



# آماده سازی تک مرحله‌ای و شناسایی نقاط کوانتومی گرافن اکساید و بررسی اثر تیواوره و آمونیا (S,N) بر ویژگی نوری نقاط کوانتومی سنتز شده

احمد ضیاء شیرزاد<sup>۱</sup> | حکیمه زارع<sup>۱\*</sup> | زهرا شاهدی<sup>۱</sup> | فاطمه استواری<sup>۱</sup> | یوسف فضائی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، یزد

<sup>۲</sup> پژوهشکده علوم و فنون هسته‌ای، کرج، استان البرز

**چکیده:** نقاط کوانتومی گرافن اکساید (GOQD) نورتاب، توجه زیادی از دانشمندان را در علم شیمی، مواد، زیست فناوری و فیزیک، به دلیل پایداری فوق العاده‌اشان، ویژگی الکتروشیمیایی، نوری عالی و سمیت کم به خود جلب کرده‌اند. در این پژوهش، نقاط کوانتومی گرافن اکساید با استفاده از یک روش ساده و مستقیم آب گرمایی تهیه شدند. در ادامه، برای افزایش و تغییر نورتایی، نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با نیتروژن (N) و سولفور (S) در حضور تیواوره و آمونیا به صورت تک مرحله‌ای و ساده سنتز شدند. نقاط کوانتومی بوسیله طیف سنجی فرورسوخ تبدیل فوریه، طیف جذبی فرابنفش-مرئی و فوتولومینسانس و میکروسکوپ الکترونی عبوری شناسایی شدند. نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده N و S برخلاف نقاط کوانتومی گرافن اکساید پایه دارای نورتایی آبی و دارای شدت بالاتری نسبت به همتای پایه خود دارند. بخاطر این ویژگی برجسته لومینسانس نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده N و S می‌توانند برای تصویربرداری پزشکی و سایر کاربردهای نوری استفاده شوند.

**واژه‌های کلیدی:** گرافن اکساید، نقاط کوانتومی، نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N و S، طیف‌سنجی فرابنفش-مرئی، فوتولومینسانس.

[hzare@yazd.ac.ir](mailto:hzare@yazd.ac.ir)

ذاتی آنها از جمله خصوصیات الکترونیکی، خصوصیات شیمیایی سطحی و موضعی را تنظیم کند [۴ و ۶-۹]. اتم‌های N و S با داشتن یک اندازه اتمی قابل مقایسه و پنج و شش الکترون ظرفیت برای پیوند با اتم‌های کربن به ترتیب، به طور گسترده‌ای برای دوپینگ شیمیایی نانومواد کربنی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۰-۱۲]. به عنوان مثال، نانولوله‌های کربنی با دوپینگ (N-N) (CNTs)، فعالیت‌های الکتروکاتالیستی بسیار مؤثر را برای واکنش کاهش اکسیژن (ORR) نشان داد [۱۲-۱۴]. فعالیت الکتروکاتالیستی مشابهی با دوپینگ اتم S روی نانومواد کربنی نیز مشاهده شده است [۱۵]. به طور مشابه، دوپینگ گرافن اکساید با جایگزینی اتم‌های ناهمگن N و S می‌تواند به طور

## ۱- مقدمه

توسعه نقاط کوانتومی با ویژگی قابل کنترل، امکان ساخت و طراحی دستگاه‌های جدید با خصوصیات و عملکردهای فوق العاده را فراهم می‌آورد. به تازگی، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه‌های تجربی و نظری در سنتز نقاط کوانتومی صفر بعدی گرافن اکساید با داشتن ویژگی شگفت انگیز در ارتباط با اثرات محدودیت کوانتومی و لبه‌ای انجام شده است [۱-۵]. در نتیجه، توجه فوق‌العاده‌ای به سمت توسعه روش‌های شیمیایی متفاوت برای سنتز قابل کنترل نقاط کوانتومی گرافن اکساید شده است که دارای ویژگی پذیرنده الکترونی و نورتایی سبز هستند. دوپینگ نانومواد کربن با اتم‌های ناهمگن می‌تواند به طور مؤثر ویژگی

موثری شکاف انرژی تنظیم شده گرافن اکساید با ویژگی جدیدی را برای کاربردهای دستگاهی معرفی کند [۵، ۱۶-۲۰].

با توجه به اثرات محدودیت‌های کوانتومی و لبه‌ای قابل توجه نقاط کوانتومی گرافن اکساید صفر بعدی دوپینگ شده با پیوند شیمیایی اتم‌های N و S می‌توانند ویژگی‌های الکترونیکی آنها را به شدت تغییر داده و مکان‌های فعال تری ارائه دهند. بنابراین، پدیده‌های جدید و ویژگی غیرمنتظره‌ای ایجاد می‌شود. تا آنجا که ما آگاه هستیم، تلاشی کمی برای سنتز نقاط کوانتومی اکساید گرافن‌های دوپ شده با N و S ((N,S)GOQDs) انجام شده است. از اینرو، ویژگی نوری بی‌نظیر آنها تقریبی ناشناخته است. در راستای پژوهش‌هایی در مورد نقاط کوانتومی اکساید گرافن و نانومواد کربن دوپ شده با N و S، ما در اینجا یک روش ساده تک مرحله‌ای برای آماده سازی آسان (N,S)-GOQD را گزارش می‌کنیم و تأثیر ترکیب اتصال باند S و N بر ریزساختارها و عملکرد نورتایی و جذب را بررسی می‌کنیم. نقاط کوانتومی اکساید گرافن‌های دوپ شده با N و S با استفاده از روش آب گرمایی آسان از طریق افزودن پودر تیواوره و آمونیا تهیه شد. نتایج نشان داد که افزودن N و S منجر به نورتایی بهتر می‌شود که می‌تواند برای تصویربرداری پزشکی و سایر کاربردهای نوری استفاده شوند.

## ۲- بخش تجربی

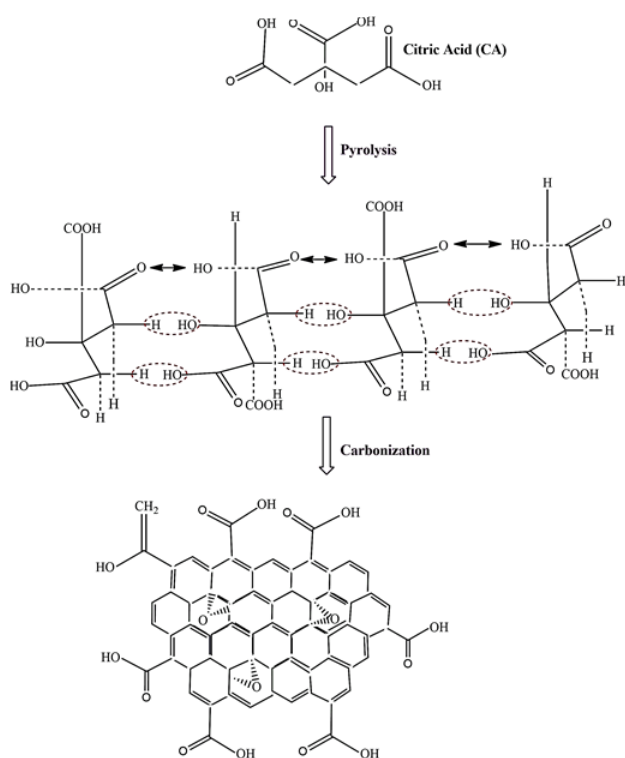
**مواد مصرفی:** اسید سیتریک، هیدروکسید سدیم، تیواوره، آمونیا و اتانول از مرک خریداری شده است.

### ۲-۱ سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید

نقاط کوانتومی گرافن اکساید به طور مستقیم با پیرولیز کردن اسید سیتریک سنتز شد (شکل ۱) [۲۱-۲۴]. بطور خلاصه در این روش مقدار معینی اسید سیتریک را حرارت دهی کرده تا دما به  $200^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد برای پنج دقیقه در این دما جوشانده می‌شود. سپس، محلول هیدروکسید را به آن می‌افزاییم. سپس با افزودن محلول سدیم، pH مربوط به ماده را اندازه می‌گیریم و زمانی که به حدود ده رسید، ماده مطلوب آماده است. ماده به دست آمده را با اتانول شستشو و گریزانه می‌کنیم. در ادامه، در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  آن را خشک می‌کنیم.

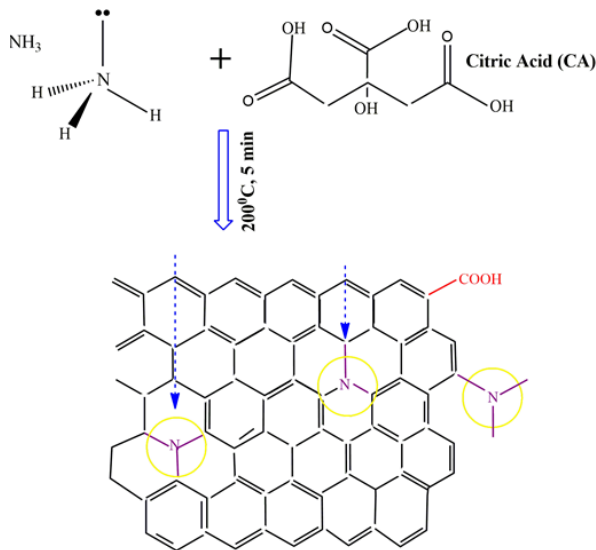
### ۲-۲ سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S

برای سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S، مقدار معینی از تیواوره و اسید سیتریک به نسبت ۴:۱ مخلوط و در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  درجه به مدت پنج دقیقه می‌جوشانیم. سپس، محلول NaOH به آن افزوده تا به pH معین ۱۰ برسد (شکل ۲). ماده به دست آمده را با اتانول شستشو و گریزانه و در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  آن را خشک می‌کنیم.



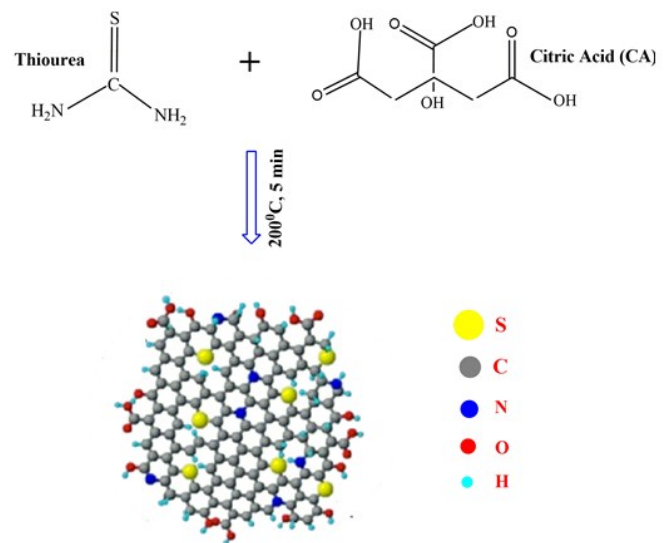
Graphene oxide quantum dots (GOQDs)

شکل ۱: طرح‌واره از سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید



N Doped Graphene Oxide Quantum Dots (N-GODs)

شکل ۳: طرح واره از سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N



S Doped Graphene Oxide Quantum Dots (S-GOQDs)

شکل ۲: طرح واره از سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S

## ۳- نتایج و بحث

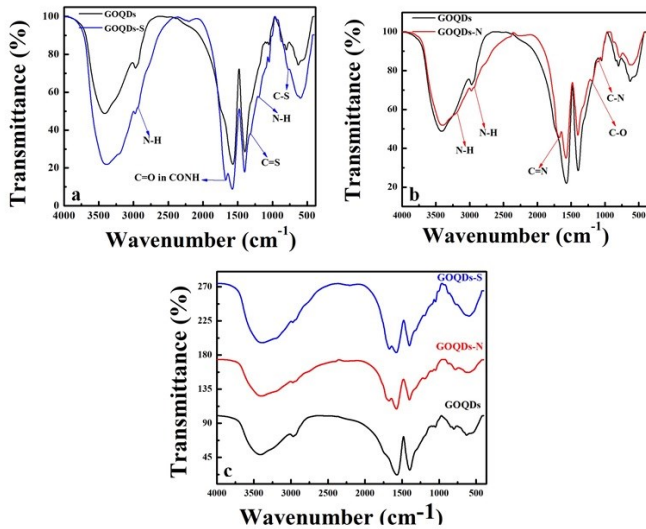
### ۳-۱ آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری یکی از روش‌های موثر در تعیین اندازه ذرات است که می‌تواند اطلاعات کمی و کیفی مفیدی را در اختیار ما قرار دهد، بنابراین، برای فهمیدن ریخت-شناسی و اندازه نقاط کوانتومی گرافن اکساید، آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری گرفته شد. شکل (۴) آنالیز TEM نقاط کوانتومی گرافن اکساید را نشان می‌دهد. اندازه ذرات کروی کمتر از ۵ نانومتر بوده و تقریباً همگی به یک اندازه هستند. توزیع ذرات نقاط کوانتومی گرافن اکساید بر شکل TEM آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، قطر درصد بیشتر ذرات با استفاده از نرم افزار Image-J در حدود ۱/۵ نانومتر به دست آمد. نتایج TEM نشان می‌دهد که GOQD بطور مناسب در آب با موفقیت پخش می‌شوند [۲۳-۲۶].

### ۳-۲ سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N

برای سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N، مقدار معینی از آمونیا و سیتریک اسید به نسبت ۴:۱ مخلوط و در دمای ۲۰۰ °C به مدت پنج دقیقه می‌جوشانیم. سپس، محلول NaOH به آن افزوده تا به pH معین ۱۰ برسد (شکل ۳). ماده به دست آمده را با اتانول شستشو و گریزانه شده و سپس، در دمای ۶۰ °C خشک می‌کنیم.

در این پژوهش، از دستگاه‌های FT-IR Equinex55، TEM Philips. CM300، Spectrometer UVS-2500 و 200KV PL G9800A برای بررسی ویژگی نوری نقاط کوانتومی گرافن اکساید و دوپ شده استفاده کردیم.

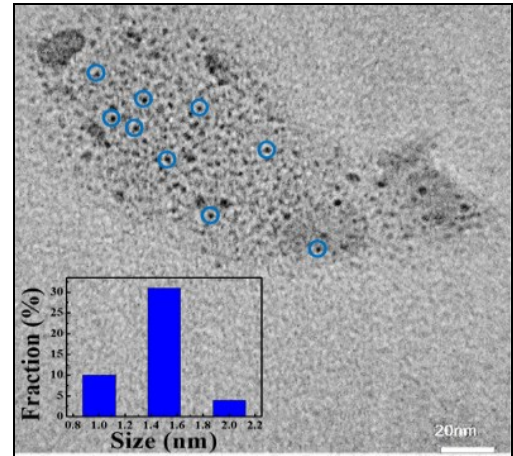


شکل ۵: آنالیز FTIR از نقاط کوانتومی گرافن اکساید و دوپ شده با S و N

برای فهمیدن ارتعاشات الکترونی نقاط کوانتومی گرافن اکساید و نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S و N، آنالیز طیف جذبی و برای نورتابی آن‌ها از آنالیز فوتولومینسانس با طول موج تحریک ۳۶۰ نانومتر کار گرفته شده است.

### ۳-۳ آنالیز پرتو فرابنفش-نور مرئی (UV-Vis)

شکل (۶)، طیف جذبی پرتو فرابنفش-نور مرئی برای هر سه نمونه‌ی نقاط کوانتومی گرافن اکساید و دوپ شده با N و S در pH=۱۰ را در دمای اتاق نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، در شکل (۶a)، برای نقاط کوانتومی گرافن اکساید سه قله جذبی مربوط به انتقالات  $n-\pi^*$  پیوندهای نواری O=C در گستره‌ی ۲۰۵ و ۲۸۵ نانومتری و دیگری مربوط به انتقالات  $\pi-\pi^*$  پیوندهای نواری C=C در گستره‌ی ۳۴۲ نانومتری وجود دارد. که کامل مشابه با قله جذبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید در مقالات گزارش شده است [۲۷]. نقاط کوانتومی گرافن اکساید قله‌ی جذبی در گستره ۲۰۰ تا ۳۵۰ نانومتر به دلیل جذب ساختار

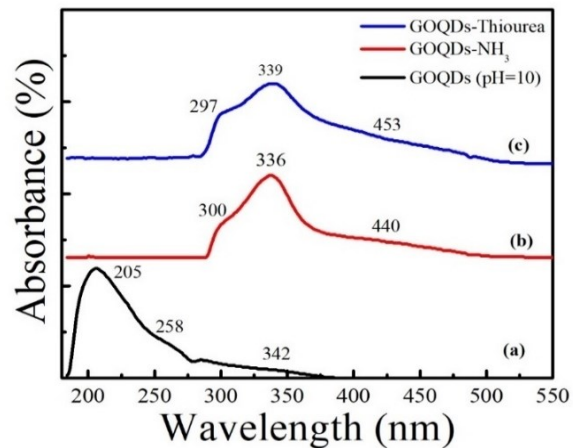


شکل ۴: تصاویر TEM از نقاط کوانتومی اکسیدگرافن، به همراه نمودار توزیع سایز ذرات

### ۳-۲ آنالیز طیف سنجی فروسخ تبدیل فوریه (FTIR)

برای دریافت پیوندها و گروه‌های عاملی تشکیل شده در نقاط کوانتومی گرافن اکساید (pH=۱۰) و دوپ شده با S و N، آنالیز FT-IR گرفته شد. همانطور که در شکل (۵) دیده می‌شود، گستره‌ی طیف بین  $(360-4000 \text{ cm}^{-1})$  است. در شکل (۵a) طیف FT-IR نقاط کوانتومی گرافن اکساید و دوپ شده با S، به صورت مقایسه‌ای از هم تفکیک شده‌اند. طبق نمودار ارتعاشات نواری کششی آروماتیک C-S در گستره  $(777 \text{ cm}^{-1})$ ، ارتعاشات پیوندی N-H در گستره  $(2936 \text{ cm}^{-1})$  و  $(1193 \text{ cm}^{-1})$ ، ارتعاشات تشدید C=S در گستره  $(1198 \text{ cm}^{-1})$  و ارتعاشات تشدید C=O در CONH دیده می‌شود که نشان از تشکیل پیوند S و N در نقاط کوانتومی گرافن اکساید است. در شکل (۵b)، طیف FT-IR نقاط کوانتومی گرافن اکساید و دوپ شده با N، به صورت مقایسه‌ای آورده شده است. ارتعاشات پیوندی C-N در گستره  $(1096 \text{ cm}^{-1})$ ، ارتعاشات کششی آروماتیک C-O در گستره  $(1674 \text{ cm}^{-1})$ ، ارتعاشات پیوندی N-H در گستره  $(2926 \text{ cm}^{-1})$  تا  $(1193 \text{ cm}^{-1})$  و ارتعاشات پیوندی N در نقاط کوانتومی گرافن اکساید است. طیف FTIR از S-GOQD، نوارهای جذب قوی‌تری از گروه‌های مرتبط با اکسیژن، گوگرد و هیدروژن نسبت به GOQD و N-GOQD را نشان می‌دهد [۲۵، ۲۴، ۴، ۹].

گرافیتی در آب مشابه با اکسید گرافن را نشان می‌دهند [۲۷].



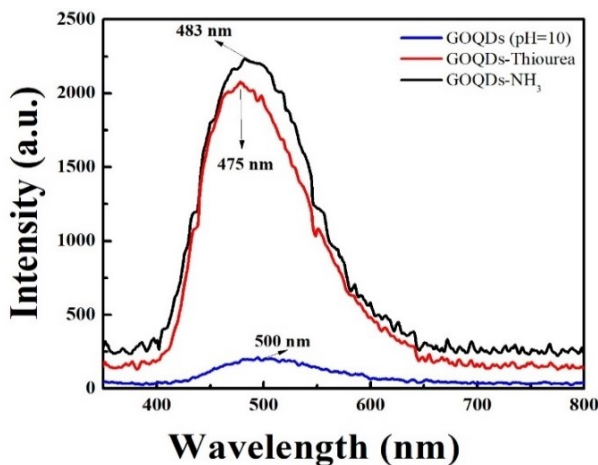
شکل ۶: طیف جذبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید با و بدون دوپ N و S

در طیف جذبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید N دوپ (شکل ۶b) نیز سه قله جذبی مربوط به انتقالات  $n-\pi^*$  پیوندهای نواری  $C=N$  در گستره‌ی ۴۴۰ نانومتری و پیوندهای نواری  $C=O$  در گستره‌ی ۳۰۰ نانومتری و  $\pi-\pi^*$  پیوندهای نواری  $C=C$  مشاهده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود تمام انتقالات  $n-\pi^*$  و  $\pi-\pi^*$  با دوپ N در نقاط کوانتومی گرافن اکساید به سمت طول موج-های قرمز شیفت پیدا می‌کند که مربوط به الکترون‌های به نسبت قوی پیوندهای N با C است. در طیف جذبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید S دوپ (شکل ۶c)، مانند نقاط کوانتومی گرافن اکساید، سه قله جذبی مربوط به انتقالات  $n-\pi^*$  پیوندهای نواری  $C=S$  در گستره‌ی ۴۵۳ نانومتری و پیوندهای نواری  $C=O$  در گستره‌ی ۲۹۷ نانومتری و  $\pi-\pi^*$  پیوندهای نواری  $C=C$  در گستره‌ی ۳۳۹ نانومتری دیده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود، تمام انتقالات  $n-\pi^*$  و  $\pi-\pi^*$  با دوپ S در نقاط کوانتومی گرافن اکساید به سمت طول موج‌های قرمز شیفت پیدا می‌کند که مربوط به پیوندهای S و N با C است [۲۸، ۲۳، ۹، ۲۱، ۴]. همچنین، مشاهده می‌شود که در طیف جذبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S و N، شدت پیک جذبی مربوط به انتقالات الکترونی  $\pi-\pi^*$  در نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S بیشتر است.

### ۳-۴ آنالیز فوتولومینسانس

شکل (۷) و (۸) طیف فوتولومینسانس و تصاویر نورتابی نقاط کوانتومی گرافن اکساید و نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ

شده با N و S در  $pH=10$  را نشان می‌دهد. طیف فوتولومینسانس بیشتر مواد کربنی به طول موج تحریکشان بستگی دارد. ماکزیمم موقعیت قله نشی برای نقاط کوانتومی گرافن اکساید ۵۰۰ نانومتر است. منشاء اصلی موقعیت گسیل این مواد ممکن است از حالت‌های زیگزاکی آزاد با یک حالت سه گانه کربنی است [۲۹]. همانطور که از طیف فوتولومینسانس برای نقاط کوانتومی گرافن اکساید با دوپ S و N مشاهده می‌شود، ماکزیمم موقعیت قله نشی به ترتیب ۴۸۳ و ۴۷۵ نانومتری است. نور مشاهده شده برای نقاط کوانتومی گرافن اکساید با دوپ S و N آبی بوده و شدت فوتولومینسانس بیشتری نسبت به نقاط کوانتومی گرافن اکساید دارند که مناسب برای تصویربرداری پزشکی و دیگر کاربردهای نوری است [۲۱ و ۲۸ و ۳۰].



شکل ۷: طیف فوتولومینسانس PL نقاط کوانتومی گرافن اکساید با و بدون دوپ S و N

در شکل (۸)، تصاویر محلول‌های نقاط کوانتومی گرافن اکساید و نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N و S در  $pH=10$  تحت لامپ فرابنفش نشان داده شده است. همانطور که از شکل مشاهده می‌شود، نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N و S رنگ آبی داشته که با توجه به شکل (۷) و همچنین، بررسی-های انجام شده در طیف‌سنجی فوتولومینسانس، دیده می‌شود که شدت نور آبی نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N نسبت به S بیشتر است.

enriched hybrid graphene nanosheets by simple photochemical doping for high-performance supercapacitors. *Applied Surface Science*, 422, 847-855, 2017.

[4] J. Sun, S. Yang, Z. Wang, H. Shen, T. Xu, Ultra High Quantum Yield of Graphene Quantum Dots: Aromatic Nitrogen Doping and Photoluminescence Mechanism. *Particle & Particle Systems Characterization*, 32(4), 434-440, 2015.

[5] B. Zhang, C. Xiao, Y. Xiang, B. Dong, S. Ding, Nitrogen Doped Graphene Quantum Dots Anchored on Thermally Reduced Graphene Oxide as an Electrocatalyst for the Oxygen Reduction Reaction. *ChemElectroChem*, 3(6), 864-870, 2016.

[6] L. Li, D. Liu, A. Shi, Simultaneous stripping determination of cadmium and lead ions based on the N-doped carbon quantum dots-graphene oxide hybrid. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, 1762-1770, 2018.

[7] S. Li, B. Gao, Y. Wang, B. Jin, Q. Yue, Z. Wang, Antibacterial thin film nanocomposite reverse osmosis membrane by doping silver phosphate loaded graphene oxide quantum dots in polyamide layer. *Desalination*, 464, 94-104, 2019.

[8] C. Zhang, K. Wei, W. Zhang, Y. Bai, Y. Sun, Graphene oxide quantum dots incorporated into a thin film nanocomposite membrane with high flux and antifouling properties for low-pressure nanofiltration. *ACS applied materials & interfaces*, 9(12), 11082-11094, 2017.

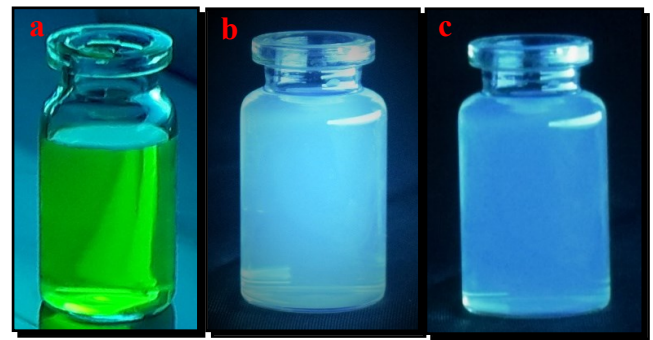
[9] T.F. Yeh, C.Y. Teng, S.J. Chen, Nitrogen doped graphene oxide quantum dots as photocatalysts for overall water splitting under visible light illumination. *Advanced materials*, 26(20), 3297-3303, 2014.

[10] B. Liu, J. Xie, H. Ma, X. Zhang, From graphite to graphene oxide and graphene oxide quantum dots. *Small*, 13(18), 1601001-1601012, 2017.

[11] S. Kang, K.M. Kim, Y. Son, S. Mhin, J.H. Ryu, Graphene Oxide Quantum Dots Derived from Coal for Bioimaging: Facile and Green Approach. *Scientific reports*, 9(1) 4101.4110, 2019.

[12] S. Bak, D. Kim, Graphene quantum dots and their possible energy applications: A review. *Current Applied Physics*, 16(9), 1192-1201, 2016.

[13] Y. Dong, S. Zhang, L. Shi, The photoluminescence of step-wise reduced graphene



شکل ۸: (a) تصویر نورتایی نقاط کوانتومی گرافن اکساید (pH=۱۰). (b) تصویر نورتایی نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N. (c) تصویر نورتایی نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با S.

## ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، روش ساده و مستقیم تک مرحله‌ای برای سنتز نقاط کوانتومی گرافن اکساید و نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N و S آورده شد. نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده در حضور تیواوره و آمونیا سنتز شد. ویژگی نقاط کوانتومی گرافن اکساید و نقاط کوانتومی گرافن اکساید دوپ شده با N و S، با آنالیزهای FT-IR، TEM، UV-Vis و PL مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های TEM نشان داد که قطر اندازه ذرات همگی تقریباً یکسان و کمتر از ۵ نانومتر است. پژوهش‌های ما نشان داد که با افزودن گوگرد (S) و نیتروژن (N)، ویژگی نورتایی و جذب بهتری نسبت به نقاط کوانتومی گرافن اکساید پایه به دست می‌آید، که برای تصویربرداری پزشکی و دیگر کاربردهای نوری آن مانند فرایندهای فوتوکاتالیستی مناسب هستند.

## ۵- مراجع

- [1] C.X. Guo, Y. Dong, H.B. Yang, Graphene quantum dots as a green sensitizer to functionalize ZnO nanowire arrays on Fe doped SnO<sub>2</sub> glass for enhanced photoelectrochemical water splitting. *Advanced Energy Materials*, 3(8), 997-1003, 2013.
- [2] L. Chen, C.X. Guo, Q. Zhang, Y. Lei, J. Xie, C.M. Ee, Graphene quantum-dot-doped polypyrrole counter electrode for high-performance dye-sensitized solar cells. *Applied materials & interfaces*, 5(6), 2047-2052, 2013.
- [3] Y., Xu, X. Li, G. Hu, T. Wu, Y. Luo, L. Sun, Graphene oxide quantum dot-derived nitrogen-

tumor cells. *Applied materials & interfaces*, 7(20), 10935-10943, 2015.

[24] H. Tian, K. Shen, X. Hu, N, S co-doped graphene quantum dots-graphene-TiO<sub>2</sub> nanotubes composite with enhanced photocatalytic activity. *Journal of Alloys and Compounds*, 691, 369-377, 2017.

[25] C. Hu, Y. Liu, Y. Yang, One-step preparation of nitrogen-doped graphene quantum dots from oxidized debris of graphene oxide. *Journal of Materials Chemistry B*, 1(1), 39-42, 2013.

[26] M. Fathizadeh, H.N. Tien, Polyamide/nitrogen-doped graphene oxide quantum dots (N-GOQD) thin film nanocomposite reverse osmosis membranes for high flux desalination. *Desalination*, 451, 125-132, 2019.

[27] F. Li, L. Sun, Y. Luo, Effect of thiophene S on the enhanced ORR electrocatalytic performance of sulfur-doped graphene quantum dot/reduced graphene oxide nanocomposites. *RSC advances*, 8(35), 19635-19641, 2018.

[28] C. Ran, M. Wang, W. Gao, A general route to enhance the fluorescence of graphene quantum dots by Ag nanoparticles. *RSC Adv.* 4, 21772-21776, 2014.

[29] Y. Li, Y. Zhao, H. Cheng, Nitrogen-doped graphene quantum dots with oxygen-rich functional groups. *Journal of the American Chemical Society*, 134(1), 15-18, 2011.

[30] A. Mehta, E.J. Nelson, S.M. Webb, The interaction of bromide ions with graphitic materials. *Adv. Mater.* 21, 102-106, 2009.

oxide quantum dots. *Materials Chemistry and Physics*, 203, 125-132, 2018.

[14] S. Kang, K.M. Kim, Y. Son, Graphene Oxide Quantum Dots Derived from Coal for Bioimaging: Facile and Green Approach. *Scientific reports*, 9(1), 4101-4110, 2019.

[15] R.V. Goreham, K.L. Schroeder, A. Holmes, Demonstration of the lack of cytotoxicity of unmodified and folic acid modified graphene oxide quantum dots, and their application to fluorescence lifetime imaging of HaCaT cells. *Microchimica Acta*, 185(2), 128,133, 2018.

[16] X. Yan, L. Zhang, H. Chen, J. Wang, Graphene oxide quantum dots based memristors with progressive conduction tuning for artificial synaptic learning. *Advanced Functional Materials*, 28(40), 1803728-1803733, 2018.

[17] M. Wang, F. Pan, L. Yang, Y. Song, H. Wu, X. Cheng, Graphene oxide quantum dots incorporated nanocomposite membranes with high water flux for pervaporative dehydration. *Journal of membrane science*, 563, 903-913, 2018.

[18] J.M. Yuan, R. Zhao, Z. Wu, Graphene Oxide Quantum Dots Exfoliated From Carbon Fibers by Microwave Irradiation: Two Photoluminescence Centers and Self-Assembly Behavior. *Small*, 14(20), 1703714-1703720, 2018.

[19] F. Gao, C.L. Yang, M.S. Wang, X.G. Ma, Theoretical insight on the nanocomposite of tetraphenylporphyrin-graphene oxide quantum dot as a sensitizer of DSSC. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 379, 24-31, 2019.

[20] H. Wang, X. Yan, X. Jia, Z. Zhang, A graphene oxide quantum dots embedded charge trapping memory with enhanced memory window and data retention. *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, 6, 464-467, 2018.

[21] M. Yu, M. Fathizadeh, U.S. Patent Application No. 15/878,477, 2018.

[22] L. Lin, M. Rong, F. Luo, Luminescent graphene quantum dots as new fluorescent materials for environmental and biological applications. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 54, 83-102, 2014.

[23] Y. Shi, A. Pramanik, C. Tchounwou, F. Pedraza, R.A. Crouch, S.R. Chavva, Multifunctional biocompatible graphene oxide quantum dots decorated magnetic nanoplatfor for efficient capture and two-photon imaging of rare



# One-Step Preparation and Characterization of Graphene Oxide Quantum Dots and Investigation of the Effect of Thiourea and Ammonia (S, N) on the Optical Properties of the Synthesized Quantum Dots

Ahmad Zia Sherzad<sup>1</sup>, Hakimeh Zare<sup>1\*</sup>, Zahra Shahedi<sup>1</sup>, Fatemeh Ostovari<sup>1</sup>, Yousef Fazaeli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Physics Department, Faculty of Science, Yazd University, Yazd, P., Iran

<sup>2</sup>Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI Karaj, Iran

**Abstract-** Luminescent graphene oxide quantum dots (GOQDs) have attracted tremendous attention from the scientists in chemistry, materials science, physics and biology, because of their superiority of good stability, excellent optical and electrochemical properties, resistance to photo-bleaching, and low cytotoxicity. In the research, Graphene oxide quantum dot (GOQD) were synthesized using a simple and direct hydrothermal method. In the following, to increase and change the luminescence, graphene oxide doped with nitrogen (N) and sulfur (S) in a single step in the presence of thiourea and ammonia were synthesized. the GOQDs were characterized by infrared, UV–Vis absorption, photoluminescence spectroscopy, and TEM microscopy. S and N doped graphene oxide quantum dots, unlike the base graphene oxide quantum dots, have a blue luminescence and higher intensity than their base counterpart. Because of this prominent luminescence feature, N and S doped graphene oxide quantum dots can be used for medical imaging and other optical applications.

**Keywords:** Graphene Oxide, Quantum Dots, S and N doped graphene oxide quantum dots, UV-Vis, photoluminescence, TEM.