, №4. – P. 485-491.
13. D.D.Evanoff Jr., G.Chumanov. Measuring the Distance Dependence of the Local Electromagnetic Field from Silver Nanoparticles // *ChemPhysChem.* - 2005. - Vol. 6. – P. 1221.
14. O. Stranik, R. Nooney, C. McDonagh, B.D. McCraith. Optimization of nanoparticle size for plasmonic enhancement of fluorescence // *Plasmonick.* – 2007. - Vol. 2. - P. 15.
15. J.J. Mock, M.Barbic, D.R. Smith, D.A. Shultz, S. Shultz. Shape effects in plasmon resonance of individual colloidal silver nanoparticles // *The Journal of Physical Chemistry.* – 2002. - Vol. 116, №15. – P. 6755-6759.
16. M.H. Chowdhury, K. Aslan, S.N. Malyn, J.R. Lakowicz, C.D. Geddes. Metal-enhanced chemiluminescence // *Journal of Fluorescence.* – 2006. - Vol. 16. – P. 295
17. K. Kneipp, Y.Wang, H. Kneipp, L.T. Perelman, I. Itzkan, R.R, Dasari, M. Feld. Single molecule detection using surface-enhanced Raman scattering (SERS) // *Physical Review Letters.* – 1997. - Vol. 78. P. 1667-1670

18. K.I.Batarseh. J. Antimicrob. Anomaly and correlation of killing in the therapeutic properties of silver (I) chelation with glutamic and tartaric acids // *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2004. - Vol. 54. P. 546
19. G.D.Wright. Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification // *Advanced Drug Delivery Reviews*. – 2005. – Vol. 57. – P. 1451.
20. J.R.Morones, J.L.Elechiguerra, A.Camacho, K.Holt, J.B.Kouri, J.T.Ramirez, M.J.Yacaman. The bactericidal effect of silver nanoparticles // *Nanotechnology*. – 2005. – Vol. 16. – P. 2346.
21. I.Sondi, B.Salopek-Sondi. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2004. – Vol. 275, №1. P. 177.
22. C.-N.Lok, C.-M.Ho, R.Chen, Q.-Y.He, W.-Y.Yu, H.Sun, P.K.-H.Tam, J.-F.Chiu, C.-M.Che. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities // *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. – 2007. –Vol. 12. – P. 527.
23. J.Fu, J.Ji, D.Fan, J.Shen. J. Biomed. Construction of antibacterial multilayer films containing nanosilver via layer-by-layer assembly of heparin and chitosan-silver ions complex. // *Journal of Materials Research*. – 2006. – Vol. 79, №3. – P. 665.
24. J.-W.Rhim, S.-I.Hong, H.-M.Park, P.K.W.Ng. Preparation and characterization of chitosanbased nanocomposite films with antimicrobial activity // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 54, № 16. - P. 5814.