بررسی تأثیر نانوذرات طلا، نقره و مس بر بیناب‌های جذب و فلورسانس رنگ رودامین B

محمد برزن، رضا گودرزی

پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران

چکیده – بیناب‌های جذب و فلورسانس رنگ رودامین B در غیاب و حضور نانوذرات طلا، نقره و مس بررسی شده است. ضریب جذب رنگ در مجاورت با نانوذرات مذکور افزایش می‌یابد. به‌دلیل هم‌پوشانی بینابی جذب نانوذرات طلا و فلورسانس رنگ، انرژی از رنگ به نانوذرات منتقل شده و فروکشانی شدت فلورسانس محلول رنگ- نانوذرات طلا نسبت به حالت رنگ خالص روی می‌دهد. با این حال، نانوذرات نقره و مس سبب افزایش شدت فلورسانس رنگ می‌شود. افزایش بالاتر شدت فلورسانس رنگ در مجاورت نانوذرات نقره نسبت به نانوذرات مس ناشی از هم‌پوشانی بیشتر بیناب‌های جذب رنگ و نانوذرات نقره است.

کلید واژه- کندوسوز لیزری، رنگ رودامین B، نانوذرات طلا، نانوذرات مس و نانوذرات نقره.

Investigation the Influence of Gold, Silver and Copper Nanoparticles on the Absorption and Fluorescence spectra of Rhodamine B Dye

Mohammad Barzan, Reza Goodarzi

Photonics and Quantum Technologies Research School, NSTRI, Tehran, IRAN

Abstract- Absorption and fluorescence spectra of Rhodamine B dye in the absence and presence of gold, silver and copper nanoparticles, are investigated. Because of the spectral overlapping of gold nanoparticles' absorption and dye's fluorescence, energy transfer from dye to nanoparticles has occurred and fluorescence of dye-gold nanoparticles mixture as compared with dye alone, is quenched. However, silver and copper nanoparticles caused by fluorescence enhancement of dye. Higher enhancement of the fluorescence intensity of Rhodamine B dye in the proximity of silver nanoparticles respects to copper nanoparticles due to the higher spectral overlapping of dye's and silver nanoparticles' absorption.

Keywords: Laser Ablation, Rhodamine B Dye, Gold Nanoparticles, Silver Nanoparticles and copper Nanoparticles.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]

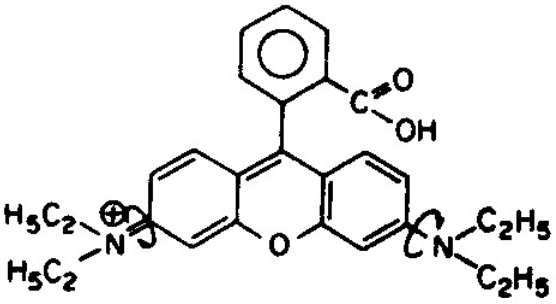
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باش

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات فلزی به‌عنوان ابزاری جهت تغییر پارامترهای فلورسانس رنگ‌ها گسترش یافته است[۴-۱]. با قرار گرفتن رنگ در مجاورت نانوذره و با توجه به انتقال انرژی از رنگ به نانوذره یا بالعکس، شدت قله فلورسانس به‌ترتیب کاهش یا افزایش می‌یابد. همچنین، تغییر مشخصات محل و پهنای قله جذب و فلورسانس از اثرات بعدی این همجواری می‌باشد[۵].

به‌دلیل قرارگرفتن قله جذب نانوذرات فلزی طلا و نقره در ناحیه مرئی، این نوع نانوذرات برای کاربردهای نوری بسیار مناسب می‌باشند. همچنین، قله جذب نانوذرات مس در ناحیه فرابنفش قرار می‌گیرد. در نتیجه‌ی تحریک‌های نوری الکترون‌های رسانشی، نوسانات تجمعی ایجاد می‌شوند که به آن، تشدید پلاسمونی سطحی(SPR)گفته می‌شود[۶]. SPR مشخصه‌ی بارز جذب در نانوذرات است.

رنگ رودامینB متعلق به خانواده زانتن بوده و ساختار مولکولی آن دارای سه حلقه بنزنی در امتداد هم می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده‌است.



شکل۱: طرح‌واره ساختار مولکولی رودامینB.

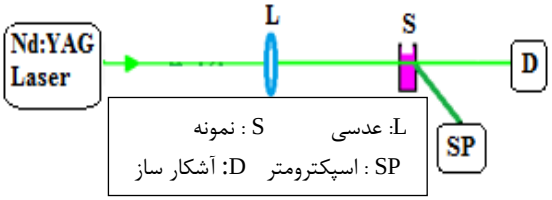
با توجه به ارائه گزارش‌های پیشین گروه برزن و همکاران در زمینه تغییر مشخصات جذب رنگ کومارین۵۰۰ در حضور نانوذرات طلا و نقره[۷] و نیز تصحیح ویژگی فلورسانس رنگ رودامین۶۱۰ در حضور نانوذرات طلا[۸]، این مطالعه، سعی دارد تا بینابهای جذب و فلورسانس رنگ رودامینB با و بدون حضور نانوکلوئیدهای فلزی طلا، نقره و مس را بررسی نماید. مطالعه بینابهای مذکور پس از آماده‌سازی محلول رنگ رودامینB و سنتز نانوذرات فلزی به روش کندوسوز لیزری، انجام شده‌است.

۲- بررسی تجربی

در این تحقیق، کلوئید نانوذرات طلا، نقره و مس با استفاده از روش کندوسوز لیزری در آب بدون یون تولید شده‌اند. بدین منظور، ورقه‌های طلا و نقره و نیز سکه مسی با خلوص بالای ۹۹ درصد در آب بدون یون قرار گرفته و از هماهنگ اصلی لیزر تپی نئودیمیوم-یاگ سوئیچ Q فعال در طول‌موج ۱۰۶۴ نانومتر، پهنای تپ ۲۰ نانوثانیه و نرخ تکرار ۱۰ هرتز جهت کندوسوز استفاده شده‌است. جهت تهیه کلوئیدهای نانوذرات طلا، نقره و مس میانگین انرژی تپ به‌ترتیب ۱۰۰، ۹۰ و ۸۰ میلی‌ژول بر تپ بوده که به مدت ۲۰ دقیقه تحت تابش باریکه لیزری قرار گرفته‌است[۹و۱۰].

غلظت محلول رنگ رودامینB در حلال آب بدون یون، ۰/۱ میلی‌مولار است. همچنین، محلول نانوذرات-رنگ با ترکیب نانوکلوئیدها در نسبت حجمی یکسان با محلول رنگ رودامین B تهیه می‌شوند.

پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، بینابهای فلورسانس آن‌ها بررسی می‌شوند. چیدمان اندازه‌گیری فلورسان نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است.



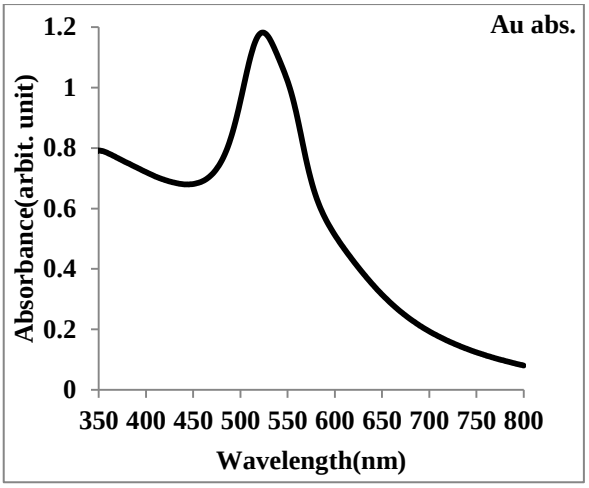
شکل۲: چیدمان اندازه‌گیری بینابهای فلورسانس رنگ رودامینB با و بدون نانوکلوئیدهای فلزی.

۳- نتایج و بحث

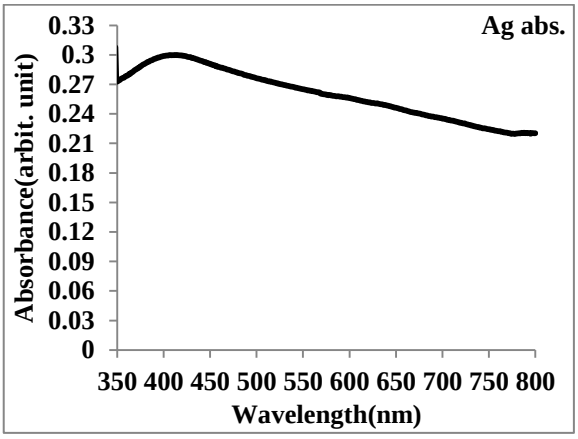
بینابهای جذب نوری محلول نانوذرات طلا، نقره و مس به ترتیب در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌ها نیز مشاهده می‌شود، به‌دلیل تشدید پلاسمون سطحی، قله جذبی در نانوذرات طلا، نقره و مس به‌ترتیب پیرامون طول‌موج ۵۲۵، ۴۰۰ و ۲۱۲ روی می‌دهد که نشان‌دهنده تشکیل نانوذرات در محیط آبی است. همچنین، نانوذرات طلا، نقره و مس به‌ترتیب دارای پهنای نوار جذب ۵۵، ۸۰ و ۱۰ نانومتر و ضریب جذب ۱/۱۸، ۰/۲۹ و ۰/۴۹ می‌باشند.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

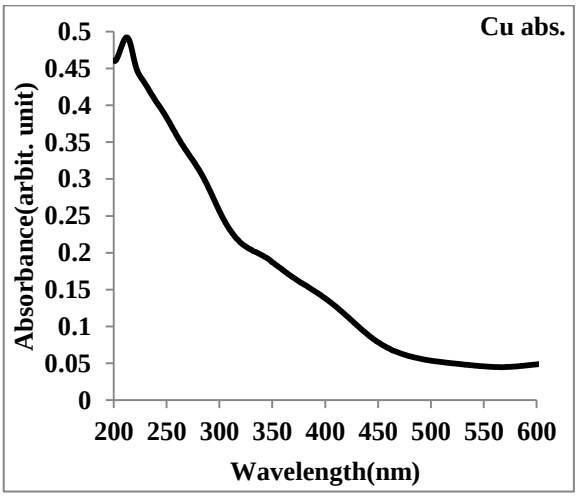
[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]



شکل ۳: بیناب جذب نوری محلول نانوذرات طلا.

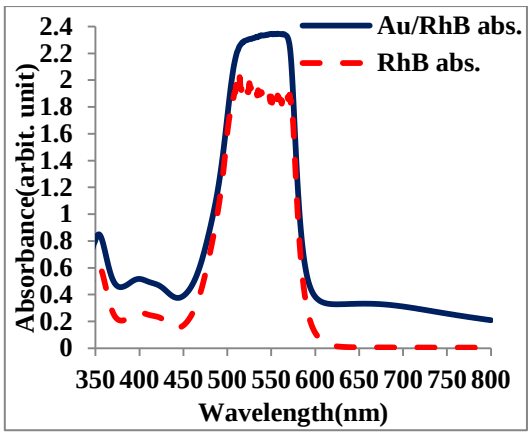


شکل ۴: بیناب جذب نوری محلول نانوذرات نقره.

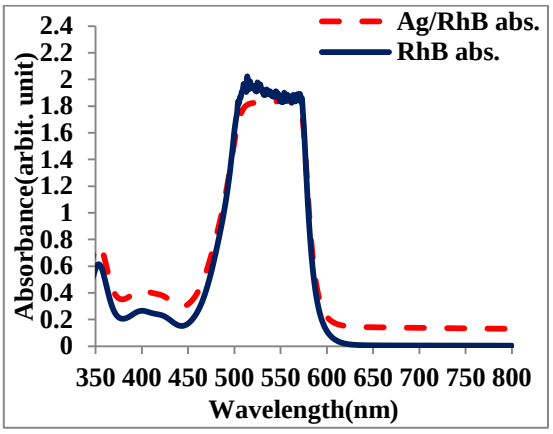


شکل ۵: بیناب جذب نوری محلول نانوذرات مس.

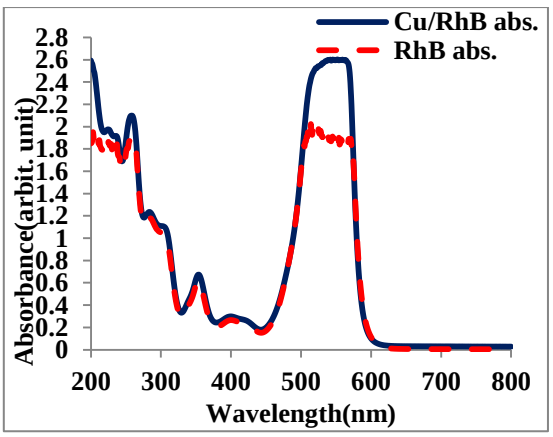
در شکل‌های ۸-۶، به‌ترتیب بیناب جذب نوری محلول رنگ رودامینB در غیاب و حضور نانوذرات طلا، نقره و مس نشان داده شده است.



شکل ۶: بیناب جذب نوری محلول رنگ رودامینB (خط-چین) و محلول نانوذرات طلا-رنگ رودامینB (خط کشیده).



شکل ۷: بیناب جذب نوری محلول رنگ رودامینB (خط-چین) و محلول نانوذرات نقره-رنگ رودامینB (خط کشیده).



شکل ۸: بیناب جذب نوری محلول رنگ رودامینB (خط-چین) و محلول نانوذرات مس-رنگ رودامینB (خط کشیده).

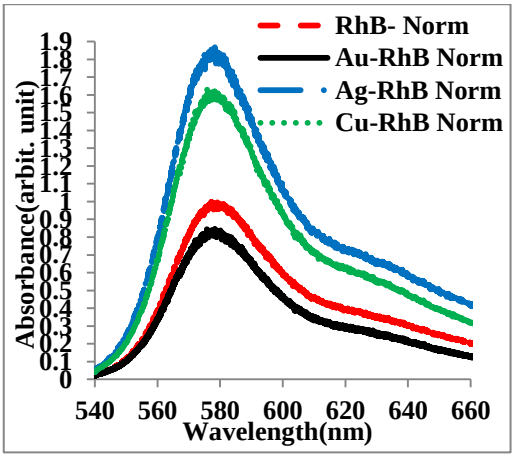
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باش

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]

برطبق شکل‌های ۸-۶، بیناب جذب رنگ رودامینB در طول‌موج ۵۲۵ نانومتر دارای قله جذبی با پهنای نوار ۸۸ نانومتر می‌باشد. اما، حضور نانوذرات طلا، نقره و مس بدون آن‌که تغییری در مکان قله و پهنای نوار جذب ایجاد کنند، سبب افزایش ضریب جذب رنگ می‌شوند.

با مقایسه شکل‌های ۳ و۶، در طول‌موج بلندتر نوار اضافی جذب مشاهده می‌شود که دال بر ایجاد لایه‌ای دی‌الکتریک پیرامون نانوذرات طلا می‌باشد. به‌دلیل شکل نگرفتن کامل لایه، میزان نوار اضافی جذب در ترکیب رنگ با نانوذرات نقره (شکل ۷) اندک بوده و نیز در مورد ترکیب رنگ-نانوذرات مس حذف نوار طول‌موجی بلند بیانگر عدم تشکیل لایه دی‌الکتریک پیرامون نانوذرات مس است که در منحنی شکل ۸ نیز نشان داده شده‌است.

بیناب فلورسانس محلول رنگ رودامینB و محلول رنگ-نانوذرات طلا، -نانوذرات نقره و -نانوذرات مس در شکل ۹ نشان داده شده‌است. بیناب فلورسانس محلول رنگ رودامینB در طول‌موج پیرامون ۵۷۷ نانومتر دارای قله فلورسانس با پهنای نوار ۴۴ نانومتر می‌باشد. حال آنکه شدت فلورسانس محلول رنگ-نانوذرات طلا با ثابت بودن مکان قله و پهنای نوار، کاهش می‌یابد. در واقع، هم‌پوشانی بینابی جذب نانوذرات طلا با فلورسانس رنگ منجر به انتقال انرژی از رنگ به نانوذرات شده و در نتیجه، فروکشانی فلورسانس رنگ رودامینB را به همراه دارد.



شکل ۹: بیناب فلورسانس محلول رنگ رودامینB (رنگ قرمز) و محلول نانوذرات طلا-رنگ(رنگ مشکی)، نانوذرات نقره-رنگ(رنگ آبی) و نانوذرات مس-رنگ(رنگ سبز).

بر طبق شکل ۹، افزایش شدت فلورسانس رنگ رودامینB در مجاورت با نانوذرات نقره و مس مشاهده می‌شود. به‌دلیل هم‌پوشانی بیشتر جذب رنگ با نانوذرات نقره نسبت به نانوذرات مس، مقدار افزایش شدت رنگ در مجاورت نانوذرات نقره بیشتر از نانوذرات مس است.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، با بررسی بیناب‌های جذب و فلورسانس رنگ رودامینB با و بدون حضور نانوکلوئیدهای طلا، نقره و مس مشاهده شد که اضافه شدن نانوذرات فلزی میزان جذب رنگ را تغییر می‌دهد. فروکشانی فلورسانس محلول رنگ-نانوذرات طلا ناشی از هم‌پوشانی بیناب‌های جذب نانوذرات و فلورسانس رنگ و نیز حضور نانوذرات نقره و مس سبب افزایش فلورسانس رنگ می‌شود.

مراجع

[۱] Y. Xu, K. Meehan, B.J. Love, N. G. Love, and K. A. Linares, "pH Dependent Changes in the Optical Properties of Surface Modified Gold Nanoparticles Using Bovine Serum Albumin Coating, *Proc. Nanotechnology 2004*, **1**, (2004),15-18,.

[۲] S. Link, Mostafa A. El-Sayed, "Shape and size dependence of radiative, non-radiative and photothermal properties of gold nanocrystals, *Int. Reviews in Physical Chemistry*, **19**, (2000), 409-453.

[۳] A. C. Booker,"Optical Characterization and Evaluation of Dye-Nanoparticle Interactions, Thesis (2006).

[٤] M. A. Noginov, M. Vondrova, "Spectroscopic studies of liquid solutions of R6G laser dye and Ag nanoparticle aggregates, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 7, (2005), S219–S229.

[٥] E. Dulkeith, A. C. Morteani, T. Niedereichholz, T. A. Klar, J. Feldmann,S. A. Levi, F. C. J. M. van Veggel, D. N. Reihoudt, M.Moller, and D. I. Gittins, "Fluorescence quenching of dye molecules near gold nanoparticles: radiative and nonradiative effects" Phys. Rev. Lett. **89**, 203002-203005 (2002).

[٦] P. N. Prasad, "*Nanophotonics*. Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2004.

[۷] محمد برزن، فرشته حاج اسماعیل‌بیگی، یاسمن گلیان و اسماءالسادات معتمدی،"بررسی مشخصات جذب نانوذرات طلا و نقره و تأثیر آن‌ها بر جذب رنگ کومارین۵۰۰"، چهارمین کنفرانس لیزر و کاربردهای آن، آبان‌ماه ۱۳۹۵.

[۸] محمد برزن، فرشته حاج اسماعیل‌بیگی، یاسمن گلیان و اسماءالسادات معتمدی،"بررسی نظری و تجربی پارامترهای فلورسانس رنگینه رودامین۶۱۰ نانوذرات فلزی طلا"،کنفرانس فیزیک ایران، شهریورماه ۱۳۹۲.

[۹] F. Hajiesmaeilbaigi, A. Motamedi, and M. Ruzbehani, "Synthesis and Characterization of Composite Au/TiO2 Nanoparticles by Laser Irradiation, Laser Physics. **20**, (2010), 2.

[۱۰] F. Hajiesmaeilbaigi and A. Motamedi, "Synthesis of Au/Ag alloy nanoparticles by Nd: YAG laser irradiation, Laser Phys. Lett. 4, (2007), 133–137.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]